
Biomasa de dos especies de matorral en tres densidades de plantación en Tamaulipas, México.

G.E. García-Mosqueda^{1*}, J. Jiménez-Pérez¹, O.A. Aguirre-Calderón¹, H. González-Rodríguez¹, A. Carrillo-Parra¹, M. Espinosa-Ramírez² y D.A. García-García²

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México.

² Campo Experimental Rio Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Rio Bravo, Tamaulipas, México.

Biomass of two thornscrub species planted at three densities in Tamaulipas, Mexico.

Abstract

We study the growth response of two species of Tamaulipan Thornscrub, *Prosopis glandulosa* Torr. and *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes, as an effect of three different spacing in an experimental plantation of five years, established in Northeastern Tamaulipas, Mexico. Diameter at base (DB), height (H), canopy cover (CT), basal area (BA) was measured and the biomass was calculated (BIO) using a model designed for the region. Randomized Block Design with a Factorial arrangement was used. Showing a significant difference in the analysis of variance for all variables tested in at least one factor. Positive trend, in response to the decrease the plantation density 2500-1100 plants/ha was identified. This trend becomes negative when it continues decreasing the density to 1100-625 plants / ha. *P. glandulosa* Torr. presents greater productivity compared to *E. ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes, under the same environmental conditions of growth.

Key words: Forest biomass, plantation density, forest plantations, native species.

Resumen

Se estudia la respuesta del crecimiento de dos especies de Matorral Espinoso Tamaulipeco, *Prosopis glandulosa* Torr. y *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes, ante el efecto de tres diferentes espaciamentos en una plantación experimental de cinco años, establecida en el Noreste de Tamaulipas, México. Se midió el diámetro a la base (DB), altura (H), cobertura de copa (CT), área basal (AB), y se calculó la biomasa (BIO) mediante un modelo diseñado en la región. Se utilizó el Diseño de Bloques al Azar con arreglo Factorial. Resultando diferencia significativa en el Análisis de Varianza para todas las variables probadas en por lo menos un factor. Se identificó una tendencia positiva en respuesta al decremento en la densidad de plantación de 2500-1100 plantas ha⁻¹. Dicha tendencia se transforma en negativa al continuar disminuyendo la densidad de 1100-625 plantas ha⁻¹. La especie *P. glandulosa* Torr., presenta mayor productividad en comparación con *E. ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes, bajo las mismas condiciones ambientales de crecimiento.

Palabras clave: Biomasa forestal, densidad de plantación, plantaciones forestales, especies nativas.

*Autores de correspondencia
Email: gegmo2003@yahoo.com

Introducción

Las “plantaciones forestales” se definen como aquellas formaciones forestales establecidas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o indígenas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10 por ciento de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m (FAO, 2002).

La creciente demanda social de productos y servicios, requiere enormes esfuerzos para el establecimiento de nuevos bosques, donde el apropiado manejo forestal intensivo de plantaciones puede abastecer los mercados locales y globales de madera, contribuyendo de manera significativa al desarrollo rural e industrial. De acuerdo al Informe de Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 (FAO, 2013), entre 2000 y 2010, el área de bosques plantados aumentó en unos 5 millones de hectáreas al año: son bosques establecidos en su mayoría mediante forestación, (es decir, la plantación de árboles en tierras que hasta ese momento no estaban clasificadas como bosque), especialmente en China.

Las leguminosas presentes en el Noreste de México, son de relevante importancia para la región. Entre los diferentes usos que la población humana hace de las leguminosas destacan los de postes para cercas, material de construcción, enseres domésticos, mangos para hachas, azadones, sillas de montar, figuras decorativas de ébano, carbón y leña (Estrada, *et al*, 2005).

Según Yerena-Yamallel, *et al*, (2011), indica la necesidad de realizar estudios de especies del Matorral Espinoso Tamaulipeco, para sentar las bases metodológicas para la medición e inventarización de variables como el contenido de carbono en estas especies, con el fin de proveer de alternativas futuras de generación de recursos económicos para los pobladores del Noreste de México.

