

Competencia entre el palo de mayo *Vochysia ferruginea* y otras especies de árboles: resultados iniciales del experimento de raleo forestal en Santa Elisa

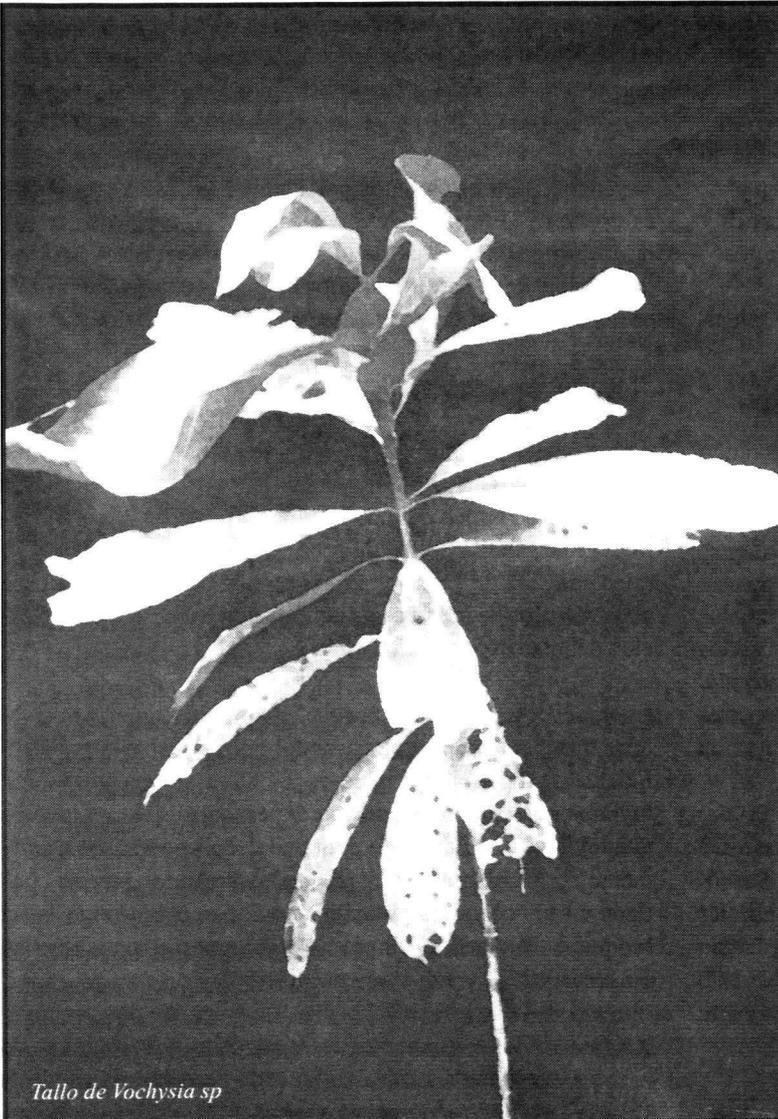
Douglas H. Boucher

Departamento de Biología
Hood College

La competencia entre especies de árboles tiene importancia tanto ecológica como económica. Desde el punto de vista de la ecología, esta competencia se considera como una fuerza organizadora de la estructura de ecosistemas forestales; desde el punto de vista económico significa que si hay competencia entre diferentes árboles es posible aumentar sus tasas de crecimiento, y de esta forma, su producción de madera mediante un tratamiento de raleo forestal que disminuya la competencia. Efectivamente, la técnica experimental más utilizada para mostrar la competencia es precisamente el hacer tal tratamiento de raleo. Si los árboles responden con aumentos de sus tasas de crecimiento queda demostrada la existencia de la competencia entre ellos.

