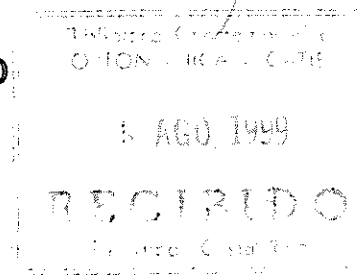


CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION

ESCUELA DE POSTGRADO



**PASTOREO REGULADO Y BOSTAS DEL GANADO COMO
HERRAMIENTAS FORESTALES PARA PROTECCION DE
ARBOLITOS EN POTREROS**

POR

CARLOS ANTONIO BARRIOS VELAZQUEZ

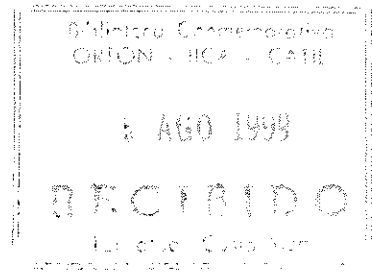


Turrialba, Costa Rica

1998

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

(CATIE)



ESCUELA DE POSTGRADO

Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en un sistema silvopastoril.

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgrado del Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

Magister Scientiae

Por

Carlos Antonio Barrios

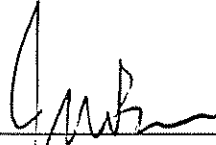
Turrialba, Costa Rica

1998

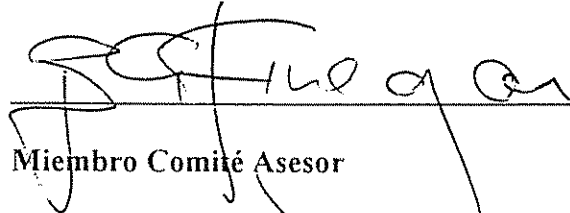
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

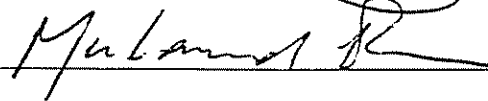
FIRMANTES:



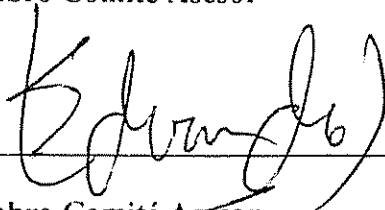
Profesor Consejero




Miembro Comité Asesor

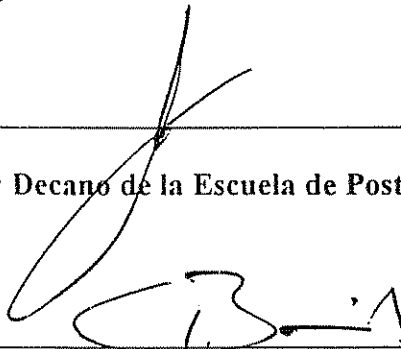


Miembro Comité Asesor



Miembro Comité Asesor



Director y Decano de la Escuela de Postgrado

Candidato

Dedicatoria:

A Leonie, por su siempre compañía y comprensión en éstos y todos los días.

A Carlos Antonio y Sebastián, para que aprendan a querer la naturaleza, la tierra y las gentes que la saben cuidar.

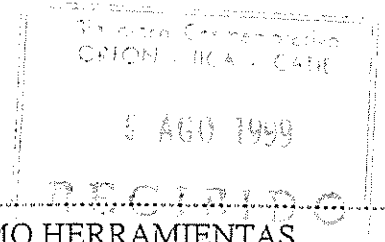
Agradecimientos,

A los profesores Beer, Ibrahim y Finnegan por sus consejos científicos.

Al Instituto Nitlapán de la Universidad Centroamericana de Managua, Nicaragua por el soporte financiero y profesional. Igualmente a las fundaciones MacArthur-Ford-Hewlett por el cofinanciamiento durante el primer año de estudios.

Al personal de CATIE de la Biblioteca Orton y el área de Biometría, a quienes además reconozco su amabilidad y profesionalismo.

A los Sres Pablo López y Argelio Molina que colaboraron en las labores de campo de los experimentos.



CAPITULO 1	1
PASTOREO REGULADO Y BOSTAS DEL GANADO COMO HERRAMIENTAS FORESTALES PARA PROTECCION DE ARBOLITOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL	1
INTRODUCCION	1
Objetivos	6
BIBLIOGRAFIA	7
CAPITULO 2	11
ARBORIZACIÓN DE POTREROS POR SIEMBRA DIRECTA EN BOSTAS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL	11
INTRODUCCIÓN	11
MATERIALES Y METODOS	1213
RESULTADOS	17
DISCUSION	20
CONCLUSIONES	29
BIBLIOGRAFIA CITADA	30
CAPITULO 3	34
PASTOREO REGULADO Y BOSTAS DEL GANADO COMO MEDIOS DE PROTECCIÓN DE ARBOLITOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL	34
INTRODUCCION	34
MATERIALES Y METODOS	37
RESULTADOS	41
DISCUSION	48
CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA	66
CAPITULO 4	71
PASTOREO REGULADO Y ESTIÉRCOL LÍQUIDO COMO MEDIOS DE PROTECCION DE ARBOLITOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL	71
INTRODUCCION	71
MATERIALES Y MÉTODOS	72
RESULTADOS	77
DISCUSION	79
CONCLUSION	86
BIBLIOGRAFIA	87
CAPITULO 5	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89

Barrios, Carlos Antonio. 1998. Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en un sistema silvopastoril. Tesis sometida la Escuela de Postgrado de CATIE para optar al grado de master en Agricultura Tropical.

Resúmen

Palabras claves: *Bombacopsis quinata*, establecimiento de árboles, estiércol, Nicaragua, pisoteo, *Pithecellobium saman*, plántulas, ramoneo, repelentes, selectividad del ganado, siembra directa,

El establecimiento de árboles maderables en potreros tiene varios obstáculos:

Biofísicos: Escasez de propágulos por falta de fuentes semilleras de especies maderables de alto valor comercial; muerte de plántulas por variabilidad en la humedad al inicio del período de lluvias; depredación de semillas y plántulas por roedores; competencia agresiva de las gramíneas; baja calidad de sitios en pasturas degradadas por compactación y escasez de nutrientes; y en fin daños directos del ganado por pisoteo y ramoneo. Económicos: altos costos de establecimiento y financieros de los sistemas técnicos de plantaciones puras convencionales.

El ganado en pastoreo tiene selectividad de consumo por gramíneas y plantas verdes y ricas en N y rechaza vegetación contaminada con sus heces. El forraje disponible influye la selectividad del ganado y el nivel de defoliación de la vegetación. Se ha constatado que las bostas del ganado enriquecen con nutrientes el micrositio donde son depositadas y mejoran la estructura del suelo.

Se pensó que para viabilizar el establecimiento de genízaro (*Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth. (leguminosae) y pochote , (*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand) en potreros, salvando los obstáculos mencionados, se podría hacer a través de siembra directa de semillas pre-germinadas cuando haya suficiente humedad en el suelo; siembra sobre el substrato de bostas del ganado supuestas ser un substrato más fértil y repeler el ramoneo del ganado; pastoreo regulado del sitio, en nivel de carga y períodos; a fin de manipular la selectividad del ganado y permitir más tolerancia de eventuales daños. Aplicar a los arbolitos un repelente a base de estiércol líquido fermentado.

Se hicieron tres experimentos para evaluar: a) crecimiento, ataque de depredadores y sobrevivencia de semillas establecidas en substrato bostas y suelo sin bostas; b) crecimiento, daños y sobrevivencia de plántulas de *P. saman* de 27 días creciendo en bostas y en suelo sin bostas, en potreros pastoreados con tres cargas animales; c) crecimiento, daños y sobrevivencia de arbolitos de pochote de 27 días con y sin repelente a base de estiércol líquido, en potreros pastoreados con tres cargas animales.

Los estudios se realizaron en una finca privada en Rivas, Nicaragua entre mayo y agosto de 1998. La zona de vida es bosque tropical semi-húmedo, y el sitio era una pastura de jaragua *Hyparrhenia rufa* a nivel medio de degradación.

A los 27 días, la sobrevivencia (93 vs 77%) y altura de plántulas (11 vs 9 cm) sembradas en suelo sin bostas fue mayor que en bostas, debido principalmente al encostramiento superficial de las bostas que aumenta la resistencia a la penetración de la radícula y la elevación de los cotiledones. Sin embargo, en bostas creció más la vegetación adyacente (65% más) y hubo

menos ataque de plagas (3 veces menos). Se encontró más N y P en los tejidos de las plántulas de *P. saman* en bostas. A fin de evitar los riesgos de encostramiento se recomienda sembrar en bostas semi-deshidratadas, o en el borde de las bostas.

Después de 4 ciclos de pastoreo y a 60 días de siembra: a) la altura; b) crecimiento durante la fase de pastoreo; c) porcentaje de plántulas intactas; d) sobrevivencia de plántulas de *P. saman*, fue mayor en el tratamiento de carga media en bostas (17.2 cm; 8.5 cm; 73% y 92%), y el de peor desempeño fueron los tratamientos de carga media y alta en suelo sin bostas (14 cm; 3.5 cm; 28% y 68%). Con el aumento del nivel de carga aumenta el daño total a las plántulas, disminuye la vegetación adyacente y por tanto la cobertura del suelo. Sin embargo, mientras en bostas el pastoreo y la defoliación del pasto facilita que las plántulas crecen con cargas media y alta, en suelo el pastoreo con nivel de carga media y alta el crecimiento es menor que con carga baja. Se concluyó que en bostas es posible aumentar la carga animal hasta el nivel medio (igual a las cargas corrientes de la ganadería local) y lograr los mejores resultados, mientras en suelo los mejores resultados se obtienen con la carga más baja. Las bostas mostraron gran eficacia en repeler el ramoneo; solo 0.4% de plántulas fueron ramoneadas; y la vegetación adyacente a bostas fue 150% más alta que en sitios sin bostas. Sorprendentemente, las bostas también protegen del pisoteo, éste fue significativamente menor en bostas (17 vs 56%). El ganado mostró selectividad por la vegetación adyacente, en el peor de los casos el ramoneo de plántulas fue de 13%.

Después de 3 ciclos de pastoreo y a los 47 días de siembra, los arbolitos de *B. quinata* con repelente tuvieron mejor desempeño respecto a altura de arbolitos (11.2 vs 7.8 cm), altura de la vegetación adyacente (28 vs 15 cm); y la sobrevivencia (71 vs 60%). Sin embargo, en todos los casos los arbolitos disminuyeron su altura respecto a antes de pastoreo. La razón principal parece ser el alto nivel de pisoteo, debido a la siembra en las cercanías de las divisiones de los potreros por donde el ganado aparentemente traficó más. La siembra de pseudoestacas, la soltura de suelo en el micrositio de siembra debido al hoyado contribuyeron a la gravedad del efecto del pisoteo. La mayor altura de la vegetación adyacente a los arbolitos con repelente se tomó como evidencia del efecto repelente del estiércol líquido usado como repelente.

La siembra directa, el substrato bostas y el pastoreo regulado contribuyen a la compatibilidad ganadería y establecimiento de árboles. El ganado tiene rechazo por la vegetación contaminada y los arbolitos pueden ser protegidos por estiércol en forma de bostas o líquido. La vegetación en general crece más cuando están en el área afectada por aplicación de estiércol, eso confirma lo establecido por varios autores respecto al aporte de nutrientes y mejoramiento de la estructura del suelo. La clave del manejo silvopastoril para lograr el establecimiento de arbolitos bajo pastoreo es regular el forraje disponible para mantener la preferencia del ganado sobre el pasto, pastorear cuando los arbolitos tienen capacidad de cierto daño; y mantener un nivel de cobertura para proteger suelo y dar poco sombreado a los arbolitos.

LISTA DE CUADROS

Capítulo 2

1. Crecimiento de la vegetación adyacente y de plántulas de *Pithecellobium saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa sobre dos sustratos en un potrero en Rivas, Nicaragua.
2. Ataque de plagas y sobrevivencia de plántulas de *Pithecellobium saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa sobre dos sustratos en un potrero en Rivas, Nicaragua.
3. Composición química del suelo y tejidos de plántulas de *Pithecellobium saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa sobre dos sustratos en un potrero en Rivas, Nicaragua.

Capítulo 3

1. Precipitación y temperatura mensual en Rivas, Nicaragua en 1998.
2. Tratamientos del estudio sobre dos sustratos de crecimiento y tres cargas animales.
3. Programa de pastoreo de potreros sembrados con plántulas de *P. saman* en Rivas, Nicaragua.
4. Crecimiento de plántulas de *P. saman* y vegetación adyacente después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.
5. Causas de daños sufridos y sobrevivencia de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad y después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua .

Capítulo 4

1. Precipitación y temperatura mensual en Rivas, Nicaragua en 1998.
2. Tratamientos
3. Programa de pastoreo de potreros sembrados con arbolitos de *B. quinata* en Rivas, Nicaragua.

4. Altura de la vegetación adyacente y arbolitos de *B quinata* de 47 días de edad y después de 3 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua
5. Daños sufridos y mortalidadde arbolitos de *B. quinata* después de 3 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.

LISTA DE GRAFICAS

Capítulo 3

1. Relación altura de la vegetación adyacente y de plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa en bostas y con tres niveles de carga animal en Rivas, Nicaragua.
2. Relación altura de la vegetación adyacente y de plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa en suelo sin bostas y con tres niveles de carga animal en Rivas, Nicaragua.
3. Razón altura de vegetación adyacente/altura de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.
4. Pisoteo y ramoneo de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.
5. Ilustración de las diferencias del efecto del pastoreo en el crecimiento de la vegetación adyacente y las plántulas en carga media de los dos substratos.
6. Ilustración de las diferencias del efecto del pastoreo en el crecimiento de la vegetación adyacente y las plántulas en carga media y baja del substrato bostas.
7. Razón altura de vegetación adyacente/altura de plántulas y muerte por desecación de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo establecidas sobre el substrato bostas en Rivas, Nicaragua.
8. Razón altura de vegetación adyacente/altura de plántulas y muerte por desecación de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo establecidas sobre el substrato suelo sin bostas en Rivas, Nicaragua.
9. Ilustración de las diferencias del efecto del pastoreo en el crecimiento de la vegetación adyacente y las plántulas en carga baja y media del substrato suelo.
10. Gráfica 10 Evolución a través de 4 ciclos de pastoreo de la razón altura de vegetación / altura de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad bajo pastoreo con cargas medias y alta
11. Tendencias del efecto del nivel de carga animal en el comportamiento de plántulas de *P. saman* en los dos substratos.

Capítulo 4

1. Altura de vegetación adyacente y ramoneo de arbolitos de *B. quinata* a los 47 días de edad con y sin repelente en un sitio bajo pastoreo en Rivas, Nicaragua.
2. Ilustración del trazado espacial de los potreros con plántulas de *P. saman* sembradas en suelo sin bostas en la parte central del potrero y arbolitos de *B. quinata* sin repelente en la parte cercana a la cerca.
3. Altura de vegetación en la parte central y los contornos de los potreros sin estiércol en forma de bostas o estiércol líquido.
4. Mortalidad de arbolitos de *B. quinata* a los 44 días de edad después de 3 ciclos de pastoreo tratados con tres niveles de carga animal en Rivas, Nicaragua.

CAPITULO 1

PASTOREO REGULADO Y BOSTAS DEL GANADO COMO HERRAMIENTAS FORESTALES PARA PROTECCION DE ARBOLITOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL

INTRODUCCION

La disyuntiva de los ganaderos de la región centroamericana en las décadas anteriores: árboles o pasto, podría estar tomando otro sentido. Se ha abierto un escenario que podría inducir a los ganaderos a prácticas novedosas para combinar producción forestal y ganadera. Deforestar para convertir el suelo a uso de pasturas fue estimulado por buenos precios a los productos ganaderos, abundancia de tierras en las fronteras agrícolas, incentivos públicos de fomento ganadero (Kaimovitz 1996) y desvalorización comercial y social de los árboles. Sin embargo, desde finales de los 80's la madera es un producto que se ha revalorizado comercialmente más que la ganadería de carne (Howard 1995) y los árboles son quizás el principal símbolo social de la recuperación ambiental. Los sistemas técnicos ganaderos tradicionales han perdido competitividad económica, debido a tendencias estructurales en la baja de precios y disminución del rendimiento de las pasturas por degradación biofísica (Hirvela et al 1989, Pomareda et al 1997).

La arborización como parte de la modernización ganadera.

En la última década se han dado muestras del potencial de la producción forestal como vía de modernización de la ganadería regional. La mayoría de las áreas convertidas a plantaciones forestales fueron pasturas y los ganaderos han sido posiblemente el sector más promovido con los incentivos públicos de reconversión forestal. La investigación ganadera ha concentrado importantes recursos en la generación de tecnologías para explotar los árboles como fuente de forraje. La sociedad civil y el estado han promovido la imagen de una nueva ganadería, menos destructora del medio ambiente y simbolizada por la presencia de árboles en las pasturas. Sin embargo, los factores que podrían impactar más en la re-arborización de los potreros parecen ser: a) el aumento de los precios de la madera debido al agotamiento de la oferta de maderas baratas provenientes de bosques; b) la revalorización de especies antes en desuso como consecuencia del agotamiento de las especies preciosas tradicionales y c) la disponibilidad para

los ganaderos de tecnologías de arborización de bajo costo, que hagan poco uso del capital y un mayor uso de recursos relativamente abundantes como la tierra y de medios como el ganado en pastoreo. De lo anterior se puede inferir que el retorno de un importante componente arbóreo en las fincas ganaderas podría ser parte del proceso de modernización, reconversión productiva y rescate de competitividad económica de los ganaderos de la región. En este contexto, los sistemas silvopastoriles tienen una gran oportunidad para desarrollarse como área científica de más interés social y de generación de tecnologías de producción.

Establecimiento de maderables en potreros

Los sistemas de producción forestal por medio de plantaciones convencionales (establecimiento de árboles producidos en viveros, altas densidades y uso especializado del suelo), se han desarrollado gracias a importantes subsidios del sector público o por inversionistas a gran escala. Es posible que en muchos casos los estados se vean presionados a destinar recursos a otras áreas de más urgencia para el bienestar social, o de impacto productivo de más corto plazo. En estas circunstancias, un incremento de la producción forestal a través de árboles en fincas en sistemas agroforestales, podrían ser una vía interesante para evitar los altos costos financieros que implica el largo plazo del retorno en las plantaciones forestales puras convencionales.

Dos preguntas se presentan ante esta conclusión: Es compatible ganadería con arborización con fines forestales comerciales? Y más específicamente, cómo establecer los árboles en una pastura sin suprimir la producción ganadera?

El componente árboles maderables en los potreros.

En las áreas ganaderas de la costa del Pacífico de Centroamérica, cuya vegetación original fueron bosques tropicales caducifolios (Daubenmire 1971), y especialmente en las área donde hay algunos árboles dispersos, es corriente encontrar dos fenómenos relacionados; la invasión de leñosas y el desarrollo de una cobertura arbórea en los potreros si no se aplican prácticas de control de malezas (Concklin 1987); y, en consecuencia de eso, encontrar algunos árboles dispersos de especies maderables comerciales resultado de regeneración natural. Ejemplos de estas especies arbóreas maderables son genízaro (*Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth.), Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken), coyote (*Platymiscium pleiostachyum*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*

(Vertol.)DC.), ñámbar (*Dalbergia retusa* (Hemsl.)), cedro (*Cedrela odorata* (Cham. y Schlecht.)). También es corriente encontrar especies arbóreas forrajeras altamente consumidas por el ganado como guácimo (*Guazuma ulmifolia* (Lam.)) que regeneran agresivamente en ambientes bajo pastoreo. De esta manera, dependiendo del manejo ganadero, un potrero está en un persistente retorno a su condición original de bosque.

En un estudio exploratorio en la zona de Esparza, Costa Rica sobre las especies, volúmenes y número de árboles maderables extraídos con permisos oficiales desde zonas bajo pastoreo, se puso en evidencia: a) la reciente revalorización comercial de especies antes en desuso; b) la aceptación normal en el mercado de la calidad de las maderas provenientes de árboles en sitios pastoreados; y c) la importancia económica relativa de la producción de maderas en fincas ganaderas pequeñas y medianas respecto a las grandes (Viera y Barrios 1997). Un estudio sobre maderas en bosques primarios, secundarios y potreros en la región Huetar Norte de Costa Rica, muestra que es considerable el peso de los potreros en el aporte de maderas extraídas, respecto a otros sitios como bosque primario, intervenido y secundario. Los potreros son los que tienen la más alta proporción por ha. de especies comerciales sobre el total de árboles de más de 30 cm DAP (GTZ - COSEFORMA 1994). En Costa Rica se estima que un 30% de las áreas reforestadas por pequeños finqueros han sido sometidas a pastoreo (Com pers. productores beneficiados con incentivos forestales en zona de Hoja Ancha, Costa Rica)

El ecosistema del potrero

La introducción de árboles dentro de un potrero exige tener en cuenta las relaciones entre el ganado y la vegetación. Snaydon (1981) explica que un potrero es un ecosistema; que los animales en pastoreo, la vegetación que ellos comen, los microorganismos asociados, el suelo y las condiciones climáticas en un área dada son todas partes de un sistema complejo, interactuante e interdependiente. El ganado influye la dinámica y composición de la vegetación del potrero; puede afectar unas especies y favorecer otras a través de la defoliación selectiva de especies o partes de las plantas. El ganado recicla y redistribuye espacialmente nutrientes, puede dispersar semillas de diversas especies a través de sus excretas y además sus heces pueden eliminar la vegetación herbácea donde caen; de esta manera la composición botánica del potrero sufre amplias variaciones temporales y espaciales. El pisoteo del ganado puede compactar los suelos, pero también facilita enterrar semillas, exponer semillas presentes en el

banco de semillas del suelo y quebrar el encostramiento superficial del suelo para facilitar la infiltración de agua.

La compatibilidad entre establecimiento de árboles y pastoreo.

El ganado en pastoreo puede causar daños a los arbolitos a través de ramoneo, pisoteo y compactación del suelo, pero también puede beneficiarlos al reducir la competencia del pasto y aportar nutrientes a las capas superficiales del suelo a través de sus excretas (Archer 1995). El efecto neto del pastoreo sobre el desarrollo de los arbolitos depende de cómo los efectos favorables; se contrabalancean con los desfavorables. Hart y Norton (1988) indican que la reducción del vigor de las plantas defoliadas es gradualmente compensado por el mayor crecimiento de las especies competidoras. Archer (1995) indica que el pastoreo disminuye el área basal, aumenta la tasa de mortalidad y disminuye la producción de semillas y establecimiento de plántulas de las gramíneas más palatables, de modo que contribuye a crear espacios vacíos, arriba y abajo del suelo, que quedan disponibles para el establecimiento de especies leñosas. Skarpe (1992) agrega que, al contrario, si se provocan perturbaciones sobre la cobertura de leñosas se favorece la invasión de herbáceas.

El ganado en pastoreo tiene patrones de comportamiento que afectan la composición de especies y la competencia entre éstas. La selección de consumo es preferencial por gramíneas, plantas y partes verdes y ricas en proteínas (Arnold 1981) y rechaza de vegetación contaminada con sus propias heces (Marsh y Camplig 1970). La selectividad varía con el tiempo debido a los cambios en la composición química de las especies presentes (Heady 1964; Humphreys 1991); y por la presión de pastoreo; a más presión el ganado selecciona menos (Arnold 1981). La selectividad y el pisoteo varían espacialmente; el pastoreo se distribuye heterogéneamente en dependencia de la diversidad espacial de vegetación, topografía, distancia a lugares de abrevadero, suplementación y sombreo (Hart et al. 1993).

Las excretas del ganado como recursos para reorientar la composición botánica de los potreros.

Las bostas del ganado han sido estudiadas como perturbaciones en el ecosistema del potrero. Se han caracterizado los nutrientes disponibles en bostas (Herrick 1993, MacDiarmid y Watkins 1972a, Omaliko 1984, Petersen et al 1956); los efectos en la estructura del suelo (Herrick 1993); el ganado como dispersor de semillas herbáceas (Gardener et al 1983 y Simao Neto et

al 1986); y el efecto de las bostas en el comportamiento del ganado en pastoreo (Johnstone-Wallace y Kennedy 1944, Norman y Green 1958, Marten y Donker 1964, Weeda 1967, McLusky 1960, Marsh y Campling 1970, Omaliko 1981).

Desde un punto de vista forestal, el estiércol del ganado ha sido estudiado como repelente en forma de slurry (estiércol líquido) para protección de plántulas del daño del ganado (Beskorwanjy 1993). Algunos estudios mencionan prácticas tradicionales de uso de estiércol para proteger cultivos del daño del ganado; protección de cocoteros (Reynolds 1994), protección de palma africana en Sri Lanka (Payne 1984); protección de estacas de *Erythrina poeppigiana* en potreros en Costa Rica (Beer 1980); protección de plantíos de pimienta en Tailandia (Gordon 1995).

Las fases críticas del establecimiento de árboles en potreros.

Los factores más críticos que impiden la viabilidad de la regeneración natural de genízaro, *Pithecellobium saman* en potreros parecen ser: a) pobre disponibilidad de propágulos debido a la ausencia de árboles semilleros (observ. Pers); b) pobre eficacia en la dispersión natural por el ganado debido a la baja proporción de semillas viables y concentración de semillas dispersadas en ciertos sitios de preferencia de los depredadores (Janzen 1977, 1981); c) alta mortalidad de plántulas debido a germinación en períodos de humedad errática (Janzen 1977). Sosebee y Wan (1988) indican que el estado de germinación y plántulas es el más vulnerable en la vida de la planta, debido a que tienen gran susceptibilidad al estrés hídrico porque aún no cuentan con capacidad de almacenar agua. Otros factores más específicamente relacionados al manejo de la producción ganadera son: la competencia de las gramíneas y la baja fertilidad de pasturas degradadas, afectados por compactación y pérdida de nutrientes (Nepstad et al 1991). Y, finalmente, los eventuales daños directos del ganado (Hatheway y Baker 1970).

Supuestos de esta investigación.

Se pensó que un sistema técnico para compatibilizar el establecimiento de los arbolitos con el pastoreo y superar los factores críticos referidos antes, podría consistir en:

1) siembra directa de semillas pregerminadas, sincronizado con el inicio regular de las lluvias; y en los sitios seleccionados por el productor con fines de diseño silvopastoril y selección apropiada de sitios, para cada especie maderable.

- 2) siembra en bostas del ganado, supuestas ser un substrato que disminuye la compactación del suelo, agrega nutrientes y actúa como repelente del ganado.
- 3) pastoreo regulado del potrero arborizado, haciendo variar las cargas en función de las preferencias selectivas del ganado y del desarrollo de las plántulas, a fin que el ganado mantiene preferencia por las gramíneas, y el nivel de desarrollo de las plántulas les permitiera tolerar cierto daño.
- 4) Aplicación de estiércol líquido a arbolitos de pochote, *Bombacopsis quinata* establecidos en potreros a fin de protegerlos del daño del ganado.

Objetivos

Esta investigación tiene tres objetivos específicos:

1. Cuantificar la sobrevivencia y crecimiento de plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa en un potrero usando como substratos bostas del ganado y suelo sin bostas (capítulo 2I).
2. Cuantificar la sobrevivencia, daños y crecimiento de plántulas de *P. saman* creciendo en esos diferentes substratos y bajo tres cargas animales en un sistema de pastoreo rotativo intensivo (capítulo 3).
3. Cuantificar la sobrevivencia, daños y crecimiento de arbolitos de pochote, *Bombacopsis quinatum* tratados con y sin repelente del ganado a base de estiércol líquido y bajo tres cargas animales en un sistema de pastoreo rotativo intensivo (capítulo 4).

Finalmente, en este documento se presenta una discusión para evaluar sumariamente la compatibilidad entre los sistemas de pastoreo corrientes en la zona de estudio y establecimiento de árboles en la fase crítica de plántulas; y las ventajas relativas del estiércol en forma de bostas o estiércol líquido como medio repelente para proteger arbolitos en potreros.