En algunas regiones de México se ha promovido el establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite principalmente para la producción de carbón (Osuna y Meza, 2003).

Desde la perspectiva técnica, combinando el conocimiento silvícola, económico, social, ecológico y financiero, existen argumentos suficientes para hipotetizar que en México las

plantaciones forestales son una opción viable con posibilidades de contribuir, en su medida, al desarrollo económico del país (Zamudio, *et al*. 2010).

Por tal motivo, es conveniente contar con herramientas confiables para la evaluación y monitoreo de las poblaciones silvestres de mezquite y sus recursos asociados, en la que su caracterización sirva como base para la elaboración de planes adecuados de manejo o bien para modificar las actuales prácticas de aprovechamiento, tendientes a la conservación, mejoramiento y uso sostenible de estos ecosistemas de importancia en las zonas áridas y semiáridas. (Meza, 2002). De tal forma que la evaluación de plantaciones podría aportar información para el desarrollo de dichas herramientas.

La presente investigación está centrada en determinar el efecto de tres densidades de plantación, sobre las principales variables dendrométricas, así como en la producción de biomasa. Esto para dos especies nativas del Matorral Espinoso Tamaulipeco en una plantación experimental en el Noreste de México.

Objetivos

Determinar las principales variables dendrométricas de las dos especies plantadas.

Obtener la producción de biomasa de las especies en los diferentes tratamientos.

Determinar las posibles diferencias existentes a consecuencia del efecto de la diferencia en la densidad de plantación.

Materiales y método

Ubicación del área de estudio: La plantación de ensayo se ubica en el municipio de Rio Bravo, Tamaulipas. Dentro del Campo Experimental Rio Bravo del INIFAP. El clima se clasifica según García, (1973), como del tipo semicálido subhúmedo con precipitación escasa durante todo el año, presentando más del 5% de la precipitación en invierno. La precipitación media anual es de 648 mm, temperatura media anual de 23.5°C, presentando máximas de hasta 44°C en verano y mínimas de invierno que han llegado a 9°C bajo cero, altura media de 25 metros sobre el nivel del mar (Silva *et al*, 2007).

La plantación fue establecida en el año 2009, esto

de acuerdo a datos proporcionados por la Institución. Abarca un área total de 0.79 ha. Se encuentra establecida sobre tierras destinadas con anterioridad a uso agrícola. Los cultivos que sostuvo dicha área fueron variados, tales como sorgo, maíz, algodón, entre otros.

La plantación cuenta con tres tipos de densidades: 625 árboles ha⁻¹, 1100 árboles ha⁻¹ y 2500 árboles ha⁻¹. Analizándose el comportamiento de las variables dendrométricas de dos especies de Matorral Espinoso Tamaulipeco, *Prosopis glandulosa* Torr. y *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes. Ambas de importancia forestal relevante para la región. Los árboles estudiados presentan una edad de 5 años. Tratándose de una plantación homogénea desde el punto de vista de la edad de los individuos.

Los tratamientos bajo estudio consisten en tres diferentes densidades de plantación.

Tratamiento 2x2. Consta de árboles ordenados en el sistema denominado “marco real” con separación de 2 m entre sí. Lo cual representa una densidad de 2500 árboles ha⁻¹.

Tratamiento 3x3. Consta igualmente de una disposición de individuos en “marco real” con separación de 3 m entre sí, equivalente a una densidad de plantación de 1100 árboles ha⁻¹.

Tratamiento 4x4. Presenta un arreglo de los árboles en “marco real” con separación entre ellos de 4 m entre sí, dicha separación equivale a una densidad de plantación de 625 individuos ha⁻¹.

Las dos especies estudiadas se encuentran plantadas de acuerdo a los tres tratamientos descritos anteriormente, con cuatro repeticiones por tratamiento por especie.

