

Crecimiento de forrajes mejorados con potencial para sistemas de producción agropecuaria en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua¹

Arlen Payán²; Francisco Jiménez³;
Muhammad Ibrahim⁴;
Fernando Casanoves⁵

La subcuenca del río Jucuapa tiene una estación seca de seis meses; la parte media de la cuenca, donde se concentra la mayor actividad ganadera, recibe una precipitación promedio de 800 mm anuales y presenta los mayores índices de degradación de los suelos por efecto del sobrepastoreo. Los avances tecnológicos ofrecen novedosas especies de forrajes mejorados con potencial de adaptación a las condiciones climáticas de la subcuenca, como las pasturas *Brachiaria brizantha* × *Brachiaria ruziziensis* y *Brachiaria brizantha* y la leguminosa *Cratylia argentea*.



Foto: Arlen Payán.

¹ Basado en Basado en Payán, A. 2006. Evaluación participativa de forrajes mejorados para el manejo sostenible de los recursos naturales en la subcuenca del río Jucuapa Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 119 p.

² Mag. Sc. en Manejo Integrado de Cuencas, CATIE. apayan@catie.ac.cr

³ CATIE. Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. fjimenez@catie.ac.cr

⁴ CATIE. Grupo Ganadería y Manejo del Medio Ambiente. mibrahim@catie.ac.cr

⁵ CATIE. Unidad de Bioestadística. casanove@catie.ac.cr

Resumen

Se estudió el crecimiento de las pasturas mejoradas *Brachiaria brizantha* × *Brachiaria ruziziensis* y *Brachiaria brizantha* y la leguminosa *Cratylia argentea* bajo las condiciones agroecológicas de la parte media de la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua, y dos sistemas de siembra: directa y por trasplante. Como pastura de referencia se utilizó la especie nativa *Hyparrhenia rufa*. Las pasturas mejoradas establecidas por trasplante tuvieron una mejor cobertura del suelo y un mayor número de macollas, en comparación con la pastura nativa. Con cualquier sistema de siembra, los forrajes mejorados tuvieron mayores rendimientos de materia seca en comparación con los rendimientos de la pastura nativa. El crecimiento de *Cratylia argentea* no mostró diferencias significativas entre formas de establecimiento.

Palabras claves: Forrajes; *Brachiaria brizantha*; *Brachiaria ruziziensis*; *Cratylia argentea*; *Hyparrhenia rufa*; crecimiento; río Jucuapa; Nicaragua.

Summary

Improved pastures for cattle rising in the Jucuapa river subwatershed, Nicaragua.

The growth of *Brachiaria brizantha* × *Brachiaria ruziziensis* and *Brachiaria brizantha* pastures and of the leguminous *Cratylia argentea* was studied under the agro-ecological conditions prevailing in the central part of the Jucuapa river subwatershed, Nicaragua; two planting systems were evaluated: direct sowing and transplant. The native species *Hyparrhenia rufa* was used as reference. Improved pastures established by transplant showed a better soil cover and a bigger number of shoots than the native pasture. Dry matter yields of improved pastures were much better than those of the native species. *Cratylia argentea* did not show significant changes in growth, whether established directly or transplanted.

Keywords: Forage; *Brachiaria brizantha*; *Brachiaria ruziziensis*; *Cratylia argentea*; *Hyparrhenia rufa*; growth; Jucuapa river; Nicaragua.

Introducción

La degradación acelerada de los recursos naturales y del ambiente en las cuencas hidrográficas de América Central es una preocupación permanente que plantea el desafío de buscar alternativas de producción agrosilvopecuaria compatibles con las características biofísicas y socioeconómicas de la región. En el 2003, 12 millones de hectáreas (63%) del área agrícola de América Central estaban ocupadas por pasturas permanentes; la mayoría eran manejadas de manera convencional, utilizando fuego y bajos insumos (FAO 2006). Con el tiempo, la productividad de estas pasturas degradadas disminuye y aumenta la degradación ambiental (Andrade 2006). Esta situación es más crítica en zonas con periodos secos prolongados, donde la escasez

de forraje lleva al sobrepastoreo y, en consecuencia, a la degradación de los suelos y de su cobertura vegetal y a la alteración del ciclo hidrológico local.

La subcuenca del río Jucuapa en Nicaragua tiene una estación seca de seis meses; la parte media de la cuenca, donde se concentra la mayor actividad ganadera, recibe una precipitación promedio de 800 mm anuales y presenta los mayores índices de degradación de los suelos por efecto del sobrepastoreo (Morales 2003). La mayor parte de los productores ganaderos utilizan pasturas naturalizadas, principalmente jaragua (*Hyparrhenia rufa*), de baja productividad y en estado avanzado de degradación. Las especies arbóreas utilizadas con mayor frecuencia por los productores ganaderos son *Gliricidia sepium*,

Guazuma ulmifolia y *Erythrina* sp. (Morales 2003); en condiciones agroclimáticas similares, se ha encontrado que estas especies pierden sus hojas durante los meses más secos (febrero y marzo), que son críticos para el abastecimiento de forraje (Muñoz 2003).