Todos los experimentos de campo fueron realizados en un potrero de la finca silvopastoril Madera Rosa situada en Rivas, Nicaragua. El estudio fue realizado entre mayo y agosto de 1998.

Los materiales, métodos, resultados, discusión y conclusiones de cada estudio son presentados en el capítulo respectivo a cada uno.

BIBLIOGRAFIA

1. Archer S 1995. Herbivore mediation of grass-woody plants interactions. *Tropical grasslands* 29: 218-235.
2. Arnold GW. 1981. Grazing behaviour. In *animals grazing* .F H W Morley (ed). Serie World animal science. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam. pp 79-104.
3. Beer J. 1980 *Erythrina poeppigiana* con pasto. Curso "Técnicas agroforestales para el trópico húmedo" CATIE, Turrialba, Costa Rica.
4. Bezkorowajnyj, PG, Gordon AM y McBride RA. 1993. The effect of cattle foot traffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agroforestry system* 21: 1-10.
5. Concklin N L 1987 The potential nutritional value to cattle of some tropical browse species from Guanacaste, Costa Rica. Thesis presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
6. Daubenmire R. 1971a.. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in north-western Costa Rica. *Journal Ecology* (60) p 147-170.
7. Doescher P, Tesch S y Alejandro-Castro M 1987. Livestock grazing: a silvicultural tool for plantation establishment. *Journal of forestry*, 85: 29-37.
8. Gardener C J, McIvor J G y Jansen A 1983. Survival of seeds in the digestive tract and faeces on cattle. Annual report 1982-3 pp 120 -1 (CSIRO Division of tropical pasture: Brisbane).
9. Gordon A M 1995 *Silvipasture*. Nova Scotia soils institute-Agroforestry Workshop.
10. GTZ-COSEFORMA 1994 *Inventario forestal de la Región Huetar Norte (resumen de resultados)*. GTZ, COSEFORMA.
11. Hart R y Norton B E. 1988. Grazing management and vegetation response. In *Handbook of vegetation science. Vegetation science applications for rangelands analysis and management*. Paul T Tueller (ed).pp 493-525. Kluwer academic publishers. Dordrecht, Netherlands.
12. Hart RH, Bissio J, Samuel MJ y Waggoner JR. 1993. Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behaviour, distribution and gains. *Journal of Range Management*, 46 (1).

13. Hatheway W y Baker H 1970 Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*: Further information. *Evolution* 24: 253-54.
14. Heady HF 1964 Palatability of herbage and animal preference. *Journal of Range Management*. 17: 76-82.
15. Herrick JE. 1993. Restoration of tropical pastures ecosystems and the role of cattle dung patches. Dissertation presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of PhD in The Graduate School of the Ohio State University.
16. Hirvela I , Kanninen M, Ryokas A, Ryokas M y Sumelius J 1989. Nicaragua: Cattle husbandry in Region V, a basic study. Helsinki: Ministry of Foreign Affairs, Finnish International Development Agency.
17. Howard A 1995 Price trends for stumpage and selected agricultural products in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* vol 26:101-110.
18. Humphreys L R 1991 Tropical pasture utilisation. Cambridge University Press. 202 p.
19. Janzen D 1977 Intensity of predation on *Pithecellobium saman* (Leguminosae) seed by *Merobruchus columbinus* and *Stator limbatus* (Bruchidae) in Costa Rican deciduous forest. *Tropical ecology*, 18: 162-176.
20. Janzen D. 1981a. *Enterolobium cyclocarpum* seeds passage rate and survival in horses, Costarican pleistocen seed dispersal agents. *Ecology*, 62 (3): 593-601.
21. Janzen D. 1982e Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocen dispersal agents. *Oikos* 38: 150-156.
22. Johnstone-Wallace DB y Kennedy K. 1944. Grazing management practices and their relationship to the behaviour and grazing habits of cattle. *Journal of Agriculture Science, Camb.*, 34: 190-197.
23. Kaimovitz D 1996 Livestock and deforestation Central America in the 1980's and 1990's: a policy perspective. CIFOR Special publication. Jakarta , Indonesia. Pp.65.
24. Macdairmid BN y Watkin BR. 1972b. The cattle dung patch. 3 Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *Journal of the British Grasslands Society*, 27:48-53.
25. Macdiarmid BN y Watkin BR. 1972a. The cattle dung patch. 2 Effect of a dung patch on the chemical status of the soil, and ammonia nitrogen losses from the patch. *Journal of the British Grasslands Society*, 27: 239-245.
26. Maclusky DS. 1960. Some estimates of the areas of pasture fouled by excreta of dairy cows. *Journal of the British Grasslands Society*. 15: 181.
27. Marsh R y Campling RC. 1970. Fouling of pasture by dung. *Herbage abstracts*. vol 40, No 2.

28. Marten GC y Donker JD. 1964a. Selective grazing induced by animal excreta. 2 Investigation of a causal theory. *Journal of dairy science*. 47: 871-874.
29. Nepstad D, Uhl C y Serrao E. Recuperation of a degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20:6 p248-255.
30. Norman MJT y Green JO. 1958. The local influence of cattle dung and urine upon yield and botanical composition of permanent pasture. *Journal of the British Grasslands Society*. 13:39-45.
31. Omaliko CPE. 1981. Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. *Journal of range management*, 34(5).
32. Omaliko CPE. 1984. Dung decomposition and its effect on the soil component of a tropical grassland ecosystem. *Tropical ecology*. 25:214-220.
33. Payne W 1984 A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. *Forest ecology and management* 12: 1-36.
34. Pomareda C, Pérez E, Ganoza V, Matamoros M y Javier O 1997 La ganadería e industrias afines en Honduras: desafíos y propuestas para su modernización. Pp 75.
35. Reynolds S. 1994. Pasto y ganado bajo los cocoteros. FAO. Producción y protección vegetal No 91.
36. Simao- Neto M y Jones RM. 1986. The effect of storage in cattle dung on viability of tropical pasture seeds. *Tropical grasslands*, vol 20:4.
37. Skarpe C. 1992. Dynamics of savanna ecosystems. *Journal of vegetation science* 3: 293-300
38. Snaydon R W. 1981. The ecology of grazed pastures. In *Animals grazing* F H W Morley (ed). Serie World animal science.. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam. Pg 13-32.
39. Sosebee R y Wan Ch. 1988 Ecophysiology of range plants. In *Vegetation science applications for rangelands analysis and management*. ed por Paul T Tueller. Kluwer academic publishers. Dordrecht, Neherlands. pp 635.
40. Viera C y Barrios C 1998 Exploración sumaria de la producción de maderas en potreros de la zona ganadera de Esparza: especies, manejo y dinámica del componente maderables.. Reporte de trabajo domiciliario, Curso manejo forestal II, CATIE 1998. Sin publicar.
41. Weeda WC. 1967. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilisation. *New Zeland journal of agricultural research*. 10: 150-159.

CAPITULO 2

ARBORIZACIÓN DE POTREROS POR SIEMBRA DIRECTA EN BOSTAS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL.

INTRODUCCIÓN

Genízaro, *Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth. (leguminosae) es una especie forestal nativa del litoral Pacífico de Nicaragua y Costa Rica. *P. saman* tiene potencial de volverse una de las especies maderables comerciales de más interés de los ganaderos de la región para desarrollar sistemas silvopastoriles de orientación maderera y ganadera. Por una parte está clasificada entre las maderas de más valor en Costa Rica y Nicaragua; y ha aumentado el peso en la extracción anual (MARENA 1996). Los ganaderos reconocen el valor forrajero de sus vainas disponibles en el período seco cuando hay más escasez de pasto (Durr 1992); también por el efecto protector para el ganado de sus grandes copas, que mantienen el follaje en los meses de más radiación y temperaturas.

La reproducción de esta especie es principalmente por regeneración natural en sitios bajo pastoreo. Las semillas son dispersadas por el ganado y caballos, los que al consumirlas y pasarlas por su tracto digestivo ejercen una función de dispersión, escarificación y deposición en las bostas, supuestas ser un substrato más fértil (Janzen 1984, Archer y Pyke 1991). Sin embargo, la regeneración natural de *P. saman* es un metodo no confiable de arborización y que no permite asegurar las densidades de árboles establecidos, períodos de establecimiento y sitios del potrero donde se desea arborizar. Janzen (1969) en estudios sobre la estrategia reproductiva de *P. saman* en la zona del Parque Nacional Santa Rosa, en la misma zona de vida de este estudio (Bosque húmedo subtropical, asociación cálido monzónica), encontró que el 99% de las semillas de *P. saman* son perforadas por diversos brúquidos (coleoptera: bruchidae) antes del final del período seco, de manera que la mayoría de semillas han muerto antes de ser dispersadas, o bien están ovipositadas antes que el ganado las consume. Quirós y Chavarría (1990) encontraron que la germinación de semillas de *P. saman* recolectadas en la misma zona fueron muy variables por los daños mencionados por Janzen.

Janzen (1982b) indica que la función del ganado es más de dispersión que de escarificación de las semillas. En pruebas con una especie muy parecida, "Guanacaste" *Enterolobium*

cyclocarpum (Jacq.) Griseb., encontró que entre el 14 y 21% de las semillas consumidas por las vacas salían muertas, el 75% salen intactas, y solo entre el 0 y 4% salen escarificadas y vivas. Agrega que las semillas que salen escarificadas y vivas tienen pocas posibilidades de sobrevivencia desarrollándose en el substrato de las bostas, debido a los roedores depredadores que frecuentan los sitios donde el ganado defeca más. Muchas plátulas mueren al inicio del período de lluvias debido a la variabilidad de la humedad. Las semillas dispersadas, que salen intactas del tracto animal y luego quedan en el banco de semillas del suelo, son las que se pueden considerar "exitosas", pues podrán germinar en el período de lluvias cuando hayan sido escarificada por los procesos físicos y químicos del suelo. Otros factores que limitan la regeneración de leñosas en pasturas están más relacionados al manejo de la producción ganadera, tal que la competencia de las gramíneas y la baja fertilidad de pasturas degradadas, afectadas por compactación y pérdida de nutrientes (Nepstad et al 1991). Las quemas periódicas puede eliminar los arbolitos que nacieron ese año (Observ. pers.). Finalmente, otro importante bloqueo a la regeneración son los eventuales daños directos del ganado a través del pisoteo y ramoneo (Hatheway y Baker 1970 y observ. Pers.).

Muchos autores han indicado que las bostas del ganado en sitios altamente degradados son una pedoperturbación que crea un micrositio de alta fertilidad relativa al resto del sitio. Parish y Turkington (1990) indican que la perturbación creada por la deposición de una bosta del ganado puede provocar: 1) ahogamiento y exclusión de la luz de la vegetación bajo la bosta; 2) cambios en la disponibilidad de nutrientes del micrositio; 3) cambio en el patrón de pastoreo del ganado sobre ese micrositio; y 4) crea un área de colonización para individuos nuevos o ya existentes. Muchos investigadores han sugerido que el ganado, igual que es un medio dispersor de malezas, también puede ser un medio eficaz para introducir nuevas especies forrajeras en sitios donde, por su extensión y accesibilidad, los métodos convencionales de establecimiento de pasturas se vuelven muy caros (Omaliko 1981, Simao-Neto y Jones 1986, Herrick 1993, Gardener et al. 1993; Ocumpaugh et al 1996).

La eventualidad de un crecimiento del interés por aumentar la población de *P.saman* en las áreas ganaderas, tiene limitaciones que ameritan investigar el diseño de nuevos sistemas técnicos de establecimiento de *p.saman*. Ejemplos de tales limitaciones son:

1. La mayoría de las áreas de potreros carecen de árboles semilleros para inducir la regeneración natural.

2. La regeneración natural, si bien permite una cierta arborización de los potreros, es de baja eficacia para configurar sistemas silvopastoriles con respecto a densidades, espaciamientos, selección de sitios, sincronización con el clima y con el manejo ganadero.
3. Los sistemas de plantación convencional implican altos costos de establecimientos para establecer bajas densidades.

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) evaluar la eficacia de la siembra directa de semillas pre-germinadas de *p.saman*, como vía de introducción de propágulos y de sincronización del desarrollo de las semillas y plántulas con el clima y la competencia de la vegetación del sitio. 2) Comparar los efectos de dos substratos para la siembra directa (bostas y suelo sin bostas) en germinación, crecimiento, ataque de plagas y sobrevivencia de plántulas. 3) Proponer recomendaciones generales para sistemas técnicos de bajo costo para el establecimiento de *p.saman* por siembra directa en potreros.

MATERIALES Y METODOS

El sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en un potrero de la finca Madera Rosa situada en Rivas, Nicaragua sobre faja costera entre el Océano Pacífico y el Lago de Nicaragua. La zona de vida corresponde a Bosque húmedo subtropical, asociación cálido monzónica, en la clasificación de zonas de vida de Holdridge. La elevación es de 89 msnm. La temperatura promedio es de 26.8 grados centígrados. La precipitación anual es de 1450 mm/año distribuidos el 85% entre junio y noviembre. El tipo de suelo es un Lithic Ustorthent - lithic dystropept complex.

El sitio pertenece a un tipo de vegetación original de bosques tropicales caducifolios (Daubenmire 1971a). El establecimiento de la pastura de "jaragua" *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, se realizó al final de los años 60 a través de eliminación de la cobertura boscosa para cultivo de maíz y arroz por "roza y quema" y enseguida la siembra de "jaragua" al voleo. El régimen de pastoreo ha sido relativamente intenso en el pasado. El control de malezas se ha hecho por una combinación de quemas periódicas cada 2 o 3 años y chapias anuales. El estado actual de la pastura se considera en un estado intermedio de degradación, principalmente por la invasión de especies indeseables y erosión en ciertos sitios debido al sobrepastoreo y las quemas. La vegetación presente en el sitio fue: 75% "jaragua" *H rufa*, 10%

"invasor" *Paspalum conjugatum* y "zacatón" *Paspalum virgatum*, 7% flor amarilla *Melampodium brachyglossum*, 5% bejuco engordador *Calopogonium mucunoides* y 3% otras especies herbáceas y arbustivas de hoja ancha. En el sitio se encuentran árboles aislados de laurel *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken., guácimo (*Guazuma ulmifolia* (Lam.)), ñámbar (*Dalbergia retusa* (Hemsl.)), Madero negro (*Gliricidia sepium*), Jícaro (*Crescentia alata*) y 1 individuo de *P. saman*.

Estudio de germinación y crecimiento en dos sustratos.

Se seleccionó un área de 1.7 ha y se dividió en 3 bloques en consideración a la variabilidad topográfica y de la vegetación. Los tratamientos fueron siembra en sustrato bostas y en sustrato de suelo sin bostas, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. En cada bloque se establecieron 6 parcelas; 3 para cada tratamiento; 18 parcelas en total. En cada parcela se sembraron 30 golpes de siembra en un arreglo de 3 x 3 m. En cada golpe se sembraron 3 semillas. El experimento se llevó a cabo entre junio y agosto de 1998, año afectado por el fenómeno del Niño, sin embargo se considera que la precipitación mensual en ese período fue solo ligeramente abajo de la normal (192 mm/mes entre junio y agosto).

La siembra se hizo el 5 de junio. Antes de la siembra el sitio fue sometido a pastoreo a fin que el ganado contribuyera a disminuir la vegetación presente. Este pastoreo incluyó el período de inicio del crecimiento de la pastura después de las primeras lluvias desde mediados de mayo. Además, en los micrositios de siembra directa se realizó una chapia a una altura de aproximadamente 20 cm con el fin de homogenizar la altura de la vegetación. Los árboles existentes fueron eliminados dejando solo los arbolitos de menos de 1 m de altura.

Las bostas fueron depuestas artificialmente. El material fecal fue recolectado un día antes de la deposición y la siembra. La recolección se hizo de un grupo de 160 vacas Brahman que pastaban en un potrero de *H. rufa* similar al del sitio experimental; la dieta consistía principalmente de vegetación suculenta en período de crecimiento. El material recolectado fue mezclado y amontonado en el suelo cerca al sitio experimental. El peso fresco promedio de una muestra de bostas naturales en el sitio de recolección fue de 2,2 kg y tenían un diámetro de 24 cm aproximadamente.

La deposición de bostas en el ensayo se hizo con panas con volúmen de capacidad de 2.2 kg del material de las bostas. Las bostas se dejaron caer desde una altura de 1.2 m para simular la deposición natural. Se evitó hacer deposiciones encima de los matones altos de *H. rufa*, debido a que en las condiciones naturales se observó que las bostas estaban en los espacios entre matones. La apariencia de la forma y área cubierta de las bostas depuestas no mostró mucha diferencia con bostas naturales, debido a que en ambos casos eran de consistencia muy fluida y el peso fue igual.

Las semillas fueron proporcionadas por el banco de semillas forestales del CATIE, procedencia Abangares, Costa Rica, cuyas condiciones ecológicas son similares a las del sitio experimental. La escarificación e hidratación de las semillas se realizó la noche antes de la siembra. Las semillas fueron escarificadas manualmente cortando la testa con una tijera podadora. Luego se dejaron en agua durante 8 horas hasta que se habían hidratado e iniciado la emergencia de la radícula. Para la siembra se seleccionaron semillas que se habían hidratado, estaban sanas y el nivel de emergencia de radícula era aproximadamente entre 0.1 y 0.2 cm.

La siembra directa se hizo inmediatamente a la deposición de las bostas. Se depositaron tres semillas por bosta con trazado de triángulo a una distancia de 10 cm entre semillas. Las semillas fueron semi enterradas en el material fecal a una profundidad variable entre 0.5 y 1 vez el ancho de las semillas.

La preparación del suelo en el substrato suelo sin bostas se hizo aplicando una chapia con machete al ras del suelo, mas una ligera remoción del suelo con macana "espeque" a una profundidad de aproximadamente 6 cm, sobre una "rodaja" de aproximadamente 20 cm de diámetro, de modo que el área sin maleza era igual al área cubierta por las bostas. La siembra se hizo igual que en bostas asegurando que las semillas quedaban cubiertas por el suelo suelto. La posición de las semillas en los dos substratos fue acostada, a fin que el orificio de escarificación quedara en contacto con el substrato.

Mediciones

A los 27 días de siembra se midió la altura de cada plántula y de la vegetación adyacente; la medición se hizo con una regla métrica. La altura de la vegetación adyacente se registró como

el punto más alto de cualquier planta situada a 20 cm del tallo de las plántulas *p. saman*. La altura de las plántulas en cada golpe se hizo sobre la plántulas viva más alta.

Cada 2 días después de siembra se inspeccionó en cada golpe de siembra si hubo daño herbívoros, éste se registró por golpe de siembra y no por plántula. Se registró como ataque de plaga (herbivoría) las pérdidas de follaje o tallo que hubieran sufrido las plántulas. El ataque de plagas fue calculado como porcentaje del total de golpes de siembra.

La sobrevivencia se estimó sobre dos bases; I) total de plántulas vivas sobre total de semillas sembradas y II), total de golpes de siembra con al menos una viva sobre el total de golpes de siembra. Este último permite identificar la densidad obtenida con el trazado escogido, en este caso 3 x 3 m.

El contenido N y P en los tejidos de las plántulas de cada substrato se analizó en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de Managua, Nicaragua. Para nutrientes en tejidos se tomaron muestras de plántulas enteras (tallos y raíces) eliminadas al final de la prueba de germinación y crecimiento 27 días después de la siembra. Este raleo se hizo con el fin de dejar una plántula por golpe para un estudio siguiente del efecto de las bostas en el crecimiento de *p. saman* y protección como repelente del daño del ganado (capítulo 3). Debido a la reducida disponibilidad de materia seca obtenida en las muestras no fue posible hacer repeticiones de estas mediciones. El contenido de nutrientes N, P y K en los suelos de los microsítios de los dos substratos, se analizó en muestras combinadas de suelo tomadas en el suelo superficial entre 0 y 10 cm (una muestra por substrato en cada bloque). En el caso del substrato bostas se tomó muestra del suelo bajo el interfaz bosta-suelo.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar a fin de determinar si los tratamientos tuvieron efecto en las variables medidas. Si hubo significancia, las diferencias de medias se evaluaron mediante prueba de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Cambios en los substratos

La siembra se hizo después de dos días de mucha precipitación, pero a partir del día de siembra siguieron 5 días sin lluvia y mucha radiación solar. Se observaron cambios importantes en los dos substratos; en suelo se secó la capa superficial, pero se notó siempre húmedo a la profundidad aproximada de 5 cm. En bostas el cambio fue dramático; primero se presentó un acelerado proceso de desecación de la bosta que dió lugar a un ligero encogimiento de la masa fecal y a la formación de una costra dura superficial. Esta costra dura también se formó en los hoyos donde se enterraron las semillas. Fue notable la alta temperatura que tomaba la costra superficial al medio día, sin embargo la superficie del suelo bajo las bostas se notó siempre bastante más húmedo que en el suelo sin bostas. Se observó que aproximadamente un 30% de las bostas fueron afectadas desde el primer día por actividad de escarabajos peloteros (Scarabaeidae). Los escarabajos perforan el material fecal recuperando parte del material y enterrándolo bajo las bostas. En las bostas afectadas se observaron en sus bordes pequeños montones de tierra suelta sacada por los escarabajos.

Diferencias de crecimiento de plántulas y vegetación adyacente a los 27 días de siembra.

Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en la altura de plántulas entre substratos a los 27 días de edad. Las plántulas en suelo fue 23% más altas que en bostas (Cuadro 1).

Cuadro 1 Crecimiento de la vegetación adyacente y de plántulas de *Pithecellobium saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa sobre dos sustratos en un potrero en Rivas, Nicaragua.

VARIABLE	SUBSTRATOS				
	bosta	suelo	subst	Bloq.	Sub*Bloq.
Altura plántulas (cm)	9.0	11.1	**	*	ns
Altura veget adyacente (cm)	27.9	23.5	ns	ns	ns
Altura veget/altura plántulas	3.7	2.1	**	**	**
Crecimiento de la veget. Adyac. (cm)	11.4	7.0	ns	ns	ns
Crecim plántulas - crecimiento veget. Adyac.	-2.3	4.1	ns	ns	ns

* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$

Aunque no se hizo medición de raíces, durante el raleo de plántulas efectuado al día 27 se pudo observar que las plántulas de *p.saman* mostraron un crecimiento rápido de raíces; la longitud del pivote central era similar a la parte aérea. En el caso de las plántulas en bostas fue notable que muchas tenían torceduras en la parte inicial de la raíz pivotante, presumiblemente causada por la resistencia a penetración que causó la costra de bostas.

No se encontró diferencias significativas en la altura de la vegetación adyacente a las plántulas, sin embargo la vegetación adyacente a bostas fue 18% más alta (Cuadro 1). La vegetación adyacente fue más alta que las plántulas en los dos sustratos. La razón altura de vegetación / altura de plántulas fue 43% mayor en bostas que en suelo ($p > 0.001$). Sin embargo, durante el período, las plántulas crecieron más que la vegetación adyacente en el sustrato suelo, pero en bostas fue al revés. Esta diferencia de crecimiento entre las plántulas y la vegetación adyacente no fue significativa entre los dos sustratos ($p < 0.05$).

Ataque de plagas y sobrevivencia.

El porcentaje de golpes de siembra con ataque de plagas fue casi tres veces mayor en suelo ($p < 0.001$) que en bosta. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ataque de plagas y sobrevivencia de plántulas de *Pithecellobium saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa sobre dos substratos en un potrero en Rivas, Nicaragua.

VARIABLE	SUBSTRATOS			signific.	
	bosta	suelo	sub	bloq.	Sub*blo q
Ataque de plagas (%)	12.2	34.4	**	ns	ns
Sobrevivencia I (% del total de semillas)	43.7	72.3	**	ns	ns
Sobrevivencia II (% golp. siemb. con 1 viva)	77	93	ns	ns	ns
Densidad de plántulas vivas (plánt. /ha)	855	1030			

* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$

La plaga más común fueron hormigas "arrieras" *Atta cephalotes* y *A. sextans* cortadoras del tallo y follaje. En muy pocos casos se observaron hormigas depredadoras de cotiledones. No se observaron casos de depredación de semillas ni plántulas por roedores. Las plántulas afectadas por cortadura del tallo murieron posteriormente; no así las afectadas por cortadura de follaje. El ataque de plagas no incluyó a todas las plantas de los golpes de siembra afectados y fue notable que el ataque dentro de cada parcela se presentó en parches.

Sobrevivencia

El nivel de sobrevivencia calculada sobre el total de semillas sembradas fue casi el doble ($p < 0.05$) en suelo que en bostas (Cuadro 2). La sobrevivencia calculada sobre el número de golpes de siembra con al menos una plántula viva también fue mayor en suelo, pero en menor proporción que sobre la base del total de semillas.

Dinámica de nutrientes

En los dos substratos se encontró a los 27 días igual cantidad de N, pero más P en suelo que en bostas (Cuadro 3).

Cuadro 3 Composición química del suelo y tejidos de plántulas de *Pithecellobium saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa sobre dos sustratos en un potrero en Rivas, Nicaragua.

Substrato	suelo de los sustratos			tejidos de plántulas	
	N (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	N (%)	P (%)
suelo	0.27	4.52	0.58	3.55	0.14
bosta	0.26	3.83	0.63	4.93	0.28

En los tejidos se encontró más N y P en las plántulas en bostas que en las del suelo. Durante el experimento se observó que a partir del día 20 se presentaron casos de amarillamiento en hojas de plántulas, siendo más frecuente en las plántulas en suelo.

DISCUSION

El efecto encostramiento en las bostas frescas.

El rápido cambio de nivel de hidratación parece haber sido el cambio físico más sobresaliente en las bostas. La desecación fue notable debido al alto contenido de humedad inicial en las bostas y el período seco que siguió a la deposición de éstas. La humedad de las bostas depende de la calidad de la dieta (Weeda 1967), en este caso la dieta del ganado del que se recolectaron era principalmente pasto verde del inicio del período de lluvias. Herrick (1993) encontró que bostas recolectadas en el mismo período en una zona del pacífico seco de Costa Rica contenía tan solo 17.6% de materia seca. El encogimiento de las bostas, en consecuencia de la deshidratación, también es señalado por Weeda (1967), Ferrar (1974) y Underhay y Dickinson (1978). Se notó que la desecación, encogimiento y encostramiento se concentró en la parte superficial de la bosta, y se estima que en los primeros 8 días afectó aproximadamente a una capa de entre 0.3 y 0.5 cm, suficiente para afectar las partes de la bosta donde habían sido enterradas las semillas a una profundidad de entre 0.5 a 1 cm.

El encostramiento aumentó excesivamente la resistencia a la penetración de la radícula. Además, debido a que el material fecal parece ser adhesivo, al desecarse y estar adherido a los

restos de testa que envuelven los cotiledones, éstos quedaron atrapados, de modo que esto puso resistencia a la elevación de los cotiledones. Los efectos de la costra dura en el desarrollo de plántulas se notaron en deformación en los tallos y raíces y menos crecimiento de éstas. Este efecto sobre las raíces se pudo observar en las plántulas raleadas el día 27. En consecuencia, se supone que las plántulas en bostas que sufrieron este tipo de daño exploraron menos suelo en profundidad y posiblemente fueron las que más murieron por desecación.

El alto recalentamiento observado sobre la costra superficial de las bostas es referido por Herrick (1993), quien, trabajando en las mismas condiciones meteorológicas en la región del Pacífico seco de Costa Rica, encontró que la superficie de las bostas era 3.1 grados mayor que la del suelo sin bostas. Sin embargo encontró que el suelo bajo las bostas permaneció con temperatura más baja y con menos variaciones. Suponemos que este recalentamiento de la superficie de las bostas aumentó la demanda transpiracional de las plántulas en bostas y, posiblemente, también inhibió el funcionamiento de las raíces más cercanas a la superficie de las bostas (Kramer 1983). Es posible que la mayoría de plántulas muertas por desecación son las que sus raíces más tardaron en alcanzar el suelo y no pudieron responder a esa demanda transpiracional. Underhay y Dickinson (1978) explican que en las bostas deshidratadas se desarrolla un alto potencial osmótico y mátrico por la naturaleza coloidal del material fecal, de modo que el agua es retenida con más fuerza que en el suelo. En resumen el encostramiento tiene los siguientes efectos que influyen la sobrevivencia y crecimiento de plántulas en bostas:

1. Bloqueo a emergencia de hipocotilo y a penetración de raíces. Se estima que esto fue la principal causa de muerte en bostas.
2. Estresamiento hídrico por aumento de demanda transpiracional, limitación de disponibilidad de humedad y deformación y pobre expansión de raíces.