Selección de variables a medir: Las proporciones entre altura y diámetro, entre tamaño de la copa del árbol y el diámetro, entre la biomasa y el diámetro, normalmente responden a una regla general, que es la misma para todos los árboles que se desarrollan bajo las mismas condiciones ambientales, considerándose desde el más pequeño al más grande (King, 1996; Archibald y Bond, 2003; Bohlman y O’Brien, 2006; Dietze, *et al.*, 2008). Por lo anterior, para determinar el comportamiento en el desarrollo de los individuos, se seleccionaron las siguientes variables dendrométricas a medir:

Diámetro a la base (DB). Considerando la edad de la plantación así como las características morfológicas de las especies bajo estudio, se seleccionó esta variable, partiendo así mismo, de la

premisa de que en esta variable se apoya la generación de relaciones para la estructuración de ecuaciones alométricas para estimación de biomasa. (Mendez, 2001), calculándose a partir de éste el área basal (AB).

Altura total (H). Esta variable dendrométrica forma parte de las principales interacciones para la construcción de ecuaciones alométricas de estimación de biomasa (Vanclay, 2009).

La cobertura de copa (CT), según Vanclay (2009), generalmente forma parte de las principales interacciones durante la construcción de ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa, por lo que dicha variable también se consideró para el presente estudio.

Basándose en las variables dendrométricas mencionadas, se calculó de manera directa la biomasa de los individuos estudiados utilizando la ecuación siguiente:

$$BIO = (0.026884 + 0.001191DB^2H + 0.044529DB - 0.01516H) + (1.025041 + 0.023663DB^2H - 0.17071H - 0.09615LN(H)) + (-0.43154 + 0.011037DB^2H + 0.113602DB + 0.307809 * LN(DB))$$

Donde:

BIO = corresponde a la biomasa total aérea en kilogramos.

DB = diámetro a la base en centímetros

H = altura total del árbol expresada en metros

Ecuación extraída de Navar, *et al.*, (2004).

Para facilitar el levantamiento de datos de la plantación se diseñaron formatos específicos donde se contempló el registro de las variables medidas.

El diseño experimental utilizado para el presente estudio es “Diseño de Bloques al Azar con arreglo Factorial”. Esto con el fin de considerar el acomodo original de la plantación (Gutiérrez, y De la Vara, 2012). Para tal efecto se determinaron dos factores, los cuales se describen a continuación:

Factor A. Corresponde al efecto de los tratamientos de los diferentes espaciamientos entre individuos de la plantación, correspondiendo a tres niveles, 2x2 m, 3x3 m y 4x4 metros.

Factor B. Se refiere al efecto producido por la especie vegetal siendo dos niveles, *Prosopis glandulosa* Torr. y *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes.

El modelo estadístico del diseño experimental se puede escribir como:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta_{ij}) + B_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde; μ es la media general, α es el efecto debido a cada nivel del "Factor A", β efecto debido cada nivel del "Factor B", $(\alpha\beta)$ representa el efecto de la interacción en la combinación ij , B corresponde al efecto de bloque y finalmente ϵ tratándose del error aleatorio. Se realizó un análisis de varianza univariado (con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$). En el caso de encontrarse diferencia significativa, se procedió a realizar una prueba de comparación múltiple utilizando el método Tukey ($p<0.05$). El procedimiento anterior se realizó para las diferentes variables medidas en la plantación. El programa estadístico SPSS, se utilizó para el procesamiento de los datos.

Resultados y discusión

Los valores medios mayores entre las especies se presentaron para *Prosopis glandulosa* Torr. con

DB=9.698 cm, H=3.719 m, AB=93.415 cm², CT=17.880 m², así como biomasa calculada BIO=14.354 kg, esto para el espaciamiento de 3x3 metros. Por otra parte los valores medios menores correspondieron a la especie *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes con DB=6.141 cm, H=2.4479 m, AB=34.607 cm², así como biomasa calculada BIO=6.224 kg, correspondiendo al tratamiento de 4x4 m de igual forma para la CT=4.796 m², en el espaciamiento de 2x2 metros.

