ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/365201621

# Crecimiento y desarrollo inicial de arbóreas nativas en un arreglo silvopastoril en La Guajira, Colombia

**Article** *in* Livestock Research for Rural Development · November 2022

CITATIONS
0

READS
127

**6 authors**, including:

Darwin Fabian Lombo
**20** PUBLICATIONS **4** CITATIONS
SEE PROFILE

Jaime Andres Arias Rojas
Agrosavia
**8** PUBLICATIONS **2** CITATIONS
SEE PROFILE

Milton Rivera Rojas
Agrosavia
**12** PUBLICATIONS **32** CITATIONS
SEE PROFILE

Adelina Rosa Caballero López
Agrosavia
**9** PUBLICATIONS **3** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Adelina Rosa Caballero López on 08 November 2022.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

# Crecimiento y desarrollo inicial de arbóreas nativas en un arreglo silvopastoril en La Guajira, Colombia

**Darwin Fabian Lombo Ortiz, Jaime Andrés Arias Rojas[1], Milton Rivera Rojas, Adelina Rosa Caballero Lopez, Clara Viviana Rúa Bustamante y Cristian Camilo Hernandez Martinez**

*Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia, C.I Motilonia, Km. 5 vía Becerril, vereda el paraíso, Agustín Codazzi, Colombia*
*dlombo@agrosavia.co*

*[1] Bosques, Suelos y Aguas (BSA), Centro de Propagación de Especies Forestales Tropicales (CPEFT), km 5 via Restrepo, Vereda vanguardia, Villavicencio, Colombia*

## Resumen

Se evaluó el crecimiento y desarrollo de cuatro especies arbóreas nativas en su etapa inicial de desarrollo establecidas en un arreglo silvopastoril para ramoneo de ovinos y caprinos en territorio de una comunidad indígena Wayuu ubicada en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural de Macuira en la Guajira-Colombia. Se establecieron 3594 plántulas de cuatros especies diferentes en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, para la evaluación de crecimiento se tomaron diez unidades experimentales por bloque. Se estimaron parámetros de crecimiento e índices de mortalidad y supervivencia. Se estimó un nivel de supervivencia para *Guazuma ulmifolia* y *Pithecellobium dulce* de 39% y 48 % respectivamente. Mientras, *Caesalpinia coriaria* y*Cordia alba* registraron los mayores valores con 86 y 75%. *C. alba* mostro los índices de desarrollo más importantes respecto al conjunto de las especies con una altura de 39.75 $\pm$ 11.90 cm y diámetro a la base del tallo de 9.81 $\pm$ 3.68 mm. En cuanto al crecimiento periódico mensual en altura existe decrecimiento en altura para *P dulce*, esto responde a la muerte de la parte apical de algunos individuos debido a herviboría en el sitio de estudio. Igualmente se aprecia una tasa de mortalidad mensual considerablemente alta para las especies *G. ulmifolia* y *P. dulce* de 20.48 y 12.28 % respecto al conjunto de las especies, situación que reduce su vida media en 5.5 y 7.5 meses de persistir las condiciones actuales de manejo. Finalmente, las especies *C. coriaria* y *C. alba* presentan una mejor adaptación en su etapa inicial de desarrollo a las condiciones bióticas y abióticas de la zona en estudio y manejo actual del sistema silvopastoril.

***Palabras claves:*** *alimentación animal, herbivoría, mortalidad, sistema silvopastoril, supervivencia*

# Growth and initial development of native trees in a silvopastoral arrangement in La Guajira, Colombia

## Abstract

The growth and development and adaptation of four native tree species in their initial stage of development established in a silvopastoral arrangement for browsing sheep and goats in the territory of a Wayuu indigenous community located in buffer zone with the Macuira National Natural Park was evaluated in Guajira-Colombia. The 3594 seedlings of four different species were produced in a randomized complete block design with four replications, for growth evaluation ten experimental units per block were taken. Growth parameters and mortality and survival rates were estimated. A survival level for *Guazuma ulmifolia* and *Pithecellobium dulce* was estimated at 39% and 48%, respectively. Meanwhile, *Caesalpinia coriaria* and *Cordia alba* recorded the highest values with 86 and 75%. *C. alba* shows the most important development indices with respect to the group of species with a height of 39.75 + 11.90 cm and a diameter at the base of the stem of 9.81 + 3.68 mm. Regarding the monthly periodic growth in height, there is a decrease in height for *P dulce*, this responds to the death of the apical part of some individuals due to herbivory at the study site. Likewise, a monthly mortality rate with high difficulty is observed for the species *G. ulmifolia* and *P. dulce* of 20.48 and 12.28% with respect to the group of species, a situation that reduces their average life by 5.5 and 7.5 months if the current conditions persist driving. Finally, the species *C. coriaria* and *C. alba* present a better adaptation in their initial stage of development to the biotic and abiotic conditions of the area under study and current management of the silvopastoral system.

***Keywords:*** *animal feeding, herbivory, mortality, silvopastoral system, survival*

## Introducción

El bosque seco tropical (BsT) en la región caribe representa una de las zonas de vida más importante con una superficie de 266.2 mil hectáreas equivalentes al 39.2% del territorio nacional (Phillips et al 2011). Este ecosistema se caracteriza por ubicarse a una elevación menor a 800 m.s.n.m, temperaturas superiores a los 24ºC y precipitaciones entre los 500 y 2000 mm anuales (Holdridge 1967; Phillips et al 2011) con tres o más meses secos en el año (Sánchez et al 2005) y presenta una importante diversidad biológica, endemismo, formas de vida y diversos grupos funcionales (Linares-Palomino et al 2011), recursos imprescindibles para los medios de vida de comunidades locales (Lhumeau y Cordero 2012).

De acuerdo con Ulloa-Delgado (2016) en Colombia más del 98% de la cobertura prístina de los bosques secos a subhúmedos ha desaparecido producto de la degradación y la transformación de las formaciones boscosas, generada por la ganadería extensiva y bajo nivel tecnológico, quedando algunos enclaves aislados en medio de formaciones de los mismos tipos de bosque, pero en estado secundario. Se estima que sólo el 5% de los bosques secos en Colombia están incluidos en áreas protegidas (Pizano y García 2014), todos ellos ubicados en la ecorregión del Caribe, donde se encuentran los relictos de bosque en mejor estado de conservación (Arango et al 2003).