Ante esta situación, es necesario realizar mejoras en los sistemas de producción; entre ellas, la búsqueda de tecnologías con enfoque de cuencas, tales como las pasturas mejoradas y suplementos nutritivos a base de especies leguminosas arbóreas con alto contenido de proteínas. Los avances tecnológicos ofrecen novedosas especies de forrajes mejorados con potencial de adaptación a las condiciones climáticas de la subcuenca, como las pasturas *Brachiaria brizantha* × *Brachiaria ruziziensis* y *Brachiaria brizantha* y la leguminosa

Cratylia argentea. La introducción de brachiaria en áreas estacionalmente secas ha mostrado que esta pastura tiene más tolerancia a la sequía y a la sombra que especies gramíneas naturalizadas como la jaragua, soportan cargas animales más altas y favorecen una mayor productividad animal (Lascano 1991, Pizarro et ál. 1998, Guenni et ál. 2002). Sin embargo, algunos autores (Fujisaka et ál. 2003, Xavier y Carvalho 1995) mencionan limitaciones en la introducción de estos forrajes, como el alto costo y la baja eficiencia del establecimiento.

El objetivo del estudio fue evaluar el crecimiento de los forrajes mejorados bajo dos sistemas de siembra, como alternativa para mantener una cobertura vegetal permanente, reducir la degradación de los recursos naturales de la subcuenca y contribuir al mejoramiento de la situación socioeconómica de los productores.

El sitio de estudio

El estudio se realizó en la subcuenca del río Jucuapa, departamento de Matagalpa, Nicaragua. Geográficamente, el área está comprendida entre las coordenadas 86°02'30" y 85°53'38" de longitud oeste y 12°50'06" y 12°53'35" de latitud norte. Es una subcuenca típica de montaña, con altitudes que varían entre 500 y 1400 msnm, pendientes entre 15 y 30%, temperatura media de 22°C a 26°C y precipitación media anual de 1164 mm, con seis meses de periodo seco. Sin embargo, en la parte media y baja de la subcuenca ocurren precipitaciones menores de 800 mm anuales (Morales 2003).

El tamaño promedio de las fincas está entre 0,7 y 3,5 ha (Baltodano 2005), la tenencia promedio de animales es de tres a cinco cabezas de ganado por familia. La estrategia principal de sobrevivencia está basada en la diversificación de cultivos, principalmente maíz, frijol y sorgo, con ganadería en pequeña escala.

Establecimiento de las parcelas experimentales y material biológico

Las parcelas experimentales se establecieron en la finca del señor Pedro Payán ubicada en parte media de la subcuenca del río Jucuapa, durante el 2005. El material biológico de las pasturas consistió en *B. ruziziensis* × *B. brizantha* y *B. brizantha* establecidas a través de dos sistemas de siembra: por trasplante y mediante siembra directa por semilla. Como forraje de referencia para comparar el crecimiento de estas pasturas se utilizó *H. rufa*, la cual solamente se puede establecer de manera práctica por semilla mediante siembra directa. En la misma finca se ubicaron las parcelas para evaluar el crecimiento de la leguminosa *C. argentea*, establecida también mediante los sistemas de siembra directa y por trasplante.

Medición del crecimiento de las pasturas en los dos sistemas de siembra

Para evaluar el crecimiento de las pasturas en los sistemas de siembra directa y por trasplante se utilizó un diseño de tres bloques generalizados con tres repeticiones por bloque y cinco tratamientos. Los tratamientos uno, dos y tres correspondieron a la siembra directa de *B. ruziziensis* × *B. brizantha*, *B. brizantha* y *H. rufa*, respectivamente y los tratamientos cuatro y cinco a la siembra por trasplante de *B. ruziziensis* × *B. brizantha* y *B. brizantha* respectivamente.

El modelo matemático para el análisis de la varianza fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + B_j + E_{ijk}$, donde: Y_{ijk} : es la respuesta de las diferentes variables a evaluar, μ es la media general, τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, \dots, 5$), B_j es el efecto del j -ésimo bloque ($j = 1, 2, 3$) y E_{ijk} es el error experimental independiente $\sim N(0, \sigma^2)$. El área de cada unidad experimental fue de 16 m² (4 m de ancho por 4 m de largo).