Se encontraron, para todas las variables, diferencias significativas ($p<0.05$) en los análisis de varianza (Tabla 1-5), presentándose la significancia en tres factores (espaciamiento, especie e interacción espaciamiento*especie), para únicamente la cobertura de copa (CT). Dos factores (espaciamiento y especie), para el caso de las variables diámetro a la base (DB) y área basal (AB);

Tabla 1. Análisis de varianza factorial. Diámetro a la Base (DB) ($p<0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Corrected Model	72.951(a)	8	9.119	4.048	0.01
Intercept	1368.878	1	1368.878	607.713	0
FactorA	17.804	2	8.902	3.952	0.042
FactorB	24.484	1	24.484	10.87	0.005
FactorA * FactorB	10.766	2	5.383	2.39	0.126
Bloque	19.897	3	6.632	2.944	0.067
Error	33.788	15	2.253		
Total	1475.617	24			
Corrected Total	106.739	23			

a R Squared = .683 (Adjusted R Squared = .515)

Tabla 2. Análisis de varianza factorial. Altura (H) ($p<0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Corrected Model	8.215(a)	8	1.027	4.688	0.005
Intercept	203.343	1	203.343	928.241	0
FactorA	1.513	2	0.757	3.454	0.058
FactorB	3.455	1	3.455	15.77	0.001
FactorA * FactorB	1.004	2	0.502	2.29	0.135
Bloque	2.243	3	0.748	3.414	0.045
Error	3.286	15	0.219		
Total	214.844	24			
Corrected Total	11.501	23			

a R Squared = .714 (Adjusted R Squared = .562)

Tabla 3. Análisis de varianza factorial. Área Basal (AB) ($p < 0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Corrected Model	17232.737(a)	8	2154.092	4.486	0.006
Intercept	75306.987	1	75306.987	156.833	0
FactorA	3604.682	2	1802.341	3.754	0.048
FactorB	7264.596	1	7264.596	15.129	0.001
FactorA * FactorB	2333.5	2	1166.75	2.43	0.122
Bloque	4029.96	3	1343.32	2.798	0.076
Error	7202.599	15	480.173		
Total	99742.323	24			
Corrected Total	24435.336	23			

a R Squared = .705 (Adjusted R Squared = .548)

Tabla 4. Análisis de varianza factorial. Cobertura de Copa (CT) ($p < 0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Corrected Model	717.674(a)	8	89.709	12.059	0
Intercept	2343.437	1	2343.437	315	0
FactorA	172.731	2	86.366	11.609	0.001
FactorB	394.153	1	394.153	52.981	0
FactorA * FactorB	80.699	2	40.349	5.424	0.017
Bloque	70.091	3	23.364	3.141	0.057
Error	111.592	15	7.439		
Total	3172.703	24			
Corrected Total	829.266	23			

a R Squared = .865 (Adjusted R Squared = .794)

Tabla 5. Análisis de varianza factorial. Biomasa Calculada (BIO) ($p < 0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Corrected Model	347.729(a)	8	43.466	4.291	0.007
Intercept	2071.35	1	2071.35	204.493	0
FactorA	72.982	2	36.491	3.603	0.053
FactorB	141.02	1	141.02	13.922	0.002
FactorA * FactorB	46.724	2	23.362	2.306	0.134
Bloque	87.003	3	29.001	2.863	0.072
Error	151.938	15	10.129		
Total	2571.016	24			
Corrected Total	499.667	23			

a R Squared = .696 (Adjusted R Squared = .534)

en cuanto a las variables altura (H) y biomasa calculada (BIO) se presentó significancia en el factor especie solamente. Lo anterior concuerda con lo indicado por Foroughbakhch y Heiseke (1990),

quienes detectaron respuesta tanto en altura como en incremento en diámetro en *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes, como respuesta al tratamiento de corte raso en plantaciones

experimentales a la edad de 4 años.

