

Growth of plants of *Cedrela odorata* L., *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nicholson, and *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. with synthetic and bio-based fertilization

Crecimiento de plantas de *Cedrela odorata* L., *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. con fertilización sintética y biológica

Vázquez-Luna, Dinora^{1,2}, Mora-Olivera, Amairani¹, Cuevas-Díaz, María del Carmen^{2,3}, Retureta-Aponte, Alejandro¹, Ávila-Bello, Carlos Héctor^{1,2}, Hernández-Romero, Ángel Héctor^{1,2}, Lara-Rodríguez, Daniel Alejandro^{1,2*}

¹Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana, Aca-yucan, Veracruz, México, C. P. 96100. ²Centro de Estudios Interdisciplinarios en Agrobiodiversi-dad, Universidad Veracruzana, Aca-yucan, Veracruz, México, C. P. 96100. ³Facultad de Ciencias Químicas campus Coatzacoalcos, Universidad Veracruzana. Coatzacoalcos, Veracruz, México. C. P. 96538.

*Autor para correspondencia: dlara@uv.mx

ABSTRACT

Objective: The objective was to assess the growth and accumulation of biomass in seedlings of three forest species (*Cedrela odorata*, *Tabebuia chrysantha* and *T. rosea*), under bio-based and synthetic fertilization, as well as their effect on the rhizosphere.

Design/methodology/approach: A completely randomized design with four replications was established and three treatments were evaluated for each forest species: T1, mycorrhizae based biofertilizer; T2, biofertilizer based on *Azospirillum* sp.; T3, synthetic slow release fertilizer, using from week one to four the commercial Starter[®] formula 10-15-5, applying 50 ppm/plant; while from week 10 to 12, 100 ppm/plant of Nitro[®] 30-0-0 were used, with their corresponding control. The growth variable was measured by height in a ten-day interval and the biomass accumulated at 12 weeks was estimated. Finally, rhizospheric soil samples were taken from each treatment, by species and free-living nitrogen fixing bacteria (FLNB) in Congo red agar.

Results: The biofertilizer based on *Azospirillum* sp. improved plant growth and microbiological quality of the rhizospheric soil of *Cedrela odorata* and *Tabebuia rosea*; while with *T. chrysantha*, no statistical differences were found between the different types of fertilization. FLNB growth was favored by biofertilizers.

Limitations on study/implications: The study lasted only three months, so it is suggested to analyze long-term variables, as well as their response in the field.

Findings/conclusions: Biofertilization can be an alternative for the growth of commercial forest species such as *Cedrela odorata* and *Tabebuia rosea*.

Keywords: Cedar, biotechnology, sustainable development, rhizosphere, biomass.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo fue evaluar el crecimiento y la acumulación de biomasa en plántulas de tres especies forestales (*Cedrela odorata*, *Tabebuia chrysantha* y *T. rosea*), utilizando fertilizantes sintéticos y basados en microorganismos, así como su efecto en la rizósfera.



Diseño/metodología/enfoque: Se estableció un diseño completamente al azar con cuatro réplicas, con tres tratamientos y un testigo en plántulas de tres especies forestales: T1, biofertilizante con micorrizas; T2, biofertilizante a base de *Azospirillum* sp.; T3, fertilizante de liberación lenta, usando de la semana uno a la cuatro la fórmula comercial de Arranque® 10-15-5, aplicando 50 ppm/planta; mientras que la semana 10 a la 12, se utilizaron 100 ppm/planta de Nitro® 30-0-0, con sus correspondientes testigos. Se midió la altura de planta cada diez días y se estimó la biomasa acumulada a las 12 semanas. Al finalizar se tomaron muestras de suelo rizosférico de cada tratamiento, por especie y se cultivaron Bacterias Fijadoras de Nitrógeno de Vida Libre (BFNVL) en agar rojo Congo.

Resultados: El biofertilizante con *Azospirillum* sp. fue el tratamiento que mejoró el crecimiento de las plántulas y la calidad microbiológica del suelo rizosférico de *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*; mientras que con *T. chrysantha*, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos de fertilización. El crecimiento de BFNVL fue favorecido por los biofertilizantes.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El estudio duró tres meses, por ello se sugiere analizar estas variables a largo plazo y su respuesta en campo.

