

Estructura del bosque y propagación de dos especies de encinos con micorrizas en el Estado de México

Norberto Ignacio-Ruiz , Mónica Rangel-Villafranco, Israel Cárdenas-Camargo
Laboratorio de Diagnóstico Ambiental, División de Desarrollo Sustentable
Universidad Intercultural del Estado de México (UIEM)
San Felipe del Progreso, Mex.; México
monica.rangel@uiem.edu.mx

Abstract— The temperate forest in special the oak forest have been affected by several causes, many anthropogenic nature, for this reason is very important design strategies for its conservation and restoration. The objective of this work was identify the most dominant for the oak forest would, an analysis of the tree structure was carried and show that *Quercus conspersa* and *Quercus crassipes* were the most important for ecosystem. Subsequently, we did the propagation of this species and inoculated the seedlings with native Endo- and ectomycorrhizas. The results show that exist a differential effect of the treatment between species and the double inoculation was the most effective for two species.

Keyword— oak forest, mycorrhiza, growth, *Quercus conspersa*, *Quercus crassipes*.

Resumen— Los bosques templados y en particular los bosques de encinos han sido ampliamente afectados por diversas causas, muchas de ellas de naturaleza antropogénica, por lo tanto es muy importante diseñar estrategias para su conservación y restauración. Con el objetivo de identificar cuáles serían las especies dominantes en el bosque de encinos, se realizó un análisis de la estructura arbórea identificándose, que *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes* poseen los mayores valores de importancia. Posteriormente, se realizó la propagación de estas especies inoculándolas con endo y ectomicorrizas nativas. Los resultados demuestran que existe un efecto diferencial de los tratamientos entre las especies y que la doble inoculación resulta ser más efectiva para las dos especies en términos del crecimiento de estas.

Palabras claves—bosque de encino, micorriza, crecimiento, *Quercus conspersa*, *Quercus crassipes*

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas terrestres han sido el sustento de las poblaciones humanas desde sus albores, las han provisto de una multitud de bienes y servicios, como alimentos, madera, leña para la construcción, para la obtención de energía y en caso de los servicios, algunos ejemplos son la purificación del aire, del agua, la generación y conservación del suelo, el reciclaje y movimiento de los nutrientes, entre otros [1]. En especial, los bosques templados en México presentan una alta diversidad biológica y son considerados ecosistemas con gran potencial en el almacenamiento de carbono, reciclaje de agua y en la liberación de oxígeno [2], [3]. Estos bosques ocupan aproximadamente el 16.6% de la superficie en nuestro país, lo que equivale aproximadamente a unos 32 millones de hectáreas, [4]. Uno de los tipos de vegetación que se engloban dentro de los bosques templados son los bosques de encino dominados por el género *Quercus*. Los bosques de encino tuvieron una extensión potencial de 16 544 438 ha, de las cuales solo quedan aproximadamente 11 238 348 ha. [4]. Particularmente en el Estado de México, este tipo de bosque (junto con los bosques de pino – encino) ocupan el 65 % de las hectáreas forestales [5], sin embargo, se encuentra dentro de los primeros cinco estados con mayor grado de pérdida de su cobertura vegetal [4].

La diversidad de encinos en México está representada por un número de especies de entre 135 y 150, de los cuales al menos 15 son endémicas [6]. Estos árboles se pueden clasificar en dos grandes grupos: los pertenecientes a los subgéneros *Lobatae* o *Leucobalanus* conocidos como encinos “rojos” y los que

pertenecen a los subgéneros *Quercus* o *Erythobalanus* o encinos “Blancos” [7]. De entre los principales usos de estas especies podemos citarlos como fuente de combustible, de material para la carpintería y en algunos casos como medicinal [8]. En el Estado de México, los bosques de encinos son los más explotadas en la industria forestal, suelen hacerlo de una forma no sustentable para la elaboración de carbón y madera, lo cual provoca que estos bosques tiendan a etapas de sucesión secundarias y que desemboquen en una actividad agrícola o pecuaria [5]. En los últimos años se ha intensificado su explotación debido al aumento en la demanda de diversas materias primas.

Para revertir la degradación ocasionada y recuperar el funcionamiento original del ecosistema, es necesario desarrollar actividades para su conservación, protección y regeneración, las cuales podrían incluir el empleo de biotecnología utilizando a los microorganismos nativos del suelo [9]. Dentro de esta microbiota se encuentran los hongos arbusculares (HMA) y ectomicorrízicos (ECM), que forman asociaciones mutualistas con las raíces de las plantas. Dicha asociación provee de una mayor superficie de absorción de iones (P y N) y agua, que se refleja en un incremento de la biomasa y sobrevivencia de las plántulas [10].