Mediante la prueba de comparación múltiple Tukey con una significancia de ($p < 0.05$), se identificaron las combinaciones de factores que presentan diferencia significativa (Tabla 6), las cuales se reflejaron en las variables diámetro a la base (DB), área basal (AB) y biomasa calculada (BIO) para los tratamientos de espaciamiento a 2x2 m con 3x3 metros. Sin embargo para el caso de la cobertura de copa (CT) se presenta diferencia significativa entre los tratamientos 2x2 m y 3x3 m, así como entre 2x2 m y 4x4 metros.

Los resultados evidencian respuesta de ambas especies (*Prosopis glandulosa* Torr. y *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes) como efecto de la diferencia en la densidad de plantación.

Tal como lo indica Ferrere, *et al.* (2005), para el experimento realizado en plantaciones de *Eucalyptus globulus* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, donde se evaluaron densidades de plantación entre 2083 y 582 plantas ha^{-1} .

Aunado a las diferencias significativas detectadas, se observa una tendencia positiva, para ambas especies, en el incremento de las dimensiones de las variables al pasar de la densidad de 2500 plantas ha^{-1} a 1100 plantas ha^{-1} (Figura 1), lo cual concuerda con lo citado por diferentes autores en investigaciones realizadas en plantaciones (Dalla-Tea, 1995; Pinilla Suárez y Ulloa, 2001; Ayala, *et al.* 2011; así como Ferrere, *et al.*, 2005). Sin embargo dicha tendencia cambia a negativa al pasar

Tabla 6. Comparación múltiple. método Tukey. Factor A "Espaciamiento".

FA Espaciamiento	(J) FA Espaciamiento	Significancia DB	Significancia H	Significancia AB	Significancia CT	Significancia BIO
1. 2X2	2. 3X3	0.038*	0.05	0.042*	0.001*	0.047*
	3. 4X4	0.17	0.26	0.211	0.014*	0.204
2. 3X3	1. 2X2	0.038*	0.05	0.042*	0.001*	0.047*
	3. 4X4	0.691	0.613	0.637	0.348	0.691
3. 4X4	1. 2X2	0.170	0.260	0.211	0.014	0.204
	2. 3X3	0.691	0.613	0.637	0.348	0.691

Basado en medias observadas

* La diferencia de medias es significativa a un nivel de 0.05

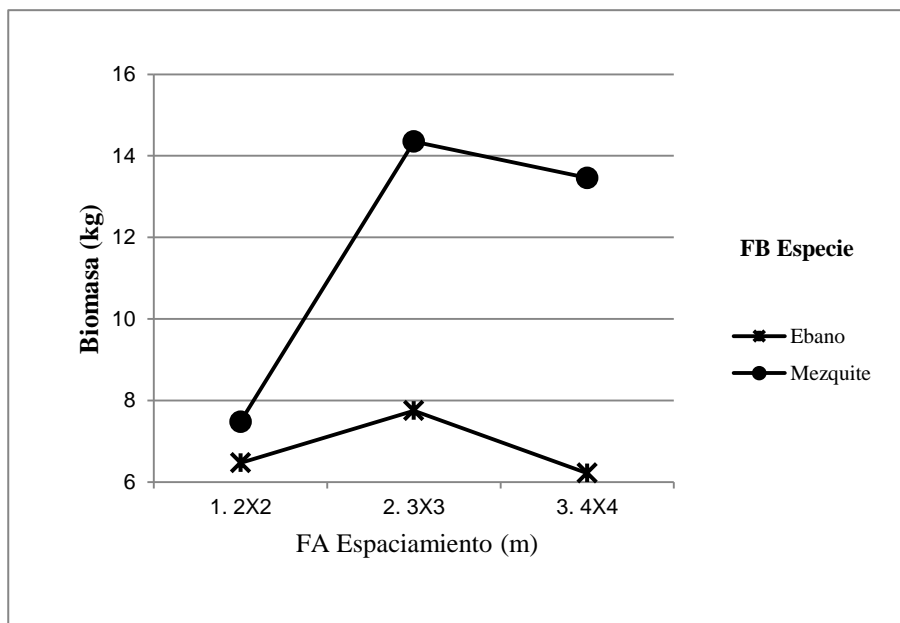


Figura 1. Tendencia observada en la Biomasa (BIO) en respuesta a los espaciamientos.