Hallazgos/conclusiones: La biofertilización puede ser una alternativa para el crecimiento de especies forestales comerciales como *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*.

Palabras clave: Cedro, biotecnología, desarrollo sustentable, rizosfera, biomasa.

factores, las convierten en el grupo más promisorio de diazotófos asociados con gramíneas y otras plantas no leguminosas (Parra y Cuevas, 2002). Otros de los elementos que frecuentemente se pueden encontrar en algunos biofertilizantes son las micorrizas, variedad de hongos simbioses que viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces, rizomas o talos) de las plantas terrestres, acuáticas o epífitas (Spagnoletti *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y la acumulación de biomasa en plántulas de *Cedrela odorata*, *Tabebuia chrysantha* y *T. rosea*, sometidas a fertilización con biofertilizantes y fertilizantes sintéticos, es importante destacar que *C. odorata* se encuentra registrada como vulnerable y *T. chrysantha* como amenazada, de acuerdo con la norma ecológica (SEMARNAT, 2010). Por otro lado, se evaluó el efecto rizosférico de los tratamientos, mediante el crecimiento de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos fases, en la primera se montaron los bioensayos en ambientes controlados con plántulas de *Cedrela odorata*, *Tabebuia chrysantha*, *T. rosea*, para ello se estableció un diseño complementamente al azar con cuatro réplicas y se evaluaron tres tratamientos y un testigo para cada especie: T1, biofertilizante con micorrizas; T2, biofertilizante a base de *Azospirillum* sp.; T3, fertilizante de lenta liberación, usando desde la siembra la fórmula comercial de Arranque® 10-15-5, aplicando 50 ppm/planta; mientras que de la semana 10 a la 12, se utilizaron 100 ppm/planta de Nitro® 30-0-0. La

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de los fertilizantes sintéticos data de 1915, en la década de los 40 surgió en México, con apoyo de la Fundación Rockefeller, la llamada Revolución Verde (Picado, 2008). En los años 70, con los inicios del movimiento agroecológico, se pensó en contrarrestar la contaminación de suelos, plantas y mantos freáticos, provocada por el uso de productos derivados sobre todo de energía fósil (Bucay, 2001), con el uso de biofertilizantes, productos elaborados con base en microorganismos como bacterias, hongos o algas marinas, que han demostrado su efectividad en la relación planta-suelo a corto plazo y con beneficios prolongados (Richards, 1987). Cabe mencionar que los biofertilizantes son productos compuestos por microorganismos que permiten la interacción entre suelo y planta, mejorando la absorción de los nutrimentos (Bojórquez *et al.*, 2010).

Algunas de las alternativas diseñadas en las últimas décadas se basan en el uso de bacterias del género *Azospirillum* debido a sus funciones como promotoras del crecimiento, además de inducir resistencia a agentes patógenos y promover la fijación de nitrógeno, inhibe la proliferación de plantas parásitas y produce hormonas que estimulan el crecimiento vegetal, lo que permite un mayor desarrollo. La habilidad que tienen estas bacterias de colonizar el interior de las plantas y ocupar nichos protegidos del oxígeno y otros

inoculación del suelo con *Azospirillum* spp. y las micorizas se realizaron desde el inicio del experimento con sus correspondientes testigos. Se midió la altura de planta cada diez días y se estimó la biomasa acumulada de tallo, hojas y raíz a las 12 semanas que duró el experimento. Al finalizar se tomaron muestras de suelo rizosférico de cada tratamiento, por especie y se cultivaron las Baterias Fijadoras de Nitrogeno de Vida Libre (BFNVL) en agar rojo Congo.