Entre las actividades ganaderas de mayor importancia en la región caribe se destaca la ganadería caprina y ovina, la cual se desarrolla en su mayoría en condiciones de bosque seco tropical. De acuerdo con el censo ganadero en Colombia, la población total de ovinos y caprinos en la región caribe (departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Magdalena, La Guajira y Sucre) se estima en 1339480 y 1018590 respectivamente. La cual, se concentra principalmente en el departamento de La Guajira y con una población de caprinos del 89.75 % y ovinos del 58.90% del total de la región caribe (ICA 2022).

En el departamento de La Guajira la actividad ovina y caprina es importante para la población indígena Wayúu. De acuerdo con Fuenmayor et al (2004) la producción de ovinos y caprinos para los Wayúu representa un modo de subsistencia, pero sobre todo un elemento cultural arraigado, que ha pasado de generación en generación y marca la cotidianidad de la familia, que organiza su vida en torno a este tipo de producción donde participa toda la familia. Sin embargo, esta actividad se desarrolla generalmente de manera extensiva en su territorio (Espinosa et al 2020). De acuerdo la FAO (2020) la ganadería extensiva puede conducir al sobrepastoreo, provocando la degradación del suelo, pérdida de productividad y reducción de la biodiversidad.

En este sentido, la implementación de sistemas de producción en ganadería intensiva mediante el uso de sistemas silvopastoriles (SSP) puede contribuir a la reducción del impacto de la ganadería extensiva sobre los recursos naturales (FAO 2020). Los SSP presentan una opción para revertir los procesos de degradación, contribuyen a la conservación de la biodiversidad, el incremento de la producción, disponibilidad y calidad de forraje, y generación de servicios ecosistémicos (Kabir y Webb 2009; Nair et al 2009; Alonso 2011; Chará-Serna y Chará 2020).

No obstante, el éxito en el desarrollo de los sistemas silvopastoriles deriva en gran medida del crecimiento y supervivencia de las especies arbóreas y arbustivas establecidas para garantizar su sostenibilidad. De acuerdo con Trigueros et al (2014) y Aguirre et al (2019) una manera de obtener información acerca de la supervivencia, mortalidad y desarrollo de los árboles en acciones de restauración y plantaciones forestales, se realiza mediante el monitoreo continuo en sitios permanentes que permite identificar patrones de la sucesión de especies, estado de salud y desarrollo; además, su análisis contribuye a determinar el balance entre el crecimiento y estándares ambientales aceptables (Hernández 2007).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar indicadores de supervivencia, mortalidad y crecimiento (altura y diámetro) inicial de especies arbóreas nativas con potencial forrajero para alimentación de ovinos y caprinos establecidas en un arreglo silvopastoril en la comunidad indígena Wayuu Jalein, ubicada en la zona de amortiguamiento en el Parque Nacional Natural de Macuira en la Guajira-Colombia.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en la comunidad Wayúu de Jalein, zona de traslape del PNN de Macuira, municipio de Uribia, departamento de La Guajira, sobre las coordenadas geográficas 12°08' N y 71°23'W a una elevación 135 m.s.n.m. En la zona en estudio se presenta una precipitación anual de 365.60 mm, que se concentra principalmente en los meses de agosto y diciembre con un acumulado de 326.9 mm, temperatura media anual de 29 ºC, con un máximo de 34.60 ºC y un minino de 24.10 ºC (Figura 1), humedad relativa de 68% y alta radiación solar por encima de los 799.46 W/m$^2$ al medio día (IDEAM 2020). En el área de estudio y sus inmediaciones convergen las zonas de vida de Bosque Seco Subtropical y Bosque Espinoso Subtropical, caracterizadas por presentar temperaturas promedio anual superiores a los 26 ºC, precipitaciones entre 300 y 1000 mm al año y predominio de vegetación leguminosa xerofítica (Holdridge 1967).

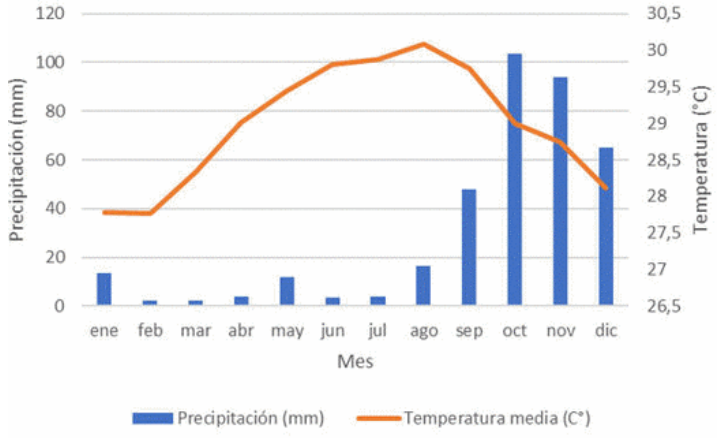


**Figura 1.** Promedio histórico de temperatura y precipitaciones anuales registrados entre 1981 – 2010 en zonas de piedemonte de la Serranía de la Macuira, municipio de Uribia, departamento de La Guajira.
*Fuente: IDEAM Promedios Climatológicos (1981 – 2010).*

Los suelos de la Alta Guajira, Colombia, son considerados suelos heterogéneos y de composición química variada, con moderada a alta salinidad, baja humedad, alta erosión, presencia de arenas, pH básico y escasa materia orgánica; influenciados en su formación principalmente por el clima (baja precipitación, altas temperaturas, alta evapotranspiración y vientos fuertes) y el material parental (Moreno 2020). Se resalta la basicidad de los suelos de esta región como un elemento que podría afectar el desarrollo de las plantas para el caso de la agricultura (Villalobos et al 2007). Previo al establecimiento del arreglo silvopastoril se realizó en el laboratorio de suelos de AGROSAVIA el análisis químico de los suelos del área de estudio, encontrando valores bajos de Materia orgánica (0.67 g/100 g), Hierro, Manganeso, Zinc y Cobre. El Fósforo disponible, Calcio y Potasio intercambiable presentaron concentraciones altas con 54.68 mg/kg, 16.2 cmol+/kg y 0.67 cmol+/kg, respectivamente. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se encontró con valor medio de 10.60 cmol+/kg.