En 1998 se estableció el proyecto de cooperación entre PROCODEFOR, Bluefields, Nicaragua, y Hood College, Frederick, Maryland, EU, con miras a desarrollar sistemas de uso sostenible del bosque húmedo tropical en la RAAS. El énfasis especial del proyecto es el empleo de técnicas de raleo, para extraer productos valiosos de bosques secundarios de crecimiento rápido, modificando la sucesión secundaria sin perjudicar al alto nivel de biodiversidad característica de los bosques tropicales húmedos. Con el raleo se pretende hacer la extracción de madera imitando los procesos de perturbación natural a los cuales está adaptado el bosque húmedo tropical. Un buen ejemplo de tales perturbaciones fue el huracán Juana, que hizo grandes daños a los bosques de la RAAS en octubre de 1988, pero después del cual el bosque se ha regenerado rápidamente (Boucher, 1997).

Se propuso como actividad principal del proyecto de cooperación, un experimento forestal sobre el raleo en una área de bosque secundario (originado después del huracán Juana) en Santa Elisa, río Kukra, RAAS (11° 54' N., 83° 55' O.). En enero de 1999 se firmó el convenio de cooperación PROCODEFOR-Hood College y se procedió al establecimiento de las parcelas para el experimento en el bosque al sur de la comunidad de Santa Elisa. Con la división de las tierras de la cooperativa Santa Elisa entre sus miembros, estas parcelas quedaron dentro de las tierras que pertenecen a la familia de Antonio Mendoza. La estructura de este bosque ya se describió en un artículo previo de Wani (Merlo Caballero y Monroe Forbes, 2002). En este artículo analizo los efectos del tratamiento de raleo, los cuales indican que sí hay competencia entre diferentes grupos de árboles en este bosque tropical húmedo.



Tallo de *Vochysia* sp

Métodos

Preparación del experimento

En enero de 1999 se establecieron los dos primeros bloques, de cuatro parcelas cada uno, o sea, un total de ocho parcelas. Cada parcela mide 50 por 50 metros, es decir, un $\frac{1}{4}$ de una hectárea. Están dispuestos en forma de un tablero de ajedrez, con las parcelas correspondiendo a las cuadradas blancas y las áreas de borde entre las parcelas correspondiendo a las cuadradas negras.

En marzo de 1999 se establecieron dos bloques adicionales de cuatro parcelas cada uno, en una área cercana pero no directamente contigua con los dos primeros bloques. Esta segunda área corresponde al carril norte-sur que divide las tierras de Santa Elisa de las de sus vecinos. Igual que la situación en los dos primeros bloques, las parcelas en el tercer y cuarto bloque son de 50 por 50 metros (un $\frac{1}{4}$ de ha). La única diferencia es que están dispuestas, a lo largo del carril, en un patrón de 2 x 8 en vez de 4 x 4. En 1999 se placaron y se midieron todos los árboles de 10 cm o más de diámetro a la altura de pecho (DAP) en las parcelas 1-12; el tiempo disponible no fue suficiente para placar y medir las últimas cuatro parcelas. Se marcaron los límites de las parcelas con cinta plástica y con banderitas, para facilitar su ubicación en años futuros.

Los árboles fueron identificados en las parcelas 1-8 por miembros del equipo de trabajo PROCODEFOR-Hood College y por miembros de la comunidad de Santa Elisa; en las parcelas 9-12 fueron identificados por Ernesto Leymus, un baquiano con gran conocimiento de la flora de los bosques del Atlántico nicaragüense. Según su especie se clasificó cada árbol como miembro de uno de tres "Grupos de Especies": los Pioneros (P), con géneros como *Cecropia*, *Croton*, *Byrsonomia*, *Goethalsia* y *Vismia*; los Vochysia (V), con solamente las especies *Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis*, y los No-Pioneros o especies de bosque maduro (M), con todos los otros árboles (p.e. *Dendropanax*, *Hyeronima*, *Casearia*, *Pseudolmedia*, *Manilkara*, etc.) Esta clasificación en tres grupos de especies forma la base para los tratamientos de raleo que se hicieron en 2001.

En total se marcaron unos 1,369 árboles en las parcelas 1-12 en 1999, o sea, una densidad de aproximadamente 114 árboles por parcela (456 por hectárea). De estos 1,369 árboles habían 457 Pioneros, 162 Vochysias, 675 Maduros y 75 sin identificar su grupo de especies. Los diámetros varían de 10.0 a 336.5 cm, con un promedio de 16.4 cm DAP. El área basal total fue 42.3 m², o sea 14.1 m²/ha.