Las desventajas iniciales de las bostas, concernientes a excesos de temperatura y retención de agua, aparentemente disminuyeron gradualmente por varias causas; 1) el crecimiento de la vegetación adyacente ejerció sombreamiento y de ese modo posiblemente se disminuyó la evaporación y la demanda transpiracional de las plántulas en bostas; 2) el goteo de lluvia y la invasión de la bosta por vegetación adyacente de porte rastrero aumentaron el resquebrajamiento de la costra y formaron intersticios para facilitar el enraizamiento; esto se había iniciado con la actividad de los escarabajos; el crecimiento de las plántulas y la

exploración de sus raíces dentro del suelo bajo las bostas les permitió disponer de alta humedad. Aparentemente este último proceso parece ser el decisivo en la sobrevivencia de las plántulas en bosta, porque permitió el aprovechamiento de la humedad y nutrientes aportados por éstas y que posiblemente hayan compensado las desventajas iniciales.

El encostramiento tiene ciertas ventajas que pueden contribuir a aprovechar mejor los nutrientes contenidos en las bostas, lo cual, como veremos más adelante fue mejor aprovechado por la vegetación adyacente a las bostas. Underhay y Dickinson (1978) explican que la costra dura hace que la deshidratación del resto del material fecal se hace más lenta bajo la costra y se lavan menos nutrientes debido al goteo y escorrentía. Además, como señalado antes, el suelo bajo las bostas encostradas puede conservar temperaturas más bajas y menos variables, debido a que el material fecal actúa como un aislante térmico que impide la evaporación y absorbe el calor (Herrick 1993).

Las diferencias de crecimiento.

El efecto del substrato bostas en el crecimiento de la vegetación (plántulas de *p. saman* y vegetación adyacente) resultó contradictorio; las plántulas en bosta fueron menos altas que las del suelo, pero la vegetación adyacente a las bostas fue más alta que en suelo (Cuadro 1). La menor altura de las plántulas en bosta parece ser resultado de la interacción de dos factores: los daños y atrasos a la emergencia de plántulas debido al encostramiento y la competencia de la vegetación adyacente. Aparentemente las causas principales de esta diferencia de crecimiento son los graves problemas de emergencia y estresamiento hídrico provocados por el encostramiento. Si bien es cierto que la razón altura de vegetación sobre altura de plántulas fue significativamente más alto en bostas (Cuadro 1), la especie adyacente más influyente en la altura era *H rufa*, cuyo hábito de crecimiento es erecto y en forma de "matones", de modo que dejan espacios de suelo sin cubrir (Daubenmire 1971b), por tanto, con esa diferencia de altura de la vegetación adyacente, se puede suponer razonablemente que esa interferencia de la vegetación adyacente no fue muy diferente que en suelo sin bostas.

La competencia de la vegetación adyacente por agua y nutrientes también parece influir poco. Estos recursos son superiores en el substrato bostas y pudieron ser aprovechadas en este primer mes con poca competencia entre sí por las plántulas y la vegetación adyacente. La mayor disponibilidad de nutrientes en este substrato en parte se muestra por el mayor

contenido de N y P en los tejidos de las plántulas en bostas que en las del suelo medido el día 27 (Cuadro 3). Sancho y Cordero (1984) indican que N y P son los dos nutrientes que más limitan el crecimiento de la vegetación en los suelos de la zona, de modo que el menor crecimiento de las plántulas en bostas no parece ser por carecer de estos nutrientes críticos. Por tanto, el crecimiento de plántulas en el substrato bostas podría ser mayor que en suelo si se reducen los efectos de estresamiento al momento de emergencia de plántulas debido al encostramiento.

La mayor altura de la vegetación adyacente al substrato bostas respecto la del suelo sin bostas (Cuadro 1), probablemente se explica por la mayor disponibilidad de nutrientes, humedad y, presumiblemente, una mejor estructura del suelo bajo las bostas. Otros estudios, en diferentes ambientes, han encontrado en el suelo bajo las bostas respecto al suelo sin bostas, más nutrientes disponible, mejor estructura del suelo y, en consecuencia, más biomasa en la vegetación adyacente a las bostas. MacDiarmid y Watkins (1972a) encontraron más N, P y K disponibles bajo las bostas que en el suelo sin bostas. El incremento de P y K se limitó espacialmente al área de suelo bajo las bostas, mientras N incrementó hasta 24 cm del borde de las bostas. Herrick (1993) encontró el doble de P disponible entre 0-3 cm de profundidad bajo bostas que en el suelo sin bostas a 60 días de deposición al inicio del período de lluvias. Omaliko (1984) encontró, 15 días después de la deposición de bostas, que a 5 cm de profundidad del suelo hubo un incremento de más de 100% de P disponible y de 60 % de N. MacDiarmid y Watkins (1971) encontraron que la vegetación herbácea adyacente hasta 40 cm del borde de las bostas creció significativamente más que la no adyacente; esa diferencia persistió hasta tres meses. Deenem y Middelkoop (1992) encontraron que la vegetación adyacente hasta 15 cm del borde de las bostas tuvo más MS que la vegetación en suelo sin bostas. Esta prueba fue realizada en pasturas fertilizadas con 250 kg N/ha.

La actividad de escarabajos y otros microorganismos en el mezclado del material de las bostas con el suelo es posible que disminuye la densidad aparente del suelo y, como efecto de eso, aumenta la infiltración de agua y se reduce la resistencia a la penetración de raíces. Herrick (1993) comparando las propiedades del suelo bajo bostas depuestas al inicio del período de lluvias con las del suelo sin bostas, encontró que la densidad aparente del suelo bajo las bostas (0 y 7 cm) fue 10 % menos que en el suelo del potrero sin bostas; y la porosidad drenable bajo las bostas aumentó 67%. Herrick concluyó que la actividad de escarabajos y termitas bajo las

bostas son los agentes principales de esos cambios favorables en las propiedades físicas del suelo en potreros que han sufrido compactación por pastoreo.

Todas estas condiciones ambientales favorables del substrato bostas, aparentemente pudieron ser aprovechadas por la vegetación adyacente hasta una distancia estimada entre 0 a 20 cm del borde de las bostas. *H. rufa*, que fue la especie más abundante en el sitio, posee un sistema radicular bastante superficial y adaptado para explorar este tipo de substrato. Troughthon (1957) indica que las gramíneas pueden tener entre 60 y 80% de sus raíces en los primeros 5 cm del suelo y su extensión horizontal puede alcanzar entre 45 y 60 cm. Daubenmire (1971b) indica que al inicio del período de lluvias un tejido de finas raíces blancas aparecen en los espacios sin cobertura entre los matones de *H. rufa*. Herrick (1993) encontró 70% más de de P en los tejidos de la gramínea *H. rufa* adyacente a bostas respecto a suelo sin bostas. También encontró diferencias significativas de nivel de biomasa a 60 días de deposición de las bostas, siendo mayor en un área a 11 cm del borde de las bostas que en suelo sin bostas. Otro factor que puede influir en el mayor crecimiento de la vegetación adyacente a bostas es dado por Herrick (1993), quien sugiere que a más humedad, menos temperatura y más P disponible bajo las bostas, puede haber dado lugar a más asociación de *H. rufa* con micorrizas; de este modo se puede permitir más absorción de agua y eficiencia en captura de P.

Capacidad de competir de las plántulas de *P. saman*.

El crecimiento en altura de las plántulas de *p.saman* muestran una importante capacidad de competencia por luz con la vegetación adyacente. Durante el período de 27 días de observación, las plántulas en suelo crecieron más que la vegetación adyacente (Cuadro 1). Este crecimiento relativamente rápido de *P.saman* se puede explicar por el tamaño de las semillas y el tratamiento de prehidratación. La alta concentración de reservas en sus semillas le permite un rápido crecimiento en biomasa de tallos y raíces en ambientes adversos (Harper 1977, Skoglund 1991, Archer 1995). Silvertown (1987) explica que semillas más grandes capacitan a las plántulas para desarrollar un sistema radicular más extenso y obtener agua más eficientemente. Agrega que en California existe una relación positiva entre el tamaño de semillas y el nivel de sequedad del hábitat de las especies. El crecimiento rápido que se observó en las raíces de *p.saman* pudo aumentar su resistencia a los cortos períodos de sequía post-siembra, porque le permitió rápidamente asegurar contacto con el substrato

húmedo. Gerhardt y Fredriksson (1995) indican que las plántulas de especies arbóreas de esta zona hacen fuerte inversión de asimilados para el crecimiento de la raíz principal. Quirós y Chavarría (1990) encontraron que *P. saman* estuvo entre el grupo de las tres especies que alcanzaron mayor altura en seis meses de vivero en pruebas de crecimiento entre 14 especies forestales nativas del bosque tropical seco de Costa Rica.

Dos factores más también contribuyen a explicar este crecimiento relativamente rápido de las plántulas de *P. saman*; la siembra de semillas pre-hidratadas y el pastoreo del sitio antes de siembra. La pre-hidratación de semillas y la siembra sincronizada con un ambiente de alta humedad permite continuar el crecimiento inmediatamente a la siembra. El pastoreo del sitio antes de siembra afectó el rebrote de las gramíneas u otras especies presentes, ésta defoliación temprana limita la capacidad fotosintética de las gramíneas, puesto que el follaje afectado había sido formado en gran parte con las reservas acumuladas. De esta manera se limita la capacidad de rebrote (White 1973, Pearson e Ison 1986, Doescher et al 1987).

La vegetación adyacente parece haber tenido relaciones de interferencia positiva y negativa con las plántulas en los dos substratos; por una parte, contribuye al sombreamiento que requieren las plántulas para disminuir la demanda transpiracional, pero por otra compete por luz, agua y nutrientes. De ahí la necesidad inevitable de reducir la interferencia a través del pastoreo u otra forma de desmalezado.

El crecimiento de las plántulas de *P. saman* en suelo es satisfactorio respecto al crecimiento de plántulas en viveros comerciales a nivel de fincas pequeñas en Masaya, Nicaragua las plántulas crecieron en promedio 12 cm en 25 días (Ing Marcelo Rodríguez, viverista. Com. Pers.)

Las diferencias de sobrevivencia y ataque de plagas.

La emergencia y sobrevivencia de plántulas fue menor en el substrato de las bostas, debido a que se sembró semillas en estado avanzado de germinación sobre un substrato de bostas frescas en proceso de rápida desecación. Las semillas sembradas habían sido prehidratadas e iniciado la emergencia de radícula antes de siembra, y en ese estado son muy susceptibles al stress hídrico (Kramer 1983). Muchas semillas en bostas quedaron sin contacto con substrato húmedo, encontraron bloqueo a la emergencia del hipocotilo y a la penetración de la radícula,

debido a la formación de una costra dura superficial en las bostas. Las consecuencias de esto fue una alta mortalidad de semillas y plántulas en bostas.

La desecación de semillas en bosta se observó que ocurrió de dos formas: a) por la pérdida de contacto del orificio de hidratación de las semillas con el substrato húmedo. Eso se debió a que la parte superficial de las bostas se encogió y encostró por el proceso de resecamiento. En ese proceso las semillas semi-enterradas fueron desplazadas hacia la costra superficial que se formó en las bostas quedando expuestas a la radiación solar y al viento. b) Por la resistencia que presentó la costra superficial de las bostas a la penetración de la radícula, lo cual impidió el anclaje necesario para elevar los cotiledones y el enraizamiento necesario para alimentar en agua y nutrientes a la plántula. En muchos casos se observó que los cotiledones quedaron atrapados en el material fecal endurecido.

La muerte abundante de plántulas en bostas se observó durante un período de 5 días secos que siguió a la siembra y a la emergencia de plántulas. De manera que la mortalidad por efectos de la interferencia de la vegetación adyacente, la cual se presentó como tal a partir del día 20, no parece haber influido mucho el nivel de sobrevivencia. Se observó que las plántulas que murieron por desecación eran las que habían sufrido más stress en la fase inmediata anterior de emergencia de radícula y levantamiento de cotiledones. Muchas plántulas en bostas, estresadas inicialmente, mejoraron su vigor a partir del período entre el día 15 y 20 aproximadamente, coincidiendo aparentemente cuando la raíz había atravesado el material fecal y se había anclado mejor en el suelo bajo la bosta. También se observó, a partir del día 20 un aumento del sombreamiento a la superficie de bostas ejercido por el crecimiento de la vegetación adyacente. Igualmente se observó en muchas bostas el resquebrajamiento de la costra superficial por el goteo de lluvia y, más tardíamente, por la invasión de la superficie de la bosta por plantas rastreras, principalmente *C. mucunoides*.

El bloqueo a la emergencia de plántulas en las bostas no siempre dió lugar a muerte, en muchos casos provocó que las semillas en bostas continuaran emergiendo hasta el día 8 y 10, mientras que en las semillas en suelo solo se identificaron nuevas emergiendo hasta el día 4.

La formación de la costra no es un bloqueo masivo e infranqueable; en muchas bostas no se presentó el problema, lo cual explica la diferencia entre sobrevivencia I (establecida sobre el

total de semillas) y la mayor sobrevivencia II (establecida sobre el número de golpes de siembra). En algunas bostas en las que se presentó el encostramiento, las plántulas afectadas logran emerger cuando la costra se suaviza debido a que se rehidrata con suficiente lluvia, o cuando se abren intersticios por efecto del goteo y la actividad de escarabajos. Se notó que algunas plántulas muy débiles en bostas lograron recuperarse más tarde.

La ausencia de depredación de semillas o plántulas por roedores confirma lo establecido por Janzen (1982d); que este fenómeno está altamente relacionado a la densidad de semillas por bosta y a la cercanía de las bostas a sitios ordinariamente frecuentados por roedores por presencia abundante de la presa. En este caso las bostas fueron distribuidas homogéneamente y a baja densidad en potrero abierto, lo cual no creó estímulos para los roedores porque no se trataba de sitios frecuentados por presencia tradicional de la presa (Janzen 1982).

Aparentemente la principal causa de mortalidad en substrato suelo fueron plagas de hormigas cortadoras de tallo y, en menor cantidad, desecación de plántulas en períodos cortos de poca humedad. El ataque de hormigas "arrieras" fue mayor en suelo (Cuadro 2). El efecto repelente del estiércol bovino sobre insectos no ha sido comprendido en rigor. Faye (sf) refiere casos de prácticas agrícolas tradicionales de uso de estiércol como medio de protección de cultivos y productos en almacenamiento; y protección de arbolitos contra pestes en Ghana.

La dinámica de nutrientes

Se encontró que hubo menos nutrientes disponibles en suelo bajo las bostas, pero al mismo tiempo hubo más nutrientes en los tejidos de las plántulas en bostas (Cuadro 3) y, como fue presentado antes, más crecimiento de la vegetación adyacente a las bostas. Además, la literatura revisada invariablemente muestra resultados de más presencia de nutrientes bajo las bostas y más crecimiento de la vegetación adyacente a éstas; aunque diversos estudios encontraron variaciones temporales y espaciales en la disponibilidad de nutrientes liberados de las bostas (Petersen et al 1956b, MacDiarmid y Watkins 1972a, Omaliko 1984, Herrick 1993). Una combinación de varios factores podría explicar este resultado. Podría ser que los nutrientes de las bostas se liberan más lentamente por su naturaleza orgánica y debe ser mineralizado antes de ser disponible en el suelo para las plantas (Barrow 1967, Deenen y Middelkoop 1992 y Russelle 1992). La liberación tardía también pudo estar influida por la formación de costra dura que limita las pérdidas por volatilización o lavado (Hammer 1941, citado por Marsh y Campling

1970) y, de ese modo, limita el proceso de descomposición de las bostas. Dickinson et al (1981) agregan que hay una correlación positiva entre la pérdida de peso seco de las bostas y la liberación de nutrientes. Otro factor influyente puede ser que gran parte de los nutrientes liberado de las bostas habían sido aprovechados por la vegetación en esa área antes del día 27 que se tomaron las muestras (Omaliko 1984). Otra explicación puede ser que las plantas en ese substrato absorbieron más nutrientes porque exploraron un volúmen mayor de suelo debido a un ambiente más favorable, tal que el mejoramiento de la estructura del suelo y aumento de la humedad disponible. Viets (1972) indica que la cantidad de agua en el suelo no solo afecta la cantidad de nutrientes en la solución, también influye la absorción de nutrientes tomados por difusión, tal como es el caso de P.

CONCLUSIONES

La siembra directa de *P. saman* en condiciones de alta humedad permite obtener plántulas de una edad de 1 mes con un nivel de sobrevivencia de hasta 95% sembradas en el substrato suelo en un potrero sin pastoreo. Las plántulas de 1 mes se consideran con un nivel de enraizamiento y capacidad fotosintética que las hace menos vulnerables a pequeñas variaciones climáticas.

Las plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa en un potrero de *Hyparrhenia rufa* pastoreado antes de siembra, crecieron en 27 días más que la vegetación adyacente. Lo cual muestra la capacidad de competir de *p. saman* en este ambiente. Aparentemente los factores que influyeron esta capacidad de competir de *p. saman* fueron el tamaño de las semillas, el tratamiento de pre-hidratación, el pastoreo temprano de *H rufa* y el hábito de crecimiento erecto y en matones de esta gramínea.

El substrato de las bostas resultó menos ventajoso, para el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa, debido principalmente a problemas de bloqueo a la emergencia de plántulas por el encostramiento superficial de las bostas. Sin embargo, los resultados obtenidos en mayor crecimiento de la vegetación adyacente a las bostas, menos ataque de plagas y el mayor contenido de N y P en los tejidos de plántulas en bostas, muestra las ventajas relativas de este substrato. De esta manera se muestra que el substrato de las bostas es un micrositio que supera los efectos de escasez de nutrientes y compactación del suelo en las pasturas degradadas y puede, de ese modo, aumentar las

probabilidades de sobrevivencia y crecimiento de leñosas en potreros. Sin embargo, las bostas aumenta el crecimiento de la vegetación adyacente, lo cual puede traducirse en un nuevo bloqueo para el establecimiento de *P. saman* en potreros y, por tanto, requiere de intervenciones para resolverlo (Capítulo 3 y 4).

Recomendaciones para el manejo técnico de establecimiento de *P. saman* en potreros por siembra directa en bostas.

Se recomiendan dos alternativas de siembra directa de *P. saman* en bostas a fin de superar el problema de encostramiento. Una consiste en hacer la siembra sobre bostas que se han deshidratado un poco; aplicar a la superficie de la bosta una remoción como la que se hizo en el suelo y depositar las semillas en hoyos dentro del material fecal, pero más anchos que la masa de la semilla, y tan profundos que las semillas queden en contacto directo con el suelo bajo las bostas. Las semillas enterradas deben ser ligeramente tapadas con pedazos deshidratados del material fecal removido. Este sistema podría mantener las ventajas de disminuir el ataque de plagas y aumentar la humedad del suelo bajo las bostas. Sin embargo, se esperaría que haya más lixiviación de nutrientes y posiblemente más evaporación de agua. La otra alternativa sería hacer la siembra directa de las semillas de *P. saman* justo en el borde de las bostas frescas. Siempre será necesario una ligera remoción de vegetación y suelo como se hizo en el método de siembra directa en suelo sin bostas. De esta manera se aprovecha el substrato de las bostas como lo hizo la vegetación adyacente. La eventual formación de la costra dura solo produce ventajas para retener humedad, disminuir lixiviación y aprovechar los efectos del mejoramiento de la estructura del suelo. Se puede conservar el efecto repelente de las bostas sobre el ganado para evitar daños de ramoneo y pisoteo (Capítulo 3). Probablemente se disminuya el efecto de disminución del ataque de plagas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Archer S .1995. Harry Stobbs Memorial Lecture, 1993. Herbivore mediation of grass-woody plants interactions. *Tropical grasslands* 29: 218-235.
2. Archer S y Pyke D. 1991. Plant-animal interactions affecting plant establishment and persistence on revegetated rangelands. *Journal of range mangement* 44 (6). Pp 558-565.
3. Barrow NJ. 1967. Some aspects of the effects of grazing on the nutrition of pastures. *The journal of the australian institute of agricultural science*.33:254-262.

4. Daubenmire R. 1971a.. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in north-western Costa Rica. *Journal Ecology* (60) p 147-170.
5. Daubenmire R 1971b. Ecology of *hypparrhenia rufa* in derived savanna in north-western Costa Rica. *Journal of applied ecology* 9: 11-23.
6. Deenen PJAG y Middelkoop N. 1992. Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. *Netherlands journals of agricultural science*, 40:469-482.
7. Dickinson CH, Underhay VSH y Ross U. 1981. Effect of season, soil fauna and water content on the decomposition of cattle dung pats. *New Phytologist*. 88, 129-141.
8. Dickinson CH, Underhay VSH y Ross U. 1981. Effect of season, soil fauna and water content on the decomposition of cattle dung pats. *New Phytologist*. 88, 129-141.
9. Doescher P, Tesch S y Alejandro-Castro M 1987. Livestock grazing: a silvicultural tool for plantation establishment. *Journal of forestry*, 85: 29-37.
10. Durr P 1992. Manual de árboles forrajeros de Nicaragua. MAG, COSUDE, CIIR/CID. Managua, Nicaragua.
11. Faye D (sf). Rotenone and cow manure. The nature's way. Pub in progress. Submitted.
12. Ferrar P. 1974. Desintegration of dung pads in north Queensland before the introduction of exotic dung beetles. *Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry*. Vol 15, pp 325-329.
13. Gardener C J, McIvor J G y Jansen A 1983. Survival of seeds in the digestive tract and faeces on cattle. Annual report 1982-3 pp 120 -1 (CSIRO Division of tropical pasture: Brisbane).
14. Gerhardt K y Fredriksson D 1995 Biomass allocation by broad-leaf mahogany seedlings, *Swietenia macrophylla* (King), in abandoned pasture and secondary dry forest in Guanacaste, Costa Rica. *Biotropica* 27(2). P 174-182.
15. Harper JL 1977 Population biology of plants. Academic Press. San Francisco California.
16. Hatheway W y Baker H 1970 Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*: Further information. *Evolution* 24: 253-54.
17. Herrick JE. 1993. Restoration of tropical pastures ecosystems and the role of cattle dung patches. Dissertation presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of PhD in The Graduate School of the Ohio State University.
18. Janzen D. 1982d. Removal of seed from horse dung by tropical rodents: influence of habitat and amount of dung. *Ecology* 63(6) pp 1887-1900.

19. Janzen D. 1982d. Removal of seed from horse dung by tropical rodents: influence of habitat and amount of dung. *Ecology* 63(6) pp 1887-1900.
20. Janzen D. 1969. Seed-eaters versus seed size, number toxicity and dispersal. *Evolution* 23: 1-27.
21. Janzen D. 1982e Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocene dispersal agents. *Oikos* 38: 150-156.
22. Janzen D H. 1984 Dispersal of small seeds by big herbivores: foliage is the fruit. *American naturalist*. Vol 123, No 3. Pp 338-353.
23. Kramer 1983 *Water relation in plants*. Academic Press, Inc. New York. 489 p.
24. Macdairmid BN y Watkin BR. 1971. The cattle dung patch. 1 Effects of dung patches on yield and botanical composition of surrounding and underlying pasture. *Journal of the British Grasslands Society*, 26: 239-245.
25. Macdairmid BN y Watkin BR. 1972b. The cattle dung patch. 3 Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *Journal of the the British Grasslands Society*, 27:48-53.
26. Marena. 1996 Informe anual de extracción. Ministerio de recursos naturales y del ambiente, Nicaragua.
27. Marsh R y Campling RC. 1970. Fouling of pasture by dung. *Herbage abstracts*. vol 40, No 2.
28. Nepstad D, Uhl C y Serrao E. Recuperation of a degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20:6 p248-255.
29. Norman MJT y Green JO. 1958. The local influence of cattle dung and urine upon yield and botanical composition of permanent pasture. *Journal of The British Grasslands Society*. 13:39-45.
30. Ocumpaugh WR, Archer S y Stuth JW .1996. Switchgrass recruitment from broadcast seed vs. Seed fed to cattle. *Journal of range management* 49 (4).
31. Omaliko CPE. 1981. Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. *Journal of range mangement*, 34(5).
32. Omaliko CPE. 1984. Dung decomposition and its effectson the soil component of a tropical grassland ecosystem. *Tropical ecology*. 25:214-220.
33. Parish R y Turkington R 1990. The colonization of dung pats and molehills in permanents pastures. *Canadian journal of botany*. 68: 1706-1711.
34. Pearson CJ e Ison RL. 1986. *Agronomy of grassland systems*. Cambridge university press. Cambridge UK. 169 p.

35. Petersen RG, Woodhouse WW y Lucas HL. 1956b. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: II. Effect of returned excreta on the residual concentration of some fertilizer elements. *Agronomy journal* 48: 444-449.
36. Quirós LM y Chavarría MI. 1990. Noticiero Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central. No 5: 8-14. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
37. Russelle M P 1992. Nitrogen Cycling in pasture and Range. *Journal of Production Agriculture*. Vol 5, No 1: 13-23.
38. Sancho M y Cordero A. 1984. Evaluación de la fertilidad de diez suelos del Pacífico seco de Costa Rica mediante la técnica del elemento faltante o aditivo. *Agronomía costarricense* 8 (2): 111-118.
39. Silvertown J 1987 *Introduction to plant population ecology*. Logman Scientific & technical, Essex, England.
40. Simao- Neto M y Jones RM. 1986. The effect of storage in cattle dung on viability of tropical pasture seeds. *Tropical grasslands*, vol 20:4.
41. Skoglund J 1992 The role of seed banks in vegetation dynamics and restoration of dry tropical ecosystems. *Journal of vegetation Science* 3: 357-360.
42. Troughton A 1957 The underground organs of herbage grasses. *Bulletin 44 Commonwealth Bureau of pasture and field crops* Farham Royal: Commonwealth agriculture bureau. Pp 163
43. Underhay VHS y Dickinson CH. 1978. Water, mineral and energy fluctuations in decomposing cattle dung pats. *Journal of British grassland Society* Vol 33, 189-196.
44. Viets F G Jr. 1972. Water deficit and nutrient availability. In *Water deficit and plant growth*. De by T D Kozlowsky. Vol III. Plants response and control of water balance. Academic Press, New York.
45. Weeda WC. 1967. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilisation. *New Zeland journal of agricultural research*. 10: 150-159.
46. White L 1973 Carbohydrate reserves of grasses: a review. *Journal of range mangement*. 26 (1).
47. Williams PH y Haynes RJ 1995 Effects of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. *Grass and forage science* Vol 50, 263-271.

CAPITULO 3

PASTOREO REGULADO Y BOSTAS DEL GANADO COMO MEDIOS DE PROTECCIÓN DE ARBOLITOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL

INTRODUCCION

Al contrario de lo que comúnmente se piensa, la ganadería con pastoreo controlado puede contribuir a la arborización de potreros. La poca cantidad de árboles en los pastizales de la región costera del Pacífico semi húmedo de Nicaragua y Costa Rica no se debe principalmente a una incompatibilidad árboles-ganado, sino a un tipo manejo ganadero que eliminó los árboles por la falta de importancia económica de éstos para los productores.