de 1100 plantas ha^{-1} a 625 plantas ha^{-1} . Presentándose los menores valores de las medias en la densidad 625 plantas ha^{-1} , correspondiendo a cuatro de las cinco variables estudiadas, $\text{DB}=6.141$ cm, $\text{H}=2.447$ m, $\text{AB}=34.607$ cm^2 , de la especie *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes. En el caso de la especie *Prosopis glandulosa* Torr., todas las variables disminuyen al pasar de 1100 plantas ha^{-1} a la densidad de 625 plantas ha^{-1} , reflejándose en una disminución en las medias del 2.046% en DB, 0.688% en H, 11.627% en AB, 10.196% en CT y 7.260% para el caso de biomasa.

Se observó evidencia de la respuesta del crecimiento a los tres niveles de densidad, sin embargo es necesario denotar que como se indicó, la respuesta presenta una tendencia positiva al pasar de una mayor densidad a otra menor (de 2500 a 1100 plantas ha^{-1}), sin embargo, dicha tendencia se observa negativa al continuar disminuyendo en la densidad de plantación. Esto se pudiese deber a que como lo indica Campanello, *et al.*, (2011), los cambios en la disponibilidad de radiación por la apertura de un claro imponen también modificaciones en las condiciones de crecimiento de la plantas, y el desarrollo de los individuos en las condiciones distintas, depende de su plasticidad fenotípica, que varía entre las distintas especies y para diferentes características ecofisiológicas. Este cambio en la tendencia la reporta Ferrere *et al.* (2005), para plantaciones de *Eucalyptus globulus*, donde la comparación de los valores de área basal calculada en los tratamientos de 2.083 y 1.095 plantas ha^{-1} se desprende que disminuyendo la densidad de plantación en casi un 50%, el crecimiento en área basal se ve aumentado en un 12%, lo cual justifica la disminución de la densidad, que además de incrementar el crecimiento supone una notable reducción de los costos de implantación. Por otra parte, una reducción de la densidad inicial por debajo de 1.095 plantas ha^{-1} , en una especie particularmente apta para la industria celulósica como lo es *Eucalyptus globulus*, determinará pérdidas importantes en área basal y por ende, en volumen por hectárea, que no se compensarán con un mayor crecimiento individual de los árboles, al menos en el corto plazo.

Así mismo Ayala, *et al.*, (2011), indica como resultado de su investigación que la plantación, con un estrecho distanciamiento de 2 x 2 m con la intercalación de *Gmelina arborea* entre cada taxón

originó un agotamiento derivado del máximo aprovechamiento por todas las plantas, lo que se reflejó en la reducción de la tasa de crecimiento en altura y diámetro en *Tectona grandis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum*. Siendo el distanciamiento de plantación de 3x3 m el que mejores resultados obtuvo.

Conclusiones

Las medias mayores de todas las variables analizadas se presentaron en *Prosopis glandulosa* Torr, en la plantación estudiada con edad de 5 años. Dicha observación indica una mayor productividad de la especie ante *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes. Así como una mayor sensibilidad a la respuesta ante diferentes tratamientos de densidad.

Se observó que el efecto en el tratamiento con tres diferentes espaciamientos puede conllevar a diferenciación en la productividad de ambas especies estudiadas en edades tempranas.

Entre los tres espaciamientos estudiados, el que presentó mayor efecto en cuanto a mejora de productividad de las especies estudiadas fue el que arroja una densidad de 1100 plantas ha^{-1} .

La respuesta aparentemente negativa de los individuos de cinco años de edad, para ambas especies se presentó en el mayor espaciamiento (4x4). Esto puede deberse a una estrategia de sobrevivencia en edades tempranas de las especies sobre todo de *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J. W. Grimes.

Considerando lo anterior y de acuerdo a los resultados de la presente investigación, se puede concluir que la densidad de plantación inicial recomendada para ambas especies es de 1100 plantas ha^{-1} . Sin embargo es necesario continuar el monitoreo del comportamiento en el crecimiento de los individuos estudiados, con el fin de identificar las tendencias a edades mayores de 5 años.

