

Biomass production and nutrients uptake for *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) and *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) plantation in Ultisols of Mexico

Producción de biomasa y extracción de nutrimentos en una plantación de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) Y *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) en ultisoles de México

Palma-López, David J.¹; Mercado-Zapata, Francisco J.¹; Palma-Cancino, David J.^{2*}; Jasso-Mata, Jesús³; Carillo-Ávila, Eugenio⁴; Salgado-García, Sergio¹

¹Colegio de Postgraduados campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México, C.P. 86500. ²Universidad Politécnica del Golfo de México, Paraíso, Tabasco, México, C.P. 86600. ³Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230. ⁴Colegio de Postgraduados campus Campeche, Campeche, Campeche, México, C.P. 24450.

*Autor por correspondencia: plusdpc@gmail.com

ABSTRACT

Objective: Compare biomass production and nutrients accumulation in a plot of *Eucalyptus grandis* and a plot of *Eucalyptus urophylla* on four sites of study.

Design/methodology/approach: The soils were classified for each site and the biomass productivity in each plantation was evaluated. Soils samples were extracted in each site to determined soil fertility and nutrient uptake by the eucalyptus trees.

Results: Site A soil was classified has a Plinthudult, site B was a Rhodudult, site C was a Plinthohumult, and site D was a Paleudult. *E. grandis* on site C produced lower amount of biomass than sites A, B and D. *E. urophylla* produced statistically different amount of biomass on each site. Nutrient extraction was statistically lower in sites A and C than in sites B and D.

Limitations/implications: Great adaptability to tropical climate and Ultisols limit the result extrapolation.

Findings/Conclusions: Biomass production and nutrient extraction in eucalyptus plantations are directly related to site quality establish in soil classification.

Keywords: savanna, soils taxonomy, site quality, soil aptitude.

RESUMEN

Objetivo: Comparar la producción de biomasa y la acumulación de nutrimentos en un lote de *Eucalyptus grandis* y otro de *Eucalyptus urophylla* en cuatro sitios.

Diseño/metodología/aproximación: Se clasificaron los suelos de cada sitio y se evaluó la productividad de biomasa en cada uno. Se extrajeron muestras de suelo para determinar su fertilidad y extracción de nutrimentos por parte de los árboles de eucaliptos.

Resultados: El suelo del sitio A se clasificó como Plinthudult, del sitio B como un Rhodudult, el sitio C como Plinthohumult, y el sitio D como un Paleudult. *E. grandis* en el sitio C, produjo menor cantidad de biomasa en comparación con la producción obtenida en los sitios A, B y D, mientras que *E. urophylla* produjo cantidades de biomasa estadísticamente diferentes en cada uno de los sitios. La extracción de N, P, K, Ca y Mg fue estadísticamente menor en los sitios A y C en comparación con los sitios B y D.

Limitaciones/implicaciones: La gran capacidad de adaptación (invasión) del género *Eucalyptus* a los climas tropicales y a los Ultisoles restringe la extrapolación de los resultados obtenidos.

Hallazgos/Conclusiones: La producción de biomasa, así como la extracción de nutrimentos se encuentra relacionada directamente con la calidad del sitio determinado en la clasificación del suelo.

Palabras clave: sabana, taxonomía de suelos, calidad de sitio, aptitud edáfica.

otras (Juárez-Palacios *et al.*, 2013; Palma-López *et al.*, 2015). El objetivo de esta investigación fue determinar la cantidad de biomasa total acumulada en árboles de *E. grandis* y *E. urophylla* en cuatro tipos de suelos, además de contribuir al conocimiento sobre la cantidad de nutrientes que son extraídos por la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado estuvo constituido por el lote G-17562 de *E. grandis* y el lote U-14431 de *E. urophylla*, ambos procedentes de plantaciones mejoradas de Queensland, Australia, y el Archipiélago de Indonesia, respectivamente. El trabajo se realizó en cuatro sitios; el primero (A) se ubicó en Las Choapas, Veracruz, México, mientras los otros tres (B, C y D) fueron localizados en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, los cuales se encuentran ubicados entre los 17° 46' y 17° 54' N, y 93° 48' y 94° 09' O. El área se ubica en una serie de lomeríos que poseen un clima Af(m) de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (2004), lo cual se refiere a que tiene un clima cálido húmedo con lluvias en todo el año con una precipitación media anual de 2,250 mm. En cada sitio se realizó un perfil con el objetivo de clasificar los suelos de acuerdo a la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2014). En los sitios fueron plantadas ambas especies, en un periodo de una semana. El tamaño de parcela fue de 441 m² y los árboles se establecieron a una distancia de 3×3 m (marco real) (González *et al.*, 2005).