En las áreas ganaderas de la costa del pacífico de Centroamérica, cuya vegetación original fueron bosques tropicales caducifolios (Daubenmire 1971a), en particular en aquellos sitios donde aún hay ciertos árboles dispersos, es corriente encontrar dos fenómenos relacionados; la invasión de leñosas y el desarrollo de una cobertura arbórea en los potreros si no se aplican prácticas de control de malezas, (Concklin 1987) y, en consecuencia de eso encontrar algunos árboles dispersos de especies maderables comerciales resultado de regeneración natural. Ejemplos de estas especies arbóreas maderables son genízaro *Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth., Guanacaste negro *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., laurel *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken., coyote (*Platymiscium pleiostachyum*), roble de sabana *Tabebuia rosea* (Vertol.)DC., ñámbar *Dalbergia retusa* (Hemsl.), cedro *Cedrela odorata* (Cham. y Schlecht.). También es corriente encontrar especies arbóreas forrajeras altamente consumidos por el ganado tal que guácimo *Guazuma ulmifolia* (Lam.), que regeneran agresivamente en ambientes bajo pastoreo. De esta manera, dependiendo del manejo ganadero, un potrero está en un persistente retorno a su condición original de bosque.

El ganado en pastoreo puede causar daños a los arbolitos a través de ramoneo, pisoteo y compactación del suelo, pero también puede beneficiarlos a través de reducir la competencia del pasto y aportar nutrientes a las capas superficiales del suelo a través de sus excretas (Archer 1995). El efecto neto del pastoreo sobre el desarrollo de los arbolitos depende de cómo los efectos favorables, p. ej. disminución de la vegetación adyacente; se contrabalancean con los desfavorables p. ej. ramoneo y pisoteo de los arbolitos, o compactación del suelo en el

micrositio. Archer (1995) indica que el pastoreo disminuye el área basal, aumenta la tasa de mortalidad y disminuye producción de semillas y establecimiento de plántulas de las gramíneas más palatables, de modo que contribuye a crear espacios vacíos, arriba como abajo del suelo, que quedan disponibles para el establecimiento de especies leñosas. Skarpe (1992) agrega que, al contrario, si se provocan perturbaciones sobre la cobertura de leñosas se favorece la invasión de herbáceas.

El ganado en pastoreo tiene patrones de comportamiento que afectan la composición de especies vegetales y la competencia entre éstas. El ganado tiene preferencia por gramíneas, plantas o partes de éstas verdes y ricas en proteínas, (Arnold 1981). También tiene un marcado rechazo de vegetación contaminada con sus propias heces (Marsh y Camplig 1970). La selectividad varía con el tiempo debido a los cambios en la composición química de las especies presentes (Heady 1964 y Humphreys 1991). También puede variar por el nivel de presión de pastoreo. A más presión el ganado selecciona menos (Arnold 1981). La selectividad, junto a la distribución del pisoteo, también varía espacialmente; el pastoreo se distribuye heterogéneamente en potreros que cuentan con diversidad espacial de vegetación, topografía, distancia a lugares de abrevadero, suplementación y sombreo (Hart et al. 1993).

P. saman es una especie forestal leguminosa de creciente interés comercial y con alto potencial de volverse una de las especies nativas de más interés de los ganaderos de la región para desarrollar sistemas silvopastoriles. Por una parte está clasificada entre las maderas de más valor en Costa Rica y Nicaragua; y ha aumentado su proporción en la extracción anual de esos países (MARENA 1996). Por otra parte; los ganaderos de la región tradicionalmente han apreciado las ventajas de esta especie por los servicios técnicos a la producción ganadera, a través del valor forrajero de sus vainas disponibles en el período de más escasez de pasto (Durr 1992), y por el efecto protector para el ganado de sus grandes copas que mantienen el follaje en los meses de más radiación solar y altas temperaturas.

El follaje accesible de *P. saman* es ávidamente consumida por el ganado en el período seco cuando las gramíneas han perdido palatabilidad. Stobbs (1977) indica que el ganado tiene selección negativa por leguminosas verdes en presencia de gramíneas verdes. Las leguminosas continúan su crecimiento aún después del fin del período de lluvias y mantienen más N que las gramíneas a edades avanzadas (Doescher et al 1987 y Humphreys 1991).

Skerman et al (1991) indican que en el período seco el ganado consume y ramonea en preferencia las arbustivas. Por tanto, se supone que es posible pastorear áreas sembradas con *P. saman* en el período de lluvias para aprovechar el pasto y obtener muy poco daño de ramoneo, puesto que en esta estación el ganado prefiere las gramíneas. De esta manera, se lograría arborizar los potreros sin interrumpir la producción ganadera durante el período de lluvias; y aprovechar el pastoreo como herramienta forestal para disminuir la competencia de las gramíneas con los arbolitos.

La regeneración natural de *P. saman* es una vía limitada para obtener densidades mínimas y arreglos espaciales óptimos. Por una parte las áreas ganaderas de más potencial para incorporar esta especie carecen de árboles semilleros. Por otra, la especie sufre mucha depredación de semillas (Janzen 1977). El porcentaje de semillas que salen muertas del tracto digestivo del ganado es considerable Janzen (1982) y las semillas vivas pueden ser depredadas por roedores o germinar en períodos de precipitación errática (Janzen 1981, 1982). Los riesgos más graves post germinación son la desecación de plántulas por la variabilidad en la humedad del suelo y los eventuales daños directos del ganado (Hatheway y Baker 1970 y observ. Pers.). Nepstad et al (1991), Aide et al (1995) y Sun y Dickinson (1996) indican que la competencia de las gramíneas es un obstáculo grande debido a que en zonas de trópico húmedo las gramíneas crecen rápido por lo favorable de las condiciones climáticas. Nepstad et al (1991) agregan que además la baja fertilidad de pasturas degradadas, afectadas por compactación y pérdida de nutrientes, es también un bloqueo al establecimiento de plántulas de especies leñosas en pasturas abandonadas.

Las bostas del ganado han sido estudiadas como perturbaciones en el ecosistema del potrero; a) desde el punto de vista ganadero para evaluar el ciclaje y redistribución de nutrientes en pasturas, b) para entender el proceso de dispersión por el ganado de especies herbáceas forrajeras o malezas y, c) como un problema, para evaluar el efecto sobre el rechazo del ganado a consumir vegetación contaminada con heces del ganado. A este fin se han caracterizado los nutrientes disponibles en bostas (Petersen et al 1956, MacDiarmid y Watkins 1972, Omaliko 1984, y Herrick 1993); los efectos en la estructura del suelo (Herrick 1993); el ganado como dispersor de semillas de especies forrajeras (Gardener et al 1983 y Simao Neto et al 1987); y el efecto de las bostas en el comportamiento del ganado en pastoreo (Johnstone-Wallace y Kennedy 1944, Norman y Green 1958, Marten y Donker 1964, Weeda 1967,

McLusky 1960, Marsh y Campling 1970, Omaliko 1981). Desde un punto de vista forestal el estiércol del ganado ha sido estudiado como repelente en forma de slurry para protección de plántulas del daño del ganado Beskorowanjy et al (1993). Algunos estudios mencionan prácticas tradicionales de uso de estiércol para proteger cultivos del daño del ganado; protección de cocoteros (Reynolds 1994), protección de palma africana en Sri Lanka (Payne 1984); protección de estacas de *Erythrina poeppigiana* en potreros en Costa Rica (Beer 1980); protección de plantíos de pimienta en Tailandia (Gordon 1995).

Hasta ahora no conocemos estudios sobre las bostas como medio repelente para proteger arbolitos en sitios bajo pastoreo, ni los efectos de las bostas como substrato para el crecimiento de plántulas de especies forestales, cuya regeneración natural es a través de dispersión por el ganado y en ambientes pastoreados.

El objetivo de este estudio fue analizar la viabilidad de introducir árboles en potreros pastoreados, mediante evaluar los efectos de tres cargas animales de pastoreo, en los niveles de sobrevivencia, daños sufridos y crecimiento de plántulas de *p. saman* establecidas por siembra directa en dos substratos: bostas y del suelo sin bostas, en potreros de jaragua (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf).

Las premisas básicas fueron que la defoliación selectiva que ejerce el ganado favorece la especie menos palatable y contaminada con heces. Y que la vegetación que aprovecha el substrato de las bostas crece más por las mejores condiciones del microambiente de las bostas.

MATERIALES Y METODOS

El sitio experimental El experimento se llevó a cabo en un potrero de la finca Madera Rosa situada en Rivas, Nicaragua, sobre faja costera entre el Océano Pacífico y el Lago de Nicaragua. La zona de vida corresponde a Bosque húmedo subtropical, asociación cálido monzónica en la clasificación de zonas de vida de Holdridge. La elevación es de 89 msnm. La temperatura promedio es de 26.8 grados centígrados. La precipitación anual es de 1450 mm/año distribuidos el 85% entre junio y noviembre. El tipo de suelo es un Lithic Ustorthent - lithic dystropept complex (Observ.pers).

El sitio pertenece a un tipo de vegetación original de bosques tropicales caducifolios (Daubenmire 1971a). El establecimiento de la pastura de "jaragua" *H. rufa* se realizó al final de los años 60 a través de eliminación de la cobertura boscosa para cultivo de maíz y arroz por "roza y quema" y enseguida la siembra de *H. rufa* al voleo. El régimen de pastoreo ha sido relativamente intenso en el pasado. El control de malezas se ha hecho por una combinación de quemas periódicas cada 2 o 3 años y chapias anuales. El estado actual de la pastura se considera en un estado intermedio de degradación, principalmente por la invasión de especies indeseables y erosión en ciertos sitios por sobrepastoreo y quemas. La vegetación presente en el sitio fue: 75% *H. rufa*, 10% "invasor" (*Paspalum conjugatum*) y "zacatón" (*Paspalum virgatum*), 7% flor amarilla (*Melampodium brachyglossum*), 5% bejuco engordador (*Calopogonium mucunoides*) y 3% otras especies herbáceas y arbustivas de hoja ancha. En el sitio se encuentran árboles aislados de laurel *C. alliodora*, guácimo *G. ulmifolia*, ñámbar *D. retusa*, Madero negro *Gliricidia sepium*, Jícaro *Crescentia alata* y un individuo de *P. saman*.

El experimento se llevó a cabo entre junio y agosto de 1998, año afectado por el fenómeno del Niño. Sin embargo, se considera que la precipitación mensual en ese período experimental fue solo ligeramente abajo de la normal (192 mm/mes entre junio y agosto).

Cuadro 1 Precipitación y temperatura mensual en Rivas, Nicaragua en 1998.

Mes	Precipitación (mm)	T° C
E	0	27.1
F	0.4	27.4
M	0	28.5
A	1.4	29.2
M	90.2	28.1
J	131.4	27.3
J	212	27.3
A	194.4	26.7
S	215.7	26.3
O	948 (Efecto "Mitch")	27.7

Fuente: estación meteorológica de INETER, en Rivas, Nicaragua.

Experimento de crecimiento de plántulas de *P. saman* en dos sustratos y efecto de tres cargas animales.

El experimento se organizó en un diseño factorial 2 x 3. Los factores eran dos sustratos de crecimiento de las plántulas (bostas y suelo sin bostas) y carga animal (baja, media y alta) (Cuadro 2).

Cuadro 2 Tratamientos del estudio sobre dos sustratos de crecimiento y tres cargas animales.

Tratamiento	carga animal	sustrato
1	alta	bosta
2	alta	suelo
3	media	bosta
4	media	suelo
5	baja	bosta
6	baja	suelo

Para este experimento se seleccionó un área de 1.7 ha y se dividió en 3 bloques en consideración a la variabilidad topográfica y de vegetación. Por cada bloque se establecieron 1 parcela para cada tratamiento; 18 parcelas en total de todo el experimento. Cada parcela tenía un área de 900 m². En la parte central de cada parcela habían establecidas entre 18 y 30 plántulas *P. saman* de 27 días de edad establecidas por siembra directa con trazado de 3 x 3 m (Capítulo 2).

Manejo de las cargas animales.

Las parcelas fueron pastoreadas en 4 ciclos entre junio y agosto de 1998. Para el pastoreo se usó un grupo de 12 vaquillas Brahman de 280 kg de peso que habían pastoreado sitios similares desde el año anterior. La organización de los tratamientos de diferentes niveles de carga se hizo manteniendo potreros de igual tamaño (0.09ha), igual duración del período de pastoreo (1 día) y descanso (variable entre ciclo, pero igual en todos los tratamientos) (Cuadro 3), pero haciendo variar el número de animales para cada carga; 2 en baja, 4 en media y 6 en alta. La carga media correspondió a la carga normal en la finca donde se hizo el experimento. La carga baja se estimó que era la carga más baja para obtener un producto ganadero que permite cubrir los costos fijos/ha normales de la finca donde se hizo el experimento. La carga

alta de 6 animales se estableció así para tener un nivel de contraste adecuado con las otras dos. Los potreros fueron divididos con cerca eléctrica. El sistema de pastoreo fue rotatorio intensivo (Cuadro 3).

Cuadro 3 Programa de pastoreo de potreros sembrados con plántulas de *P. saman* en Rivas, Nicaragua.

Pastoreo/ descanso	fecha	edad plántulas de <i>p. saman</i> (días)
ciclo 1 (1 día por potrero) descanso potreros (5 d)	3 al 8 jul	28
ciclo 2 (1 día por potrero) descanso potreros (12 d)	9 al 14 jul	34
ciclo 3 (1 día por potrero) descanso potreros (12 d)	22 al 27 jul	47
ciclo 4 (1 día por potrero)	9 al 14 ago	60

Diariamente se pastoreó simultáneamente un potrero de cada carga. Para ese fin los 12 animales se dividieron diariamente en tres grupos de 2, 4 y 6 animales escogidos al azar. Después de pastorear las seis parcelas de un bloque se siguió con el siguiente.

El ciclo 1 de pastoreo se inició cuando el pasto tenía una altura normal conforme los criterios de las decisiones de pastoreo en la ganadería local. La siembra directa de *p. saman* se hizo 27 días antes, presumiendo que en ese tiempo sería necesario pastorear el sitio y el desarrollo de las plántulas estaría entonces siendo afectado por la interferencia del pasto.

Mediciones

Antes del primer ciclo de pastoreo y después de cada ciclo, en cada potrero se midió por cada plántula su altura, la altura de la vegetación adyacente y se registraron las causas de eventuales daños del pastoreo. Las mediciones de altura se hicieron con una regla métrica. La altura de la vegetación adyacente se registró como el punto más alto de cualquier planta situada a 20 cm del tallo de las plántulas. La tendencia de crecimiento de las plántulas y la vegetación adyacente se estimó por la diferencia de altura entre un día antes de pastoreo y al final del ciclo 4; un período de 32 días.

Las causas de daño del ganado clasificadas fueron pisoteo y ramoneo. El daño por desecación se registró cuando la planta había muerto por esta causa. El daño por pisoteo se pudo identificar por la presencia de huella de casco sobre la plántula afectada o en el micrositio; ésto se facilitó por la humedad del suelo o la evidencia del daño en tejidos verdes de la plántulas. El daño por ramoneo se identificó por defoliación que arrasaba el follaje o por desaparición de la plántula. Las plántulas que fueron dañadas dos veces solo se registró como dañada una vez. En las plantas registradas muertas por desecación, fue verificado que antes no habían sufrido daño por pisoteo o ramoneo; en caso que hubieran sido dañadas antes se registró esa causa de muerte. Las variables de daño y mortalidad se calcularon en porcentaje del número inicial de plántulas. Se consideraron plántulas intactas las plántulas vivas sin daños directos del ganado.

Para analizar el efecto repelente de las bostas se consideró el nivel relativo de defoliación y altura de la vegetación adyacente entre los tratamientos, suponiendo que a más altura hubo más rechazo (Osko et al 1993), igual suposición se hizo por el porcentaje relativo de plántulas ramoneadas.

Análisis estadístico de los datos

Los datos se analizaron por un modelo estadístico de diseño experimental factorial 2 x 3, en bloques al azar con tres repeticiones. Para las variables de pisoteo, ramoneo, muerte por desecación y mortalidad total (porcentajes), se hizo una transformación de los datos por raíz cuadrada antes de proceder al análisis de varianza. También, debido a que el número inicial de plantas por potrero no era igual, para esas mismas variables se utilizó el número de plántulas por parcela (n) como co-variable para ajustar los datos en los casos que la co-variable fue significativa. En los casos que el modelo fue significativo, las medias de todas las variables fueron comparadas por pruebas Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Crecimiento de plántulas y vegetación adyacente.

No se encontraron diferencias significativas de altura de plántulas entre tratamientos, (Cuadro 4) Sin embargo, la altura de las plántulas en bostas de carga media y alta fue mayor que las de carga baja en bostas y que las de carga media y alta en suelo. En suelo la altura de plántulas baja con el nivel de carga, mientras en bostas son más altas en carga media. Las plántulas en bostas de carga media es el tratamiento con más altura; son 20% más altas que sus respectivas en suelo y 37% más altas que las de carga baja en bostas.

Cuadro 4 Crecimiento de plántulas de *P. saman* y vegetación adyacente después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.

Variable	Carga animal	Substrato		promedio	Significancia		
		bosta	sin bosta		sub.	Car	Sub.*car
Altura plantulas (cm)	baja	12.5 (±2.6)	15.1 (±1.6)	13.8 a	ns	ns	ns
	media	17.2 (±4.4)	14.4 (±4.7)	15.8 a			
	alta	15.6 ±3.4)	14.2 (±2.5)	14.8 a			
	<i>promedio</i>	15.1 a	14.6 a				
Altura veget. adyac. (cm)	baja	76.8 (±17.4)	47.7 (±3.4)	62.2 a	**	**	ns
	media	22.0 (±10.2)	16.3 (±4.3)	19.1 b			
	alta	27.3 (±3.7)	19.2 (±4.9)	23.2 b			
	<i>promedio</i>	42.0 a	27.7 b				
Crecimiento plántulas (cm)	Baja	3.7	4.0	3.8 b	*	*	ns
	Media	8.5	3.6	8.5 a			
	alta	6.0 a	2.8 b	6 a			
	<i>promedio</i>	6.0 a	3.4 b				
Crecimiento veget. adyac.	Baja	51.4	21.4	36.4 a	*	**	ns
	media	-3.9	-1.7	-2.8 b			
	alta	-5.2	-6.8	-6.0 b			
	<i>promedio</i>	14.1 a	4.3 b				

ns : no significativo; * : p<0.05; ** : p<0.01; car.: Carga animal.; Sub: substrato; Car * Sub:carga * substrato.

La tendencia de crecimiento de las plántulas variaron entre sustratos; las plántulas con cargas media y alta en bostas crecieron más que las del suelo. En el tratamiento con más crecimiento en bosta las plántulas crecieron 8.5 cm en 32 días durante 4 ciclos de pastoreo, mientras las plántulas con más crecimiento en suelo solo crecieron 4 cm en el mismo período (Cuadro 4). Dentro del sustrato bostas la tendencia de crecimiento es mayor con cargas medias y alta respecto a carga baja. Sin embargo, en suelo es lo contrario; las plántulas de carga baja crecieron ligeramente más que las de carga media y alta.

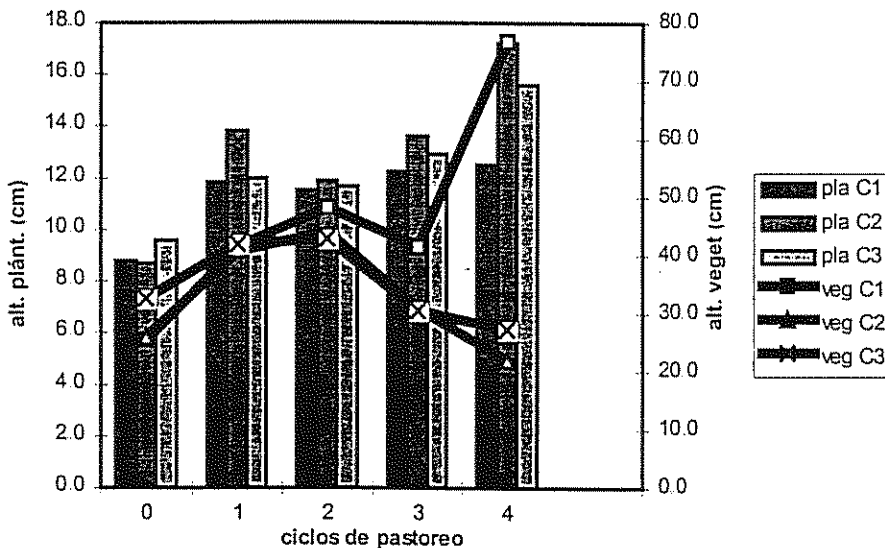
La altura de la vegetación adyacente es mayor que la de las plántulas en todos los tratamientos. Sin embargo, la tendencia de crecimiento de las plántulas es mayor que la vegetación adyacente bajo las cargas media y alta de los dos substratos, e inferior en las plántulas con cargas bajas (Cuadro 4).

La altura de la vegetación adyacente a bostas es 50% más que en suelo (42 vs 27 cm).

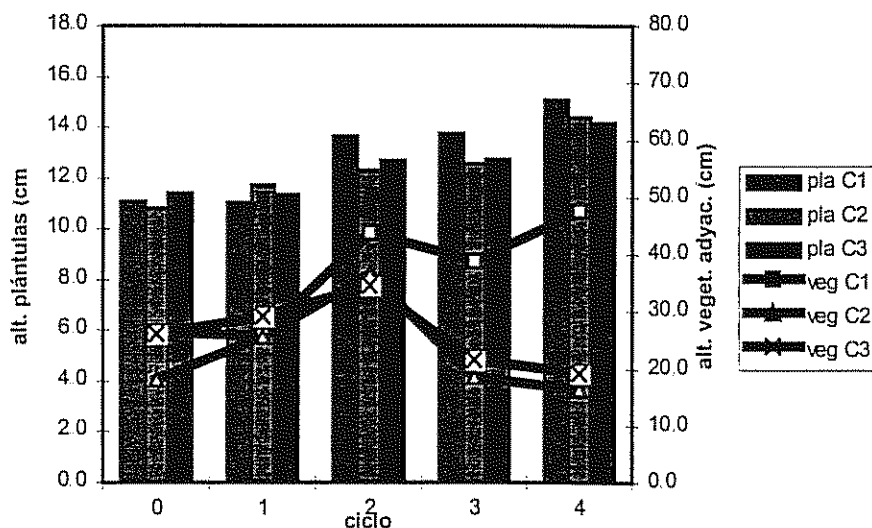
Igualmente, después de 4 ciclos de pastoreo la altura de la vegetación adyacente en cargas bajas fue 2.5 veces mayor que en cargas medias y altas (62 cm vs 19 y 23 cm).

Las diferencias de tendencias de crecimiento de plántulas y de la vegetación adyacente se muestran con más claridad a partir del final de ciclo 2 (Gráficas 1 y 2).

Gráfica 1 Evolución por ciclo de la altura de la vegetación adyacente y de plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa en bostas y con tres niveles de carga animal en Rivas, Nicaragua.



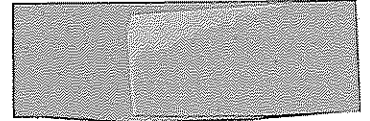
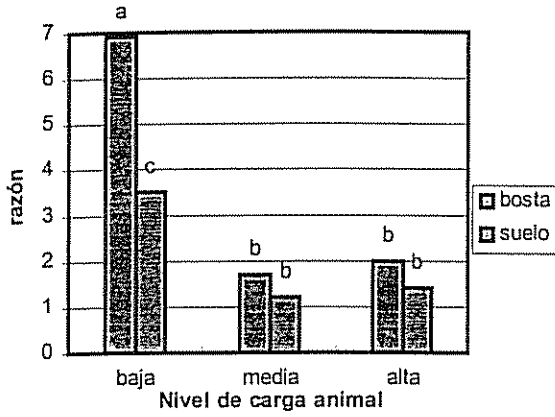
Gráfica 2 Relación altura de la vegetación adyacente y de plántulas de *P. saman* establecidas por siembra directa en suelo sin bostas y con tres niveles de carga animal en Rivas, Nicaragua.



En este período (fin ciclo2 - fin ciclo 4) se muestra que mientras en el substrato bostas las plántulas de carga media y alta crecieron 5.3 y 3.8 cm, en carga baja solo crecen 0.9 cm. En el substrato suelo las diferencias de crecimiento de plántulas por carga no muestran un patrón claro de diferencias por ciclo. La vegetación adyacente también muestra diferencias en las tendencias de crecimiento entre ciclos; mientras disminuye en las cargas media y alta de los dos substratos, sigue aumentando en las cargas bajas (Gráficas 1 y 2).

Al final del ciclo 4 la razón altura de vegetación adyacente / altura de plántulas es significativamente mayor en los tratamientos con bostas y en las cargas bajas (Gráfica 3).

Gráfica 3. Razón altura de vegetación adyacente/altura de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.



Mortalidad y daños de plántulas.

Daños del pastoreo

Las diferencias de pisoteo entre substratos fueron significativas ($p < 0.01$); en suelo hubo 3 veces más pisoteo que en bostas (Cuadro 5). También en suelo hay 15 veces más ramoneo, aunque el modelo no se encontró significativo ($p < 0.05$). En todos los tratamientos es mayor el porcentaje de daño directo del ganado por pisoteo que por ramoneo.

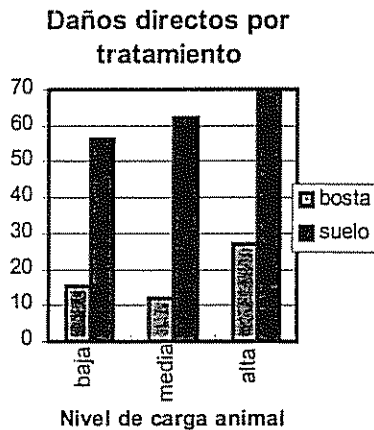
Cuadro 5 Causas de daños sufridos y sobrevivencia de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad y después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua .

Variable	Carga animal	Substrato		<i>promedio</i>	Significancia		
		bosta	sin bosta		sub.	Car	Sub.*car
Pisoteo (%)	baja	15.2	56.5	35.9	*	ns	ns
	media	10.7	56	33.3			
	alta	27.1	56.4	41.7			
	<i>promedio</i>	17.6	56.3				
Ramoneo (%)	baja	0.0	0.0	0.0	ns	ns	ns
	media	1.3	4.0	4.0			
	alta	0.0	6.5	6.5			
	<i>promedio</i>	0.4	6.5				
Muerte por desecación (%)	Baja	20.0	10.0	12.6	ns	ns	*
	Media	8.0	12.5	11.7			
	alta	11.1	17.1	14.0			
	<i>promedio</i>	16.9	8.6				
Muerte por pastoreo (%)	baja	0.2	10.3	5.2	*	ns	ns
	media	0.0	19.5	9.7			
	alta	6.3	13.1	9.7			
	<i>promedio</i>	2.3	14.3				
Mortalidad total (%)	baja	20.2	19.8	16.6	*	ns	*
	media	8.0	32.0	22.4			
	alta	17.6	31.0	24.1			
	<i>promedio</i>	21.3	16.0				

ns : no significativo; * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; car.: Carga animal ; Sub: substrato; Car * Sub:carga * substrato.

Dentro de los dos substratos no hay diferencias significativas entre cargas respecto al porcentaje de dañadas por el ganado (pisoteo más ramoneo). Sin embargo, en los dos substratos el nivel de dañadas por el ganado aumenta con el nivel de carga (Gráfica 4).

Gráfica 4 Pisoteo y ramoneo de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.



En el experimento se observó el efecto notablemente más dañino que tuvo el pisoteo del ganado a las raíces de las plántulas cuando el suelo estuvo muy húmedo. Este daño consistió en daño directo a los tallos y raíces, o provocar encharcamiento por formación de hoyos a la par de las plántulas.

Mortalidad y causas de muerte

La mortalidad total de plántulas bajo las carga media y alta en suelo son significativamente mayores a las respectivas cargas en bostas ($p < 0.05$). Sin embargo, con carga baja la mortalidad es igual en los dos substratos. La mortalidad total aumenta con el nivel de carga en suelo. No se encontró diferencias significativas entre tratamientos respecto a porcentaje de muerte por desecación, aunque la muerte por desecación es 50% mayor en las cargas medias y alta en suelo respecto a las correspondientes en bostas. En el substrato bostas la muerte por desecación es el doble en carga baja que en cargas medias y alta. En suelo la tendencia es inversa, la muerte por desecación es mayor en carga baja que en cargas media y alta. La muerte por pastoreo es mayor en suelo que en bostas en todas las cargas. En los dos substratos muestra un patrón de incremento con el nivel de carga.