A pesar de los esfuerzos realizados por los diferentes programas de reforestación, estos no han tenido el impacto esperado, al no reflejarse en una disminución de las tasas de deforestación [11]. En estos programas tienen una baja tasa de sobrevivencia de plántulas y en muchas ocasiones las especies utilizadas no son las más adecuadas desde un punto de vista ecológico, alterando la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, creando lo que conoce como “Desiertos verdes”, tal es el caso del bosque la comunidad San Nicolás Guadalupe en San Felipe del Progreso [12]. Por lo que es importante impulsar la formación de viveros regionales que sean capaces de propagar las especies nativas propias. Así el presente trabajo, tuvo por objetivos (i) caracterizar la estructura arbórea del bosque de encinos de la comunidad Rancho “La Concepción”, (ii) analizar el efecto de los hongos endo y ectomicorrízicos sobre la propagación de dos especies de encinos nativos y (iii) evaluar la sobrevivencia y el crecimiento de las plántulas inoculadas.

II. SITIO DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el bosque de encino de la comunidad Rancho “La Concepción” que está ubicada en San Felipe del Progreso, México (Figura 1). Dicho municipio se encuentra en la parte norte del Estado de México, colinda al norte con los municipios de San José del Rincón, El Oro y Jocotitlán; al este con los municipios de Jocotitlán e Ixtlahuaca; al sur con los municipios de Ixtlahuaca, Almoloya de Juárez, Villa Victoria y San José del Rincón. Particularmente, la comunidad mencionada se encuentra al norte de San Felipe del Progreso, a una altura de 2800 msnm, entre los paralelos 19° 32' y 19° 46' de latitud norte y los meridianos 99° 52' y 100° 06' de longitud oeste. Dicho municipio se encuentra dentro de la provincia fisiográfica del eje neovolcánico, con una temperatura promedio que va de los 10 °C a los 14 °C, con un rango de precipitación de 800 a 1100 mm y presenta un clima Templado subhúmedo con lluvias y semifrío subhúmedo con lluvias en verano [13].

III. MATERIALES Y METODOS

A. Estructura del bosque

Con el objetivo de seleccionar las especies más representativas del bosque para el estudio de propagación, se realizó un análisis sobre la estructura arbórea. Se realizaron 31 cuadrantes de 10 metros por 10 metros, analizándose un área total de 3,100 m². Durante este análisis se registraron todos los árboles que se encontraban dentro del cuadrante, se realizó su determinación taxonómica, su altura y su diámetro a la altura del pecho. La determinación taxonómica de los encinos se realizó a través de claves [7], tomando un ejemplar en campo, comparando las características de las hojas, tronco, hábitat, altura.

Para determinar el valor de importancia de cada especie se realizó un análisis del Área basal, Frecuencia y Dominancia [14], [15].

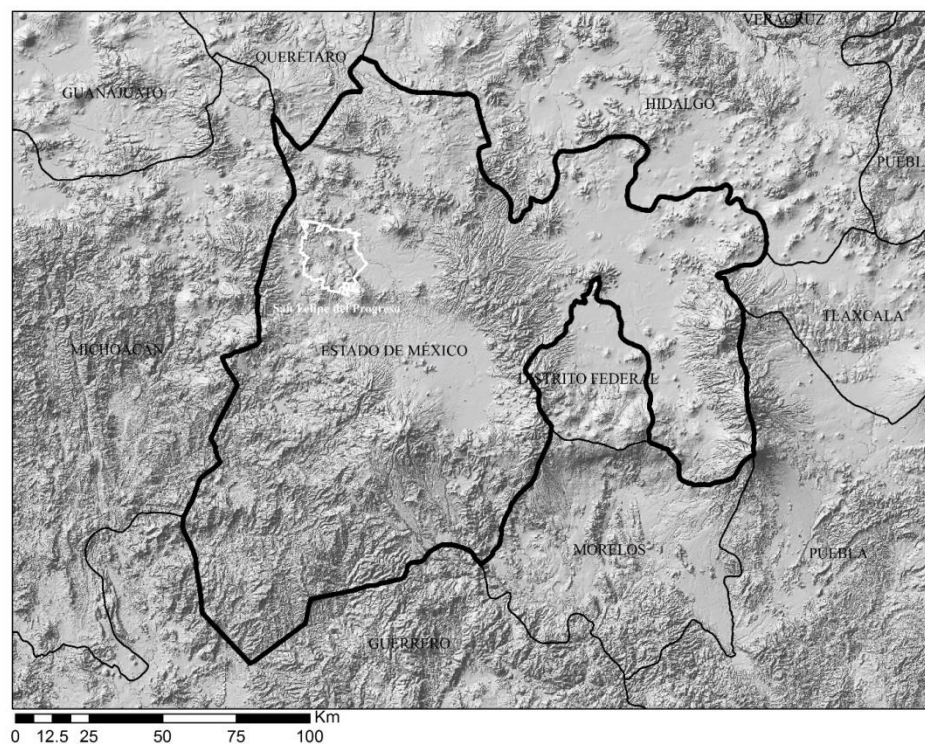


Fig. 1. Ubicación del municipio de San Felipe del Progreso.