Se notaron en 1999 unos efectos importantes de las quemadas

de mayo 1998 en las parcelas, especialmente en parcelas 1-8. Esta fue razón para postergar los tratamientos de raleo hasta 2001, con el objetivo de permitir un año más de recuperación post-quema antes de imponer los raleos.

En enero de 2000 se hicieron las remediciones de los árboles placados en 1999, notándose los árboles muertos, y placando y midiéndose los reclutados nuevamente. Al mismo tiempo se corrigieron muchas de las identificaciones de árboles en parcelas 1-8, reemplazando las identificaciones incorrectas con nuevas identificaciones hechas por Ernesto Lemus.

Tratamiento experimental

Medir y escoger los árboles a ralearse

En enero de 2001 se remidieron los árboles placados, incluyendo los nuevamente reclutados. Además de las mediciones de diámetros (DAP), también anotamos el número de rebrotes basales (es decir, tallos saliendo de las raíces, o del tronco debajo de 1.5 m de altura), y los clasificamos como grandes (igual o mayor de 10 cm DAP) o pequeños (menor de 10 cm DAP).

Basándonos en estos datos calculamos los áreas basales de cada uno de los grupos de especies (P, V y M) en cada parcela. El promedio de área basal fue 11.5 m²/ha, o sea 2.88 m² por parcela de $\frac{1}{4}$ ha. Propusimos ralear el 10% del área basal, es decir, 0.288m² en cada parcela.

El plan original había sido tener un experimento balanceado de bloques al azar, con cuatro tratamientos de raleo, cada uno de los cuales se aplicaría en una parcela de cada uno de los cuatro bloques. Los cuatro tratamientos fueron: 1) testigo (sin ralear); 2) raleo de 0.288 m² de árboles del grupo pionero; 3) raleo de 0.288 m² de árboles del grupo maduro; y 4) raleo de 0.288 m² de árboles del grupo Vochysia. Pero en base a los cálculos de área basal tuvimos que hacer una modificación del plan experimental.

Esa modificación se hizo porque encontramos que en los bloques tres y cuatro, el área basal del grupo Vochysia fue insuficiente para permitir el raleo de 0.288 m² de este grupo. Así tuvimos que cambiar el diseño experimental. De tal manera que tuvimos el tratamiento del raleo del grupo Vochysia solamente en los bloques uno y dos, y tuvimos dos parcelas testigos en el bloque 3, y asimismo 2 parcelas testigo en el bloque 4. El diseño siempre es de bloques al azar, pero no balanceado.

Asignamos los tratamientos a las parcelas, y escogimos los árboles específicos a ralearse en cada parcela, utilizando la función generadora de números al azar "RAND()" de Excel.

Para escoger los árboles, en cada parcela numeramos todos los árboles del grupo a ralearse en esa parcela, y escogimos números al azar hasta que el total de su área basal sobrepasó la meta de 0.288 m² de área basal. Después fuimos al campo y pintamos los árboles escogidos para ralearse.

Estimar la densidad de plántulas

También establecimos sub-parcelas en cada parcela, para estimar la densidad de plántulas de diferentes especies antes del raleo. Las sub-parcelas fueron de 2 x 2 m (4 m²), y se establecieron cuatro en cada parcela. Se ubicaron en una línea a 10 m al sur del borde norte de cada parcela, a los 10, 20, 30 y 40 m del borde este.

En cada sub-parcela contamos el número de plántulas (individuos de menos de 1.00 m de altura) de árboles de cada especie. También colectamos muestras, afuera de las sub-parcelas, para ayudar a la identificación de especies que no reconocimos en el campo.

Ralear los árboles

El raleo se hizo los días 19 y 20 de febrero, 2001. El trabajo estuvo a cargo de Ariel Mendoza, un motosierrista experto, con la ayuda de Freddy García. El autor del presente trabajo y varios estudiantes del Curso de Biodiversidad Tropical de 2001 observamos el trabajo de talar los árboles, y en cada caso anotamos los datos siguientes:

- Número de placa del árbol.
- Tiempo de preparación, antes de comenzar a cortar al árbol (en segundos).
- Tiempo necesario para cortar el árbol (en segundos).
- Dirección de caída del árbol.
- Otros árboles dañados por la caída del árbol, y el tipo de daño (ramas dañadas en su copa; doblado; truncado; inclinado, pero siempre de pie; corteza herida, etcétera).
- El número de sub-parcelas de plántulas dañadas por la caída del árbol.