### Selección de las especies forrajeras

El uso de arbóreas para la alimentación animal ha sido ampliamente documento. De esta forma, especies arbóreas como *Guazuma ulmifolia* , *Pithecellobium dulce*, *Caesalpinia coriaria* y *Cordia alba,* son convenientes para la implementación de arreglos silvopastoriles, ya que, como lo reporta Morantinos et al (2020), presentan potencial forrajero que favorece la nutrición de los rumiantes, esto, gracias a la alta disponibilidad, calidad y palatabilidad de la biomasa vegetal (Tabla 1). Asimismo, estas especies se caracterizan por presentar adaptabilidad en suelos arenosos o arcillosos, llegando a tener un crecimiento rápido y con capacidad de soportar temporadas de sequía prolongadas, logrando mantener la producción de biomasa y de frutos, lo cual se convierte en una alternativa para suplementar la alimentación de los rumiantes en épocas críticas de escases de recursos forrajeros (Hernández et al 2015). Finalmente, se ha reportado que especies como el *C. alba* y *G. ulmifolia* tienen características para mejorar el suelo, mientras que árboles como el *P. dulce* y *C. coriaria* favorecen la reducción de metano ruminal e incluso poseen propiedades antiparasitarias en ovinos y caprinos (Muro et al 2009; Hernández et al 2015; Sánchez et al 2018 y García-Hernández et al 2019).

**Tabla 1.** Usos de las cuatro especies arbóreas establecidas en el arreglo silvopastoril. Se reporta información proveniente del taller de ajuste participativo desarrollado en el marco del del proyecto e información secundaria

| Familia | Especie | Nombre | Usos | Soporte Bibliográfico |
|---|---|---|---|---|
| Malvaceae | *Guazuma ulmifolia* | Guácimo | Alimentación animal; reforestación; rehabilitación de suelos; maderable y medicinal. | Villalobos et al 2011; Gómez-Mesa et al 2014 y Solé et al 2019. |
| Boraginaceae | *Cordia alba* | Uvito | Alimentación animal; rehabilitación de suelos y pegamento. | Muro et al 2009; Pinto-Ruiz et al 2010; Gómez-Mesa et al 2014 y Moratinos et al 2020. |
| Fabaceae | *Pithecellobium dulce* | Pecho de Paloma | Alimentación animal; cerca viva; reforestación y maderable. | Pinto-Ruiz et al 2010; Gómez-Mesa et al 2014; Palma y González 2018 y Moratinos et al 2020. |
| Fabaceae | *Caesalpinia coriaria* | Divi divi | Alimentación animal; maderable; colorante; artesanías y medicinal. | Palma y González 2018; Sánchez et al 2018; García-Hernández et al 2019 y Manuel et al 2020 |

Para seleccionar las especies del arreglo silvopastoril se concertó con los miembros de la comunidad indígena y el equipo técnico del Parque Nacional Natural de Macuira, a través de un taller de ajuste participativo donde se confirmó el uso forrajero para la alimentación de ovinos y caprinos de las arbóreas nativas Guácimo (*G. ulmifolia)*, Divi divi (*C. coriaria)*, Pecho de Paloma (*P. dulce)* y Uvito (*C. alba),* además de verificar su presencia y frecuencia de manera natural en el territorio (Rúa et al 2022).

**Establecimiento del arreglo silvopastoril**

El establecimiento del arreglo silvopastoril se realizó entre los meses de mayo y junio del 2021. Se emplearon plantas de aproximadamente tres meses de edad con una altura promedio 19.81 $\pm$ 10 cm y diámetro a la base del tallo promedio 1.81 $\pm$ 0.91 mm propagadas en vivero en contenedores de polipropileno con una dimensión de 15 cm x 7 cm. El sustrato utilizado fue una mezcla de suelo negro y cascarilla de arroz en proporción 4:1, al momento del trasplante de los plantines a los contenedores se adicionó al hoyo 5 gramos de micorrizas.

Previo a la siembra en campo se adecuó el lote seleccionado, mediante un control manual de arvenses y manejo de las arbóreas que presentaban problemas sanitarios, para ello se desarrolló un inventario forestal como insumo para la toma de decisiones sobre el manejo silvicultural y posteriormente, se realizó el trazado (distancia de siembra de 1.5 x 1.5 m en diseño cuadrado). Se procedió a la apertura de los hoyos con una dimensión 30 x 30 x 30 cm, una semana antes de la siembra. Para acondicionar el área de exploración radicular de cada planta, se incorporó en el fondo del hoyo hidroretenedor hidratado en proporción de 5 g/ 500 mm agua /planta y adicionó caprinaza compostada proveniente de la comunidad en cantidad de 1– 2 kg/planta. El área fue completamente aislada con malla borreguera para evitar el paso de animales domésticos y asegurar el desarrollo de las plantas.

Las labores de mantenimiento consistieron en controles manuales de arvenses, teniendo cuidado de no dañar las plantas, además se aplicó riego por aspersión y manual con una frecuencia semanal, suministrando por planta entre 2 a 3 litro de agua.

**Diseño de muestreo**

Para la evaluación de las características de crecimiento en el arreglo silvopastoril, se estableció un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (especie): a) *G. ulmifolia*, b) *C. coriaria*, c) *C. alba* y d) *P. dulce*, y cuatro repeticiones. Cada parcela presentó un tamaño de 625 $m^2$ (25m x 25 m). La unidad experimental de cada parcela estuvo compuesta por 10 plantas ubicadas en el centro para reducir los efectos de borde (Muñoz et al 2009; Aguirre et al 2019).

**Índices de mortalidad y supervivencia**

Se realizaron monitoreos mensuales para determinar la supervivencia y crecimiento (diámetro al cuello de la raíz y altura total) durante un periodo de seis meses. Sin embargo, las variables de crecimiento al ser un proceso lento requieren de un período de tiempo mayor que permita observar pequeñas variaciones (Betancur y Cuartas 2015), en este sentido, para el análisis de crecimiento se usaron dos mediciones la primera al momento de la siembra y la segunda en el mes de noviembre (seis meses). Mientras, la supervivencia se realizó de manera mensual debido a que puede presentar cambios en pocos días, al respecto, se consideró a una planta muerta cuando sus hojas y tallo estaban secos o habían desaparecido (Betancur y Cuartas 2015).