Agradecimientos

Al apoyo y facilidades brindadas por el personal del Campo Experimental Rio Bravo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Bibliografía

- Archibald, S., Bond, W.J., 2003. Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos*, 102(1): 3–14.
- Ayala López, J.L., Sánchez Monsalvo, V., Hernández Máximo, E., 2011. Crecimiento inicial de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. INIFAP. 1(2): 65-79.
- Bohlmán, S., O'Brien, S. 2006. Allometry, adult stature and regeneration requirement of 65 tree species on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 22(2): 123–136.
- Campanello, P.I., Gatti, M.G., Montti, L., Villagran, M., Goldstein, G., 2011. Ser o no ser tolerante a la sombra: economía de agua y carbono en especies arbóreas del Bosque Atlántico (Misiones, Argentina). *Ecología Austral*, 21:285-300.
- Dalla-Tea F., 1995. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos, Argentina. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 4(1), 57-71
- Dietze, M.C., Wolosin, M.S., Clark, J.S., 2008. Capturing diversity and interspecific variability in allometries: A hierarchical approach. *Forest Ecology and Management*, 256(11): 1939–1948.
- Estrada Castellón, E., Villarreal Quintanilla, J.A., Jurado, E., 2005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana*, 73:1-18.
- FAO. 2002. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000. Estudio FAO Montes 140. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 2013. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. Estudio FAO Montes 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- Ferrere, P., López, G.A., Boca, R.T., Galetti, M.A., Esparrach, C.A., Pathauer, P.S., 2005. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* en un ensayo Nelder modificado. *Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales*. 14(2), 174-184
- Foroughbakhch, R., Heiseke, D., 1990. Manejo silvícola del matorral: raleo, enriquecimiento y regeneración controlada. Reporte científico No. 19, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León. 6 p.
- García, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 pp.
- Gutiérrez, P.; De La Vara, R., 2012. Análisis y diseño de experimentos. México, Editoriales F.T. S.A.DE C.V. 489p.
- King, D.A., 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology*, 12: 25–44.
- Mendez, E., 2001. Ecuaciones de Biomasa para especies de matorral espinoso tamaulipeco del nordeste de México. Datos con aplicaciones para inventarios de biomasa. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León.
- Meza, S.R., 2002. Metodología para evaluar las poblaciones de mezquite (*Prosopis* spp). Folleto Técnico Núm. 6. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México.
- Navar, J., Méndez, E., Nájera, A., Graciano J., Dale, V., Parresol, B., 2004. Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of North-Eastern Mexico. *Journal of arid environments*. 59(2004):657-674.
- Osuna, L., Meza S.R., 2003. Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Folleto Técnico Núm. 8. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México.
- Pinilla Suárez J., Ulloa, I., 2001. Nuevos resultados en un ensayo de espaciamiento y raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). IUFRO Conference. Valdivia, Chile.
- Silva Serna, M. M.; Medina García, G.; Ruíz Corral, J. A.; Serrano Altamirano, V.; Díaz Padilla, G., Cano García, M. A., 2007. Estadísticas climatológicas Básicas del Estado de Tamaulipas (periodo 1961-2003). Libro técnico Núm. 2. Campo Experimental Río Bravo. CIRNE-INIFAP. Río Bravo, Tamaulipas.
- Vanclay, J.K. 2009. Tree diameter, height and stocking in even-aged forests. *Annals of Forest Science*, 66(7): 702.
- Yerena-Yamallel, J.I., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O.A., Treviño-Garza, E.J., 2011. Concentraciones de carbon en la biomasa aérea del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17(2):283-291.
- Zamudio Sánchez, F. J.; Romo Lozano, J. L., Cervantes Carrillo, J. O. A., 2010 Evaluación financiera y de riesgo de una plantación forestal comercial en Zihuateutla, Puebla. *Rev. Chapingo*.16(1): pp. 69-78.