Con el fin de eliminar el efecto de la pendiente, el bloqueo se realizó en los tres niveles de pendiente existentes en el área: alto, medio y bajo. La distancia entre bloques fue de 1 m. El área total del experimento fue de 868 m² (62 m de largo y 14 m de ancho). Cada bloque midió 20 m de largo por 14 m ancho. La distancia de siembra en las parcelas fue de 25 cm entre hileras y 25 cm entre plantas; en los tratamientos con siembra directa se usaron tres semillas por golpe a una profundidad de 1 cm.

El crecimiento de las pasturas se midió con las siguientes variables: número de macollas y número de tallos por metro cuadrado, y cobertura del suelo por los pastos (se midió en tres puntos sobre la diagonal de la parcela utilizando un marco de 0,25 m²). Estas variables se midieron mensualmente desde el tercer mes después del trasplante y durante un periodo de cinco meses. La producción de biomasa aérea, expresada como materia seca, se midió como forraje verde y porcentaje de materia seca. Para realizar las mediciones de forraje verde se cortó 1 m² de pasto a 5 cm sobre el suelo, en el centro de cada unidad experimental. El forraje obtenido se pesó en una balanza y se registró la producción de forraje por tratamiento. El forraje fresco se picó con machete, luego, mediante el método de cuarteo se obtuvieron muestras de 300 g por tratamiento, las cuales se colocaron en bolsas previamente identificadas. Un total de 45 muestras se enviaron al laboratorio, donde se secaron al horno a una temperatura de 60°C hasta peso constante, luego se determinó el porcentaje de humedad y se calculó la producción de materia seca correspondiente a cada tratamiento.

La profundidad de raíces se midió con una cinta graduada en centímetros; el volumen radicular se calculó con el método de desplazamiento de Arquímedes (Jiménez 1986). Ambas variables fueron evaluadas en dos

plantas tomadas al azar en 1 m² de cada unidad experimental.

Una vez obtenidos los datos de las variables estudiadas en las pasturas se realizó un ANOVA para medidas repetidas en el tiempo, utilizando el programa estadístico InfoStat (2004). Las medias de las variables número de tallos, número de macollas y producción de materia seca fueron analizadas a través de contrastes ortogonales mediante el programa estadístico SAS (2001).

Medición del crecimiento de *Cratylia argentea* bajo los dos sistemas de siembra

Para evaluar el crecimiento de *C. argentea* se utilizó un diseño experimental de tres bloques generalizados, tres repeticiones y dos tratamientos (siembra directa y transplante). El modelo matemático para el análisis de la varianza fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + B_j + E_{ijk}$, donde: Y_{ijk} es la respuesta de las diferentes variables a evaluar, μ es la media general, τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento ($i=1,2$), B_j es el efecto del j -ésimo bloque ($j=1,2,3$) y E_{ijk} es el error experimental independiente $\sim N(0, \sigma^2)$.

El área de cada unidad experimental fue de 16 m² (4 m de ancho por 4 m de largo). Con el fin de eliminar el efecto de la pendiente, el bloqueo se realizó en los tres niveles de pendiente existentes en el área: alto, medio y bajo. Cada bloque midió 14 m de largo por 8 m ancho. La distancia entre bloques fue de 1 m. Cada uno de los bloques tuvo tres repeticiones; los tratamientos se distribuyeron de manera aleatoria en cada repetición. La distancia entre repeticiones fue de 1 m entre calles. El área total del experimento fue de 364 m² (26 m de largo y 14 m de ancho).

Las distancias de siembra en el sitio de siembra definitivo fueron de 50 cm entre hileras y 50 cm entre plantas; para la siembra directa se usaron dos semillas por golpe a una profundidad 1 cm (Argel et ál. 2002). Para el tratamiento de transplante se

preparó un almácigo en 500 bolsas de 15 cm de diámetro por 20 cm de alto. La profundidad de siembra en la bolsa fue de 1 cm. Un mes después de establecido el almácigo se procedió al transplante de dos plantas por sitio, con el objetivo de lograr las mismas condiciones de densidad de plantas en cada tratamiento.

Desde el mismo día del transplante y durante un periodo de nueve meses, en cada tratamiento se midieron 15 plantas previamente enumeradas del centro de cada unidad experimental, con el fin de evaluar el crecimiento por medio de las variables altura de planta, número de ramas por planta y diámetro del tallo. La variable altura de planta se midió mensualmente con cinta métrica. El número de ramas se contó a partir del quinto mes después de la siembra directa. El diámetro del tallo se midió con un vernier graduado en milímetros, a una altura de 10 cm sobre el suelo.