Se determinó el coeficiente de mortalidad exponencial, tasa mensual de mortalidad y la vida media de las especies; la sobrevivencia fue determinada con base en la relación porcentual entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontrada al momento de la medición (Aguirre et al 2019). Para este análisis se usaron los modelos matemáticos descritos a continuación, por Quinto et al (2009) y Trigueros et al (2014):

Coeficiente de mortalidad exponencial. Evalúa el decremento poblacional por sitio de muestreo

$\lambda m = (Ln (N0 /Ns)/t] \times 100$

Donde:

$\lambda m$ = Coeficiente de mortalidad exponencial

Ln=Logaritmo neperiano

N0 =Número de individuos inicialmente inventariados

Ns =Número de individuos inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo t de tiempo,

Ns =N0 – Mu

Mu =Número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo.

t=Intervalo de tiempo en meses, trascurrido entre los dos inventarios.

Tasa mensual de mortalidad. Calcula la mortalidad de los árboles en el sitio

m = [1-(Ns /N0 )1/t] x 100

Donde:

m =Tasa mensual de mortalidad expresada en porcentaje

N0 =Número de individuos inicialmente inventariados

Ns =Número de individuos inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo t de tiempo,

Ns = N0-Mu

Mu =Número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo.

t=Intervalo de tiempo en meses, trascurrido entre los dos inventarios.

La vida media de las especies. Definida como el tiempo estimado para que la población inicial se reduzca a la mitad con la tasa actual de mortalidad (Swaine y Lieberman 1987; Ramírez et al 2002).

T 0.5 = (Ln 0.5)/Ln (1-M)

Donde:

T 0.5 =Vida media del bosque.

Ln=Logaritmo neperiano;

m=Tasa mensual de mortalidad

Parámetros de crecimiento y desarrollo de arbustivas nativas

Para el análisis se realizaron dos mediciones, la primera durante el establecimiento del arreglo silvopastoril y la segunda seis meses después de la siembra (Muñoz et al 2009; Jaimez et al 2013). En cada una de las unidades de muestreo se midieron las variables; diámetro a la base del cuello de la raíz (DC) medido con el uso calibrador digital (mm) (Mitutoyo 500-157-30 – Vernier Digital, Absoluto, 150 mm, precisión 0.01 mm) y altura total (HT) medida con regla métrica (cm) desde el nivel suelo hasta la yema terminal de la planta. Las variables de crecimiento se determinaron mediante el uso de las ecuaciones propuestas por Quesada et al (2012) y Aguirre et al (2019) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Estimadores de crecimiento para arbustivas nativas.

| Parámetro | Formula | Leyenda |
|---|---|---|
| Crecimiento en altura (cm) | Cr_HT= HTf – HTi | HTf: Altura final del periodo<br>HTi: Altura inicio del periodo |
| Crecimiento en diámetro (mm) | Cr_DC= DCf – DCi | DCf: Diámetro al final del periodo<br>DCi: Diámetro al inicio del periodo |
| Crecimiento medio mensual: diámetro (DC) (mm) y altura (HT) (cm) | CMM= Cf/t | CMM= Crecimiento medio mensual<br>Cf= Crecimiento final<br>t= Edad (meses) |
| Crecimiento periódico mensual diámetro (DC) y altura (HT) (cm) | IPM= Crf – Cri/t | IPM= Incremento periódico mensual<br>Crf= Crecimiento final<br>Cri= Crecimiento inicial<br>t= Numero de meses del periodo |

***Fuente** : Adaptado de Quesada et al (2012); Aguirre et al (2019)*

**Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) previa verificación de los supuestos distribucionales normalidad y homogeneidad entre los indicadores de crecimiento de las especies, diámetro y altura de las plantas. Cuando se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos ($p$ <0.05), se realizaron las pruebas de comparación de medias de Tukey con el fin de identificar diferencias significativas a nivel de especies y su adaptación (Muñoz et al 2009). El análisis estadístico se desarrolló con el software InfoStat versión 2018 (Di Rienzo et al 2018).

El modelo utilizado para el análisis estadístico se define de la siguiente manera (Muñoz et al 2009):

$Y_{ij} = \mu + B_i + l_j + £_{ij}$

Donde:

$Y_{ij}$ = Variable respuesta (diámetro, altura, mortalidad y supervivencia)

$B_i$= Efecto del bloque, $i$ = 1, 2, 3, 4

$\mu$= Promedio general

$l_j$= Efecto del $j$–ésimo tratamiento, $j$ = 1, 2, 3,4

$£_{ij}$= Error aleatorio ij

## Resultados y discusión

**Índices de mortalidad y supervivencia**

Se observó una variación en la tasa de supervivencia inferior al 80%, el cual está por debajo del porcentaje critico de supervivencia recomendado del 90% considerado exitoso en procesos de restauración y plantaciones forestales (Rodrigues et al 2009). Estas variaciones en las tasas de supervivencia muestran el comportamiento de las especies a las condiciones ambientales locales, factores adversos como la competencia, la herbívora, la calidad e intensidad del brillo y la calidad del suelo que pueden comprometer el establecimiento y la supervivencia de las especies (Gama et al 2019).

El análisis de sobrevivencia mostró que las especies *C. coriaria y C. alba* registraron los mayores valores de supervivencia con 86 % y 75%. Mientras, las especies *G. ulmifolia* y *P. dulce* expresan menores niveles con el 39% y 48 % respectivamente. De acuerdo, con Carvalho (1982) se identifican cuatro niveles adecuados de supervivencia: alta (≥ 70%), regular (≥ 50% ≤ 69%) y poca (≤ 49%) en bosque pluvial subtropical estado de Paraná en la Región Sur de Brasil. Siguiendo esta clasificación se identificó en el estudio dos niveles de supervivencia; i) *G. ulmifolia* y *P. dulce* se clasificaron como "poca". Mientras, que *C. coriaria y C. alba* se clasificaron como "alta" lo que indica que estas dos últimas especies son más tolerantes a posibles efectos bióticos y presiones abióticas del ecosistema (Gerber et al 2020). Mientras, Gama et al (2019) registró en la región centro - sur del estado de Sergipe, Brasil en condiciones de bosque seco tropical una supervivencia a los seis meses de evaluación para *G. ulmifolia* del 72%. Cuando un ecosistema es degradado o destruido, su capacidad de resiliencia es sobrepasada, y la restauración ecológica se convierte es una herramienta primordial para restablecer las características históricas de los ecosistemas (Díaz et al 2017). El conocimiento científico de la restauración en el ecosistema bosque seco tropical es bajo si lo comparamos con otros ecosistemas (Pizano y García 2014). En este sentido, la información obtenida en este estudio sugiere que llevar a cabo procesos de restauración de ecosistemas de bosque seco subtropical y espinoso subtropical, en áreas bajo pastoreo, es viable si consideramos el establecimiento y manejo de especies como las evaluadas (Griscom y Ashton 2011). De acuerdo Aguilar Gatavito y Ramírez (2015) un indicar biofísico cuantificable para el monitoreo de la restauración de bosques al corto plazo corresponde al aumento en la cobertura del suelo, mediante indicadores de supervivencia de plantas sembradas, aumento en la cobertura, biomasa y abundancia de plantas nativas.