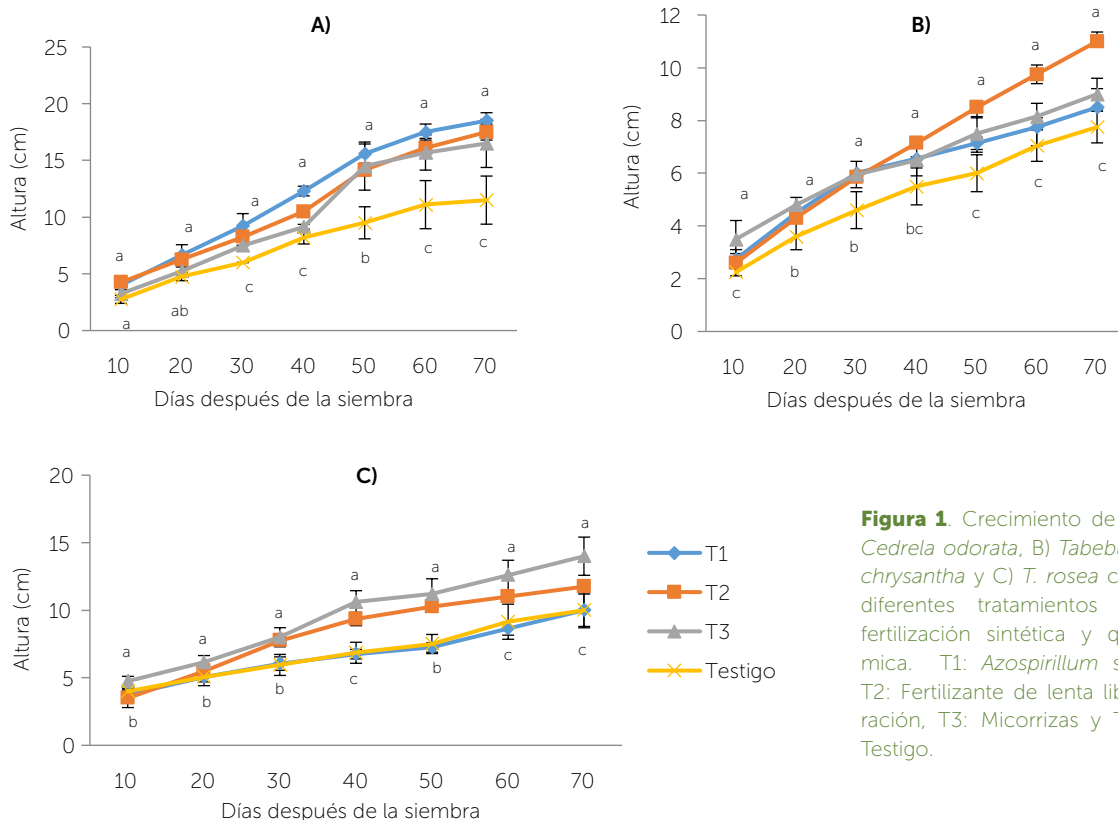
El biofertilizante se obtuvo mediante extracción y purificación de *Azospirillum* spp. del mismo suelo usado en el experimento, mediante el procedimiento reportado por Córdova-Bautista et al. (2009) utilizando el medio de cultivo rojo Congo Döbereiner para *Azospirillum* spp. Para el biofertilizante elaborado con micorizas, las esporas se extrajeron del mismo suelo, usando el método de tamizado húmedo y centrifugación en agua a 2,000 rpm durante tres minutos y en sacarosa (45%) a 1,500 rpm durante dos minutos (Gerdemann y Nicolson, 1963). El recuento se realizó con la ayuda de un microscopio estereoscópico (40x), por lo que se aplicaron 20 mL de una solución de agua destilada estéril con 200 esporas/mL; mientras que para el biofertilizante con *Azospirillum* spp. se aplicaron 20 mL/planta de una solución de agua destilada estéril con 9.8×10^{-5} UFC/mL.

En la segunda fase, los datos se analizaron mediante un ANOVA utilizando el procedimiento PROC GLM y la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$), con el software SAS (2006) versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En *Cedrela odorata* no hubo diferencias estadísticas en la altura de plantas tratadas con los tres métodos de fertilización; pero sí entre éstos y el testigo a partir del día 20 después de la siembra (Figura 1A). Para *Tabebuia chrysantha* el mejor método fue la aplicación del fertilizante de liberación lenta, el cual mostró diferencias desde los 10 días después de la siembra (Figura 1B), y para *T. rosea* fue la aplicación de micorizas (Figura 1C), los cuales superaron de manera significativa a los tratamientos testigo y *Azospirillum* sp. desde los 10 días después de la aplicación de los tratamientos.