Para conocer la producción de biomasa y la extracción de nutrientes dentro de los diferentes lotes en

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) son originarias de Australia y de las islas de la Polinesia; estas grandes masas de tierra fueron separadas del resto del continente asiático, lo que favoreció evolutivamente a las especies como ha sucedido con el *Eucalyptus grandis* (Kellison *et al.*, 2013). Existen algunas otras especies fuera de los límites de Australia, entre las que se encuentra *Eucalyptus urophylla*, que tolera bajas altitudes (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2017). En general las especies originarias de Australia han desarrollado mecanismos de sobrevivencia y tienen bastante éxito al ser introducidas en todas las regiones bajo condiciones climáticas y edáficas similares a su lugar de origen (Martínez-Ruiz *et al.*, 2006).

En México se han detectado cinco millones de hectáreas bajo el ambiente tropical desprovistas de vegetación arbórea, ocupadas principalmente por pastizales (Delgado-Caballero *et al.*, 2010). La mayor parte de estas tierras han sido clasificadas como suelos marginales de baja productividad y con aptitud preferentemente forestal. Sin embargo, no se cuenta con un sistema que permita evaluar específicamente la aptitud de estas tierras para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, constituyendo un factor muy importante que tiene su inicio con estudios de adaptación de la especie, aptitud de los suelos y el manejo forestal (Bustillos-Herrera *et al.*, 2007). Aprovechar estos suelos con plantaciones de eucalipto supone una alternativa para el desarrollo forestal en la zona tropical mexicana (Delgado-Caballero *et al.*, 2009; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2017).

Algunos de los beneficios que proporcionan las plantaciones de eucalipto van desde el ámbito socio-económico, aumento de la fertilidad del suelo, hasta la disminución de la presión sobre los bosques naturales (Martínez-Ruiz *et al.*, 2006; Palma-López *et al.*, 2015; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2017). La habilidad que tiene el género *Eucalyptus* para tomar los nutrientes del medio y producir madera, depende no sólo de la especie, sino de una serie de factores tales como la calidad del sitio, fertilidad del suelo, clima, entre

cada sitio de estudio, se evaluó la productividad de cada lote y de cada especie basada en las variables del rodal. Los eucaliptos en los sitios evaluados contaban con edad de corte (7 años). Se seleccionaron tres de los árboles más altos y vigorosos, posteriormente fueron talados, se extrajo el tronco y la raíz hasta una profundidad de 50 cm, se descortezaron y se estratificaron en raíz, corteza, madera, ramas-hojas (follaje). A cada árbol se le tomó una muestra de cada estrato, ésta se pesó en campo obteniéndose el peso verde (fresco), posteriormente dicha muestra fue secada al horno a 65 °C durante 48 h, para obtener el peso seco y estimar el total de biomasa.

Todas las muestras de madera se obtuvieron mediante la utilización de un serrucho con el cual se cortó una porción de madera. También fueron tomadas muestras de ramas y hojas en la misma orientación que la del tronco y de la raíz. A las muestras vegetales por componente se les realizaron análisis para determinar los contenidos totales con los siguientes métodos: N semi-micro Kjeldahl y P, K, Ca, Mg y Fe por digestión con HNO₃-HClO₄ de acuerdo con Salgado et al. (2013).

De cada sitio se extrajeron muestras de suelo a 0-30 cm de profundidad para caracterizar su fertilidad, a cada muestra extraída se le hizo análisis químico para N total semimicro-Kjeldahl (Gregorio et al., 2016); P (Método Bray), K, Ca y Mg intercambiables (Método de acetato de amonio a pH 7.0) y Fe extraíble (Método de DTPA) de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (2002).