En cuanto al coeficiente de mortalidad exponencial se apreció que las especies con mayor decremento al interior del arreglo silvopastoril corresponden a *G. ulmifolia* y *P. dulce* con 20.48 % y 12.28 % indicando una mayor pérdida de individuos (Tabla 3). Mientras las especies *C. coriaria* y *C. alba* presentaron valores inferiores a 3.05, lo cual refleja una mejor adaptación al lugar definitivo. La tasa de mortalidad mensual mostró una mayor mortalidad en las especies *G. ulmifolia* y *P. dulce* con el 18.02 % y 11.28 % respectivamente. Estos indicadores de mortalidad están asociados al ataque de herbívoros silvestres (iguanas y roedores) y domésticos (ovinos y caprinos), los cuales causaron daños en la parte apical y/o totalidad de las plantas. De acuerdo con Clarke et al (2013) el ramoneo moderado y la herbívora pueden generar un efecto estimulante en la vegetación que favorece el aumento en la producción de biomasa. Sin embargo, la presión frecuente combinada con el estrés hídrico puede generar la muerte en la planta, lo cual se acentúa en fase inicial de crecimiento.

**Tabla 3.** Índices de mortalidad y supervivencia para especies arbustivas nativas establecidas en el arreglo silvopastoril en Uribia, Alta Guajira.

| Especie | Coeficiente de mortalidad exponencial | Tasa mensual de mortalidad (%) | Vida media (meses) |
|---|---|---|---|
| *C. coriaria* | 3.05 | 2.98 | 75.50 |
| *G. ulmifolia* | 20.48 | 18.02 | 5.50 |
| *P dulce* | 12.28 | 11.28 | 7.75 |
| *C. alba* | 2.98 | 2.90 | 42.75 |

Durante el último periodo de monitoreo se identificó para *G. ulmifolia* que el 45% de plantas presentaba marchites y coloración amarilla de sus hojas. Síntomas asociados a déficit hídrico, el cual afecta el crecimiento de los tallos y sistema radicular, además de la disminución de la conductancia estomática y asimilación neta de $CO_2$, limitando así la supervivencia de las plantas (Davies y Albrigo 1994).

Finalmente, se estimó una vida media corta para las especies *G. ulmifolia* y *P. dulce* de 5.50 y 7.50 meses en su orden, si se mantienen las condiciones bióticas y abióticas actuales. Mientras las especies *C. coriaria* y *C. alba* proyectan una supervivencia más prolongada con 75.50 y 42.75 meses en la medida que las condiciones actuales se sostengan (Tabla 3).

**Parámetros de crecimiento y desarrollo**

Se encontró diferencia estadística significativa (*P*=0.0001) entre las arbóreas en cuanto a su desarrollo en altura y diámetro a una edad de seis meses. La especie *C. alba* presentó diferencia estadística respecto al conjunto de las especies, sobresaliendo con la mayor HT (39.75± 11.90 cm) y DC (9.81 ± 3.68 mm). Mientras, *C. coriaria*, *G. ulmifolia* y *P. dulce* no presentaron diferencias significativas con valores de 31.55 ± 10.84, 27.80 ± 10.24 y 27.78 ± 11.57 cm en altura en su orden (Tabla 4). Resultado similar al reportado por Gama et al (2019) para *G ulmifolia,* quienes obtuvieron a una edad de 22 meses un crecimiento en altura 111.94 cm y 22.89 mm de diámetro.

**Tabla 4.** Valores medios y desviación estándar para las variables de crecimiento en especies arbustivas nativas establecidas en arreglo silvopastoril en Uribia, Alta Guajira

| Especie | Altura (cm) | Diámetro base (mm) |
|---|---|---|
| *C. coriaria* | 31.55 ± 10.84 a | 5.17 ± 1.77 a |
| *G. ulmifolia* | 27.80 ± 10.24 a | 6.16 ± 2.38 a |
| *P. dulce* | 27.78 ± 11.57 a | 6.62 ± 3.14 a |
| *C. alba* | 39.75 ± 11.90 b | 9.81 ± 3.68 b |

[ab] *Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (p<0.05)*

Las especies *C. coriaria, C. alba* y *G. ulmifolia* presentaron similitud respecto al crecimiento en altura (Cr_HT) con 17.05, 13.60 y 10.50 cm (Tabla 5). Mientras para *P. dulce* se observó un valor decreciente de - 4.43 cm, este último asociada a factores de herbívora que afectaron la parte apical de las plantas en el último monitoreo, y en cual, se identificó que el 70% de plantas presentó este daño. La pérdida de parte apical de la planta reduce la eficiencia fotosintética activa necesaria para su desarrollo (Muñoz et al 2015).

El crecimiento en diámetro (Cr_DC) para la especie *C. alba* presentó el valor más alto con 6.6 mm, mientras en *C. coriaria* se encontró el valor más bajo con 3.75 mm (Tabla 5). De acuerdo con Prieto et al (2009) plantas con diámetro > 5 mm se asocian a individuos con mayor robustez, vigor y capacidad adaptativa a condiciones de sequía, expresan resistencia al doblamiento y tolerancia a daños por herbívora.