En *C. odorata* los tratamientos evaluados no tuvieron efectos significativos en la biomasa de hojas. En tallos, el tratamiento *Azospirillum* sp. superó en 70.8% la biomasa registrada en el testigo; sin embargo, no mostró diferencias estadísticas con el resto de tratamientos de fertilización. El tratamiento *Azospirillum* sp. tuvo mayor biomasa seca de raíces que el resto de tratamiento y el testigo (Figura 2A). En *T. chrysantha*, el tratamiento *Azospirillum*



sp. tuvo mayor biomasa seca de raíces que el testigo. En esta especie no se observaron efectos de los tratamientos en las biomásas de tallos y hojas. (Figura 2B). En *T. rosea* no se observaron diferencias significativas de tratamientos en las biomásas (Figura 2C).

En *C. odorata* y *T. rosea*, la cantidad de bacterias benéficas (BFNVL) fue significativamente incrementada con el tratamiento *Azospirillum* sp., en comparación con el resto de tratamientos de fertilización y el testigo como se observa en las Figuras 3A y 3C. Asimismo, el fertilizante sintético y las micorrizas no mostraron diferencias entre sí, pero sí superaron al testigo. Por otra parte, en *T. chrysantha*, los tres tratamientos de fertilización tuvieron una cantidad superior de BFNVL que el testigo (Figura 3C).

El biofertilizante basado en *Azospirillum* fue el mejor tratamiendo para *C. odorata* y *T. rosea*, debido a que esta bacteria promueve el crecimiento vegetal (Owen et al., 2015). En *C. odorata* se registró una altura superior en 40% con la combinación de *Rhizophagus intraradices* + *Azospirillum brasilense* + fertilización 15N-15P-15K respecto a la altura de las plantas del testigo (Aguirre-Medina et al., 2014). Además, también se ha encontrado que la inoculación con micorrizas produce altos niveles de micorrización en las raíces de *C. odorata* hasta el sexto mes, por lo que es necesario esperar más tiempo para ver resultados en la tasa de crecimiento (Oros-Ortega et al., 2015); aunque la mico-

rización debe hacerse con cepas nativas, debido a que están más adaptadas.

En *C. odorata* se han mostrado excelentes resultados con *Claroideoglossum etunicatum* y *Acaulospora colombiana*, beneficiando el crecimiento y la absorción de nutrimentos (Silva et al., 2017). Por otra parte, las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son las que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las dificultades que se pueden percibir en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil (Cruz et al., 2004); sin embargo, se deben considerar las diversas condiciones agroecológicas y la diversidad de los pequeños agricultores para identificar las soluciones más adecuadas, pues los biofertilizantes pueden ser incorporados como una alternativa para contribuir al mejoramiento de los agroecosistemas (Vanlauwe et al., 2019).

En el caso de *T. chrysantha* se ha encontrado asociado a micorrizas de los géneros *Acaulosporaceae*, *Archaeosporales* y *Gigasporaceae* (Haug et al., 2010), es una especie muy selectiva, lo que pudiera explicar la falta de respuesta ante la inoculación en el presente estudio. Asimismo, también se han encontrado asociaciones selectivas con *Ascomycota* (98%); mientras que *Basidiomycota* (0.9%) y *Glomeromycota* (0.01%) las asociaciones son poco comunes (Llacsá et al., 2019).