B. *Recolecta del Material Biológico*

Durante el mes de abril del 2011 se recolectó suelo rizosférico cercano a los árboles de encinos. Esto fue en un área conservada donde la estructura arbórea era más evidente con una mayor predominación de materia orgánica y arbustos. El suelo fue guardado en bolsas de plástico para su traslado al Laboratorio de Diagnóstico Ambiental en la UIEM, donde se tamizó a 2 mm para eliminar cualquier resto de hojas o piedras que pudieran estar presentes en el suelo para la posterior siembra de plantas trampa y la obtención de inóculos de micorrizas arbusculares.

C. *Plantas trampa y caracterización del inóculo*

La propagación de micorrizas arbusculares fue realizada mediante la técnica de Plantas trampa [16]. Como planta se utilizó avena, cebollas y pasto que se caracterizan por ser altamente micorrizógenas, en macetas llenas hasta $\frac{3}{4}$ del suelo tamizado, las macetas se llevaron a capacidad de campo. Durante la primera semana se mantuvieron al 100% de la capacidad de campo, posteriormente se mantuvieron al 65% durante dos meses, después de este tiempo la planta se estresó hasta que murieran y así favorecer la esporulación de los hongos micorrizicos. Una vez que el suelo estuvo seco se procedió a disgregarlo, se pesaron las raíces y el suelo del bosque conservado, se mezcló y homogenizó para tomar 100 g y realizar la caracterización micorrízica, con el método de extracción de esporas del INVAM y del trabajo Hernández [16].

D. *Recolección de hongos ectomicorrizicos*

Para la obtención del inóculo de ectomicorrizas, el material biológico se recolectó en la época de lluvias del año 2011, mediante transectos aleatorios para asegurar el mayor número de cuerpos

fructíferos, los individuos encontrados se guardaban en bolsas de papel y posteriormente se llevaron al Laboratorio de Diagnóstico Ambiental para su determinación, se secaron en una estufa a 40°C, una vez secos se pesaron, para después molerlos en un mortero de porcelana, el inóculo resultante se almacenó a 4°C [17].

E. *Sustrato recolecta de semillas y germinación*

Se recolectó suelo del bosque el cuál fue secado y tamizado a 2 mm, el cuál fue transportado al Laboratorio de Diagnóstico Ambiental, donde se esterilizó en autoclave a 121°C a 15 Lb por 45 min. El suelo esterilizado, fue mezclado con agrolita en una proporción de 2:1 para llenar 80 bolsas de 10x15 cm; las cuales fueron llevadas a capacidad de campo para el posterior trasplante de las semillas germinadas.

De acuerdo con el análisis de Valor Importancia las especies seleccionadas para este experimento fueron *Quercus crassipes* y *Quercus conspersa*, así la recolección de semillas se llevó a cabo en el mes de febrero de 2012. Cabe mencionar que se recolectaron semillas que estaban en los árboles, ya que aún no están expuestas a diferentes factores que puedan afectar su germinación. Las bellotas se dejaron por tres días en refrigeración, posteriormente se dejaron remojando durante 24 horas en agua destilada para facilitar la eliminación de la testa. Las semillas se colocaron en cajas Petri con papel filtro, las cuales se incubaron a una temperatura constante de 25±2°C. Una vez que germinaron se pasaron a bolsas forestales con el suelo previamente tratado. Esta técnica de germinación fue basada en el trabajo de Romero, Zenteno y Almonte [18].