Mediciones pos-raleo

Hicimos el primer inventario pos-raleo entre el 12 y el 16 de febrero, 2002. Medimos los DAP de todos los árboles, incluso los nuevamente reclutados, y notamos sus rebrotes basales grandes y pequeños de la misma manera que el año anterior. También notamos la presencia o ausencia de rebrotes en los árboles talados.



Tallo de *Vochysia* sp

El análisis estadístico de la respuesta al raleo, en términos de cambios en las tasas de crecimiento de DAP, se hizo con el análisis de covarianza (ANCOVA). El análisis de covarianza combina el análisis de variación —el cual muestra si hay efectos significativos de diferentes tratamientos en un variable dependiente— con la regresión lineal —la cual muestra si hay una relación lineal significativa de la variable dependiente con una variable independiente cuantitativa, la cual se llama “covariable”.

Nuestra variable dependiente fue el Crecimiento de DAP entre 2001 y 2002 (es decir, después del raleo). El covariable fue el Crecimiento de DAP (promedio anual) entre 1999 y 2001, es decir, antes del raleo. Los tres factores de tratamiento fueron: el grupo de especie del árbol (M, P o V), el grupo de especie de los árboles raleados en la parcela en la cual el árbol se encuentra (M, P, V o Testigo), y el bloque.

Este análisis permite “corregir” las tasas de crecimiento des-

pués del raleo, con la tasa de crecimiento antes del raleo (el covariable). El uso de bloques permite eliminar alguna de la variabilidad causada por diferencias de suelo, humedad, etcétera, entre los bloques. Así, el uso del covariable y de los bloques hace más poderosas, estadísticamente, las pruebas de significancia de los efectos de los factores “Grupo de Especie” (del árbol) y “Grupo de Especie Raleado” (en la misma parcela).

Resultados

Trabajo de raleo

El tiempo de trabajo necesario para efectuar el raleo fue un total de 8 ½ horas (510 minutos) para 96 árboles, lo cual corresponde a 5.3 minutos por árbol. De este tiempo total, solo 16.2% fue el tiempo actual de corte, con la motosierra en marcha, y un 4.4% más el tiempo de preparación (limpiar lianas, etcétera). Así, casi 80% del tiempo total fue el tiempo utilizado en caminar de un árbol al otro, chequear números de placa, etcétera.

Las direcciones de caída de los árboles talados se muestran en el Cuadro 1. Aunque, en general, el motosierrista trató de hacer caer los árboles en la dirección en la cual harían el mínimo de daño, sin embargo, una proporción mayor cayó hacia el oeste, noroeste o suroeste (55%), que hacia el este, noreste o sureste (29%).

El daño inmediato como resultado de la actividad de raleo se muestra en el Cuadro 2. En más del 60% de los casos, el motosierrista logró talar el árbol sin hacer ningún daño a los árboles vecinos. El tipo de daño más frecuente fue la pérdida de ramas en la copa del árbol vecino. En total, 11 sub-parcelas de plántulas –el 27.5% de las presentes en las 10 parcelas donde se hicieron talas– fueron dañadas por la caída de árboles encima de ellas.

Efectos a un año después del raleo

Crecimiento

La primera etapa en el análisis estadístico del crecimiento después del raleo fue la verificación de que los datos satisfacen las asunciones del análisis de covarianza. Utilizando como variable dependiente el Crecimiento de DAP entre 2001 y 2002, encontramos que la asunción de igualdad de varianzas en las diferencias no es válido: según la prueba de Levene, hay una diferencia significativa entre las variaciones de los diferentes grupos ($F_{38,119} = 2.580$, $P < 0.001$). Por esta razón

Cuadro 1. Direcciones de caída (punto cardinal más cercano) de los árboles talados en la operación de raleo el 19 y 20 de febrero del 2001.