Durante el periodo seco y en el octavo mes después de haberse realizado la siembra directa de la leguminosa se midieron las variables producción de biomasa y profundidad de raíces. La producción de biomasa aérea, expresada como materia seca, se midió como forraje verde y porcentaje de materia seca. Para realizar las mediciones de forraje verde se cortó el follaje palatable para el ganado bovino (tallos tiernos y hojas) de las 15 plantas medidas; el forraje obtenido se pesó en una balanza y se registró la producción de forraje por tratamiento. El forraje fresco se picó con machete, luego mediante el método de cuarteo se obtuvieron muestras de 300 g por tratamiento, las cuales se colocaron en bolsas previamente identificadas. El total de 18 muestras se enviaron al laboratorio, donde se secaron al horno a una temperatura de 60°C hasta peso constante, luego se determinó el porcentaje de humedad y se calculó la producción de materia seca correspondiente a cada tratamiento.

La profundidad de raíces se midió con cinta graduada en dos plantas preseleccionadas de cada unidad experimental; los datos obtenidos se registraron en una hoja de campo previamente diseñada. A los datos de las variables estudiadas en *C. argentea* se les aplicó un ANOVA para medidas repetidas en el tiempo, utilizando el programa estadístico InfoStat (2004).

Resultados y discusión

Medición del crecimiento de pasturas bajo dos sistemas de siembra

Número de macollas y número de tallos.- Se encontraron diferencias entre tratamientos para el número de macollas ($p < 0.0001$). Con base en el análisis de contrastes ortogonales, se obtuvo que el número de macollas de las pasturas mejoradas sembradas por transplante fue estadísticamente diferente ($p < 0.0001$) y mayor que la siembra directa, tanto de estas especies como de *H. rufa* (Fig. 1). Estos resultados sugieren que el sistema de siembra por transplante podría ser un criterio importante para lograr una mayor cobertura del suelo, lo cual podría reducir la escorrentía superficial y favorecer la infiltración del agua (Ríos 2005).

En cuanto al número de tallos, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas entre las especies de pasturas evaluadas ($p < 0.0004$). Mediante contrastes ortogonales se observó una mayor cantidad de tallos en las pasturas mejoradas establecidas a través del sistema de siembra directa con respecto al transplante ($p < 0.0352$) (Fig. 2). Este comportamiento se debe, posiblemente, a que con la siembra directa se formaron menos macollas, lo que permitió entonces que las plantas tuvieran más espacio y menor competencia, favoreciendo así la formación de un mayor número de tallos.

Con el tiempo, todas las especies de pastos mostraron un incremento en la cantidad de tallos, aunque se observó una disminución del material foliar vivo y un aumento del material muerto. Resultados similares obtuvieron Alvarado et ál. (1990) para la pastura *B. decumbens*. El incremento del material foliar muerto que se da en las pasturas a medida que se van haciendo viejas podría reducirse mediante desfoliación liviana, seguida de periodos adecuados de recuperación que favorezcan la formación de rebrotes y, en consecuencia, una mayor formación de nuevas hojas en las pasturas (Rodríguez y Avilés 1997).

Cobertura del suelo por las pasturas.- El porcentaje de cobertura del suelo por las pasturas, evaluada 148 días después de su establecimiento, mostró diferencias significativas ($p = 0,0005$) entre los sistemas de siembra utilizados. La mejor cobertura se obtuvo con el sistema de siembra por transplante de pasturas mejoradas (*B. brizantha* × *B. ruziziensis* y *B. brizantha*) en comparación con el sistema de siembra directa, tanto de las pasturas mejoradas como de la naturalizada (*H. rufa*). Esto se debió, posiblemente, al mayor número de macollas que desarrollaron las pasturas mejoradas bajo el sistema de siembra por transplante. Las pasturas mejoradas mostraron un porcentaje mayor de cobertura que la pastura nativa bajo cualquiera de los sistemas de siembra (Fig. 3). Este comportamiento se mantuvo después de aplicarse un corte de homogenización a los 136 días después de establecidas las parcelas experimentales. La cobertura del suelo por las pasturas después del corte de homogenización mostró un crecimiento exponencial con ambos sistemas de siembra; la mayor cobertura se dio a los 243 días después de su establecimiento (Fig. 3). Las pasturas mejoradas establecidas por transplante ofrecen la mayor

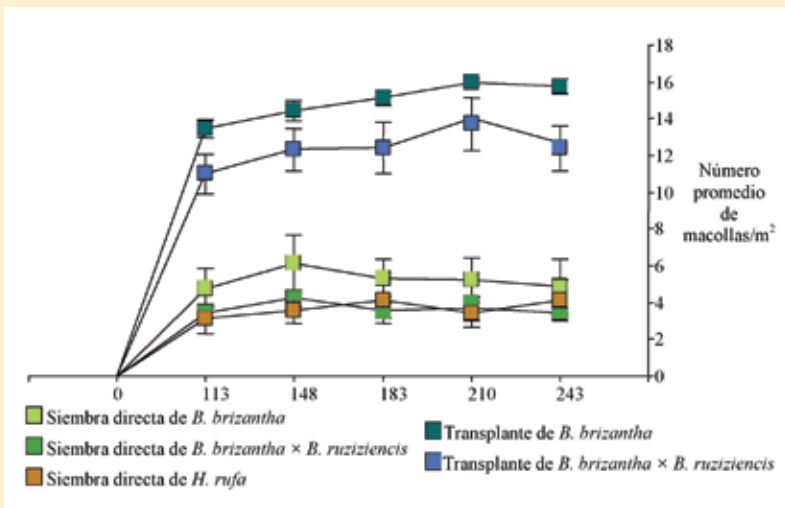


Figura 1. Número de macollas/m² (medias ± EE) de diferentes pasturas evaluadas en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