En términos de crecimiento medio mensual en altura (CMM_HT) se halló diferencia estadística significativa (P=0.0001) donde *C. alba* presentó el mayor valor en relación con el conjunto de las especies con 6.62 cm/mes, seguido *C. coriaria* con 5.26 cm/mes. Las especies *G. ulmifolia* y *P. dulce* mostraron similitud en cuanto a este parámetro con 4.63 cm/mes. Para el parámetro crecimiento medio mensual en diámetro (CMM_DC) se identificó que *C. coriaria* expresó el menor crecimiento en diámetro con 0.86 mm/mes. Mientras C. *alba* reportó el mayor crecimiento del grupo de las arbóreas nativas con 1.64 mm/mes (Tabla 5).

Los resultados en Cr_HT y Cr_DC del estudio fueron inferiores a los reportados por Rodríguez y Roncallo (2013) para un SSP en el centro de investigación Motilonia de AGROSAVIA (antes Corpoica), localizado en Agustín Codazzi, Cesar, municipio categorizado en la zona de vida de bosque seco tropical, donde *G. ulmifolia* obtuvo una altura y diámetro a una edad de nueve meses de 97 cm y 1.80 cm respectivamente. Sin embargo, es importante resaltar que las condiciones agroclimáticas de precipitación, temperatura y humedad promedio difieren del sitio de estudio. En la investigación de Rodríguez y Roncallo (2013) se determinó el incremento en altura para las especies *Leucaena leucocephala* (leucaena), *Crescentia cujete* (totumo) y *G. ulmifolia* el cual fue de 31.00, 23.00 y 20.20 cm/mes en su

orden y el aumento en diámetro del tallo en *C.cujete*, *G. ulmifolia* y *L. leucaena* fue de 0.58, 0.54 y 0.34 cm/mes. Gama et al (2019) registró un índice de crecimiento en diámetro de 0.16 mm/mes y en altura de 0.07 cm/mes para *G. ulmifolia* en un periodo de evaluación de 22 meses.

Para el incrementó periódico mensual en altura (IPM_HT), se apreciaron valores similares entre las especies *C. coriaria, C. alba y G. ulmifolia.* Mientras, *P. dulce* presentó valor negativo (-0.74 cm/mes), los cual estuvo influenciado por el daño por herbívora que sufrieron los individuos en su parte apical al final de la evaluación, situación que de continuar puede afectar en el corto plazo la supervivencia de las plantas. Finalmente, el incremento periódico mensual para el diámetro (IPM_DC), mostró una mejor respuesta de *C. alba* (Tabla 5). Las diferencias en IPM_HT y IPM_DC pueden estar asociadas a características propias de las especies y variables agroambientales que no son controladas como: el tipo de suelo, profundidad, humedad, competencia intra e inter-específica que no permiten tener inferencia sobre el efecto del tipo de plantación con la sobrevivencia y el crecimiento de las especies (Aguirre et al 2019).

**Tabla 5.** Parámetros de crecimiento y desarrollo para especies arbórea nativas en la comunidad Jalein, Uribia, La Guajira.

| Especie | Cr_HT (cm) | Cr_DC (mm) | CMM_HT (cm/mes) | CMM_DC (mm/mes) | IPM_HT (cm/mes) | IPM_DC (mm/mes) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *C. coriaria* | 17.05 b | 3.75 a | 5.26 a | 0.86 a | 2.84 b | 0.63 a |
| *G. ulmifolia* | 10.50 b | 4.39 a | 4.63 a | 1.03 a | 1.75 b | 0.73 a |
| *P. dulce* | -4.43 a | 4.85 a | 4.63 a | 1.10 a | -0.74 a | 0.81 a |
| *C. alba* | 13.60 b | 6.60 b | 6.62 b | 1.64 b | 2.27 b | 1.10 b |

[ab] *Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (p<0.05) Cr_HT: Crecimiento en altura (cm); Cr_DC: Crecimiento en diámetro (mm); CMM_HT: Crecimiento medio mensual en altura: CMM_DC: Crecimiento medio mensual en diámetro de la base; IPM_HT: Incremento periódico mensual en altura y IPM_DC: Incremento periódico mensual en el diámetro a la base.*

## Conclusiones

- Las especies *G. ulmifolia* y *P. dulce* presentaron un menor índice de supervivencia respecto *C. coriaria* y *C. alba* posiblemente asociado a una mayor preferencia de parte los herbívoros locales y menor resistencia a condiciones de estrés hídrico.
- Se apreció que las especies *C. coriaria* y *C. alba* presentaron la más alta adaptabilidad al sitio de estudio, debido a que presentan bajos indicadores de mortalidad y altos parámetros de desarrollo y crecimiento. Mientras *P. dulce* presentó los valores medios más bajos.
- Los resultados conjuntos de los parámetros de crecimiento evaluados para las especies *C. coriaria*, *C. alba, P. dulce* y *G. ulmifolia* evidencian rusticidad y capacidad de adaptación a las condiciones adversas de la región, lo cual refleja el potencial para ser incorporadas en arreglos silvopastoriles. Sin embargo, debe considerarse la implementación de estrategias de aislamiento y el riego suplementario especialmente, en las dos últimas especies.
- Las especies *C. coriaria* y *C. alba* presentaron resultados satisfactorios, investigaciones con estas especies deben continuarse para generar más información respecto al manejo de estas.
- Aunque el estudio fue dirigido sobre la base de provisión de fuentes forrajeras para alimentación animal, los resultados pueden generar pautas para el diseño de estrategias y técnicas de restauración con especies nativas en ambientes xerofíticos en el corto plazo.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los resultados del Convenio Específico N.° 003 de 2020, apoyado por el Programa Áreas Protegidas y Diversidad Biológica financiado con recursos de la Cooperación Alemana a través del KfW; celebrado entre Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia-Dirección Territorial Caribe y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), para implementar una estrategia de uso y manejo sostenible de la biodiversidad en la comunidad indígena wayúu Jalein, zona de influencia (amortiguación) del Parque Nacional Natural de Macuira, La Guajira. Se expresa agradecimiento al equipo de PNN de Macuira y al Señor Luis García por el acompañamiento durante el proceso de establecimiento del arreglo silvopastoril.

## Bibliografía

**Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) 2015** Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 . http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9281/monitoreo_restauracion_baja_1.pdf

**Aguirre Z, Gaona T, Granda V y Carrion C 2019** Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. Revista cubana ciencias forestales, Volumen 7, Articulo #3, 325-340. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692019000300325&lng=es&tlng=es.