Dirección de Caída	Número de árboles	% de árboles
N	7	8%
n-e	9	10%
E	5	5%
s-e	12	13%
S	8	9%
s-o	28	31%
O	6	7%
n-o	16	18%
Sin notar	5	
Total	96	

Cuadro 2. Daño a árboles vecinos, como resultado inmediato de la operación de raleo el 19 y 20 de febrero 2001.

Tipo de daño:	Ninguno	Ramas en la copa	Inclinado	Doblado	Truncado
Frecuencia	56	26	3	4	2
%	60.2%	28.0%	3.2%	4.3%	2.2%

transformamos la variable dependiente y la covariable utilizando una transformación logarítmica: $Y = \ln(X+1)$. Así, la nueva variable dependiente fue $\ln[(\text{Crecimiento de DAP } 2001-2002) + 1]$. Repitiendo el análisis con la variable dependiente transformada encontramos que ahora la asunción de igualdad de varianzas fue válida, según la prueba de Levene ($F_{38,1167} = 1.241$, $P = 0.152$).

El resultado de la ANCOVA con las variables de crecimiento transformadas se muestra en el Cuadro 3. Se ve que hay un efecto altamente significativo ($P < .001$) de la covariable $\ln[(\text{Crecimiento Promedio de DAP } 1999-2001) + 1]$. Además, hay efectos significativos del Grupo Raleado ($P = .035$), del

Grupo de Spp. ($P = .001$), y de la interacción entre Bloque y Grupo Raleado ($P = .004$). La variable Bloque, y las otras interacciones, no tuvieron efectos significativos.

Cuadro 3. Análisis de Covarianza (ANCOVA) de la variable dependiente transformada: $\ln(\text{Crec}0201+1)$. Los efectos estadísticamente significativos tienen sus niveles de significancia en **negritas**.

Fuente	Suma de Cuadrados (Tipo III)	Grados de libertad	Cuadrado promedio	F	Significancia
Modelo Corregido	61.791	39	1.584	9.703	.000
Intercepto	11.684	1	11.684	71.554	.000
TRCR0199 (covariable transformada)	31.724	1	31.724	194.281	.000
BLOQUE	.869	3	.290	1.775	.150
GRPRALEO	1.405	3	.468	2.868	.035
GRUPOSPP	2.380	2	1.190	7.288	.001
BLOQUE * GRPRALEO	3.424	7	.489	2.995	.004
BLOQUE * GRUPOSPP	.723	6	.121	.738	.619
GRPRALEO * GRUPOSPP	1.259	6	.210	1.285	.261
BLOQUE * GRPRALEO * GRUPOSPP	1.440	11	.131	.801	.639
Error	190.394	1166	.163		
Total	580.600	1206			
Total Corregido	252.185	1205			

La figura 1 muestra estas diferencias entre grupos. Por un lado, comparando las tres líneas vemos que los árboles del grupo de *Vochysias* (línea superior) tienen el mayor ritmo de Crecimiento de DAP; mayor que la de los árboles de los grupos “maduro” y “pionero”. Por otro lado, comparando los cuatro puntos en el eje “x” (los cuales corresponden a los 4 grupos de spp. raleados: testigo, pioneros raleados, maduros raleados y *Vochysias* raleados), vemos que con un raleo de árboles del grupo maduro se aumentó la tasa de crecimiento de DAP, comparado con el testigo y también con los otros dos grupos. El raleo de árboles pioneros o de árboles de *Vochysia*, no tuvo ningún efecto sobre la tasa de crecimiento de DAP.