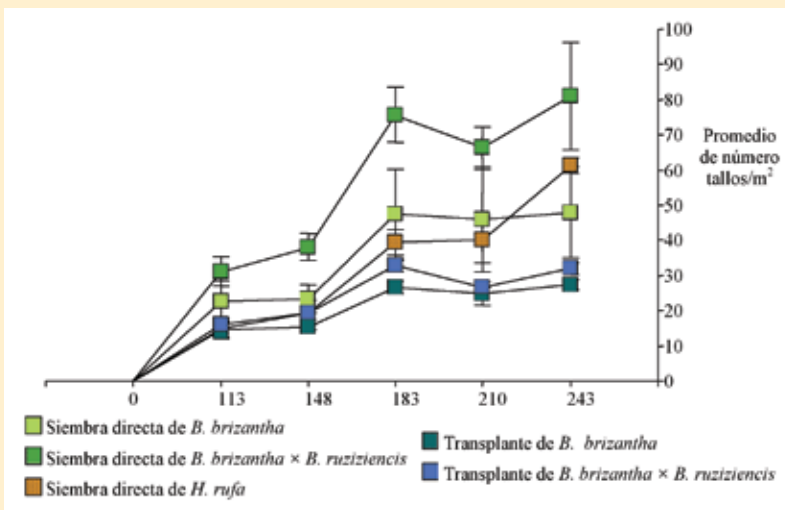


Figura 2. Número de tallos/m² (medias ± EE) de diferentes pasturas evaluadas en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

cobertura del suelo; esto, acompañado con un ajuste de la carga animal, brinda una mejor protección al suelo al inicio de la época de lluvias, con lo que disminuye la escorrentía y se favorece la infiltración (Ríos 2005).

Sanabria et ál. (1992), en un estudio realizado en los Llanos Orientales y sur de Colombia, obtuvieron un 65% de cobertura del suelo por *B. brizantha*; este dato es similar al 64% de cobertura encontrado en

el presente estudio con esa misma pastura establecida por transplante. Los resultados son similares porque en ambos sitios predominan suelos de baja fertilidad natural y periodos de sequía de hasta seis meses.

Producción de biomasa.- La producción de materia seca difirió entre tratamientos ($p = 0.0556$). El análisis de contrates ortogonales mostró una mayor producción de materia seca a los 243 días de establecido

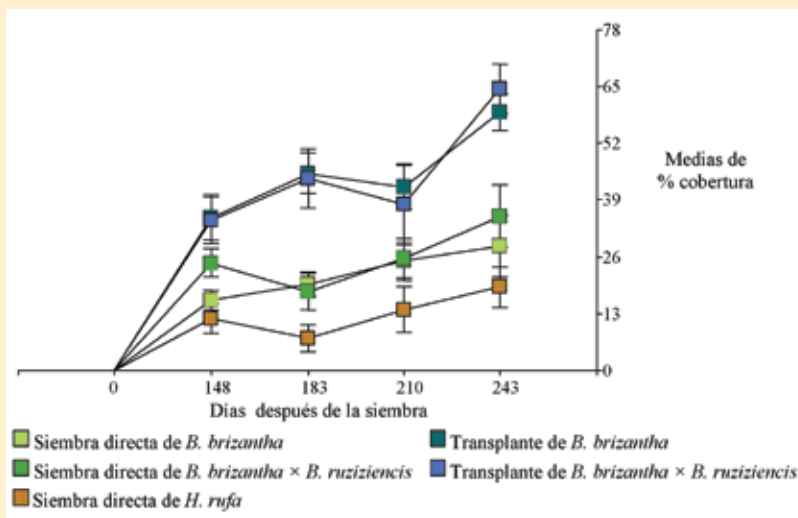


Figura 3. Porcentaje de cobertura del suelo (medias ± EE) por las diferentes pasturas, en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