El experimento fue establecido como un diseño completamente al azar en donde cada individuo (3) en cada sitio constituyó una repetición. A los resultados se les realizó un análisis de varianza y una prueba de medias mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$), a través del programa STATGRAPHICS Centurion XVIII (Statgraphics Corp., USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sitios de estudio se clasifican dentro del orden de los Ultisoles por poseer un horizonte B argílico con menos de 50% de saturación de bases. El sitio A se clasificó en el gran grupo

Plinthudult, en el cual se encontró una capa de plintita dentro de los 150 cm de profundidad que puede limitar la profundidad de enraizamiento (Palma-López et al., 2007). El Ultisol del sitio B fue clasificado en el gran grupo Rhodudult por poseer colores rojizos en el horizonte B producto de la oxidación de los materiales, no se encontraron factores físicos que afecten la profundidad de enraizamiento. El sitio C fue clasificado como Plinthohumult, en este sitio uno de los factores más importantes observados fue la fluctuación del manto freático dentro de los primeros 50 cm de profundidad, el cual afecta el crecimiento de las raíces, además de presentar mayor humificación (Palma-López et al., 2015). Finalmente, en el sitio D, el Ultisol fue clasificado como Paleudult, en el cual no se encontró ninguna limitante física que afectara el crecimiento de las raíces, pero con un horizonte Argílico muy profundo.

Las propiedades químicas encontradas en los sitios de muestreo a la profundidad de 0-30 cm, indicaron que los contenidos de materia orgánica en el sitio C fueron superiores en un 51.7% en comparación con el sitio A; 41% respecto al sitio B; y 22% respecto al sitio D (Cuadro 1). Los contenidos de MO tienen la tendencia C > D > B > A, coincidiendo con Palma-López et al. (2015), quienes mencionan que los Ultisoles ubicados en áreas más planas o en pendientes ligeramente cóncavas presentan mayor contenido de MO en comparación con los que se ubican en la parte alta de las lomas. Los contenidos reportados para el sitio C, indican mayor disponibilidad de fósforo (P), hierro (Fe) y capacidad de intercambio de cationes (CIC), esto coincide con Aguilar-Rodríguez et al. (2017).

El potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) fueron mayores para el sitio A en comparación con los sitios B, C y D (Cuadro 1), indicando un contenido en bases intercambiables ligeramente mayor; sin embargo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) resultó ser 65% mayor en el sitio C respecto al sitio A, 72% mayor respecto al sitio B, y 62% mayor respecto al sitio D. En general los cuatro sitios presentan muy bajos contenidos de CIC y bases intercambiables. Lo anterior aunado al pH fuertemente ácido,

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en suelo (profundidad 0-30 cm) determinados en cada sitio de muestreo.

Sitios	pH	M.O. (%)	Fe	P	K	Ca	Mg	C.I.C.
			(mg kg ⁻¹)	(cmol _(c) kg ⁻¹)				
A	4.5	2.8	120	1.4	0.18	1.41	0.31	5.04
B	4.3	3.4	78	2.2	0.10	1.01	0.41	4.02
C	4.4	5.8	130	2.5	0.02	0.04	0.05	14.6
D	4.4	4.4	124	1.8	0.03	0.06	0.03	5.53

El anterior aunado al pH fuertemente ácido,

bajos contenidos de P y los altos contenidos de Fe, permiten considerar a estos suelos como de muy baja fertilidad (NOM-021-RECNAT-2000, 2002; Salgado et al., 2013).

La producción total de biomasa en estos sitios del lote de *E. grandis*, fue 15.78 % mayor en el sitio D respecto al sitio C, 6% mayor respecto al sitio A, y 3% mayor respecto al sitio B (Cuadro 2). Lo anterior se puede relacionar con el índice de sitio, de acuerdo con Acosta et al. (2006) y Delgado-Caballero et al. (2010), quienes mencionan que los sitios con menos factores limitantes pudieran generar mayor cantidad de biomasa en plantaciones de eucalipto; en este caso los mayores contenidos de MO en los sitios D y C parecen asociados a la mayor producción de biomasa. La menor producción se observó en el suelo con mayores problemas de manto freático somero y baja permeabilidad (Plinthohumult), estos problemas fueron más importantes que el alto contenido de MO (Palma-López et al., 2015; Aguilar-Rodríguez et al., 2017).