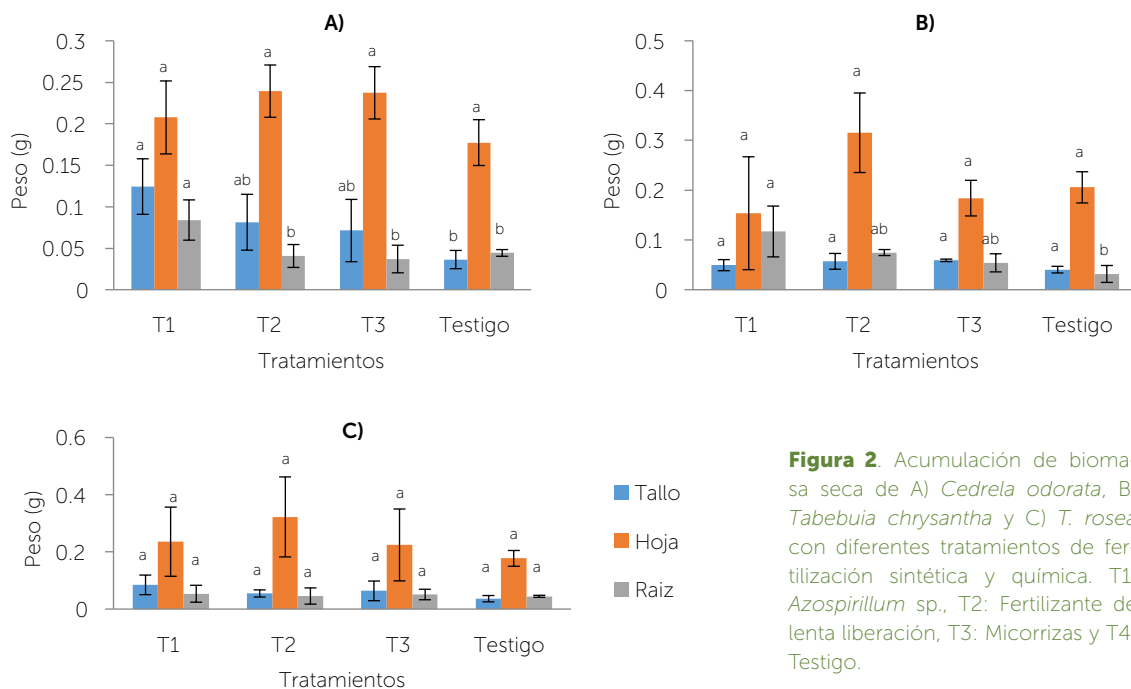


Figura 2. Acumulación de biomasa seca de A) *Cedrela odorata*, B) *Tabebuia chrysantha* y C) *T. rosea* con diferentes tratamientos de fertilización sintética y química. T1: *Azospirillum* sp., T2: Fertilizante de lenta liberación, T3: Micorrizas y T4: Testigo.

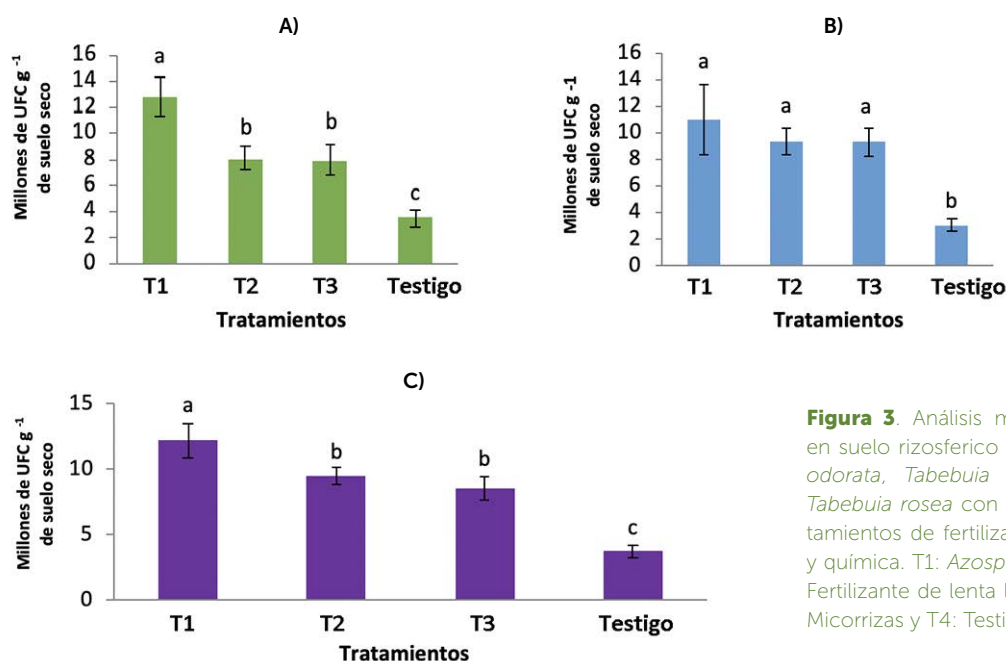


Figura 3. Análisis microbiológico en suelo rizosférico de A) *Cedrela odorata*, *Tabebuia chrysantha* y *Tabebuia rosea* con diferentes tratamientos de fertilización sintética y química. T1: *Azospirillum* sp., T2: Fertilizante de lenta liberación, T3: Micorrizas y T4: Testigo.