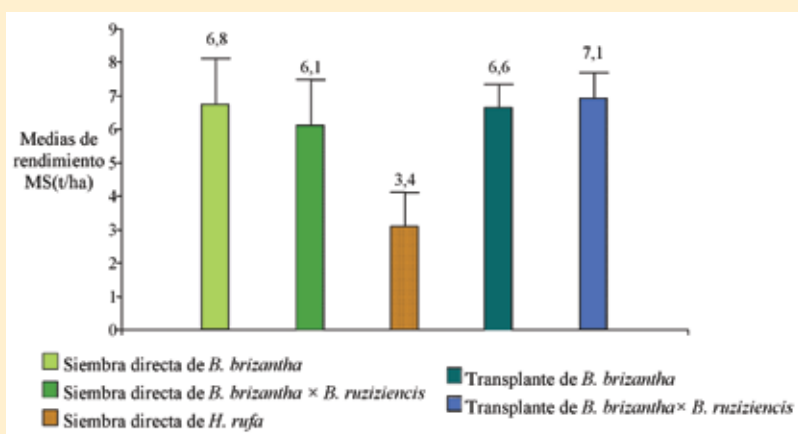


Figura 4. Producción de materia seca (medias ± EE) de pasturas en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

el ensayo y 136 días después del corte de uniformización en las pasturas establecidas por transplante ($p = 0,0387$). Asimismo, los análisis mostraron que las pasturas mejoradas establecidas por siembra directa tuvieron mejores rendimientos que el pasto nativo también establecido por siembra directa ($p = 0,0117$) (Fig. 4). La mayor producción de materia seca en las pasturas mejoradas bajo ambos sistemas de siembra se debe posiblemente al mayor potencial genético de producción del pasto mejorado, lo cual se evidencia

en el mayor número de macollas y tallos por macolla. El incremento de la producción de materia seca –especialmente de pasturas mejoradas establecidas por transplante - podría ayudar a los productores ganaderos de la subcuenca a liberar áreas de pasturas degradadas, frágiles o de recarga de agua, las cuales podrían ser sometidas a reforestación.

Otro resultado importante fue que las pasturas mejoradas mantuvieron su producción de forraje durante la época seca, pero la pastura naturalizada disminuyó su

producción. Este resultado podría ser muy favorable para aquellos productores ganaderos que han establecido forrajes mejorados en sus fincas, debido a que este cambio les permitirá mantener la producción de leche durante las épocas críticas.

Profundidad de raíces y volumen radicular.- Las medias de profundidad de raíces de *B. brizantha* × *B. ruziziensis* y *B. brizantha* establecidas por transplante correspondieron a 32 y 28 cm, respectivamente, y 31 y 30 cm cuando se establecieron por siembra directa. *H. rufa* alcanzó 25 cm, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,1809$), debido posiblemente a la gran variabilidad de los datos.

En ambos sistemas de siembra, *B. brizantha* × *B. ruziziensis* alcanzó mayor profundidad de raíces seguida por *B. brizantha*, lo que hace suponer que estas especies están mejor adaptadas para resistir las condiciones de estrés hídrico ya que utilizan un mayor volumen del suelo o, al menos, capas más profundas del mismo de donde extraen el agua. Schaller (2001) en Costa Rica encontró, a diferentes profundidades de suelo, un denso sistema radicular de *B. brizantha*; a una profundidad de 20 cm contó hasta 100 raíces por 100 cm².

Las medias de volumen radicular desplazado por las pasturas mejoradas establecidas por siembra directa correspondieron a 261 y 233 ml de agua para *B. brizantha* × *B. ruziziensis* y *B. brizantha*, respectivamente (Fig. 5). Estos valores difieren de la media de volumen de agua desplazado por las raíces de *H. rufa* (62 ml). El comportamiento de las pasturas mejoradas posiblemente se debe a que son plantas vigorosas que producen raíces en los entrenudos y cuyo crecimiento es estolonífero y decumbente, a diferencia de la especie naturalizada que se caracteriza por un crecimiento erecto.

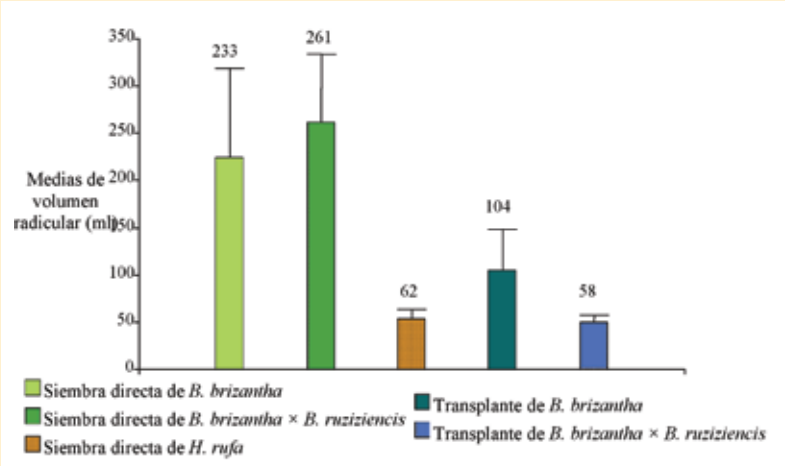


Figura 5. Volumen radicular (medias ± EE) de pasturas en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

Cuadro 1.