De las plantas dañadas directamente por el ganado (pisoteo más ramoneo), solo una parte muere posteriormente, llegando a una tercera parte de las dañadas en el peor de los casos. Para todos los niveles de carga en bostas hay un poco más de porcentaje de dañadas que mueren.

El porcentaje de plántulas intactas bajó con el aumento del nivel de carga en suelo, mientras en bostas no hay diferencias.

Los niveles de sobrevivencia permitieron obtener, a partir de la siembra original a 3 x 3 m, una densidad de plantas vivas de entre 700 a 930 plántulas /ha en el peor y mejor de los casos respectivamente

Otros resultados

La ganancia diaria de peso por animal fue de 0.58 kg/día (C Barrios -datos no publicados-), un poco menor a la ganancia media de las zona que se estimó en 0.61 kg/día como promedio del mismo período de los dos años precedentes (Com. pers. con finqueros de la zona).

DISCUSION

Diferencias de crecimiento entre substratos.

Las mayores altura y tendencia de crecimiento de las plántulas en bostas bajo las cargas media y alta, respecto a las correspondientes en el substrato de suelo, se explica por una combinación de tres factores que detallaremos adelante; menos pisoteo, menos ramoneo y probablemente más agua y nutrientes disponibles en estos tratamientos. Esta diferencia de altura es a pesar que las plántulas en suelo iniciaron con más altura antes de pastoreo, debido a los problemas de desarrollo post-germinación que tuvieron las plántulas en bostas por la formación de costra dura superficial sobre las bostas (Capítulo 2). La mayor altura de la vegetación adyacente a bostas se debe igualmente a los mismos factores enunciados arriba.

El menor consumo de la vegetación adyacente a las bostas, expresado en la mayor altura de la vegetación adyacente a bostas, se explican por el efecto repelente de las bostas. El efecto repelente consiste en que el ganado consume menos la vegetación en el área contaminada con sus heces, siendo el sentido del olfato determinante en esta selectividad (Johnstone-Wallace y

Kenedy 1944 y Arnold y Dudzinski 1978). Plice (1951) sugiere que el rechazo es adicionalmente influido por los efectos de los nutrientes liberados por la bosta en la composición química y la palatabilidad del pasto. MacDiarmid y Watkin (1972b) indican que el rechazo por el ganado es por una sucesión de factores; primero por olor, luego por cambio en la palatabilidad y aún se puede prolongar por envejecimiento de la vegetación previamente rechazada debido a falta de renovación. También se ha sugerido que este rechazo es un comportamiento instintivo del ganado para evitar el contagio de parásitos, (Beskorowajnyj et al 1993). Marten y Donker (1964) en una prueba de medición del rechazo de pasto contaminado, encontraron que las bostas estuvieron presentes en 93% de las áreas completamente rechazadas, en 68% de las áreas parcialmente rechazadas y solo 1% en las áreas completamente consumidas. Weeda (1967) encontró que en los parches de pasto alrededor de las bostas, la altura fue entre 5 y 7 cm más que en los sitios sin bostas debido al rechazo del ganado.



El menor pisoteo de plántulas en bostas respecto a plántulas en suelo sin bostas, no es referido en la literatura revisada y aparentemente no ha sido estudiado previamente. En el experimento se observó claramente que el ganado se acercaba pastoreando normalmente a los sitios con bostas y, aparentemente, cuando sentía el olor de las bostas, solo consumía ligeramente el pasto y avanzaba en otro rumbo seleccionando vegetación. Se pudo observar que la vegetación rechazada o ligeramente consumida estaba en un área de aproximadamente entre 20 a 30 cm del borde de las bostas. La vegetación más cercana del borde de las bostas fue menos consumida, de modo que se formó un gradiente de altura desde el área contaminada más lejana y el borde de las bostas. Por este comportamiento hubo menos pisoteo a las plántulas en bostas y, se supone, que el ganado pisó menos en el micrositio adyacente a las bostas. El menor pisoteo también parece haber contribuido a explicar la mayor altura de la vegetación adyacente a bostas. Este beneficio adicional de las bostas es crucial en la fase plántulas debido a la susceptibilidad de su sistema radicular al pisoteo, principalmente cuando hay más humedad en el suelo. La eficacia de las bostas como protección del pisoteo parece ser muy alta teniendo en cuenta la alta densidad de pastoreo, en este caso 6 animales en 900 m² para el caso de carga alta. Hart et al (1993) indican que una vaca caminando en pastoreo puede cubrir con pisoteo un área de 90m² cuando camina una distancia de 1 km, suponiendo que no hay lugares pisados repetidamente. También se ha estimado que en potreros muy pequeños 1 vaca podría caminar diariamente 1 km (Arnold y Dudzinski 1978), de modo que diario podría pisar 90 m². Siendo así, en la carga alta de este experimento, los 6 animales

habría pisado aproximadamente unas 2.5 veces el área de los potreros de 900 m² durante los 4 ciclos de pastoreo aplicados. Sin embargo el pisoteo de las plántulas en bostas fue solo sobre el 17%. Hall et al (1992) sugieren que el pisoteo es un evento aleatorio y podría incrementarse con la densidad de carga del potrero.

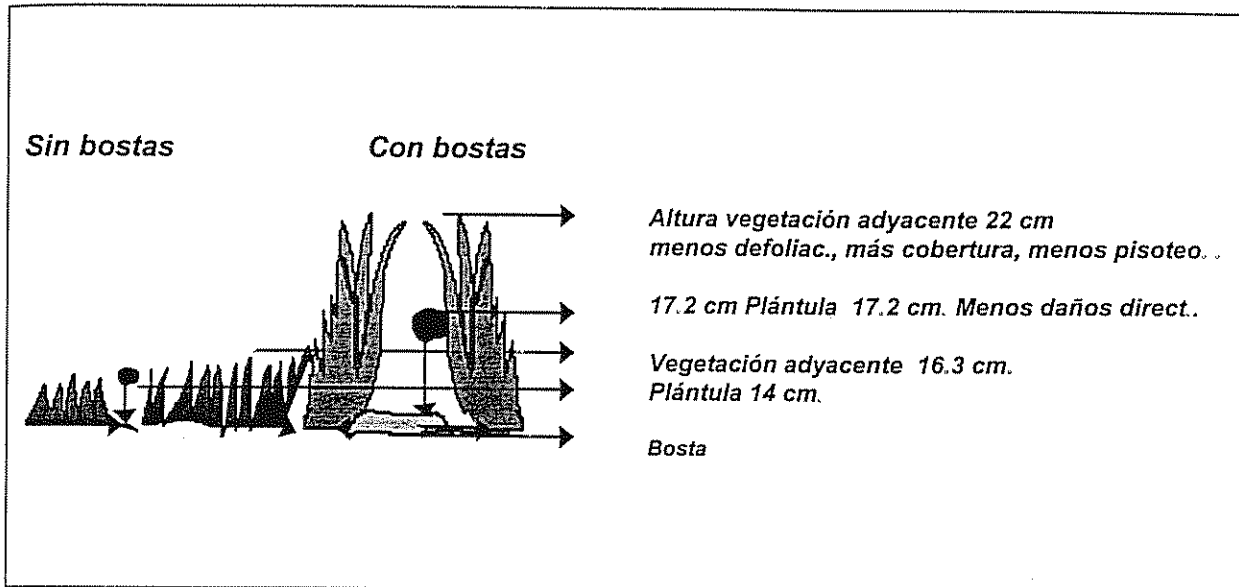
Aunque el estudio no midió indicadores de estructura del suelo, suponemos que las plántulas y la vegetación adyacente a las bostas podrían haber beneficiado de un mejoramiento de la estructura del suelo bajo las bostas respecto a las del suelo sin bostas. Este mejoramiento es debido por una parte a los efectos positivos directos de las bostas; y por otra, como fue referido antes, por el menor pisoteo del ganado sobre las bostas y en el micrositio adyacente a éstas. Además, suponemos que el mantenimiento de más cobertura de vegetación en el micrositio adyacente a las bostas amortiguó más el eventual pisoteo en ese micrositio. Bezkorowajnyj et al (1993) encontraron que la resistencia al penetrómetro entre 5 y 14 cm fue significativamente mayor en un sitio pastoreado respecto a otro no pastoreado, medido después de corto período de pastoreo y con baja carga animal. Herrick (1993), en suelo similar a los del estudio, encontró que en la superficie del suelo bajo bostas hubo 40% menos de resistencia al penetrómetro que en suelo sin bostas a los 50 días de la deposición. Este mejoramiento de la estructura del suelo es de gran utilidad forestal en sitios de manejo ganadero extensivo sujetos a alta compactación, tal como el sitio experimental, considerado de pasturas degradadas a nivel intermedio. Linnartz et al (1966) señalan que la compactación disminuye la penetración de raíces y la infiltración de agua. Bezkorowajnyj et al (1993) agrega que la compactación reduce la actividad de organismos denitrificadores y reduce la absorción de N. Por tanto, la eventual mejoría en la estructura del suelo habrá influido en mejorar la disponibilidad de agua y nutrientes para las plántulas en bostas y la vegetación adyacente a éstas.

La disponibilidad de nutrientes bajo las bostas, para la vegetación que crece sobre o adyacente a éstas, invariabilmente se ha encontrado que es mayor que bajo el suelo sin bostas (Petersen et al 1956 MacDiarmid y Watkins 1972, Omaliko 1984, y Herrick 1993). En el estudio sobre siembra directa y crecimiento de plántulas de *P. saman* precedente a éste y en el mismo sitio (caítulo 2), se encontró que a los 27 días de siembra, un día antes del primer ciclo de pastoreo, las plántulas en bostas tenían en sus tejidos mas N y P que las del substrato suelo, a pesar que en el análisis de nutrientes disponibles en el suelo se encontró menos N y P en el suelo bajo las bostas respecto al suelo sin bostas. Suponemos que durante el período de pastoreo las

plántulas y vegetación adyacente a bostas dispusieron de más agua y nutrientes, debido a la liberación de nutrientes, conservación de más humedad y el mejoramiento de la estructura del suelo bajo las bostas. Bezkorowajnyj et al (1993), en una prueba de crecimiento y contenido de N foliar de plántulas de árboles, encontró más crecimiento y más N foliar en plántulas en suelo menos compactado. Después de aplicar a los arbolitos y a la superficie del suelo estiércol líquido fermentado, hubo un incremento significativo en la absorción de N y más crecimiento en las plántulas en los tratamientos de media y alta compactación; de modo que la aplicación de estiércol en parte compensó las pérdidas de N debido a denitrificación causadas por la compactación. Nambiar (1989) y Herrick (1993) han sugerido que es posible que las mejores condiciones de humedad, nutrientes y estructura del suelo bajo bostas permitan más desarrollo de raíces, más asociación con micorrizas y, en consecuencia, más volúmen de suelo explorado y capacidad de asimilar nutrientes como el P, el cual es de baja disponibilidad en los suelos de la zona (Bertsch 1995). Por tanto, aún en la eventualidad que las bostas liberen pocos nutrientes, sí habrían más capacidad de asimilación de nutrientes de la vegetación en bostas o adyacente a éstas, debido a una mayor exploración del suelo a través de asociación con micorrizas y por haber menos resistencia del suelo a la penetración de raíces.

Otra razón por la cual la vegetación adyacente a bostas creció más que en suelo, podría ser porque tuvo menos competencia de la vegetación consumida por el ganado a más distancia de las bostas, y por el aplastamiento que ejerció la deposición de las bostas sobre la vegetación bajo éstas. Hart y Norton (1988) indican que la reducción del vigor de las plantas defoliadas es gradualmente compensado por el mayor crecimiento de las especies competidoras no defoliadas. Karl y Doescher (1993) indican que la defoliación frecuente e intensiva de plantas individuales resulta en menos producción de biomasa respecto a las plantas no defoliadas y, por tanto, en una reducción en la demanda de recursos como luz, agua y nutrientes, y en consecuencia de su capacidad de competir. Finalmente se crean condiciones para variación en la composición de la vegetación del sitio. Sin embargo, como consecuencia de esto, las plántulas en bostas tuvieron más competencia de la vegetación adyacente que las plántulas en suelo (Cuadro 1), pero es posible que este factor negativo para su crecimiento se compensó con los dos beneficios anteriores (menos daños y más nutrientes disponibles) y la mayor altura de la vegetación adyacente parece ser a un nivel que dió más beneficios (cierto sombreado y cobertura de suelo) que perjuicios (competencia por recursos) (Gráfica 5).

Gráfica 5 Ilustración de las diferencias del efecto del pastoreo en el crecimiento de la vegetación adyacente y las plántulas en carga media de los dos substratos.

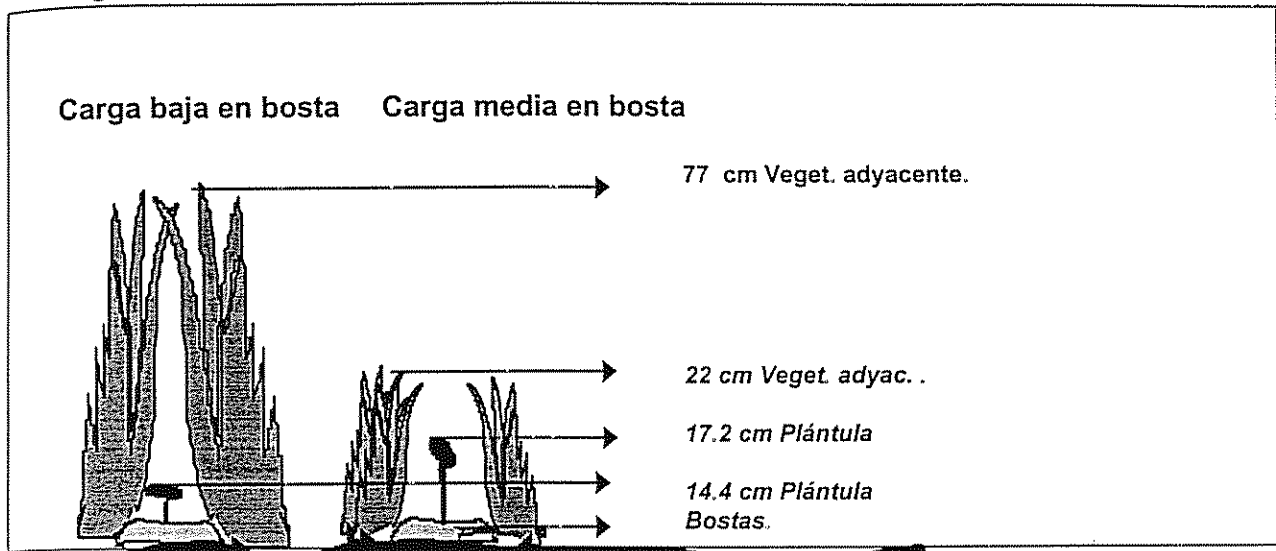


Como veremos en seguida este factor (crecimiento compensatorio por la defoliación de plantas vecinas) sí parece explicar el mayor crecimiento de plántulas en cargas media y alta de bostas respecto a las de carga baja en bostas.

Diferencias de crecimiento entre cargas en sustrato bostas

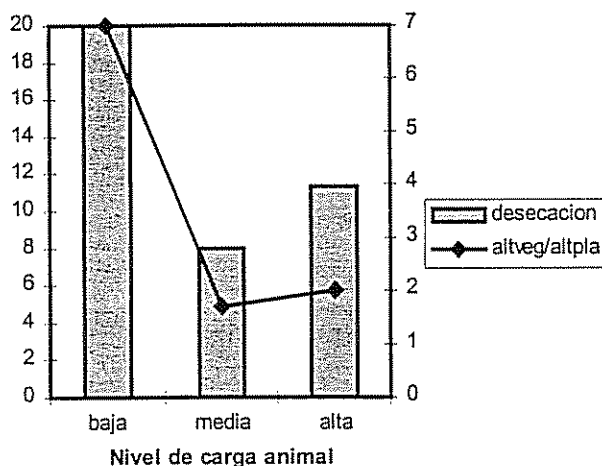
La mayor altura y tendencia de crecimiento, de plántulas de las cargas media y altas respecto a las de carga baja en bostas, se puede deber a un exceso de interferencia de la vegetación adyacente en carga baja. El nivel de defoliación de la vegetación adyacente fue mayor en cargas media y alta. Esto último muestra que el efecto repelente de las bostas disminuye a medida que se aumenta la presión de pastoreo (Greenhalgh y Reid 1968). En las cargas media y alta en bostas la razón altura vegetación / altura de plántulas fue 3.5 veces menor que en carga baja (Gráfica 3), de modo que las ventajas del sustrato bostas referidas antes, fueron mejor aprovechadas por las plántulas de las cargas media y alta. La mayor altura de la vegetación adyacente a las plántulas de carga baja en bostas parece haber sido excesiva provocado mucho mayor competencia. (Gráfica 6).

Gráfica 6 Ilustración de las diferencias del efecto del pastoreo en el crecimiento de la vegetación adyacente y las plántulas en carga media y baja del substrato bostas.



Ellison (1960) refiere estudios que indican que la interceptación de lluvia por el follaje de la vegetación de praderas no intervenidas puede ser considerable. Otro dato que respalda esta interpretación fue que las plántulas de carga baja en bostas tuvieron la mayor mortalidad por desecación (27%) (Gráfica 7).

Gráfica 7 Razón altura de vegetación adyacente/altura de plántulas y muerte por desecación de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo establecidas sobre el substrato bostas en Rivas, Nicaragua.



En vista que los niveles de daño del ganado no fueron diferentes entre las cargas del substrato bostas (cuadro 4), la altura de la vegetación adyacente, y por tanto el efecto defoliador ejercido por el ganado en ésta, parece ser el factor que más influyó las diferencias de altura y tendencias de crecimiento de *P. saman* en bostas. Mientras las plántulas de carga media y alta en bostas crecen 5.3 y 3.8 cm a partir del final del ciclo 2, las plántulas de carga baja solo crecen 0.9 cm (Gráfica 1). En el mismo período la vegetación adyacente a las cargas media y alta decreció en 22 y 15.4 cm respectivamente, mientras en carga baja continuó a crecer en 29 cm.

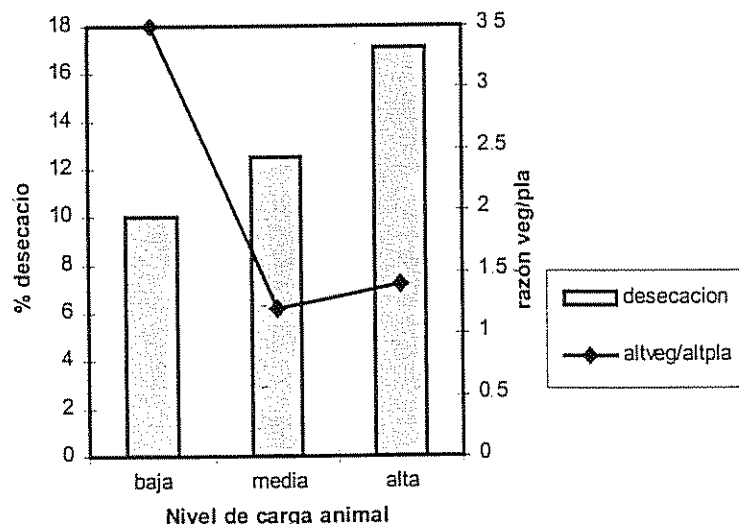
Jameson (1963) indica que invariablemente la defoliación reduce el desarrollo de raíces. Archer (1995) explica que los vacíos formados por el pastoreo crean una oportunidad para el reclutamiento de plántulas de especies leñosas, debido a que también bajo el suelo se crean vacíos por la mortalidad de raíces de las gramíneas defoliadas. La competencia bajo el suelo disminuye porque las gramíneas defoliadas demandarán menos agua por la pérdida del área transpiracional de sus hojas y se reducen las asignaciones de asimilados al crecimiento y desarrollo de raíces. Skarpe (1991) explica que ésta es la causa de la invasión de leñosas en los sistemas de pastoreo de rangelands en zonas áridas. Karl y Doescher (1993) encontraron que el pastoreo controlado mejoró la condición y la competencia de plántulas de coníferas (*Pinus poderosa*); en parcelas pastoreadas, el stress hídrico de las plántulas fue menor y el contenido de agua del suelo fue mayor a la profundidad de 10-20 cm. En dos años de medición,

el desarrollo de raíces de las gramíneas en el área pastoreada fue 18 y 15% menor que en el área sin pastoreo. Se concluyó que el pastoreo redujo el área transpiracional y el desarrollo de raíces de las gramíneas suficientemente para incrementar la humedad disponible a las plántulas de *P. ponderosa*. Hedrick y Keniston (1966) evaluaron el efecto del pastoreo en crecimiento de Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) durante 10 años, y encontraron que en los primeros 3 años crecieron más en los sitios no pastoreados, pero en adelante fue al contrario. La razón expuesta para tal resultado fue la mayor disponibilidad de humedad para los arbolitos en los sitios pastoreados.

Diferencias de crecimiento entre cargas en substrato suelo

Contrario a lo ocurrido en bostas, las plántulas de carga baja tienen un poco más de altura que las de carga media y alta, a pesar de tener vegetación adyacente 2.5 veces más alta. Además en carga baja tuvieron menos mortalidad por desecación (gráfica 8), lo cual podría indicar que las plántulas en carga alta tuvieron menos agua disponible.

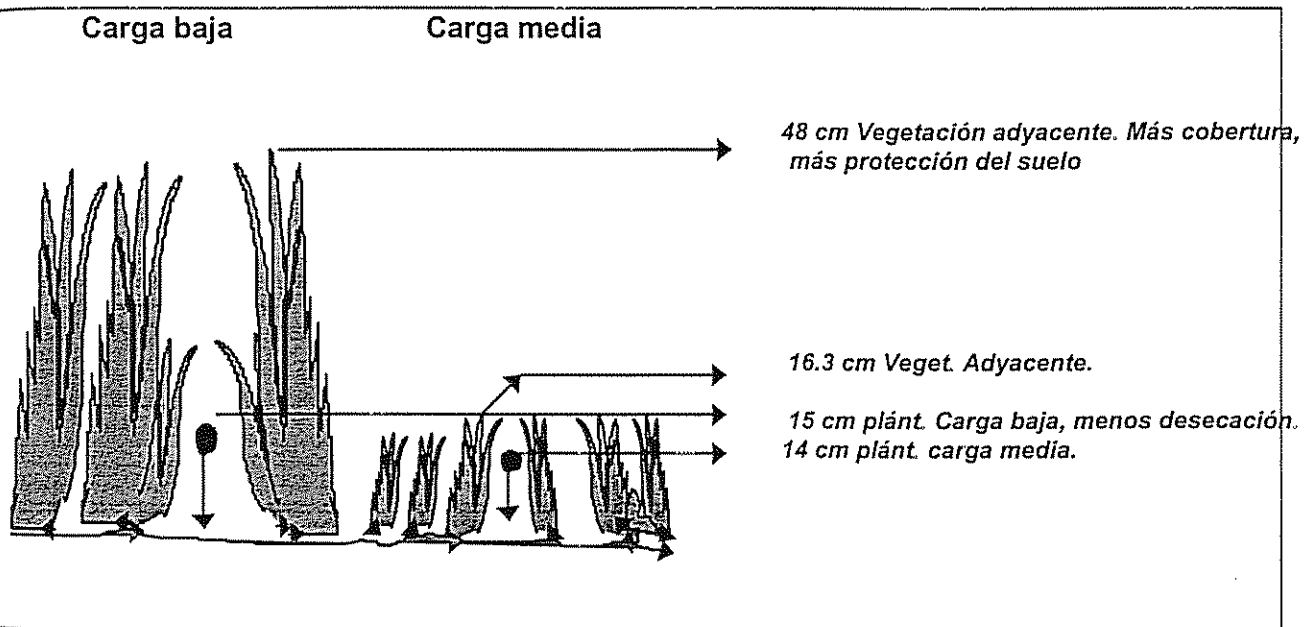
Gráfica 8 Razón altura de vegetación adyacente/altura de plántulas y muerte por desecación de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad después de 4 ciclos de pastoreo establecidas sobre el substrato suelo sin bostas en Rivas, Nicaragua.



Una explicación a este resultado parece ser la combinación de dos factores; el mayor daño directo del ganado (Cuadro 4) y posiblemente un microambiente más seco para las plántulas en carga media y alta.

Se puede suponer que en los micrositios de las plántulas de carga media y alta hubo más compactación, debido a que si bien se registró el mismo nivel de pisoteo directo a plántulas en las tres cargas, en media y alta el ganado consumió más vegetación adyacente (Cuadro 3) y ejerció más ramoneo a plántulas (Cuadro 4). Por tanto, el ganado debe haber traficado más en esos sitios, y es posible que el efecto del pisoteo sobre la estructura del suelo debe haber sido mayor debido a la menor cobertura de éste. Es posible que la mayor vegetación adyacente a las plántulas en carga baja pudo ofrecer dos ventajas; por una parte podría ejercer un efecto amortiguador del efecto compactador del pisoteo del ganado, por otra pudo ejercer un cierto sombreado del micrositio que redujo la evaporación de agua y la demanda traspiracional de las plántulas (Gráfica 9).

Gráfica 9 Ilustración de las diferencias del efecto del pastoreo en el crecimiento de la vegetación adyacente y las plántulas en carga baja y media del substrato suelo.



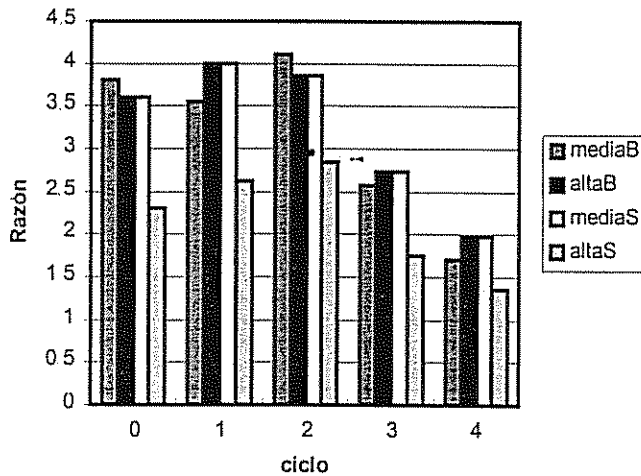
Ellison (1960) indica que el efecto del pastoreo, al reducir la altura del pasto y la acumulación de mulch, produce pérdidas por evaporación y crea un microambiente de más radiación, alta temperatura y seco.

Efectos directos del pastoreo

El mayor daño por pisoteo respecto a ramoneo en todos los tratamientos (cuadro 4) corrobora lo encontrado por otros autores (Hedrick y Keniston 1966, Mclean y Clark 1980, Eissenstat et al 1982 y Karl y Doescher 1993). El nivel de daño por pisoteo en un sistema de pastoreo rotativo intensivo, tal como el aplicado en este experimento, no refleja lo que podría pasar en los sistemas ganaderos extensivos de la región, en los que el tamaño promedio de los potreros se estimó entre 10 y 20 ha. En potreros pequeños y relativamente homogéneos no se presentan heterogeneidades espaciales que influyen la distribución de la densidad de tráfico del ganado, tal como topografía, diferencias de vegetación o distancias al lugar de abrevadero o suplementación, de manera que se presentan sitios de diferencia relativa al riesgo de pisoteo (Arnold 1981 y Hart et al 1993).

El ganado mostró selectividad positiva por la vegetación adyacente a las plántulas en los dos substratos, de ahí que *p. saman* muestra una alta capacidad de competir en el ecosistema del potrero bajo pastoreo controlado. Esta diferencia en la selectividad fue la causa principal para que las plántulas de carga media y alta de los dos substratos hayan crecido más que la vegetación adyacente (Cuadro 1), y la razón altura de vegetación adyacente / altura de plántula se haya reducido entre 1.5 y 2 veces respecto al ciclo 1 (Gráfica 10). De este modo el pastoreo regulado intervino como un medio eficaz de control biológico del enmalezamiento de las plántulas.