CONCLUSIONES

La biofertilización puede ser una alternativa para el desarrollo de especies forestales comerciales como *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*, mejorando el crecimiento de las plantas y la calidad microbiológica del suelo rizosférico, donde las BFNVL son también favorecidas. En el caso de *Tabebuia chrysantha* es necesario explorar micorrizas nativas en el área de distribución de las especies estudiadas.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J. F., Mina-Briones, F. O., Cadena-Iñiguez, J., Dardón-Zunun, J. D., & Hernández-Sedas, D. A. (2014). Crecimiento de *Cedrela odorata* L. biofertilizada con *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en vivero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20, 177-183.
- Bojórquez, A. D. A., Gutiérrez, C. G., Báez, J. R. C., Sánchez, M. Á. A., Montoya, L. G., & Pérez, E. N. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible*, 6, 51-56.
- Bucay, B. (2001). Apuntes de historia de la química industrial en México. *Revista de la Sociedad Química de México*, 45, 136-142.
- Córdova-Bautista, Y., Rivera-Cruz, M. C., Ferrera-Cerrato, R., Obrador-Olán, J., & Córdova-Ávalos, V. (2009). Detección de bacterias benéficas en suelo con banano (*Musa AAA Simmonds*) cultivar 'gran enano' y su potencial para integrar un biofertilizante. *Universidad y Ciencia*, 25, 253-265.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistemas*, 13, 90-97.
- Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
- Haug, I., Wubet, T., Weiss, M., Aguirre, N., Weber, M., Guenter, S., & Kottke, I. (2010). Species-rich but distinct arbuscular mycorrhizal communities in reforestation plots on degraded pastures and in neighboring pristine tropical mountain rain forest. *Tropical Ecology*, 51(2), 125-148.
- Llaca, L. X., Solís-Castro, R. L., Mialhe, E., & García-Seminario, R. (2019). Metagenomic Analysis of the Bacterial and Fungal Community Associated to the Rhizosphere of *Tabebuia chrysantha* and *T. billbergii*. *Current Microbiology*, 76, 1073-1080.
- Oros-Ortega, I., Alonso-López, A., Pérez-Moreno, J., López-Collado, J. C., Lara-Pérez, L. A., Martínez-Garza, S. E., Solís-Ramos, L. Y., & Andrade-Torres, A. (2015). Respuesta de plántulas de *Cedrela odorata* a la inoculación con *Rhizophagus intraradices* y diferentes niveles de defoliación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 627-635.
- Owen, D., Williams, A. P., Griffith, G. W., & Withers, P. J. A. (2015). Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorous acquisition. *Applied Soil Ecology*, 86, 41-54.
- Parra, Y., & Cuevas, F. (2002). Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 23, 31-41.
- Picado, W. (2008). Ciencia y geopolítica en los orígenes de la Revolución Verde. *Revista de Ciencias Ambientales*, 36(2), 46-56.
- Richards, B. N. (1987). The microbiology of terrestrial ecosystems. *Forest Science*, 34, 250-251.
- SEMARNAT. (2010). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación. SEMARNAT.
- Silva, E. P. d., Ferreira, P. A. A., Furtini-Neto, A. E., & Soares, C. R. F. S. (2017). Micorrizas arbusculares e fósforo no desenvolvimento de mudas de Cedro-Australiano. *Ciência Florestal*, 27, 1269-1281.
- Spagnoletti, F. N., di Pardo, A. F., Tobar Gómez, N. E., & Chiochio, V. M. (2013). Las micorrizas arbusculares y *Rhizobium*: una simbiosis dual de interés. *Revista Argentina de Microbiología*, 45, 131-132.
- Vanlauwe, B., Hungria, M., Kanampiu, F., & Giller, K. E. (2019). The role of legumes in the sustainable intensification of African smallholder agriculture: Lessons learnt and challenges for the future. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284, 106583.