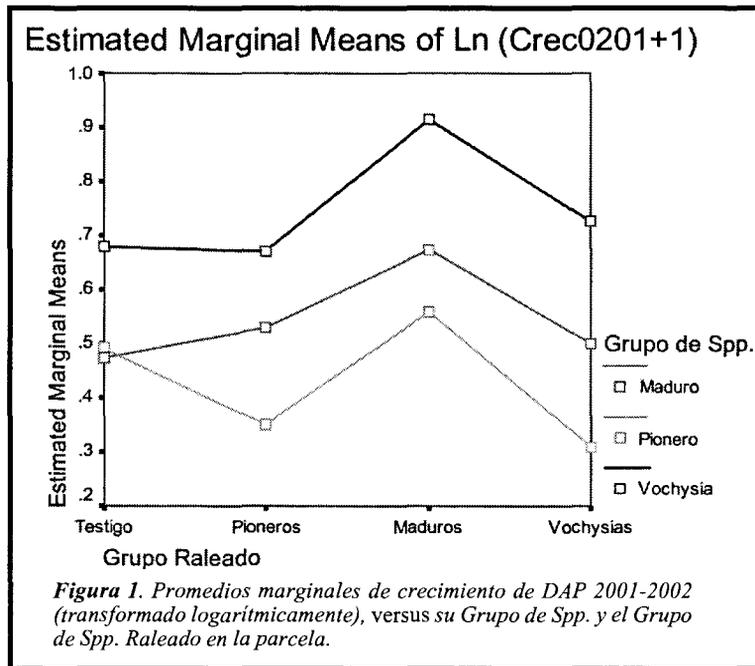
Mortalidad

También analizamos los efectos de las variables independientes (Grupo de Spp., Grupo de Spp. Raleado, Bloque, y el covariable Crecimiento de DAP 1999-2001) sobre las tasas de mortalidad de árboles entre 2001 y 2002. Solo una de estas variables tuvo un efecto significativo ($F_{1,1289} = 6.828$, $P = .009$): el covariable Crecimiento de DAP 1999-2001. Los 16 árboles que murieron entre 2001 y 2002 habían tenido un crecimiento de DAP entre 1999-2001 de 0.353 ± 0.140 cm/año, mientras que los 1,275 árboles que sobrevivieron habían tenido un crecimiento de DAP de 1.015 ± 0.028 cm/año (promedios \pm error estándar).

Discusión

Los resultados de la ANCOVA de crecimiento de DAP 2001-2002 muestran que el tratamiento de raleo ha tenido un efecto positivo, a pesar de que solo ha pasado un año después del raleo (Cuadro 3). Este efecto se muestra con el incremento de la tasa de crecimiento de DAP, cuando se ralean árboles vecinos del tipo “maduro”. Esta diferencia se muestra a pesar de que los árboles del grupo *Vochysia* están creciendo mucho más rápidamente que los árboles de los otros dos grupos (1.551 ± 0.225 cm/año para los *Vochysias*, versus 0.935 ± 0.054 cm/año para los Maduros y 0.705 ± 0.088 cm/año para los Pioneros; promedios anuales \pm error estándar). Es decir, los *Vochysias* siguen creciendo rápidamente, pero no compiten mucho con sus vecinos. En cambio, los Maduros tienen una tasa de crecimiento menor, pero sí compiten fuertemente con sus vecinos. Así, el ralearlos permiten que sus vecinos crezcan más rápidamente.

Una explicación posible de este fenómeno es que la forma de crecimiento de los *Vochysias* es muy vertical, mientras los Maduros tienden a crecer más en direcciones horizontales. Dicho de otra forma, los *Vochysias* tienen copas (y sistemas de raíces) bastantes delgadas, mientras que los Maduros tienen copas más anchas, de tal manera que así interfieren más con el crecimiento de sus vecinos.



La covariable –tasa de crecimiento en los dos años previos al tratamiento de raleo– mostró efectos significativos tanto en el crecimiento después del raleo, como en la tasa de sobrevivencia después del raleo. Estos dos tipos de efectos son ya bien conocidos y no tienen nada específico que hacer con el raleo; en muchos otros bosques también se ha encontrado que los árboles que están creciendo rápidamente durante un periodo siguen creciendo aceleradamente, y tienen menos probabilidad de morir en periodos posteriores.

Los datos de dirección de caída durante el tratamiento de raleo (Cuadros 1) muestran tendencias interesantes. A pesar de haber sido cortados con motosierra, los árboles siempre tienden a caerse más hacia el oeste que hacia el este. Hemos visto la misma tendencia con árboles de pino (*Pinus caribaea*) en las sabanas de Haulover y El Pinar. Probablemente se explica por el hecho de que los vientos predominantes en esta región –los vientos alisios– vienen desde el este, a lo largo de casi todo el año. Así, los árboles tienden a crecer más hacia el oeste, y eventualmente a caerse en esa dirección.