Gráfica 10 Evolución a través de 4 ciclos de pastoreo de la razón altura de vegetación / altura de plántulas de *P. saman* de 60 días de edad bajo pastoreo con cargas medias y alta en Rivas, Nicaragua.



mediaB: carga media en bostas; altaB: carga alta en bostas; mediaS: carga media en suelo; altaS carga alta en suelo.

La selectividad positiva del ganado por la vegetación adyacente posiblemente se debe al alto contenido de N de *H. rufa* (18.8%) al inicio del periodo de lluvias (junio), aunque al final de agosto pudo haber bajado hasta solo el 7% (MaCamon-Feldman 1980 citado por Concklin 1987). Un cambio en la composición química de *H. rufa* y el aumento de la presión de pastoreo a partir del ciclo 3, pueden ser la causa de un ligero aumento del nivel de ramoneo a partir del ciclo 3 que, en el peor de los casos sólo alcanzó al 13% de las plántulas (carga alta en suelo). Arnold (1981) indica que entre más alimento disponible haya el animal tiene posibilidad de seleccionar el mejor y rechazar el resto. Si la disponibilidad disminuye el animal seleccionará menos y consumirá lo que antes rechazaba.

El ramoneo pudo aumentar también debido al avance de la descomposición de las bostas y por tanto menos olor desagradable para el ganado. La eficacia repelente de las bostas puede durar 2 meses (Weeda 1967) o hasta 15 meses (Castle y Mcdaid 1972), según las condiciones del sitio. Brockintong (1972) indica que el área rechazada por contaminación depende de la presión de pastoreo y que el rechazo del animal a comer pasto alrededor de las bostas es regulado por su "hambre". Otro factor que puede explicar el aumento del ramoneo a partir del ciclo 3, es una mayor accesibilidad del follaje de las plántulas en la estructura de la vegetación, debido al mayor crecimiento relativo de las plántulas. Humphreys (1991) indica que el ganado en

pastoreo selecciona preferiblemente en la parte alta de la pastura. Huntsinger (1996) sugiere que el pastoreo, como medio para manipular la composición de la vegetación, requiere un conocimiento de la preferencia relativa del ganado sobre las especies presentes, y entender los efectos de diferentes patrones de herbivoría en la estructura de la comunidad vegetal y, en particular, sobre las especies protegidas.

Mortalidad y causas de muerte

Las diferencias de mortalidad entre tratamientos sigue el mismo patrón que el de las diferencias de crecimiento de plántulas. Se supone que la mayor mortalidad en carga baja en bostas, respecto a las cargas medias y alta, se puede deber principalmente a la mayor competencia de la vegetación adyacente, puesto que en carga baja no hubo mortalidad por efecto directo del ganado. La razón altura de vegetación / altura de plántulas fue 3.5 veces mayor en la carga baja y hubo alta mortalidad por desecación. En suelo la mayor mortalidad en las cargas medias y altas respecto a la carga baja, se explican por una combinación de más daño directo del ganado (más ramoneo y pisoteo) y más desecación. Esta última es debido posiblemente a más pisoteo en el micrositio y menos cobertura del suelo, lo cual podría haber causado que haya más compactación por pisoteo y más demanda transpiracional a las plántulas por falta de sombreadamiento. Como se ve, la mayor altura de vegetación adyacente en carga baja de bostas se revela excesiva y es causa de alta mortalidad, pero en carga baja de suelo sin bostas se revela como una ventaja y es un factor que en parte explica las razones de más sobrevivencia respecto a las cargas media y alta. En el primer caso la razón altura de vegetación adyacente / altura de plántulas es de 7, mientras en el segundo es de solo 3.5 (Gráfica 3).

La menor mortalidad total, por desecación y por daño del ganado, en las plántulas de carga media y alta de bostas, respecto a las correspondientes en suelo, podría explicarse por el efecto repelente de las bostas y, como se indicó antes, a menos efectos de compactación de pisoteo, mejor protección del suelo y un nivel de sombreadamiento a las plántulas en bostas que pudo reducir los riesgos de estresamiento hídrico.

En bostas la principal causa de muerte fue la desecación, en parte influida posiblemente por los daños sufridos en la fase post germinación debido al encostramiento superficial de las bostas (Barrios et al 1999); y por el exceso de interferencia de la vegetación adyacente a cargas bajas en bosta. En suelo la principal causa de mortalidad fue el daño directo del ganado. De estas

tendencias se infiere que la vía para reducir mortalidad en ambos substratos es diferente; en bostas se requiere aumentar las cargas para reducir la vegetación adyacente, mientras en suelo es necesario reducirla.

El daño directo del ganado fue altamente tolerado por las plántulas de *P. saman*; solo entre 9 y 36% de las dañadas por ramoneo o pisoteo mueren posteriormente (cuadro 4), a pesar que el ganado en pastoreo pesaba en promedio 280 kilos y el pastoreo se realizó en ciertos momentos de alta humedad del suelo. Esta tolerancia se puede explicar porque se observó una rápida lignificación del tallo de las plántulas que le permitió tolerar el pisoteo. Segundo porque el pastoreo fue sincronizado a este cambio en el desarrollo de las plántulas, presumiendo que en esta condición podrían tolerar cierto nivel de daño. El crecimiento rápido de raíces en las plántulas de *P. saman* (Capítulo 2) puede haber aumentado la capacidad de tolerar el resecaimiento de la capa superficial en los tratamientos con menos cobertura del suelo y más compactación.

En el experimento se observó que la mayoría de plántulas pisadas lograban reponerse, y murieron solamente aquellas cuyos tallos quedaron hundidos en suelo muy húmedo. No se encontraron plántulas muertas por ramoneo. El mayor porcentaje de mortalidad de las dañadas por el ganado fue en bostas (cuadro 4); parece deberse a que cuando el ganado pisa las bostas secas éstas se desplazan un poco y se rompe el interfaz bosta-suelo y eso afecta gravemente el sistema radicular y el tallo de las plántulas.

Las plántulas de *P. saman* muestran que enfrenta el daño del ganado en el período de lluvias por dos vías; una a través de evitar el consumo, sea por su composición química o por su posición en la estructura de la pastura y, en el caso de las plántulas en bostas, por el efecto repelente de las bostas. La otra vía es a través de tolerancia al ramoneo y pisoteo; como se vio antes, muy pocas dañadas mueren posteriormente.

Diferencia fundamental del efecto del pastoreo entre substratos.

De los resultados de este experimento y de los estudios referidos, se desprende que en los dos substratos hay una relación similar, entre el aumento de la carga animal y su efecto en:

1. Disminución de la cobertura del suelo (altura de vegetación adyacente) y por tanto del sombreadamiento en el micrositio de siembra.

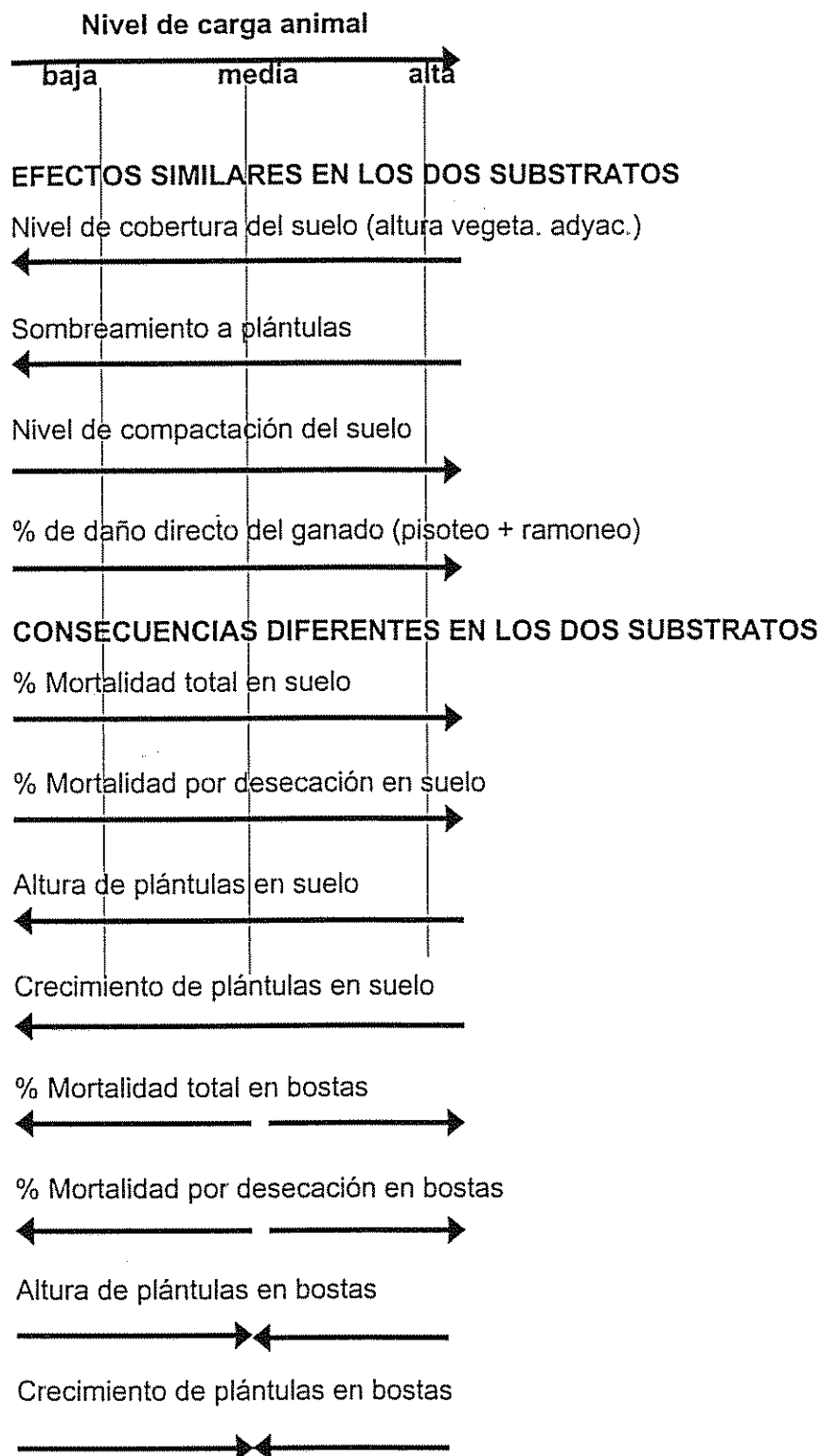
2. Aumento de la compactación del suelo.
3. Aumento del porcentaje de plántulas dañadas directamente por el ganado (pisoteo y ramoneo).

La consecuencia de estos efectos no es igual en los dos sustratos. Así, mientras en suelo la mortalidad total y la muerte por desecación aumentan con el nivel de carga, en bostas el nivel de estas variables. En tanto, las variables intactas, altura y crecimiento de plántulas, en el sustrato suelo bajan con el aumento del nivel de carga; mientras en bostas son mayores en la carga media que en la baja.

La causa principal de la diferencia entre los dos sustratos respecto a los resultados presentados en las secciones anteriores reside en que las bostas parecen limitar, a nivel del micrositio afectado por ellas, el efecto de dos efectos negativos provocados por el incremento de carga: pérdida de cobertura del suelo y, presumiblemente, compactación del suelo, que pueden incidir en menos agua y nutrientes disponibles y, en fin, en el crecimiento de las plántulas. Además las bostas limitan la evaporación de agua, aportan nutrientes (Capítulo 2) y, lo más importante, disminuyen los daños directos del ganado a las plántulas debido al efecto repelente (Gráfica 11).

Gráfica 11 Tendencias del efecto del nivel de carga animal en el comportamiento de plántulas de *P. saman* en los dos substratos.

(Las flechas indican la orientación del incremento de cada variable)



Estas tendencias diferentes tienen una importante consecuencia económica; en el substrato bostas es posible aplicar una carga animal igual a la normal de la zona (carga media) y obtener los mejores resultados de sobrevivencia y crecimiento de las plántulas. Mientras en el substrato suelo sin bostas, el mejor resultado se logra con una carga la mitad de la normal de la zona (carga baja del experimento).

El efecto neto del pastoreo sobre el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas de *P. saman* es determinado por una combinación de todos los efectos directos e indirectos: disminución de la vegetación adyacente, pisoteo y ramoneo de plántulas, efectos sobre estructura del suelo y el balance hídrico, redistribución y reciclaje de nutrientes. En este experimento no es posible diferenciar el efecto específico de cada uno.

Compatibilidad producción ganadera y arborización

La altura de 17.2 cm lograda por las plántulas en carga media del substrato bostas en 64 días, es interesante respecto a la lograda en condiciones de vivero. En una prueba realizada en Pacífico seco de Costa Rica *P. saman* alcanzó 40 cm en 180 días en vivero (Quirós y Chavarría 1990). En Nicaragua, en viveros comerciales a nivel de finca, alcanzan una altura de 26 cm en 60 días (Com. pers Ing. Marcelo Rodríguez, viverista).

La altura de la vegetación adyacente en la carga baja de bostas (76.8 cm), se estima que es excesiva para el sistema silvopastoril porque el pasto pierde valor forrajero al envejecer, se aumenta la mortalidad de plántulas y, una eventual reducción de esta vegetación con fines de desmalezar las plántulas, o de conservar adecuadamente la pastura, se tendría que hacer a través de una chapia manual con costos extraordinarios a los normales de esta práctica. Además se incrementan los riesgos de daños accidentales a las plántulas durante las chapias. En el caso de las cargas medias y alta la reducción de la vegetación hecha por el ganado es aceptable y la chapia, siempre necesaria, pero menos costosa, podría mejorar aún más la relación deseada entre las plántulas y la vegetación adyacente.

Los resultados de crecimiento y sobrevivencia de plántulas; y el producto ganadero obtenido muestran que es posible establecer árboles a bajo costo sin sacrificar ampliamente el producto ganadero durante esta parte de la estación lluviosa. Couto et al (1994), aplicando diferentes

niveles de carga animal a plantaciones de eucaliptus en Brasil, obtuvieron reducciones de entre 50 y 62% en los costos de establecimiento el primer año.

CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento muestran que el pastoreo regulado y el substrato bostas contribuyen a superar los factores críticos para el establecimiento de plántulas de *P. saman* en potreros: disminución de la competencia de la vegetación adyacente y del daño directo del ganado. Además, es razonable suponer que en el substrato bostas se redujeron las condiciones de degradación biofísica del sitio concernientes a compactación del suelo y pobreza de nutrientes.

Los niveles obtenidos de sobrevivencia, crecimiento y densidad de siembra de plántulas de *P. saman* son aceptables; por tanto, las cargas animales normales de la zona (equivalente a la carga media del experimento) y los niveles de producción de carne obtenidos, son compatibles con procesos de arborización en la fase plántulas.

El ganado mostró un comportamiento de selectividad negativa hacia la vegetación en el área contaminada respecto a la externa; y hacia las plántulas de *P. saman* respecto a la vegetación adyacente en general. La selectividad fue altamente influenciada por el efecto repelente de las bostas y por la disponibilidad de especies forrajeras preferidas por el ganado. Sin embargo, el nivel de consumo de la vegetación contaminada y de plántulas de *P. saman* fue aumentando con la presión de pastoreo, a través del aumento de carga y en los últimos ciclos, ambos casos son situaciones de relativamente menos forraje disponible.

El efecto repelente de las bostas, además de disminuir el riesgo de ramoneo, influyó la disminución del riesgo de pisoteo de las plántulas en bostas, debido aparentemente al comportamiento del ganado de cambiar de rumbo cuando encuentra vegetación con olores desagradables. Este recurso es igual o más importante que el aporte de nutrientes, puesto que en los tratamientos sin bostas fue la principal causa de mortalidad y daño. Este aspecto de las bostas, por su novedad e importancia, amerita más investigación.

El tratamiento que se reveló más ventajoso para establecer un sistema silvopastoril de equilibrio ganadero y forestal fue el de carga media en bostas; primero, porque fue el de mejor

desempeño respecto a altura y crecimiento de plántulas, sobrevivencia y plántulas intactas. Segundo, porque la producción ganadera obtenida corresponde a la normalmente obtenida en la finca, de modo que la arborización no implica costos adicionales relacionados a disminuir el producto ganadero o aumentar costos de mantenimiento de la pastura. El tratamiento con el balance más desfavorable fue el de carga baja en bostas, porque resultó con la menor altura y mayor mortalidad, además de reducir la producción ganadera y aumentar los costos de chapia del potrero. La evaluación de las ventajas de cada tratamiento deben ser referidas a los objetivos del productor y del balance de producción ganadera y forestal esperada. Desde el punto de vista ganadero el mejor tratamiento es el que aumenta la producción ganadera, baja los costos de chapia y mantiene la calidad de la pastura. Desde el punto de vista forestal es el que aumenta el crecimiento inicial y la sobrevivencia de las plántulas cercana a una cierta densidad mínima esperada.

P. saman muestra que es una especie recomendable para ser reproducida por siembra directa y bajo pastoreo en el ecosistema del potrero. Los factores claves de esta capacidad son: rápido crecimiento, tolerancia al pisoteo y la poca preferencia selectiva del ganado por esta especie en el período de lluvias. Las plántulas de *P. saman* mostraron una tendencia de más crecimiento que la vegetación adyacente. *P. saman* tiene algunas de las características de leñosas invasoras de sitios bajo pastoreo tales que:

- Semillas grandes que pueden crecer rápidamente arriba y abajo del suelo para aprovechar los períodos de mejores condiciones climáticas (Capítulo 2).
- Tolerancia a stress de agua o nutrientes; o sistema de raíces profundo o extenso.
- Habilidad para regenerar vegetativamente si se le elimina la parte aérea

La clave del sistema para obtener un compromiso entre producto ganadero y forestal, en la etapa de establecimiento de árboles por siembra directa en un sistema silvopastoril, parece estar en dos aspectos:

1. Que las plántulas estén en un estado de desarrollo que toleren un cierto pisoteo y la especie no debe tener enraizamiento superficial.
2. Que el pastoreo regulado se traduzca en una carga animal óptima para obtener un balance de efectos positivo. La carga óptima debe permitir ofrecer al ganado un forraje disponible en cantidad y calidad que le sea más palatable y preferido sobre las plántulas. La carga óptima también debe considerar un nivel de defoliación que asegure que la vegetación adyacente

ofrece un cierto sombreamiento a las plántulas y suficiente cobertura del suelo para proteger de excesos de evaporación y amortiguar los efectos de compactación por pisoteo.

BIBLIOGRAFIA

1. Aide T, Zimmerman J, Herrera L, Rosario M y Serrano M .1995. Forest recovery in abandoned tropical pasture in Puerto Rico. *Forest ecology and management*. (77): 77-86.
2. Archer S 1995 Harry Stobbs Memorial Lecture, 1993. Herbivore mediation of grass-woody plants interactions. *Tropical grasslands* 29: 218-235.
3. Arnold GW y Dudzinski ML.1978. *Ethology of free ranging domestic animals*. Elsevier publishing. 198 p.
4. Arnold GW. 1981. Grazing behaviour. In *animals grazing* F H W Morley (ed). Serie World animal science.Elsevier scientific publishing company. Amsterdam. pp 79-104.
5. Beer J. 1980. *Erythrina poeppigiana* con pasto. Curso "Técnicas agroforestales para el trópico húmedo" CATIE, Turrialba, Costa Rica.
6. Bertsch F 1995 La fertilidad de los suelo y su manejo. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo. San José Costa Rica. P 157
7. Bezkorowajnyj, PG, Gordon AM y McBride RA.1993. The effect of cattle foot taffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agroforestry system* 21: 1-10.
8. Brockinton NR. 1972. A mathematical model of pasture contamination by grazing cattle and the effects on herbage intake. *Journal of agriculture science. Camb.* 79:249-257.
9. Castle ME y Macdaid E. 1972. The decomposition on cattle dung and its effect on pasture. *Journal of British Grasslands Society*. 27, 133.
10. Concklin N L 1987 The potential nutritional value to cattle of some tropical browse species from Guanacaste, Costa Rica. Thesis presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
11. Couto L, Roath D, Betters D, García R y Almeida J. 1994. Cattle and sheep in eucalypt platations: a silvopastoral alternative in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry systems* 28: 173-185.
12. Daubenmire R. 1971a.. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduos forest in north-western Costa Rica. *Journal Ecology* (60) p 147-170.
13. Daubenmire R 1971b. Ecology of *hypparrhenia rufa* in derived savanna in north-western Costa Rica. *Journal of applied ecology* 9: 11-23.

14. Doescher P, Tesch S y Alejandro-Castro M 1987. Livestock grazing: a silvicultural tool for plantation establishment. *Journal of forestry*, 85: 29-37.
15. Durr P 1992. Manual de árboles forrajeros de Nicaragua. MAG, COSUDE, CIIR/CID. Managua, Nicaragua.
16. Eissenstat DM, Mitchell JE y Wope WW. 1982. Trampling damage by cattle on northern Idaho forest plantations. *Journal of range management*. 35 (6).
17. Ellison Lincoln 1960 Influence of grazing on plant succession of rangelands *The botanical review* January-March 1960 vol 26 No 1 pp 2 -66.
18. Gardener C J, McIvor J G y Jansen A 1983. Survival of seeds in the digestive tract and faeces on cattle. Annual report 1982-3 pp 120 -1 (CSIRO Division of tropical pasture: Brisbane).
19. Gordon A M 1995 Silviculture. Nova Scotia soils institute-Agroforestry Workshop.
20. Greenhalg JFD y Reid GW. 1968. The effect of grazing intensity on herbage consumption and animal production. III. Dairy cows grazed at two intensities on clean or contaminated pasture. *Journal of agriculture science. Camb.*, 71: 111-122.
21. Hall L, George M, McCreary D y Adams T. Effects of cattle grazing on blue oak seedling damage and survival. *Journal of range management*. 45: 503-506.
22. Hart R y Norton B E. 1988. Grazing management and vegetation response. In *Handbook of vegetation science. Vegetation science applications for rangelands analysis and management*. Paul T Tueller (ed). pp 493-525. Kluwer academic publishers. Dordrecht, Netherlands.
23. Hart RH, Bissio J, Samuel MJ y Waggoner JR. 1993. Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behaviour, distribution and gains. *Journal of range management*, 46 (1).
24. Hatheway W y Baker H 1970 Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*: Further information. *Evolution* 24: 253-54.
25. Heady HF 1964 Palatability of herbage and animal preference. *Journal of range management*. 17: 76-82.
26. Hedrick DW y Keniston RF 1966 Grazing and Douglas-Fir growth in the Oregon white oak type. *Journal of forestry* 64:735-738.
27. Herrick JE. 1993. Restoración de pasturas tropicales ecosistemas and the role of cattle dung patches. Dissertation presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Ph.D in The Graduate School of the Ohio State University.
28. Humphreys L R 1991 Tropical pasture utilisation Cambridge University Press. 202 p.

29. Huntsinger L 1996 Grazing in a California silvopastoral system: effects of defoliation season, intensity, and frequency on deerbrush, *Ceanothus integerrimus* Hook. & Arn. *Agroforestry systems* 34: 67-82.
30. Jameson Donal 1963 Response of individual plants to harvesting *The botanical review* July-september Vol 29 No 3 pp 533-573
31. Janzen D. 1982d. Removal of seed from horse dung by tropical rodents: influence of habitat and amount of dung. *Ecology* 63(6) pp 1887-1900.
32. Janzen D 1977 Intensity of predation on *Pithecellobium saman* (Leguminosae) seed by *Merobruchus columbinus* and *Stator limbatus* (Bruchidae) in Costa Rican deciduous forest. *Tropical ecology*. 18: 162-176.
33. Janzen D. 1981a. *Enterolobium cyclocarpum* seeds passage rate and survival in horses, Costa rican pleistocen seed dispersal agents. *Ecology*, 62 (3) pp 593-601.
34. Janzen D. 1982e Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocen dispersal agents. *Oikos* 38: 150-156.
35. Johnstone-Wallace DB y Kennedy K. 1944. Grazing management practices and their relationship to the behaviour and grazing habits of cattle. *Journal of agriculture science. Camb.*, 34: 190-197.
36. Karl M y Doescher P 1993. Relating competition on conifer plantations with prescribed cattle grazing. *Forest science* vol 39 No 3 pp 405-418.
37. Ledig FT The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plants. In *Methodology for the explorazónn ans assesment of multipurpose trees, section four, intercropping with trees. ICRA-CFI.*
38. Linnartz N, Hse CY y Duvall VL. 1966. Grazing impairs physical properties of a firest soil in Central Louisiana. *Journal of forestry*, vol 64: 239-243.
39. Macdiarmid BN y Watkin BR. 1972a. The cattle dung patch. 2 Effect of a dung patch on the chemical status of the soil, and ammonia nitrogen losses from the patch. *Journal of the British Grasslands Society*, 27: 239-245.
40. Macdairmid BN y Watkin BR. 1972b. The cattle dung patch. 3 Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *Journal of the the British Grasslands Society*, 27:48-53.
41. Maclusky DS. 1960. Some stimates of the areas of pasture fouled by excreta of dairy cows. *Journal of the British Grasslands Society*.15: 181.
42. Marena-DGF 1996 Boletín estadístico forestal 1992-1996. Ministerio de recursos naturales y del ambiente, Managua, Nicaragua.
43. Marsh R y Campling RC. 1970. Fouling of pasture by dung. *Herbage abstracts*. vol 40, No 2.

44. Marten GC y Donker JD. 1964a. Selective grazing induced by animal excreta. 2 Investigation of a causal theory. *Journal of dairy science*.47: 871-874.
45. Mclean A y Clark MB 1980 Grass, trees, and cattle on clearcut-logged areas. *Journal of range management* 33(3).
46. Nambiar E K Sadanandan 1990 Interplay between nutrients, water, root growth and productivity in young plantations. *Forest ecology and managements*, 30, 213-232
47. Nepstad D, Uhl C y Serrao E. Recuperación of a degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20:6 p248-255.
48. Norman MJT y Green JO. 1958. The local influence of cattle dung and urine upon yield and botanical composition of permanent pasture. *Journal of The British Grasslands Society*.13:39-45.
49. Omaliko CPE. 1981. Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. *Journal of range management*, 34(5).
50. Omaliko CPE.1984. Dung decomposition and its effectson the soil component of a tropical grassland ecosystem. *Tropical ecology*.25:214-220.
51. Osko T, Hardin R y Young B 1993 Research observation: Chemical repellants to reduce grazing intensity on reclaimed sites. *Journal of range management*. 46: 383-386,.
52. Payne W 1984 A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. *Forest ecology and management* 12: 1-36.
53. Petersen RG, Woodhouse WW y Lucas HL. 1956b. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: II. Effect of returned excreta on the residual concentration of some fertilizer elements. *Agronomy journal* 48: 444-449.
54. Plice M. 1951. Sugar versus the intuitive choice of foods by livestock. *Journal of range management*.5:69-75.
55. Quirós LM y Chavarría MI. 1990. Noticiero Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central. No 5: 8-14. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pgs 8-14.
56. Reynolds S. 1994. Pasto y ganado bajo los cocoteros. FAO. Producción y protección vegetal No 91.
57. Simao- Neto M, Jones RM y Ratcliff D. 1987. Recovery of pasture seed fed to ruminants. 1 Seed of tropical species fed to cattle, sheeps and goats. *Australian Journal of experimental agriculture.*, 27, 239-246.
58. Simao- Neto M y Jones RM. 1986. The effect of storage in cattle dung on viability of tropical pasture seeds. *Tropical grasslands*, vol 20:4.