**Alonso J 2011** Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Volumen 45, Artículo #2,107-115. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245001

**Arango N D, Armenteras M, Castro T, Gottsmann OL, Hernández C L, Matallana M, Morales L G, Naranjo L M, Renjifo L F, Trujillo y Villareal H F 2003** Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 64. http://hdl.handle.net/20.500.11761/31457

**Betancur D y Cuartas SE 2015** Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de Bosque Montano Andino degradadas por ganadería en Colombia. Revista de Acta biologica de Colombia, Volumen 20, Artículo 2, 85-100. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2015000200009&lng=en&nrm=iso

**Carvalho P E R 1982** Comparação de espécies nativas, em plantio em linhas em capoeira, na região de Irati-PR – resultados aos sete anos. Boletim de Pesquisa Florestal, Volumen 5, 53-68.

**Chará-Serna A M y Chará J 2020** Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales. Livestock Research for Rural Development, Volumen 32, Articulo #184. http://www.lrrd.org/lrrd32/11/ana32184.html

**Clarke P J, Lawes M J, Midgley J J, Lamont B B, Ojeda F, Burrows G E, Enright N J y Knox K J E 2013** Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. New Phytologist Volumen 197, 19–35. https://doi.org/10.1111/nph.12001

**Davies F S y Albrigo L G 1994** Citrus. CAB International, Wallingford, Reino Unido. 254.

**Díaz E, Hernández H, Flores P, Elizondo E, Alanís E, Jiménez E 2017** Regeneración y restauración del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México Revista Iberoamericana de Ciencias, Vol. 4 No. 2, 30 – 37 http://www.reibci.org/publicados/2017/abr/2100114.pdf

**Di Rienzo J A, Casanoves F, Balzarini M G, Gonzalez L, Tablada M y Robledo C W 2018** InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. http://www.infostat.com.ar

**Espinosa A, Rodríguez J, Sepúlveda D 2020** Caracterización del sistema productivo ovino-caprino de una comunidad indígena en Colombia y su capacidad de sustentabilidad. Revista Espacios Vol. 41 (38). p 61- 68. https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p07.pdf

**FAO 2020** Biodiversity and the livestock sector – Guidelines for quantitative assessment – Version 1. Rome, Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership (FAO LEAP).

**Fuenmayor N, Acurero L y Gamboa T 2004** La experiencia cooperativa en la cría de ovinos y caprinos en la Guajira venezolana. Cayapa. Revista Venezolana de Economía Social, Volumen 4, Artículo #7. 91-106. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62240706

**Gama D C, Ferreira R A, Batista de Jesus J 2019** Establishment of native forest species in recovery planting of riparian forest in the piauitinga river, sergipe, Brazil. Floresta, Curitiba, PR, v. 50, n. 2, p. 1325 – 1334. https://doi.org/10.5380/rf.v50i2.62987

**García-Hernández C, Rojo-Rubio R, Olmedo-Juárez A, Zamilpa A, Mendoza de Gives, Antonio-Romo I A, Aguilar-Marcelino L, Arece-García J, Tapia-Maruri D y González-Cortazar M 2019** Galloyl derivatives from Caesalpinia coriaria exhibit in vitro ovicidal activity against cattle gastrointestinal parasitic nematodes. Experimental Parasitology, Volumen 200. 16–23. https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.03.012

**Gerber D, Topanotti L R, Gorenstein M R, Vieira F M C, Stolarski O C, Nicoletti M F y Bechara F C 2020** Performance of Guazuma ulmifolia Lam. in subtropical forest restoration. Scientia Forestalis, Volumen 48, Artículo 127, 3045. https://doi.org/10.18671/SCIFOR.V48N127.07

**Gómez-Mesa J E, Rojas-Marín C A, Mendez-Arteaga J J y Corredor J 2014** Plantas tropicales promisorias para uso forrajero y terapéutico en rumiantes. Estudio exploratorio en zonas secas del Alto Magdalena. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
https://www.researchgate.net/publication/265178305_Plantas_Tropicales_Promisorias_para_Uso_Forrajero_y_Terapeutico_en_Rumiantes_Estudio_Exploratorio_en_Zonas_Secas_del_Alto_Magdalena

**Griscom HP yAshton MS 2011** Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. Forest Ecology and Management Volumen 261.1564-1579. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.027

**Hernández H J, Villarreal E O, Camacho R J, Romero C S, De Jesús C A y Hernández J L 2015** Valor nutricional de seis plantas arbóreo-arbustivas consumidas por cabras en la Mixteca Poblana, México. Revista Ciencia y Tecnología Volumen 8, Artículo #1. 19-23. https://doi.org/10.18779/cyt.v8i1.196

**Holdridge L R 1967** Life zone ecology. Tropical Science Center, San Jose de Costa Rica. 206.

**IDEAM 2020** Base de datos promedios climatológicos histórico 1981 – 2010.

**Instituto Colombiano Agropecuario ICA 2022** Censo Pecuario Nacional 2022. https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018

**Jaimez R E, Araque O, Guzman D, Mora A, Espinoza W y Tezara W 2013** Agroforestry systems of timber species and cacao: survival and growth during the early stages. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS), Volumen 114, Artículo 1, 1-11. https://jarts.info/index.php/jarts/article/view/2012112642171/424

**Kabir EM y Webb EL 2009** Can homegardens conserve biodiversity in Bangladesh. Biotropica Volumen 40, Artículo #1, 95 – 103. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00346.x

**Lhumeau A y Cordero A 2012** Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17. https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2012-004.pdf

**Linares-Palomino R, Oliveira-Filho AT y Pennington RT 2011** Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism, and biogeography ofwoody plants. In Seasonally dry tropical forests (pp 3-21). Island Press, Washington, DC. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_1

**Manuel P A, Elghandour M M, Olivares-Pérez J, Rojas-Hernández S, Cipriano-Salazar M, Cruz-Lagunas B y Camacho-Diaz L M 2020** Productive performance, rumen fermentation and carcass yield of goats supplemented with cascalote fruit (Caesalpinia coriaria J. Wild.). Agroforestry Systems, Volumen 94, Artículo #4, 1381–1391. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0312-9

**Miles L, Newton A C, De Fries R S, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V y Gordon J E 2006** A global overview of the conservation status of tropical dry forests. Journal of Biogeography, Volumen 33, Artículo #3, 491-505. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x