De acuerdo con los resultados observados en el Cuadro 3, la producción total de biomasa del lote U-14531 *E. urophylla* en el sitio D fue 43% mayor respecto al sitio C, 18% mayor respecto al sitio A, y 10% mayor respecto al sitio B. El comportamiento de esta especie fue muy parecido a *E. grandis* comparando los sitios estudiados, aunque en general la producción de biomasa de *E. urophylla* es ligeramente menor (Cuadros 2 y 3).

Los datos de producción de biomasa para ambas especies, evidencian que existen limitantes físicas que pudieran estar relacionadas con la calidad del sitio. La presencia de plintita en el sitio A (suelo Plinthudult) y la fluctuación del manto freático en el sitio C (suelo Plinthohumult), parecen afectar todo el proceso de respiración en los árboles, teniendo como consecuencias limitación de crecimiento y producción de biomasa, en especial la biomasa radical (Acosta et al., 2006). *E. urophylla* resulta ser más sensible a estos efectos que *E. grandis* (Delgado-Caballero et al., 2009; Kellison et al., 2013).

El contenido de nitrógeno extraído *E. grandis*, demuestran que el sitio C hubo menos N total en comparación con los sitios D, B y A. En general, la extracción de N en todos los sitios es limitada por la poca disponibilidad de N mineral en estos suelos ácidos, dada la baja mineralización de la MO (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010; Palma-López et al., 2015). Por su lado Ceccon y Martínez-Ramos (2000), aseguran que la capacidad de absorción de N de las especies forestales puede estar relacionada con la disponibilidad del mismo en el sitio y por la superficie de contacto de las raíces y el suelo (Cuadro 4). Para el caso *E. urophylla* la extracción de N siguieron la tendencia anteriormente descrita para *E. grandis* (Cuadro 5). En general la cantidad de N fue mayor en *E. grandis* al compararlo con *E. urophylla*, siendo similar a lo reportado por Delgado-Caballero et al. (2009) y Stanturf et al. (2013).

El P es uno de los elementos esenciales para el crecimiento de los árboles (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010), los valores de este elemento encontrados en *E. grandis* en el sitio D (Cuadro 5), coinciden con los datos reportados por Henri (2001) en plantaciones en Venezuela y Kellison et al. (2013) en el sur de Estados Unidos. Al comparar los resultados en los diferentes sitios, la tendencia en extracción entre sitios fue D>B>A>C (Cuadro 4). De la misma manera los contenidos de P de *E. urophylla*, varían considerablemente de acuerdo con las tendencias de la calidad del sitio (Cuadro 5).

En relación con la extracción de nutrientes por parte de la especie *E. grandis* y *E. urophylla*, la extracción de N, P

Cuadro 2. Producción promedio de biomasa en Mg ha⁻¹ del lote G-17562 de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex. Maid) en los cuatro sitios de estudio.

Sitios	Raíz	Tronco	Corteza	Follaje	Total
Plinthudult (A)	18 b	55 b	23 a	11 a	107 b
Rhodudult (B)	19 b	60 a	21 a	11 a	111 b
Plinthohumult (C)	18 b	52 b	22 a	7 a	96 c
Paleudult (D)	25 a	65 a	15 b	9 a	114 a

Letras desiguales indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P<0.05).

Cuadro 3. Producción promedio de biomasa en Mg ha⁻¹ del lote U-14531 de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake).

Sitios	Raíz	Tronco	Corteza	Follaje	Total
Plinthudult (A)	13 b	43 c	18 a	16 a	90 c
Rhodudult (B)	17 a	55 b	18 a	10 b	100 b
Plinthohumult (C)	10 b	38 c	9 b	6 c	63 d
Paleudult (D)	18 a	62 a	18 a	12 a	110 a

Letras desiguales indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P<0.05).

Cuadro 4. Extracción de nutrimentos por el árbol en kg ha⁻¹ en cada uno de los sitios en estudio del lote G-17562 *E. grandis* (Hill Ex. Maid).

	Plinthudult (A)	Rhodudult (B)	Plinthohumult (C)	Paleudult (D)
Nitrógeno	46 b	50 b	37 c	56 a
Fósforo	13 b	16 a	8 c	19 a
Potasio	47 b	43 b	45 b	52 a
Calcio	53 a	41 b	33 c	54 a
Magnesio	15 a	13 a	12 a	11 a
Fierro	47 b	43 c	45 b	52 a

Letras desiguales por fila indican diferencias significativas (Tukey, P<0.05).