59. Skarpe C. 1992. Dynamics of savanna ecosystems. *Journal of vegetation science* 3: 293-300
60. Skerman P J, Cameron D G y Riveros F 1991 *Leguminosas forrajeras tropicales*. FAO. Pgs 697.
61. Stobbs T H 1977^a Seasonal changes in the preference by cattle for *Macrotilium atropurpureum* cv. Siratro. *Tropical grasslands*, 11, 87-92.
62. Sun D y Dickinson G 1996 The competition effect of *Brachiaria decumbens* on the early growth of direct-seeded trees of *Alphitonia petriei* in tropical north Australia. *Biotropica* 28 (2), 272-276.
63. Thirakul S 1991 *Manual de dendrología del bosque latifoliado*. Programa forestal Honduras-Canadá. Pp. 485
64. Weeda WC. 1967. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilisation. *New Zeland journal of agricultural research*. 10: 150-159.
65. Warren S, Thurow T, Blackburn W y Garza N 1986 The influence of livestock trampling under intensive rotation grazing on soil hydrologic characteristics. *Journal of range mangement* 39 (6).

CAPITULO 4

PASTOREO REGULADO Y ESTIÉRCOL LÍQUIDO COMO MEDIOS DE PROTECCION DE ARBOLITOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL

INTRODUCCION

La asociación de ganadería con el establecimiento de árboles forestales se vuelve incompatible cuando el follaje de la especie arbórea en estado arbolito, es consumido por el ganado en preferencia a las especies forrajeras herbáceas. Diversas alternativas de protección de los arbolitos del daño del ganado han sido pensadas: barreras físicas por cada árbol, uso de cercas eléctricas, uso de repelentes químicos y la suspensión del pastoreo hasta que los árboles están fuera del alcance del ganado. Las dos primeras son consideradas de altos costos debido a los materiales requeridos (Gordon 1995); la última también tiene altos costos por la pérdida de la producción ganadera. La ausencia de un método barato y simple de protección de arbolitos en los sitios pastoreados, puede desincentivar la adopción de los sistemas silvopastoriles que incluyan especies forestales ávidamente consumidas por el ganado. La protección temporal de arbolitos, cuyo follaje es ávidamente consumido por el ganado, se justifica en el caso de siembra de pocos árboles, o en el caso de especies de gran valor por su producción (frutales) o el servicio que puedan prestar (cortinas rompevientos, árboles forrajeros dispersos en potreros, protección de ciertos sitios, etc.).

El ganado en pastoreo tiene patrones de comportamiento que afectan la composición de especies vegetales presentes y la competencia entre éstas. La selección de consumo es preferencial por gramíneas, plantas o partes de éstas verdes y ricas en proteínas (Arnold 1981). El ganado tiene aversión por sus propias heces y rechaza la vegetación contaminada con éstas, (Norman y Green 1958 y Marsh y Camplig 1970). Se ha observado que al igual que el pasto adyacente a las bostas, el ganado come menos el pasto contaminado con el estiércol de los establos restituido en las pasturas, (Reid et al 1972 y Broom et al 1975). Desde un punto de vista forestal y agrícola, el estiércol líquido del ganado ha sido estudiado como repelente para protección de plántulas del daño del ganado (Beskorowanjy 1993). Algunos estudios mencionan prácticas tradicionales de uso de estiércol para proteger cultivos del daño del ganado; protección de cocoteros(Reynolds 1994), protección de palma africana en Sri Lanka

(Payne 1984); protección de estacas de *Erythrina poeppigiana* en potreros en Costa Rica (Beer 1980); protección de plantíos de pimienta en Tailandia (Gordon 1995).

La selectividad del ganado varía con el tiempo debido a los cambios en la composición química de las especies presentes (Heady 1964 y Humphreys 1991). También puede variar por el nivel de presión de pastoreo: a más presión el ganado selecciona menos (Arnold 1981). La selectividad, junto a la distribución del pisoteo, además varía espacialmente, debido a que el pastoreo se distribuye heterogéneamente en potreros que cuentan con diversidad espacial de vegetación, topografía, distancia a lugares de abrevadero, suplementación y sombreado (Hart et al. 1993).

El estiércol líquido también tiene efectos de aporte de nutrientes e incremento en la producción de materia seca de la vegetación afectada (Pain et al 1974). Holmes (1980) indica que el estiércol líquido tiene aproximadamente entre 2-10 g de N , 0.6-4 g de P y 0.6-7 g de K / litro. Bezkorowajnyj et al (1993) sugieren que el estiércol líquido puede compensar las pérdidas de denitrificación causada por la compactación del suelo en sitios pastoreados.

Pochote, (*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand.) es una especie forestal de alto valor comercial. Mientras el follaje de pochote está al alcance del ganado es ávidamente consumida en preferencia por el pasto, inclusive durante el período de crecimiento de éste último (observ.pes). Este experimentó evaluó el efecto de un repelente de muy bajo costo, preparado a base de estiércol líquido, para proteger arbolitos de *B. quinata* del daño del ganado, y el efecto de tres cargas animales de pastoreo en la eficacia del repelente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en un potrero de la finca Madera Rosa situada en Rivas, Nicaragua, sobre faja costera entre el Océano Pacífico y el Lago de Nicaragua. La zona de vida corresponde a Bosque húmedo subtropical, asociación cálido monzónica en la clasificación de zonas de vida de Holdridge. La elevación es de 89 msnm. La temperatura promedio es de 26.8 grados centígrados. La precipitación anual es de 1450 mm/año distribuidos el 85% entre junio y noviembre. El tipo de suelo es un Lithic Ustorthent - lithic dystropept complex (Observ.pers).

El sitio pertenece a un tipo de vegetación original de bosques tropicales caducifolios (Daubenmire 1971a). El establecimiento de la pastura de "jaragua" *H. rufa* se realizó al final de los años 60 a través de eliminación de la cobertura boscosa para cultivo de maíz y arroz por "roza y quema" y enseguida la siembra de *H. rufa* al voleo. El régimen de pastoreo ha sido relativamente intenso en el pasado. El control de malezas se ha hecho por una combinación de quemadas periódicas cada 2 o 3 años y chapías anuales. El estado actual de la pastura se considera en un estado intermedio de degradación, principalmente por la invasión de especies indeseables y erosión en ciertos sitios por sobrepastoreo y quemadas. La vegetación presente en el sitio fue: 75% *H. rufa*, 10% "invasor" (*Paspalum conjugatum*) y "zacatón" (*Paspalum virgatum*), 7% flor amarilla (*Melampodium brachyglossum*), 5% bejuco engordador (*Calopogonium mucunoides*) y 3% otras especies herbáceas y arbustivas de hoja ancha. En el sitio se encuentran árboles aislados de laurel *C. alliodora*, guácimo *G. ulmifolia*, ñámbar *D. retusa*, Madero negro *Gliricidia sepium*, Jícara *Crescentia alata* y un individuo de *P. saman*.

El experimento se llevó a cabo entre junio y agosto de 1998, año afectado por el fenómeno del Niño. Sin embargo, se considera que la precipitación mensual en ese período experimental fue solo ligeramente abajo de la normal (192 mm/mes entre junio y agosto) (Cuadro 1).

Cuadro 1 Precipitación y temperatura mensual en Rivas, Nicaragua en 1998.

Mes	Precipitación (mm)	T° C
E	0	27.1
F	0.4	27.4
M	0	28.5
A	1.4	29.2
M	90.2	28.1
J	131.4	27.3
J	212	27.3
A	194.4	26.7
S	215.7	26.3
O	948 (Efecto "Mitch")	27.7

Fuente: estación meteorológica de INETER, en Rivas, Nicaragua.

Experimento de crecimiento de arbolitos de *B. quinata* con repelentes y efecto de tres cargas animales.

El experimento se organizó en un diseño factorial (2 x 3). Con los factores repelentes (con y sin estiércol líquido) y nivel de carga animal (baja, media y alta).

Cuadro 2 Tratamientos

Tratamiento	carga animal	repelente
1	alta	con
2	alta	sin
3	media	con
4	media	sin
5	baja	con
6	baja	sin

Para este experimento se seleccionó un área de 1.7 ha y se dividió en tres bloques en consideración a la variabilidad topográfica y de vegetación. Por cada bloque se establecieron una parcela para cada tratamiento; 18 parcelas en total de todo el experimento. Cada parcela tenía un área de 900 m². En el contorno de cada parcela habían establecidos 30 arbolitos de *B. quinata* de 27 días de edad con trazado lineal cada 3 m.

La siembra de árboles

La siembra se hizo el 5 de junio, 27 días antes del primer pastoreo. El material vegetativo usado fueron pseudoestacas de *B. quinata* de 9 cm de altura de tallo y 1 cm de diámetro en el cuello de raíz. Las pseudoestacas se sembraron en línea sobre el contorno del potrero a una distancia de 3 m entre planta. La línea de arbolitos se situó a una distancia de 2 m del cerco. Se dejó un espacio de borde de 8 m de cada lado de las puertas de acceso de cada potrero a fin de evitar un exceso de pisoteo, suponiendo que en esa área hay mayor densidad de tráfico del ganado.

Antes de la siembra el sitio fue sometido a pastoreo desde finales de la época seca y después de las primeras lluvias, a fin que el ganado contribuyera a disminuir la vegetación presente. Además, en los micrositos de siembra se realizó una chapia a una altura de aproximadamente 20 cm con el fin de homogenizar la altura de la vegetación. La altura de la vegetación adyacente a las pseudoestacas recién sembradas fue de aproximadamente 17 cm. La siembra se hizo cuando había aumentado la humedad en el suelo a una profundidad de 20 cm y se preveía que se había instalado el período normal de lluvias.

Manejo de las cargas animales.

Las parcelas fueron pastoreadas en cuatro ciclos entre junio y agosto de 1998. Para el pastoreo se usó un grupo de 12 vaquillas Brahman de 280 kg de peso que habían pastoreado sitios similares desde el año anterior. La organización de los tratamientos de diferentes niveles de

carga se hizo manteniendo potreros de igual tamaño (0.09ha), igual duración del período de pastoreo (1 día) y descanso (variable entre ciclo, pero igual en todos los tratamientos) (Cuadro 3), pero haciendo variar el número de animales para cada carga; 2 en baja, 4 en media y 6 en alta. La carga media correspondió a la carga normal en la finca donde se hizo el experimento. La carga baja se estimó que era la carga más baja para obtener un producto ganadero que permite cubrir los costos fijos/ha normales de la finca donde se hizo el experimento. La carga alta de 6 animales se estableció así para tener un nivel de contraste adecuado con las otras dos. Los potreros fueron divididos con cerca eléctrica. El sistema de pastoreo fue rotatorio intensivo (Cuadro 3).

Cuadro 3 Programa de pastoreo de potreros sembrados con arbolitos de *B. quinata* en Rivas, Nicaragua.

Pastoreo/ descanso	fecha	edad arbolitos de <i>B quinata</i> (días)
ciclo 1 (1 día por potrero)	3 al 8 jul	28
descanso potreros (5 d)	4 al 8 jul	
ciclo 2 (1 día por potrero)	9 al 14 jul	34
descanso potreros (12 d)	10 al 21 jul	
ciclo 3 (1 día por potrero)	22 al 27 jul	47
descanso potreros (12 d)	23 jul al 8 ago	

Diariamente se pastoreó simultáneamente un potrero de cada carga. Para ese fin los 12 animales se dividieron diariamente en tres grupos de 2, 4 y 6 animales escogidos al azar. Después de pastorear las seis parcelas de un bloque se siguió con el siguiente.

El ciclo 1 de pastoreo se inició cuando el pasto tenía una altura normal conforme los criterios de las decisiones de pastoreo en la ganadería local. La siembra pseudoestacas de *B. quinata* se hizo 27 días antes, presumiendo que en ese tiempo sería necesario pastorear el sitio y el desarrollo de los arbolitos estaría entonces siendo afectado por la interferencia del pasto.

El material repelente

El repelente se preparó con una mezcla de bostas frescas (8 kg) y agua (40 l) y se dejó fermentar tres días. El líquido fermentado fue filtrado y aplicado al follaje de los arbolitos y a la vegetación adyacente a 20 cm de la base de cada arbolito tratado. Se estima que por cada

arbolito se aplicó 0.25 litros en cada aplicación hecha con una bomba de fumigar manual. Se hicieron tres aplicaciones por potrero; una vez antes del ingreso de los animales en cada nuevo ciclo de pastoreo.

Mediciones

Antes del primer ciclo de pastoreo y después del pastoreo de cada potrero, se midió la altura de cada arbolito y de la vegetación adyacente. Además, después de cada ciclo de pastoreo se registraron las causas de daño en cada arbolito. Las mediciones de altura se hicieron con una regla métrica. La altura de la vegetación adyacente se registró como el punto más alto de cualquier planta situada a 20 cm del tallo del arbolito. La tendencia de crecimiento de los arbolitos y la vegetación adyacente se estimó por la diferencia de altura entre un día antes de pastoreo y al final del ciclo 3; un período de 20 días.

Las causas de daño clasificadas fueron pisoteo y ramoneo. El daño por pisoteo se pudo identificar por la presencia de huella de casco sobre el arbolito afectado o en el micrositio; ésto se facilitó por la humedad del suelo o la evidencia del daño en tejidos verdes de los arbolitos. El daño por ramoneo se identificó por defoliación que arrasaba el follaje o por desaparición del arbolito. Los arbolitos que fueron dañados dos veces solo se registró como dañado una vez. Durante el experimento se clasificó como muertas los arbolitos desaparecidos, los que estaban totalmente desenterrados y los tallos de las pseudoestacas que luego de dañadas se habían secado. De esta manera se clasificaron como vivos arbolitos habían sido pisados y torcidos, pero que las estacas aún estaban vivas y con posibilidades de recuperarse. Las variables de daño y mortalidad se calcularon en porcentaje del número inicial de arbolitos en cada tratamiento.

Para analizar el efecto repelente del estiércol líquido se consideró el nivel relativo de defoliación y altura de la vegetación adyacente entre los tratamientos, infiriendo que a más altura hubo más rechazo (Osko et al 1993), igual inferencia se hizo por el porcentaje relativo de arbolitos ramoneados.

Análisis estadístico de los datos

Se analizó los datos por un modelo estadístico de diseño experimental factorial (2 x 3) en bloques al azar con tres repeticiones. Para las variables de pisoteo, ramoneo y mortalidad total

se hizo una transformación de los datos por raíz cuadrada antes de proceder al análisis de varianza. Las medias de todas las variables fueron comparadas por pruebas Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Crecimiento de arbolitos y de la vegetación adyacente.

Los arbolitos crecieron 9 cm en 27 días desde la siembra y alcanzaron una altura promedio de 17 cm. un día antes de pastoreo, la vegetación adyacente medía en promedio 23.6 cm. Al final de 3 ciclos de pastoreo, a una edad de 44 días, se encontraron diferencias significativas en altura de arbolitos y de la vegetación adyacente entre tratamientos (Cuadro 4). El mayor crecimiento de los arbolitos y vegetación adyacente fue en el tratamiento de repelente con carga animal baja, y los resultados mas bajos estuvieron en las cargas medias y alta sin repelente. La altura de arbolitos fue significativamente más alta con repelentes que sin repelente ($p < 0.01$); 40% de más alturas.

Cuadro 4 Altura de la vegetación adyacente y arbolitos de *B. quinata* de 47 días de edad y después de 3 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua

Variable	Carga animal	Repelente		promedio	Significancia		
		Con	Sin		Rep.	Car	Rep.*car
Altura arbolitos (cm)	baja	14.1	8.9	11.5	**	*	ns
	media	9.6	5.7	7.6			
	alta	9.8	8.7	9.2			
	promedio	11.2	7.8				
Altura veget. adyac. (cm)	baja	42	23.4	32.7	**	**	ns
	media	19	7.8	13.4			
	alta	24	15.4	19.8			
	promedio	28.4	15.6				

ns : no significativo; * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; car.: Carga animal.; Sub: substrato; Car * Sub:carga * substrato.

El nivel de carga y el tipo de replente tuvieron efecto en diferencia significativa en la altura de arbolitos y de la vegetación adyacente (Cuadro 4). En carga baja fueron más altos que en las cargas media y alta; y con replente fueron más altos que sin repelente.

La vegetación adyacente con replente creció 5 cm durante el período, mientras sin repelente decreció 8 cm. Los arbolitos en todos los tratamientos tuvieron crecimiento negativo entre 3 y 11.3 cm.

Daños y mortalidad.

La mortalidad aumenta en forma significativa cuando aumenta el nivel de carga; en cargas medias y alta fue el doble que en carga baja (Cuadro 5). Hubo 37% más de mortalidad en arbolitos sin repelente, pero la diferencia no fue significativa. El tratamiento de carga baja con repelente fue el de más baja mortalidad. Sin repelente la mortalidad aumenta con el nivel de carga, mientras con repelente la mayor mortalidad es en carga media, pero no se muestra un patrón claro respecto al nivel de carga.

Cuadro 5 Daños sufridos y mortalidad de arbolitos de *B. quinata* después de 3 ciclos de pastoreo en Rivas, Nicaragua.

Variable	Carga animal	Repelente		<i>promedio</i>	Significancia		
		Con	Sin		Rep.	Car	Rep.*car
Pisoteo (%)	baja	67.0	82.1	75.8	ns	ns	ns
	media	97.0	65.3	81.0			
	alta	90.0	100.0	95.0			
	<i>promedio</i>	85	82.7				
Ramoneo (%)	baja	3.2	8.6	5.9	ns	ns	ns
	media	5.4	9.6	7.5			
	alta	2.0	13.0	7.5			
	<i>promedio</i>	3.5	10.4				
Mortalidad total (%)	baja	14.0	24.0	19.0			
	media	55.0	34.8	45.0			
	alta	20.0	60.5	40.0	ns	**	**
	<i>promedio</i>	29.6	40.0				
Dañadas que mueren	baja	20.9	29.3	25.0	ns	*	ns
	media	56.7	53.5	55.0			
	alta	22.2	60.5	41.3			
	<i>promedio</i>	33.2	47.7				

El nivel de pisoteo y ramoneo no fue significativamente diferente entre los tratamientos, ambos tipos de daño se observa que aumentan con el nivel de carga (Cuadro 5). El nivel de ramoneo fue mayor sin repelente; 3.5 vs 10%.

El porcentaje de las dañadas por el ganado que luego mueren es menor en las cargas bajas bajo los dos tipos de repelente. (Cuadro 5).

No se observaron plagas de ningún tipo, ni muerte por desecación. Sin embargo, en los períodos de más resequead, se observó que en muchos casos aparentemente los arbolitos

más expuestos al sol botaron algunas hojas con más frecuencia y su follaje se notaba menos succulento.

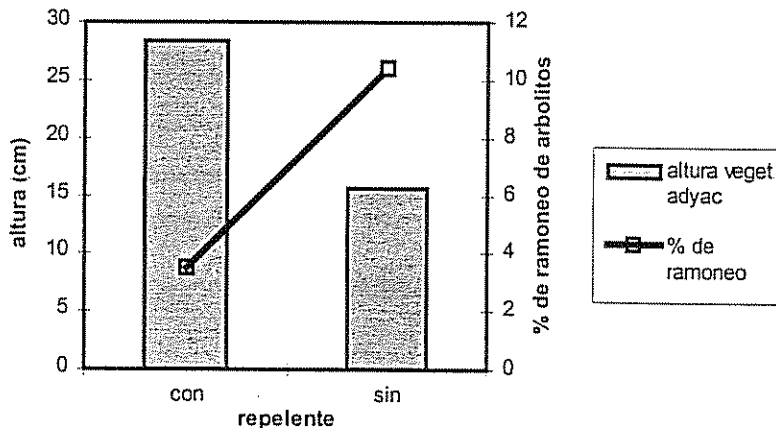
DISCUSION

Diferencias de crecimiento por el tratamiento repelente.

La mayor altura de los arbolitos con repelente y de la vegetación adyacentes a éstos en los tres niveles de carga, se puede deber a una combinación de; menos defoliación del ganado debido al efecto repelente del estiércol líquido y, probablemente, a una mayor disponibilidad de nutrientes.

El estiércol líquido mostró que influye la selectividad del ganado. La menor defoliación del ganado en los micrositios con repelente se muestra en la mayor altura de la vegetación adyacente (80% más); y en el menor ramoneo a los arbolitos con repelente (3.5 vs 10%). (Gráfica 1).

Gráfica 1 Altura de vegetación adyacente y ramoneo de arbolitos de *B. quinata* a los 47 días de edad con y sin repelente en un sitio bajo pastoreo en Rivas, Nicaragua.



En un experimento simultáneo a éste llevado en los mismos potreros usando estiércol en forma de bostas del ganado para proteger plántulas de *P. saman* (Capítulo 3), se encontró que solo hubo ramoneo en el 0.4% de las plántulas en cuatro ciclos, mientras fue de 3.5% para arbolitos de *B. quinata* tratados con estiércol líquido. El efecto repelente se debe a la aversión natural del ganado por sus propias heces y por el efecto desagradable del olor del estiércol fermentado. Beskorwanjny (1990) encontró que el pasto adyacente y las hojas de los arbolitos tratados con

estiércol líquido, fueron menos consumidas por el ganado en pastoreo. Broom et al (1975) encontraron que en potreros tratados con diferente cantidad de estiércol líquido y pastoreados 7 semanas después de la aplicación, en el primer día los potreros con mayor cantidad de estiércol líquido el consumo fue solo 41% de la MS y en los potreros sin estiércol líquido fue de 94%. Además el ganado pasó más tiempo pastoreando y echado en los potreros sin estiércol líquido.

El supuesto de una mayor disponibilidad de nutrientes para los arbolitos con estiércol líquido y la vegetación adyacente a éstos, se basa en dos condiciones. La primera es relacionada al aporte directo de nutrientes en las aplicaciones de estiércol líquido; y la segunda, está relacionada a una posible mejor condición del suelo debido al efecto de la mayor cobertura ejercida por la vegetación adyacente. También, en vistas que la vegetación fue más alta en los micrositios con repelente, se puede suponer que; o bien el tráfico del ganado en esos micrositios fue menos, o el pisoteo que hubo fue más amortiguado. Más cobertura y pisoteo menos intenso pueden ser las causas de una mejor condición del suelo. Por tanto, es razonable pensar que la vegetación en esos micrositios, y principalmente en los potreros con cargas medias y altas, fue menos afectada por los efectos de pérdida de cobertura y pisoteo del ganado. Es pertinente aclarar que el pisoteo directo de arbolitos registrado en la medición, no es el mismo que la estimación acerca del pisoteo sobre el micrositio aludido en esta discusión. En el primero se registró solo una vez e incluyo el pisoteo sobre los tallos o justo a la orilla de éstos, mientras el pisoteo del micrositio lo consideramos como el pisoteo sobre un área de 20 cm de radio desde el tallo de los arbolitos, en la cual se midió la vegetación adyacente.

Una muestra del posible efecto protector de la mayor cobertura del suelo es que en los tratamientos con repelente, en cuyo caso hubo más altura de vegetación adyacente, el porcentaje de arbolitos dañados que luego mueren fue menor (Cuadro 5).

Bezkorowajnyj et al (1993), en una prueba de crecimiento y contenido de N foliar de plántulas de árboles, encontró más crecimiento y más N foliar en plántulas en suelo menos compactado. Después de aplicar a los arbolitos y a la superficie del suelo estiércol líquido fermentado, hubo un incremento significativo en la absorción de N y más crecimiento en las plántulas en los tratamientos de media y alta compactación; de modo que la aplicación de estiércol en parte compensó las pérdidas de N debido a denitrificación causadas por la compactación. La

aplicación de estiércol líquido sobre herbáceas forrajeras es similar al caso anterior. Pain et al (1974) encontraron una correlación positiva entre el nivel de estiércol líquido aplicado en potreros y el nivel de materia seca producida en las pasturas.

Diferencias de crecimiento por el nivel de carga

La mayor altura de la vegetación adyacente en cargas bajas respecto a media y altas, con y sin repelente (Cuadro 4), se pudo deber a una combinación de defoliación menos frecuente e intensa, debido a menos presión de pastoreo; y de menos pisoteo, debido a una densidad animal más baja. La mayor defoliación en cargas media y alta pudo ser consecuencia de la menor disponibilidad de forraje por animal, lo cual causó una defoliación más frecuente e intensa de la vegetación. Broom et al (1975) encontraron un comportamiento similar en su experimento referido antes; el comportamiento del ganado cambió respecto al primer día; a partir del segundo y tercer día el ganado consumió más y pasó más tiempo en los potreros con estiércol líquido; lo cual es explicado por el efecto del aumento de la presión de pastoreo, que limita la selectividad de los animales y por tanto disminuye el efecto de rechazo de la vegetación contaminada con el estiércol líquido.

Otro factor que podría explicar el menor pisoteo en los micrositios con carga baja es la posibilidad que el tiempo de pastoreo y las distancias caminadas, fueron menores en los potreros donde hubo más forraje disponible por animal (Chacon y Stobbs 1976 y Arnold and Dudzinski 1978). Como se explicó antes, la diferencia de altura entre cargas también podría ser el resultado de que hubo menos defoliación por consumo del ganado y, también, menos pisoteo de vegetación en general, y en consecuencia el suelo estuvo en una condición más favorable. Un suelo en mejor condición puede ser otro de los factores que explican esta diferencia de altura. Estas mismas explicaciones sirven para mostrar el mayor crecimiento de los arbolitos en carga baja.

Los daños directos del ganado.

La principal causa de daño y de mortalidad de arbolitos fue el pisoteo (Cuadro 5). El pisoteo daña el follaje, dobla el tallo de las pseudo estacas, las hunde en el suelo muy húmedo y, además, es posible que a través de efectos indirectos crea un ambiente desfavorable, debido a la compactación del suelo, pérdida de cobertura y, en consecuencia, una posible disminución de la disponibilidad de agua. El pisoteo, mucho más que el ramoneo, debe ser entonces la

principal causa también de la disminución de altura de los arbolitos de *B. quinata* respecto al día antes de pastoreo.

El nivel de pisoteo de arbolitos con estiércol líquido fue muy alto respecto al obtenido usando el estiércol en forma de bostas como medio repelente del ganado (Capítulo 2). Las bostas, además de proteger del ramoneo, mostraron una fuerte influencia en disminuir el pisoteo, debido a que aparentemente hace cambiar el rumbo de tráfico del ganado en pastoreo. Con bostas el nivel de pisoteo más alto fue de 27%, mientras con estiércol líquido el pisoteo más alto fue 97%. Por tanto, el estiércol líquido aparentemente actúa con menos eficacia para protección de arbolitos en potreros, que el estiércol en forma de bostas. Sin embargo, como veremos en seguida, el tipo de material vegetativo, el sistema de siembra y la ubicación espacial de los arbolitos en el potrero influyeron esta eficacia relativa del estiércol líquido.

Factores que influyeron el nivel, intensidad y consecuencias del pisoteo

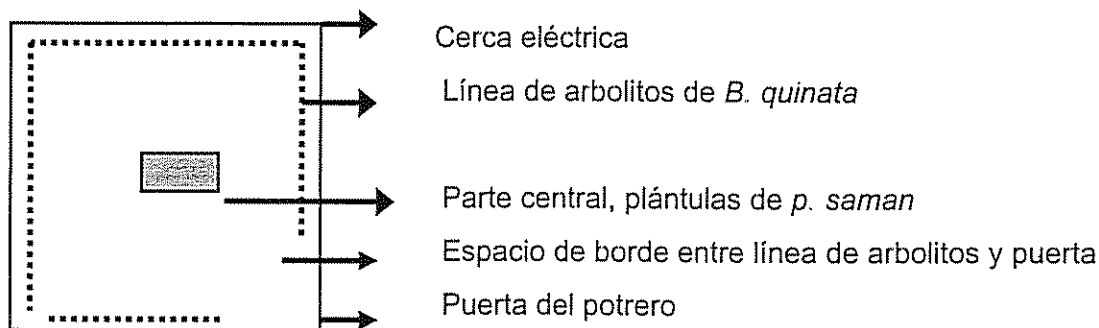
La medición del pisoteo careció de exactitud, debido a que durante la siembra se cometió el error de no compactar suficientemente el suelo en los micrositios de siembra, de modo que después de las primeras lluvias se formaron depresiones de suelo por el asentamiento del suelo suelto durante el ahoyado. Durante las mediciones estas depresiones causaron confusión con pisadas del ganado, y es probable que algunas se tomaron como pisadas del ganado que afectaba las raíces. Además, cuando el ganado pisaba en el micrositio directamente, o bien un poco adyacente al mismo, la pisada se hundía mucho más que en el suelo no removido antes, y se observó que además la pisada en sitios adyacentes a menos de 20 cm se deslizaba hasta el hoyo de siembra, debido a que el suelo del micrositio había sido removido, estaba menos compactado y había esa pequeña depresión. Esto último se observó que fue un poco más frecuente en los sitios de más pendiente donde el ganado se resbalaba un poco más y hace más presión sobre el suelo cuando camina. De esta manera los daños de pisoteo se hicieron más graves y se amplió el área de pisoteo crítico o de alta sensibilidad. Las depresiones en el suelo adyacente a los arbolitos también afectaron el crecimiento debido a que en muchos casos la depresión dejó raíces expuestas, aunque no se identificaron arbolitos muertos por esta causa.