Los niveles de daño adicional (Cuadro 2) fueron bastante bajos. En más del 60% de los casos, el motosierrista logró tumbar al árbol sin hacer ningún daño a los árboles vecinos; y en el 28%, la mayor parte de los casos el daño fue nada más la pérdida de algunas ramas en la copa. Estas cifras se deben en parte al hecho que el bosque es secundario, de sólo trece años de edad, y por tanto tiene muchos árboles pequeños. Pero también es evidencia de la habilidad del motosierrista Ariel Mendoza.

Tomando en cuenta todos los resultados, el experimento muestra que el raleo de bosques secundarios puede tener efectos

bastante positivos, tanto desde el punto de vista económico como el ecológico. Los resultados muestran que:

- El raleo hace aumentar el crecimiento del bosque, y consecuentemente su producción de madera y su fijación de carbono, de forma significativa.
- Este aumento se produce rápidamente, en solo un año.
- El aumento se produjo con un porcentaje bajo de árboles raleados (solo el 10% del área basal).
- La respuesta es sobre todo el raleo de árboles del grupo Maduro, que son precisamente los árboles de mayor valor económico que los Pioneros y los Vochysias. Así, el raleo produce un beneficio económico a corto plazo.
- El daño a otros árboles fue mínimo, tanto inmediatamente (Cuadro 2) como a más largo plazo (ausencia de aumentos significativos en las tasas de mortalidad).

En resumen, los resultados iniciales del experimento de raleo de Sta. Elisa son bien halagadores con respecto al uso del raleo como técnica de manejo forestal en bosques húmedos tropicales.

Agradecimientos

Queremos agradecer, sobre todo a la familia Mendoza, el habernos permitido trabajar en sus tierras, así como su gentileza en alojarnos, ayudarnos en el campo, y cooperar en muchas otras maneras con nuestro proyecto. También agradecemos mucho el apoyo material y logístico de PROCODEFOR durante varios años. Muchas investigadores y estudiantes han participado en el establecimiento del experimento y en la toma de datos desde 1998, y apreciamos muchísimo su valiosa ayuda: Alfonso Castillo, César Herrera, Kerrie Kyde, Janna Owens, Jennifer Massagli, Kristen Nelson, Lyle Whitney, Sarah Calhoun, Kathleen Coseo, Ernesto Leymus, Maureen Foley, Tina Philip, Nora Bucke, Brent Blair, Ivette Perfecto, Jim Wilson, John Snitzer, Carol Shilling, Joyce Bailey, Carlos Cruz, Ricky Monroe, Marvin Merlo, Jackie Miller, Sarah Clark, Karla Sequeira, Carola Borja, Teresa Mendoza, Minor Robles, Wilbert Hernandez, Eddy Chacon, Aura Rodriguez, Alvaro Camacho, Gina Castellón, y Adrian Poffenberger.

También agradecemos fuertemente el apoyo que nos han dado las organizaciones participantes en el proyecto: PROCODEFOR, CIDCA-UCA, URACCAN, Hood College, Gettysburg College, la Universidad de Minnesota y la Fundación Nacional de Ciencias (NSF), a través de la beca de investigación #DEB-0135350.

Bibliografía consultada

Boucher, D.H. 1997. "Crecimiento del palo de mayo (*Vochysia ferruginea*) en el bosque huracanado de Nicaragua". *Wani* 21: 16-20

MERLO Caballero, M. y Monroe Forbes, R.. 2002. "Análisis de la composición y estructura horizontal de un bosque de trópico húmedo huracanado en la RAAS". *Wani* 31: 53-60



Suscríbese ahora

wani

4 números

C\$ 80.00

**Suscripción
Nacional**

US\$ 24.00

**Suscripción
Internacional**

En caso de giro, enviar a CIDCA,
Aptdo. postal A-189, Managua, Nicaragua
PBX: 278 8440, 278 3923-26 [ext. 201]
Telefax: 278 0404
E-mail: wani@ns.uca.edu.ni
cidca@ns.uca.edu.ni