Comportamiento de variables de crecimiento de *Cratylia argentea* (medias ± EE) en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

Variable	Sistema de siembra	
	Siembra directa	Siembra por transplante
Diámetro de tallo (mm)		
187 días	0,77±0,07a	0,70±0,05 ^a
219 días	0,93±0,08a	0,84±0,06 ^a
Número de ramas		
187 días	1,39±0,06a	1,41±0,04a
219 días	2,59±0,30a	2,43±0,21a
Profundidad de raíces (cm)	58,4±3,62a	54,2±4,39a
Producción biomasa (kg MS/ha)	1894± 435a	1350±274a

número de días después de realizada la siembra en sitio definitivo. Letras iguales en la misma fila indican que no hubo diferencias significativas ($P < 0,05$).

El promedio de volumen de agua desplazado por *B. brizantha* × *B. ruziencis* establecida por transplante difiere estadísticamente ($p = 0,0380$) del volumen de agua desplazado por la misma pastura establecida por siembra directa y por el resto de los tratamientos (Fig. 5). Esto evidencia el efecto del sistema de siembra sobre el crecimiento radicular, ya que ese tratamiento presentó el menor número de macollas por área, lo que permitió que las plantas tuvieran más espacio y menor competencia para

desarrollar un sistema radicular más voluminoso.

Medición del crecimiento de *Cratylia argentea* bajo dos sistemas de siembra

Altura de las plantas.- Es importante destacar el buen crecimiento de *C. argentea* con ambos sistemas de siembra a los 187 y 219 días después de haberse establecido; ese periodo corresponde a los meses de enero y febrero, que en la zona son considerados como meses de sequía (Morales 2003). Se evidencia, enton-

ces, la resistencia de la especie a las condiciones climáticas desfavorables de la subcuenca del río Jucuapa, en términos de déficit hídrico.

En general, el crecimiento de las plantas fue mayor con el sistema de siembra directa; la diferencia con respecto a la siembra por transplante aumentó con la edad de las plantas (Fig. 6). Sin embargo, debido posiblemente a la gran variabilidad de los datos (principalmente a partir del quinto mes después de la siembra), las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,0621$). El crecimiento en altura, con ambos sistemas de siembra, se ajustó a un modelo logarítmico ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,99$). Los modelos fueron $Y = 9,19e^{0,0123X}$ para siembra directa y $Y = 10,82e^{0,0105X}$ para siembra por transplante; donde, Y representa la altura de la planta y X los días desde la siembra.

Número de ramas, diámetro del tallo, profundidad de raíces y producción de biomasa.- El análisis de varianza para las variables número de ramas, diámetro del tallo, profundidad de raíces y producción de biomasa no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,2377$, $p = 0,6933$, $p = 0,4973$ y $p = 0,2603$, respectivamente) (Cuadro 1). Posiblemente la semejanza de estos resultados se deba a que las parcelas tenían condiciones similares de humedad a diferentes profundidades. La producción de biomasa promedio en este estudio fue de 100 g MS por planta, similar a los reportados por Argel et ál. (2001) en Atenas Costa Rica, una zona con condiciones pluviométricas similares (seis meses de periodo seco) a las del presente estudio.

Conclusiones

- Las pasturas mejoradas establecidas a través del sistema de siembra por transplante brindan mejor cobertura al suelo durante todo el año en la subcuenca del río Jucuapa. Este factor podría

ayudar a disminuir la escorrentía y favorecer la infiltración del agua en áreas de la subcuenca que están siendo ocupadas por este tipo de coberturas.

- El crecimiento y el mantenimiento del follaje de *C. argentea* en los dos sistemas de siembra durante la época seca, sugieren la resistencia de esta leguminosa a las condiciones climáticas desfavorables de la subcuenca del río Jucuapa. *C. argentea* mostró en ambos sistemas de siembra (directo y por transplante) un crecimiento lento en los primeros tres meses y luego experimentó un crecimiento exponencial.

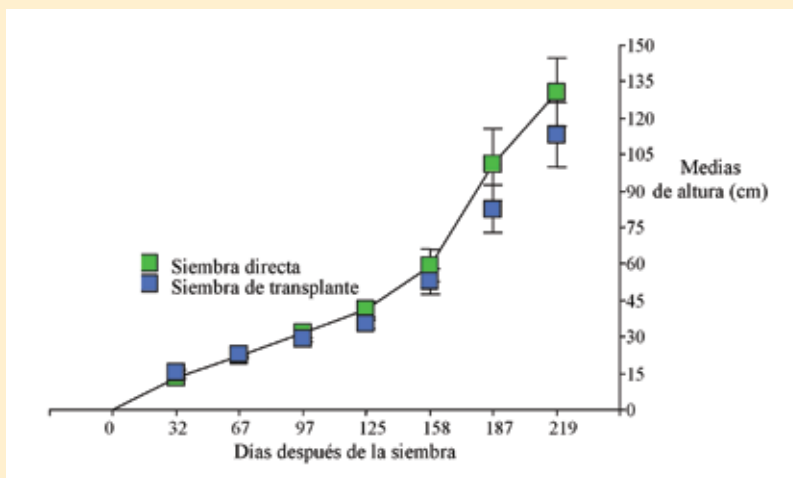


Figura 6. Crecimiento acumulado de *Cratylia argentea* (medias \pm EE) en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