Cuadro 5. Extracción de nutrimentos por el árbol en kg ha⁻¹ en cada uno de los sitios de estudio del lote U-14531 *E. urophylla* (S.T. Blake).

	Plinthudul (A)	Rhodudult (B)	Plinthohumult (C)	Paleudult (D)
Nitrógeno	39 b	38 b	27 c	48 a
Fósforo	12 b	14 b	6 c	21 a
Potasio	44 c	45 b	31 d	49 a
Calcio	44 b	40 b	34 c	50 a
Magnesio	12 a	11 a	6 b	12 a
Fierro	44 a	45 a	45 a	49 a

Letras desiguales por fila indican diferencias significativas (Tukey, P<0.05).

y Ca, fue menor en el sitio C, lo cual se puede deber a la condición de anaerobiosis presente en este sitio (Palma-López et al., 2015). Por su parte, el K total extraído fue diferente en todos los sitios y el Mg únicamente fue menor en el sitio C. Finalmente, el Fe extraído fue estadísticamente igual (P<0.05) en todos los sitios para *E. urophylla*, y diferente en *E. grandis* (Cuadros 4 y 5).

Calidad de los sitios de estudio

Para tomar decisiones correctas sobre el uso y manejo del suelo, es necesario conocer las características físicas y químicas del suelo (Palma-López et al., 2007), así como sus limitaciones físicas y sus posibilidades de aprovechamiento (Cajuste-Botemps y Gutiérrez-Castorena, 2011; Aguilar-Rodríguez et al., 2017). Respecto a las propiedades químicas de los Ultisoles de la sabana tropical mexicana, se relacionan con la producción de biomasa y la extracción de nutrientes, además todo indica que las variables físicas del sitio condicionan también la absorción de nutrientes. Por tal razón la aptitud de los Ultisoles estudiados para el cultivo del eucalipto queda definida mayoritariamente por lo factores físicos, que pueden ser evaluados en campo (Palma-López et al., 2007; 2008).

De acuerdo a los resultados obtenidos los suelos del sitio B y D presentan mejor aptitud para las especies

de estudio, y debido a sus condiciones físicas y químicas resultan ser aptos para la producción de biomasa y madera (Stanturf et al., 2013; Aguilar-Rodríguez et al., 2017). Mientras que los sitios A y C son afectados por la presencia de plintita, que limita la profundidad de enraizamiento en el primer caso, y la fluctuación del manto freático en los primeros 50 cm en el segundo. Esto último les confiere ser ligeramente aptos para la producción de madera. En todos los casos el grosor del horizonte A, condiciona la potencialidad de los suelos ya que es en este horizonte donde se observó el mayor crecimiento de raíces, lo cual indica la necesidad de realizar manejo de conservación de suelos para disminuir el riesgo de erosión.

CONCLUSIONES

La producción total de biomasa fue alta, tanto en los sitios con *E. urophylla*, como en los sitios con *E. grandis*. La disponibilidad de agua y nutrientes en los Ultisoles de la sabana tropical, tiene un efecto sobre la producción de biomasa. La extracción de nutrimentos es afectada directamente por la aptitud de cada uno de los sitios y de la plasticidad de la especie para adaptarse a las diferentes condiciones edáficas y climáticas. Los contenidos totales de nutrimentos extraídos varían considerablemente respecto a los sitios, condición que es afectada por las características físicas y químicas del sitio.

LITERATURA CITADA

- Acosta, B., Márquez, O., Mora, E., García, V., y Hernández, R. (2005). Uso del método de análisis de componentes principales para la evaluación de la relación suelo productividad en *Eucalyptus* spp. Estado Portuguesa-Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana 37: 17-44.
- Aguilar-Rodríguez, J. R., Zavala-Cruz, J., Juárez-López, F., Palma-López, D. J., Castillo-Acosta, O., y Shirma-Torres, E. D. (2017). Aptitud edáfica de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en la terraza de Huimanguillo, Tabasco, México. Agro Productividad 10(12): 79-84.
- Bustillos-Herrera, J. A., Valdez-Lazalde, J. R., Alderete, A., y González-Guillen, M. J. (2007). Aptitud de terrenos para plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden): definición mediante el proceso de análisis jerarquizado y SIG. Agrociencia 41(7): 787-796.
- Cajuste-Botemps, L., y Gutiérrez-Castorena, M. C. (2011). El factor relieve en la distribución de los suelos en México. En:

- Krasilnikov, P., Jiménez-Nava, F. J., Reyna-Trujillo, T., y García-Calderón, N. E. (eds). Geografía de suelos de México. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.
- Ceccon, E., y Martínez-Ramos, M. (2000). Aspectos ambientales referentes al establecimiento de las plantaciones forestales en larga escala para revisión de la norma forestal. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología.
- Delgado-Caballero, C. E., Valdez-Lazalde, J. R., Fierros-González, A. M., De Los Santos-Posadas, H. M., y Gómez-Guerrero, A. (2010). Aptitud de áreas para plantaciones de eucalipto en Oaxaca y Veracruz: proceso de análisis jerarquizado vs álgebra Booleana. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(1): 123-133.
- Delgado-Caballero, C. E., Gómez-Guerrero, A., Valdez-Lazalde, J. R., De Los Santos-Posadas, H. M., Fierros-González, A. M., y Horwath, R. W. (2009). Índice de sitio y propiedades del suelo en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla* en el sureste de México. *Agrociencia* 43: 61-72
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. Sexta Edición.
- González, R., Stock, J., Jerez, M., Carrero-Gamaz, O., Plonczak, M., y Shutte, F. (2005). Análisis biológico y financiero de un ensayo de fertilización en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* establecidas en suelos arenosos del Oriente de Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 49(2): 175-181.
- Gregorio, J., Lanza, P., Churión, C., y Gómez, N. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente* 28(2): 1-8.
- Henri, C. J. (2001). Soil-site productivity of *Gmelina arborea*, *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis* forest plantations in western Venezuela. *Forest Ecology and Management* 144: 255-264.
- Juárez-Palacios, J. C., Honorato-Salazar, J. A., Vázquez-Silva, L., y Conrado Parraguirre-Lezama, J. F. (2013). Patogenicidad de *Chrysosporthe cubensis* en clones de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus urophylla* en el sureste de México. *Madera y Bosques* 19(1): 17-36.
- Kellison, R. C., Lea, R., y Marsh, P. (2013). Introduction of *Eucalyptus* spp. into the United States with special emphasis on the southern United States. *International Journal of Forestry Research* 2013 (22): 1-9.
- Martínez-Ruiz, R., Azpiroz-Rivero, H. S., Rodríguez-De la O, J. L., Cetina-Alcalá, V. M., y Gutiérrez-Espinoza, M. A. (2006). Importancia de las plantaciones de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai* 2(3): 815-846.
- NOM-021-RECNAT-2000. (2002). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. Diario Oficial de la Federación. México. 73 p.
- Palma-López, D. J., Cisneros, D. J., Moreno-Cáliz, E., y Rincón-Ramírez, J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Villahermosa: Colegio de Postgraduados, ISPROTAB-FUPROTAB.
- Palma-López, D. J., Moreno-Cáliz, E., Rincón-Ramírez, J. A., y Shirma-Torres, E. D. (2008). Degradación y conservación de los suelos del estado de Tabasco. Villahermosa: Colegio de Postgraduados, CONACYT, CCYTET.
- Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Martínez-Sebastián, G., Zavala-Cruz, J., y Lagunes-Espinoza, L. del C. (2015). Cambios en las propiedades del suelo en plantaciones de eucalipto de Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2(5): 163-172.
- Salgado-García, S., y Núñez-Escobar, R. (2010). Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Colegio de Postgraduados, Ciudad de México: Mundi Prensa México.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Castelán-Estrada, M., Lagunes-Espinoza, L. del C., y Ortiz, L.H. (2013). Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Cárdenas: Colegio de Postgraduados.
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington: Twelfth Ed.
- Stanturf, J. A., Vance, E. D., Fox, T. R., y Kirst, M. (2013). *Eucalyptus* beyond its native range: environmental issues in exotic bioenergy plantations. *International Journal of Forestry Research* 2013 (17): 1-5.