Diferencia espacial del riesgo de pisoteo en el potrero.

El nivel de pisoteo sufrido por los arbolitos de *B. quinata* se considera relativamente muy alto; una posible explicación es que los arbolitos fueron sembrados en las partes de los potreros de más alta exposición al riesgo de pisoteo, debido a una relativa alta densidad de tráfico del ganado en las cercanías y a lo largo de las divisiones (espacio a 2 m de la cerca eléctrica).

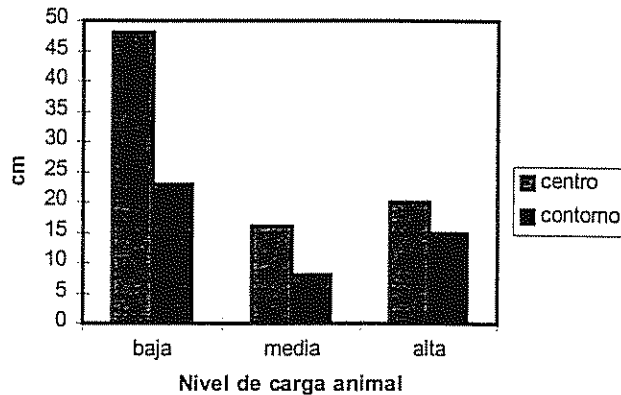
La comparación de altura de la vegetación en la parte central y cercana a las divisiones de esos potreros ayuda a fundamentar este supuesto. En esos potreros se hicieron dos estudios que midieron altura de la vegetación adyacente a plántulas de *P. saman* en la parte central (Capítulo 2 y 3); y a arbolitos de *B. quinata* en las cercanías de las cercas (Gráfica 2).

Gráfica 2 Ilustración del trazado espacial de los potreros con plántulas de *P.saman* sembradas en suelo sin bostas en la parte central del potrero y arbolitos de *B. quinata* sin repelente en la parte cercana a la cerca.



La altura de la vegetación en la parte central de los potreros fue menor que en las cercanías de las cercas en todos los niveles de carga (Gráfica 3).

Gráfica 3 Altura de vegetación en la parte central y los contornos de los potreros sin estiércol en forma de bostas o estiércol líquido.



Estos resultados contribuyen a reforzar el planteamiento que hubo una mayor densidad de tráfico del ganado cerca de las divisiones respecto a la parte central de los potreros, lo cual aparentemente contribuyó, junto a la defoliación del pastoreo, a disminuir la altura de la vegetación adyacente. Algunas observaciones de campo también aclaran por qué se supone que el ganado traficó más cerca de las divisiones:

1. El ganado estaba dividido en tres grupos en diferentes potreros y, por el comportamiento de agruparse en los momentos de descanso, se observó que los sitios de camping fueron en los bordes de los potreros vecinos pastoreados simultáneamente.
2. En los potreros con menos forraje (en este caso los de carga media y alta), se observó que el ganado circulaba más en los bordes, debido a que comía del potrero siguiente metiendo la cabeza bajo las cercas.
3. Aunque en la siembra en línea de arbolitos a lo largo de ellas divisiones se dejó un espacio de borde sin sembrar de 8 m respecto a las puertas de los potreros, los arbolitos más cercanos a las puertas fueron aparentemente más afectados.
4. Otra explicación podría ser que la mayor intensidad y gravedad del pisoteo adyacente a los arbolitos en contorno, debido a la soltura del suelo y las depresiones adyacentes referidas antes, hayan afectado, el crecimiento de la vegetación en esa área también. Es decir que hubo más pisoteo y de más gravedad de daño.

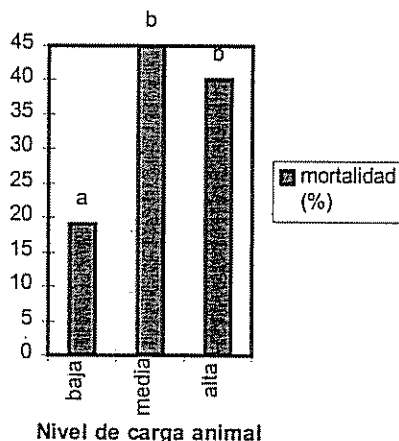
Interferencia de la vegetación adyacente.

La vegetación adyacente en bostas creció más que los arbolitos, lo cual muestra, que aunque los arbolitos de *B. quinata* son poco ramoneados por el ganado, son muy susceptibles a otros tipos de daño como el pisoteo; por tanto su capacidad de competir en este tipo de ambiente es muy limitada. También se debe considerar que posiblemente el estado de desarrollo de las pseudoestacas y la soltura del suelo en el micrositio, requieran de más tiempo antes de iniciar el pastoreo. El nivel de altura vegetación adyacente/ arbolitos no estaba en un nivel que se pueda considerar de alta competencia al momento del primer pastoreo (1.3) y los arbolitos mostraban una tendencia de crecimiento importante (8 cm en 25 días después de transplante).

Mortalidad

La menor mortalidad de arbolitos con repelente (30 % menos) y en cargas bajas (19 vs 40 y 45%) ((Cuadro 4) se explica por dos causas; menos pisoteo en cargas bajas, y más protección del pisoteo por parte de la vegetación adyacente en los dos casos; de modo que el porcentaje de dañadas que mueren es menor es estos dos casos (Cuadro 5), a pesar que no hubo diferencias en el nivel de pisoteo entre los arbolitos con y sin repelente (85 y 82%).

Gráfica 4 Mortalidad de arbolitos de *B. quinata* a los 44 días de edad después de 3 ciclos de pastoreo tratados con tres niveles de carga animal en Rivas, Nicaragua.



El 20 a 60% de dañadas que luego mueren, es relativamente más alto que el de plántulas de *P. saman* de 27 días de edad sembradas en el mismo sitio, entre 9 a 36% (Capítulo 2), lo cual

hace suponer; que las pseudoestacas de *B. quinata* son menos tolerante, y/o que el daño que sufrieron fue más intenso. Las pseudoestacas de pochote tienen una gran resistencia de sobrevivir siempre que no sean totalmente desenterradas, aunque pierdan mucho vigor y potencial de crecimiento.

CONCLUSION

Después de tres ciclos de pastoreo la altura de arbolitos de *B. quinata* y su sobrevivencia era mayor en los tratamientos con repelente y carga baja. Se explica principalmente por menos pisoteo en las cargas bajas y, probablemente, además por más aporte de nutrientes en los tratamientos con repelente. Sin embargo, el crecimiento de los arbolitos en todos los casos fue negativo; y su nivel de sobrevivencia, comparándolo con los resultados obtenidos en un experimento paralelo con plántulas de *P. saman* solo son aceptables. Estos resultados indican, que para establecer arbolitos de *B. quinata* bajo los regímenes de pastoreo de la ganadería local, se requiere reducir la producción ganadera por ha en un 50% aproximadamente, prescribiendo un régimen de pastoreo de carga animal más baja que las usadas en este estudio.

El efecto repelente del estiércol líquido se reveló eficaz por los resultados en bajo ramoneo y poca defoliación de la vegetación adyacente tratada con repelente. Por tanto el estiércol líquido se considera de un potencial como recurso para proteger arbolitos en potreros, pero se requiere más estudio al respecto.

El alto nivel de pisoteo en todos los tratamientos parece muy influido por la ubicación espacial de los arbolitos dentro de un área del potrero de alta densidad de tráfico del ganado. La siembra en las cercanías de las divisiones de potreros es lugar de alto riesgo para el pisoteo. La siembra de árboles en sitios bajo pastoreo, a través de remoción profunda del suelo, tal que hoyado para siembra de arbolitos en bolsa o pseudoestacas, debe considerar los riesgos de más intensidad del daño del pisoteo adyacente, debido a la soltura del suelo cuando está húmedo. Se recomienda sembrar en sitios de menos tráfico, los cuales son normalmente conocidos por el productor.

Se considera que el inicio del pastoreo del primer ciclo, a fin de lograr una siembra exitosa de pseudoestacas de *B. quinata* se debe postergar más tiempo después de siembra. Los arbolitos habían crecido muy satisfactoriamente antes de pastoreo (8 cm en 27 días) y la altura del pasto era solo 6 cm sobre los arbolitos. En ese caso hubiera sido posible esperar más tiempo a fin de consolidar el enraizamiento de las pseudoestacas. Sin embargo, también se debe considerar que es normal que los ganaderos siempre tienen en junio urgencia de aprovechar el pasto del rebrote; haciendo pastoreo cortos para obligar al pasto a producir más macollamiento y que el ganado consuma pasto de alta calidad.

BIBLIOGRAFIA

1. ARNOLD, G., Y DUDZINSKI, M., 1978. Ethology of free ranging domestic animals. Elsevier publishing. 142p.
2. BARRIOS, C., 1999. Pastoreo regulado y bostas del ganado como medios de protección de arbolitos en un sistema silvopastoril (Artículo de tesis).
3. BEZKOROWAJNYJ, P., 1990. Testing manure estiércol líquido as a cattle repellent in agrosilvopastoral system. MSc Thesis, 110pp.
4. BROOM, DM., PAIN, BF., Y LEAVER, JD., 1975. The effects of estiércol líquido on the acceptability of sward to grazing cattle. *Journal of agriculture science. Camb.* 85: 331-336.
5. CHACON, E., Y STOBBS, TH., 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian journal of agricultural research.* 27: 709-727.
6. HALL, L., GEORGE, M., MCCREARY, D., Y ADAMS, T., 1992. Effects of cattle grazing on blue oak seedling damage and survival. *Journal of range management.* 45: 503-506.
7. PAIN, BF., LEAVER, JD., Y BROOM, DM., 1974. Effects of cow manure on herbage production, intake by cattle and grazing behaviour. *Journal of British Grasslands Society.* 29: 85
8. REID, GW., GREENHALG, JFD., Y AITKEN, JN., 1972. The effect of grazing intensity on herbage consumption and animal production. IV. An evaluation of methods for avoiding the rejection of fouled herbage by dairy cows. *Journal of agriculture science. Camb,* 78, 491-496.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En cada capítulo se presentó las conclusiones específicas de cada estudio. Los tres estudios muestran que la siembra directa, el substrato bostas y el pastoreo regulado permiten la arborización de potreros con la especie genízaro, *P.saman*. El estiércol líquido, usado como repelente del ganado para proteger arbolitos de *B. quinata*, también fue altamente efectivo. Sin embargo, la siembra de pseudoestacas a orilla de las cercas del potrero; y el pastoreo antes que se compacte el suelo del micrositio donde se hizo el hoyo para trasplante de arbolitos, dieron lugar a alto nivel de pisoteo y de intensidad del daño del mismo.

Siembra directa, pastoreo regulado y repelentes a base de estiércol en forma de bostas o estiércol líquido, son medios que contribuyen a superar las fases críticas para la arborización de potreros por regeneración natural consistentes en:

1. Pobre disponibilidad de propágulos debido a la ausencia de árboles semilleros y baja eficacia en la dispersión natural, debido a la baja proporción de semillas viables y concentración de semillas en ciertos sitios de preferencia de los depredadores.
2. Alta mortalidad de plántulas debido a germinación en períodos de humedad errática, siendo el estado de germinación y plántulas el más vulnerable en la vida de la planta, debido a que tienen gran susceptibilidad al estrés hídrico porque aún no cuentan con capacidad de almacenar agua.
3. La competencia de las gramíneas.
4. Condiciones de sitio desfavorables como la baja fertilidad de pasturas degradadas afectados por compactación y pérdida de nutrientes.
5. Daños directos del ganado.
6. Altos costos de establecimiento por la vía de plantaciones convencionales.

A continuación se presentan recomendaciones sobre los resultados pertinentes a cada una de estas fases.

- 1) **Aumentar la disponibilidad de propágulos y aprovechar los mejores sitios:**

La siembra directa de semillas pre-germinadas permite establecer semillas seleccionadas por su calidad genética y estado sanitario; y se evita el riesgo de semillas sin capacidad germinativa. Igualmente, la siembra directa permite sembrar en sitios seleccionados con fines de trazados silvopastoriles específicos, o apropiados por su fertilidad y menos exposición a riesgos de daño del ganado y conseguir condiciones aptas para cada especie arbórea.

En el experimento de siembra directa, la siembra se hizo sobre bostas depuestas artificialmente, sin embargo, debido a que las densidades de siembra en sistemas silvopastoriles son bajas, no se considera un problema una eventual escasez de bostas en los potreros. Si bien las bostas tienden a ser concentradas en ciertos sitios como los caminos, puertas, abrevaderos, sombreos, etc., la distribución es suficiente para encontrar en todos los sitios seleccionados un número de bostas suficiente para siembra a baja densidad (Observ. Pers). Además, a fin de asegurar la densidad requerida, la siembra se puede hacer después de varios ciclos de pastoreo en los que quedan nuevas bostas. Esto además sirve para diversificar el riesgo climático y organizar resembrar en sitios fallados. Las densidades de semillas sembradas en un sitio deben ser más altas que la densidad deseada de árboles eventualmente aprovechables "árboles salvados" (buena calidad y fuera del alcance del ganado).

2) Sincronización de la germinación y fase plántula con suficiente humedad disponible.

La siembra en condiciones de alta humedad es crucial para asegurar el establecimiento de las plántulas debido a que las semillas hidratadas y las plántulas no tienen órganos de reserva. *P saman* es muy frecuente en las partes bajas y zonas riparias de los potreros (observ pers.), eso posiblemente indica que la especie es muy sensible a riesgos de sequía en la fase plántulas. La siembra de semillas pre-germinadas contribuye también a que las semillas aprovechen la humedad del momento de siembra y continúen rápidamente en la fase de enraizamiento y desarrollo de capacidad fotosintética. Si la siembra se hace temprano del período de lluvias se puede aprovechar los seis meses de lluvias para crecer. Sin embargo, la siembra temprana aumenta el riesgo de más variabilidad de humedad en esta fase, debido a que el período de lluvias se instala con irregularidad. Lo óptimo parece ser sembrar sucesivamente en la fase temprana y también más tarde, cuando el período de lluvias está más estable. Siempre es recomendable que la siembra se hace después de pastoreos fuertes y al inicio de los períodos más largos de descanso a los que se someta el sitio.

La siembra en el área en el substrato bostas contribuye a mantener una reserva de humedad y disminuir la pérdida de agua y recalentamiento del suelo.

3) Mejorar las condiciones de sitio de los potreros.

El crecimiento y sobrevivencia de plántulas antes de iniciar el pastoreo fue mejor en substrato suelo, sin embargo, en el substrato bostas hubo menos ataque de plagas; y el mayor crecimiento de la vegetación adyacente a bostas puso en evidencia que las condiciones de humedad y nutrientes disponibles fueron mejores con las bostas. La principal causa de mortalidad; y poco crecimiento de plántulas de *P. saman* en bostas antes de 30 días, fue el encostramiento superficial de las bostas que afectó la emergencia del hipocotilo y la penetración de la radícula en el substrato húmedo. Se recomiendan dos alternativas para superar este tipo de bloqueo y aprovechar las ventajas manifestadas en las bostas:

1) La primera es orientada a evitar los efectos del encostramiento, consiste en hacer la siembra sobre bostas que se han deshidratado un poco; aplicar a la superficie de la bosta una remoción como la que se hizo en el suelo y depositar las semillas en hoyos dentro del material fecal, pero más anchos que la masa de la semilla, y tan profundos que las semillas queden en contacto directo con el suelo bajo las bostas. Las semillas enterradas deben ser ligeramente tapadas con pedazos deshidratados del material fecal removido. Este sistema podría mantener las ventajas de disminuir el ataque de plagas y aumentar la humedad del suelo bajo las bostas; sin embargo se esperaría que haya más lixiviación de nutrientes y posiblemente más evaporación de agua.

2) La otra alternativa sería hacer la siembra directa de las semillas de *P. saman* justo en el borde de bostas frescas. Siempre será necesario una ligera remoción de vegetación y suelo como se hizo en el método de siembra directa en suelo sin bostas. De esta manera se aprovecha el substrato de las bostas como lo hizo la vegetación adyacente. En este caso la eventual formación de la costra dura solo produce ventajas para retener humedad, disminuir lixiviación y aprovechar los efectos del mejoramiento de la estructura del suelo. En este sistema probablemente se disminuya el efecto de disminución del ataque de plagas, pero se puede conservar el efecto repelente de las bostas sobre el ganado para evitar daños de ramoneo y pisoteo.

La siembra en sitios con cierto sombreado, tal que el de árboles dispersos en potreros, puede beneficiar la arborización con *P. saman* de dos maneras. Primero por disminuir los excesos de radiación a las plántulas y la desecación del sitio. Segundo, por el efecto del

competitivo por luz de dosel superior que puede permitir en el largo plazo una mejor formación del fuste de los arbolitos de *P. saman*. La desventaja de la siembra bajo dosel superior es que el ganado tiende a concentrarse más en los sitios sombreados y por tanto causa más muertes por pisoteo. Por tanto, talvez esto sea más viable en sitios donde hay bastantes lugares de sombreado. En este experimento vimos que un tipo de dosel que es solo ventajoso, es el de las arbustivas o árboles jóvenes, que por su pequeña copa no atraen al ganado para sombreado. Tampoco dan competencia muy importante después de la fase establecimiento.

Durante el experimento se observó un crecimiento mayor de las plántulas en los sitios donde se habían eliminado los árboles dispersos y se había quemado; posiblemente hubo efecto favorable de más nutrientes disponibles y más retención de humedad del suelo por la materia orgánica acumulada. Por tanto, la siembra en las partes quemadas de los potreros puede resultar en aumentos de crecimiento inicial de *P. saman*.

4) Reducir la competencia de las gramíneas:

La disminución de la competencia del pasto con las plántulas es crucial para el crecimiento y sobrevivencia. La intensidad de pastoreo del sitio antes de siembra de *P. saman* debe ser suficiente para reducir la competencia del pasto con las plántulas, pero no tan excesivo que comprometa la productividad futura de la pastura. El pastoreo cuando las plántulas ya están establecidas igualmente debe ser a un nivel óptimo, para beneficiar la arborización a través de reducir la competencia del pasto, pero no tan excesivo que alcance umbrales intolerables de daño directo a las plántulas y compactación del suelo.

Las bostas estimulan más crecimiento de la vegetación adyacente, de modo que con el uso de bostas el pastoreo se vuelve más urgente para disminuir la competencia del pasto con las plántulas. Se mostró que la siembra de plántulas en bostas permite mayores intensidades de pastoreo antes que el pastoreo ofrezca un balance desfavorable entre ventajas (p.e. desmalezar los arbolitos) y desventajas (p.e. pisoteo y ramoneo). Con las plántulas en suelo, una carga animal más baja que las normales de la zona de estudio era aparentemente la óptima; en bostas la carga óptima se estimó que podría ser inclusive un poco más alta que la normal de la zona.

Las gramíneas de porte erecto pueden ser más favorables para disminuir la competencia en la fase plántulas, porque no invaden y dejan pasar más luz, pero es posible que protegen menos el suelo del goteo y amortiguan menos la compactación que ejerce el pisoteo del ganado. En este experimento, se mostró que *H. rufa* es muy conveniente por el tipo de porte erecto, y por la preferencia del ganado sobre esa especie antes que las plántulas de *P. saman*.

En este estudio las bostas solo aplastaron un poco las hojas de rebrote de *H rufa*. Es posible que con pastos de porte rastrero el aplastamiento sea más importante, de modo que se revele más importante este atributo dado a la deposición de bostas y su efecto en disminuir la competencia del pasto.

Una recomendación general de interés económico es que se sometan a arborización por siembra directa y pastoreo regulado, potreros que por su estado actual, aún sin arborización, se iban a someter a tratamientos de resiembra o dejar ensemillar para fortalecer la pastura, de modo que se tratarán con regímenes de baja intensidad de pastoreo. En este caso, la eventual baja de la producción ganadera, debido a protección de la arborización, no es un costo ganadero adicional, puesto que es un medio de recuperación de la pastura.

5) Evitar o reducir los daños del ganado.

El pastoreo regulado se revela como un medio eficaz de proteger arbolitos en potreros. La sincronización del pastoreo debe tomar en cuenta el estado de la pastura y del desarrollo de las plántulas. Con el estado de la pastura se trata de disponer de forraje de alta calidad; con el desarrollo de las plántulas se trata de asegurar que éstas tienen un nivel de crecimiento del tallo y de su capacidad fotosintética que puedan tolerar un eventual daño. Es decir que no se quiebran o no se defolían totalmente, o su sistema radicular es tan profundo que no se destruye con pisoteo en el micrositio. El pastoreo con el ganado de menor peso posible; y reducir el pastoreo en los momentos de más humedad del suelo, contribuyen a reducir el efecto del pisoteo en la compactación del suelo y el nivel de daño al sistema radicular de los arbolitos.

Un ejemplo de incorrecta sincronización del pastoreo con el desarrollo de los arbolitos se dió en experimento sobre uso de estiércol líquido para proteger pseudoestacas de *B. quinata*. Se considera que el pastoreo fue muy temprano. Los arbolitos habían crecido muy satisfactoriamente antes de pastoreo (8 cm en 27 días) y la altura del pasto era solo 6 cm sobre

los arbolitos. En ese caso hubiera sido posible esperar más tiempo a fin de consolidar el enraizamiento de las pseudoestacas. Sin embargo, es normal que los ganaderos siempre en junio están urgidos de aprovechar el pasto del rebrote, haciendo pastoreo cortos para obligar el pasto a producir más macollamiento y que el ganado consuma pasto de alta calidad.

El uso del estiércol líquido es muy eficaz para proteger arbolitos del daño del ganado y posiblemente aportar nutrientes, pero comparado con el uso de las bostas implica más trabajo para hacer las aplicaciones. Su uso puede ser más razonable en el caso de arbolitos transplantados, pocos árboles, en sitios cercanos, y en el caso de especies ávidamente consumidas por el ganado.

Otro medio de disminución del riesgo de daño del ganado, no evaluados a profundidad en este experimento, debido a que se hizo bajo un régimen de pastoreo rotativo intensivo, es el uso de la heterogeneidad espacial de los potreros por factores de topografía, vegetación y distancia de los sitios de más tráfico; suponiendo que es también una diversidad de nivel de riesgo de daño del ganado. En estos experimentos se puso en evidencia que los contornos de los potreros fueron aparentemente un área de más tráfico del ganado, al menos respecto a la parte central del potrero. La diversidad espacial es muy frecuente en potreros de ganadería extensiva en los que el tamaño de los potreros es mayor y causa gradientes en la intensidad de pastoreo y densidad de tráfico. Los productores normalmente conocen esas partes del potrero; donde el ganado come o circula menos, de modo que en ellos hay menos riesgo de daño directo del ganado.

Es crucial que en el manejo concreto de una arborización tipo silvopastoril haya un monitoreo del sitio, para ir verificando a qué niveles y en qué momentos del pastoreo, el ganado comienza a dañar más los arbolitos y amerita hacer la exclusión del sitio.

Este experimento se limitó a la estación lluviosa y no se consideró la estación seca, en la cual el ganado tiene preferencia de consumo en el follaje verde de los arbolitos sobre el pasto seco (Observ.pers). Este fenómeno releva la importancia de hacer este tipo de práctica en potreros sujetos a regímenes de bajo pastoreo en el período seco, por razones inherentes al manejo ganadero y restauración de la pastura. La suspensión del pastoreo en período seco reduce muy poco la producción ganadera y, posiblemente, el descanso del potrero la compense con

más rendimiento futuro de la pastura. Se requiere estudiar más el crecimiento de los arbolitos y el efecto del pastoreo con los niveles normales de la zona a través de todo el período de lluvias. Si en caso se pudiera aumentar la producción ganadera durante el período de lluvias con pocos efectos negativos a los arbolitos, se podría justificar reducir el pastoreo en el período seco. En caso contrario, se vuelve inevitable contar con una ligera reducción de la producción potencial de ese período. Sin embargo, para una mayoría de ganaderos, es una vía económicamente más viable que la suspensión total del producto ganadero.

6) Bajar los costos de establecimiento de árboles.

Los costos de establecimiento por siembra directa son muy bajos. Se estimó que el costo para establecer 300 golpes de siembra es de aproximadamente 12 \$. El único material requerido es semillas de alta calidad y certificadas que se pueden conseguir a 9 \$ para 164 gr o 1000 semillas de *P.saman* para establecer 300 golpes de siembra de 3 semillas/golpe. En este estudio se tuvo un nivel de semillas viables de 94%. El trabajo requerido es solo para escarificar las semillas. Una persona sin habilidad especial pudo escarificar 240 semillas por hora con una tenaza de podar. El trabajo de siembra consiste en una chapia alta en el micrositio de siembra y la remoción superficial del suelo con un espeque y enseguida la deposición de semillas semienterradas. Se estimó que es necesario medio día de trabajo para establecer 300 golpes de siembra en 1 ha con trazado regular, o dentro de una área de aproximadamente 5 ha seleccionando ciertos micrositios escogidos por el productor por la fertilidad o por diseño de ciertos trazados agroforestales.

7) Compatibilidad entre arborización y producción ganadera.

Los resultados de esta investigación muestran que los niveles de producción ganadera obtenidos, de aproximadamente 550 g/día de ganancia de peso vivo (C Barrios -datos no publicados-) son compatibles con altos niveles de sobrevivencia y crecimiento de plántulas de *P. saman* en bostas. La principal forma de daño del ganado es el pisoteo y éste parece ser muy alto aún en las cargas baja. Sin embargo, lo que parece el fenómeno más sorprendente en este estudio, es el efecto de las bostas, no solo en repeler del riesgo de ramoneo, sino también de pisoteo. El ganado aparentemente cambia su rumbo de tráfico donde encuentra vegetación con olor desagradable.

La compatibilidad parece ser influida por las características de las especies vegetales presentes. Para la especie arbórea introducida, las características más relevantes parecen ser: rapidez de crecimiento y rápida lignificación de tallos. *P. saman* tiene estas características por el tamaño relativamente grande de sus semillas y la rápida lignificación del tallo y a la vez flexibilidad del mismo. Para las especies herbáceas las más importantes es dejar pasar luz y enraizamiento superficial. *H. rufa* tiene porte erecto y deja espacios vacíos arriba del suelo lo cual aparentemente permite disminuir la competencia con las plántulas de *P. saman*.

8) Necesidades de investigación futura.

1. Evaluar el efecto de diferentes formas de uso de las bostas como sustrato: bostas semideshidratadas removiendo el material fecal; siembra en el borde de bostas frescas y siembra en bostas secas del verano durante el período de lluvias.
2. Cuantificar el porcentaje de bostas naturales pisoteadas en un potrero bajo pastoreo en condiciones normales, a fin de evaluar el fenómeno de correlación entre repelencia y protección del pisoteo.
3. Comparar el crecimiento del primer año entre arbolitos de *P. saman* establecidos por siembra directa y arbolitos transplantados.
4. Evaluar el efecto de la diversidad espacial de los potreros en sistemas de pastoreo semi-extensivos en el nivel de riesgo de daño del ganado a arbolitos establecidos artificialmente.