Literatura citada

- Alvarado, A; Arriojas, L; Chacón, E; Rodríguez, S; Chacín, F. 1990. Estudios sobre henificación de pasto barrera (*Brachiaria decumbens* Staff) en condiciones de sabanas del piedemonte Barines; producción y valor nutritivo de la materia seca. *Zootecnia tropical* 8(1-2):17-36.
- Andrade, H. 2006. Growth and water competition in silvopastoral systems with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Ph.D. Thesis. Turrialba, CR / Gwynedd, UK, CATIE-University of Wales. 249 p.
- Argel, P; González, J; Lobo, M, Acuna, V; Jiménez, C. 2001. Cultivar Veraniega (*Cratylia argentea* (Desv. O Kuntze): una leguminosa arbustiva para la ganadería de América Latina Tropical. San José, CR, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín técnico. 26 p.
- _____; Giraldo, G; Peters, M; Lascano, C. 2002. Producción artesanal de semilla de cratylia (*Cratylia argentea*) accesiones CIAT 18516 y 18668. Cali, CO, CIAT. 16 p.
- Baltodano, MA. 2005. Valoración económica del servicio ambiental hídrico en las subcuencas de los ríos Jucuapa y Cálculo, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 123 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. Statistical Database (en línea). Consultado 20-10-2006. Disponible <http://faostat.fao.org/site/418/default.aspx>.
- Fujisaka, F; Peters, M; Schmidt, A; White, D; Burgos, C; Ordoñez, J; Mena, M; Posas, M; Cruz, H; Davis, C; Hincapié, B. 2003. Estrategias para minimizar la escasez de forrajes en zonas con sequías prolongadas en Honduras y Nicaragua. *Pasturas Tropicales* 27(2):73-92.
- Guenni, O; Marin, D; Baruch, Z. 2002. Responses to drought of five *Brachiaria* species: Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant and Soil* 243:229-241.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004: manual del usuario. Córdoba, AR, Universidad Nacional.
- Jiménez, F. 1986. Relación entre el volumen radical y la absorción de agua por el frijol cultivado en solución nutritiva. In Colegio de Ingenieros Agrónomos y Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas. VII Congreso Agronómico Nacional y XXXIII Congreso de Horticultura. Resúmenes. San José, CR. 1: 153-154.
- Lascano, C. 1991. Managing the grazing resource for animal production in savannas of tropical America. *Tropical Grasslands* 25:66-72.
- Morales, J. 2003. Metodología de planificación ambiental participativa para formular el Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) de la subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 221 p.
- Muñoz, D. 2003. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):61-68.
- Pizarro, E; do Valle, C; Keller-Grein, G; Schultze-Kraft, R; Zimmer, A. 1998. Experiencia regional con *Brachiaria*: Región de América Tropical - Sabanas. In Miles, JW; Maass, BL; do Valle, CB. (Eds.). *Brachiaria*: biología, agronomía y mejoramiento. Cali, CO, CIAT, EMBRAPA/CNPQC. p. 247-269.
- Ríos, J. 2005. Comportamiento hidrológico de sistemas de producción ganadera convencional y silvopastoral en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del río Jabonal, cuenca del río Barranca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 116 p.
- Rodríguez, J; Avilés, L. 1997. Pastoreo intensivo y tradicional: su influencia sobre el sistema suelo-planta- animal en el sureste de México. *Producción animal* 5(1):72-75.
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT release 8.2. SAS Inst., Cary, NC.
- Sanabria, D; Farinas, J; Manrique, U; Flores, Z; Reina, Y. 1992. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras en un paisaje de Mesa del estado de Bolívar, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 13(3):63-67.
- Schaller, M. 2001. Quantification and management of root interactions between fast-growing timber tree species and coffee in plantations in Central America. Ph.D. Thesis. Turrialba, CR, CATIE. 112 p.
- Xavier, D; Carvalho, M. 1995. Avaliação agronomica de *Cratylia argentea* na Zona de Mata de Minas Gerais. In Pizarro, E; Coradin, L. (Eds.). Potencial del género cratylia como leguminosa forrajera. Brasília, BR. 117 p.