**Moratinos L P, Perdomo C D, González D y Perea G F 2020** Local knowledge of fodders trees in a goat producers community of Trujillo state, Venezuela. Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, Volumen 37, 139-145. https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/33037

**Moreno V M 2020** Aplicación de Análisis de Componentes Principales y Conglomerados a datos de Fluorescencia de Rayos X (FRX) en suelos. 40
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2808/Moreno_Merydoreya_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2808/Moreno_Merydoreya_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

**Muñoz FHJ, Sáenz RJT, Coria AVM, García MJJ, Hernández RJ y Manzanilla QGE 2015** Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. Revista mexicana de ciencias forestales, Volumen 6, Articulo 27, 72-89. https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.282

**Muñoz H, Coria V, Garcia J y Balam M 2009** Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. Revista de Ciencias Forestales México, Volumen 34, Artículo #106, 61-87. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000200004&lng=es&tlng=es.

**Muro A, Arzola C, González H, Solís M, Castillo Y, Gutiérrez E, Rodríguez C, Ruiz y Cairo J G 2009** Potencial fermentativo in vitro y degradabilidad ruminal in situ de materia seca y materia orgánica de Uvita, Cordia alba (Jacq), en ecosistemas del oriente de Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Volumen 43, Artículo #1, 39-44. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015398007

**Nair P K R, Kumar B M y Nair V D 2009** Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. J Plant Nut. Soil Sci, Volumen 172, Artículo #10 - 23. https://doi.org/10.1002/jpln.200800030

**Palma G J y González R I 2018** Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Colima, México: Universidad de Colima.138
http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-y-arbustivos-tropicales_462.pdf

**Phillips JF, Duque AJ, Cabrera KR, Yepes AP, Navarrete DA, García MC, Álvarez E, Cabrera E, Cárdenas D, Galindo G, Ordóñez MF, Rodríguez ML y Vargas DM 2011** Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales IDEAM Bogotá DC, Colombia 32. http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13548/Estimacion+Carbono+2005.pdf/e274a3ce-a49c-45d6-8799-67d509edfd59

**Pinto-Ruiz R, Hernández D, Gómez H, Cobos MA, Quiroga R y Pezo D 2010** Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. Universidad y Ciencia, Volumen 26, Artículo #1, pp. 19–31. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100002&lng=es&tlng=es.

**Pizano C y García H 2014** El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá (Colombia) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá (Colombia). http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9333

**Prieto R J A, García R J L, Mejía B J M, Huchín A S y Aguilar V J L 2009** Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío. Publicación Especial No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48.

**Quesada R, Acosta L, Garro M y Castillo M 2012** Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, Volumen 25, Artículo 5, 56-66. https://doi.org/10.18845/tm.v25i5.474

**Quinto H, Rengifo R y Ramos Y 2009** Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque pluvial tropical de chocó (Colombia). Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, Volumen 62, Artículo #1, 4855-4868. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915377013

**Ramírez H, Torres A y Serrano J 2002** Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la cordillera de los Andes, Venezuela. Ecotropicos, Volumen 15, Articulo #2, 177-184. http://www.ibcperu.org/doc/isis/13691.pdf

**Rodrigues R R, Brancalion P H, Iserhagen I 2009** Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 264. http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produzidos/livros/pacto2009.pdf

**Rodríguez G y Roncallo B 2013** Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Volumen 14, Artículo 1, 77-89. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945181009

**Rúa Bustamante C V, Zuluaga J J, Rivera Rojas M, Lombo D, Gómez L F, Arias J, Hernández C C, Caballero A, & Iguarán M 2022** Propagación y siembra de árboles nativos con potencial forrajero para la alimentación de ovinos y caprinos en comunidades indígenas wayúu de la Alta Guajira. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-agrosavia. 82. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/268/250/1623-1

**Sánchez G A, Quesada J M, Calvo J P, Rodríguez J, Nassar T, Garvin R A, Herrera-Peraza S, Schnitzer K, Stoner D, Lawrence J, Gamon S, Bohlman P, Van laake y Kalacska M 2005** Research priorities for tropical secondary dry forests. Biotropica, Volumen 37, 477-485. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00273.x

**Sánchez N, Mendoza G D, Martínez J A, Hernández PA, Camacho D, Lee-Rangel H A, Vazquez A y Flores RR 2018** Effect of Caesalpinia coriaria Fruits and Soybean Oil on Finishing Lamb Performance and Meat Characteristics. BioMed Research International Volume 2018, Article ID 9486258, 6. https://doi.org/10.1155/2018/9486258

**Solé R, Gripenberg S, Lewis OT, Markesteijn L, Barrios H, Ratz T, Ctvrtecka R, Butterill P T, Segar S T, Metz M A, Dahl C, Rivera M, Viquez K, Ferguson W, Guevara, M y Basset Y 2019** The role of herbivorous insects and pathogens in the regeneration dynamics of Guazuma ulmifolia in Panama. Nature Conservation Volumen 32, 81–101. https://doi.org/10.3897/natureconservation.32.30108

**Swaine MD y Lieberman D 1987** Note on the calcualtion of mortality rates. Journal of Tropical Ecology, Volumen 3, 331-333.

**Trigueros A, Villavicencio R y Santiago A 2014** Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco. Revista mexicana de ciencias forestales, Volumen 5, Artículo 24, 160-183. https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i24.327

**Ulloa-Delgado GA 2016** Aspectos ecológicos del bosque seco tropical en el Caribe colombiano. Bogotá: Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural. ISBN 978-958-9015-00. http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/08/1-Aspectos-Ecologicos-BST.pdf

**Villalobos S, Vargas O y Melo S 2007** Uso, manejo y conservación de "yosú", Stenocereus griseus (Cactaceae), en la Alta Guajira Colombiana. Acta biológica colombiana, 12(1), 99-112. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2007000100008&lng=en&tlng=es.

**Villalobos W, Martini M, Garita L, Muñoz M, Osler R y Moreira L 2011** *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae), a new natural host of 16SrXV phytoplasma in Costa Rica. Tropical Plant Pathology, Volumen 36, Artículo #2, 110–115. https://doi.org/10.1590/s1982-56762011000200007

*Received 22 August 2022; Accepted 15 September 2022; Published 1 November 2022*