F. *Diseño Experimental*

El diseño experimental consistió en dos factores: especie de encino y tipo de micorriza, el primero con dos niveles: *Quercus crassipes* y *Quercus conspersa* y el segundo con tres niveles micorriza arbuscular, ectomicorriza y la combinación de estas. Por lo tanto, se tuvieron 6 número de tratamientos y un control, cada tratamiento tuvo 10 repeticiones, teniendo un total de 80 unidades experimentales, 40 por especie de encino. Las variables analizadas fueron el crecimiento, biomasa generada y la sobrevivencia de las plántulas a tres meses. Para analizar estadísticamente las diferencias entre los tratamientos a las variables de interés, se utilizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA $P < 0.05$), además cuando se presentaron diferencias significativas, se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), esto con ayuda del programa estadístico statistica versión 7.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. *Análisis de la estructura del bosque*

En el bosque de la comunidad Rancho “La Concepción” se encontraron ocho especies del género *Quercus*: *Quercus conspersa* Benth., *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl., *Quercus crassipes* Humb. & Bonpl., *Quercus glabrescens* Benth., *Quercus glaucoides* M. Martens & Galeotti, *Quercus laurina* Bonpl., *Quercus rugosa* Née. y *Quercus scytophylla* Liebm, de los cuales cinco pertenecen a los subgéneros *Lobatae* o *Leucobalanus* o encinos “rojos” y los restantes cuatro pertenecen a los subgéneros *Quercus* o *Erythobalanus* o encinos “blancos” (Tabla 1). Romero-Rangel, Aguilar-Enríquez y Rojas-Zetano [19], reportan para bosques de encinos del Estado de México hasta 23 especies del género *Quercus*, 10 pertenecientes al grupo “rojo” y 13 al grupo “blanco”. Lopez-Sandoval, Valdez-Mercado, Vazquez-García, Morales-Rosales y Domínguez López [20] para el bosque del parque estatal “Lic. Isidro Fabela” (Cerro de Jocotitlán) un total de cuatro especies del género *Quercus* (dicho bosque se encuentra aproximadamente a 20 km de la zona de estudio).

La diversidad de encinos encontrada en el bosque de la comunidad Rancho “La Concepción” puede ser el resultado de sus ubicación geográfica ya que pertenece al eje volcánico transversal que atraviesa el Estado de México y sirve como puente y unión de este grupo de árboles, favoreciendo la diversidad de

encinos en el territorio del Estado, esta riqueza es una mezcla de especies provenientes del norte, occidente y sur, del país [21]. El bosque de Rancho “La Concepción” es un relicto de los ecosistemas que solían dominar el territorio de San Felipe del Progreso, sin embargo, mantiene su diversidad en cuanto a especies del género *Quercus*, ya que el número de especies encontrado (8), es mayor a la reportada en bosques del Estado de México con mayores extensiones [19].

Se cuantificaron un total de 228 árboles resultando que *Quercus crassipes* fue la especie con mayor número de individuos y por lo tanto con mayor densidad. Junto con *Quercus conspersa*, suman aproximadamente el 68 % del total de individuos. Las especies con el menor número de individuos fueron *Quercus crassifolia* y *Quercus rugosa* (Tabla 1). En cuanto a la altura, *Quercus glaucooides* es el que presenta la máxima (13.5 m), en tanto que, *Quercus rugosa*, con individuos de 3 a 5 metros de alto, es la especie con menor altura (Tabla 1). La mayor parte de individuos analizados presentaron alturas de entre los 11 y los 15 metros, y solo se observan tres individuos con alturas de entre 21 y 25 metros. Sin embargo, la mayoría de los árboles presentaron alturas de entre 1 a 10 metros. Estos resultados concuerdan con las descripciones establecidas para estas especies [7].

Tabla I. Estructura del bosque y valores de importancia relativa

Especie	Tipo de Encino	Número de individuos	Densidad estimada (ind/100m ²)	Altura promedio (m)
<i>Quercus conspersa</i>	Rojo	47	1.52	11.74 ± 5.67
<i>Quercus crassifolia</i>	Rojo	3	0.1	7.5 ± 7.37
<i>Quercus crassipes</i>	Rojo	110	3.55	9.94 ± 4.51
<i>Quercus glabrescens</i>	Blanco	39	1.26	9.50 ± 4.46
<i>Quercus glaucooides</i>	Blanco	5	0.16	13.53 ± 0.04
<i>Quercus laurina</i>	Rojo	15	0.48	6.17 ± 3.42
<i>Quercus rugosa</i>	Blanco	3	0.1	3.10 ± 2.51
<i>Quercus scytophylla</i>	Rojo	6	0.19	9.42 ± 6.30

Las especies que presentan el mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) son: *Quercus crassipes* con 21.94%, seguida de *Quercus conspersa* y *Quercus glabrescens* con un 16.12 %, mientras que *Quercus rugosa* es la especie con un menor IVI con apenas el 3.1 %, las demás especies se encuentran entre el 7.99% y el 13.55%. Estos datos nos indican *Quercus crassipes*, *Quercus conspersa* y *Quercus glabrescens* son especies codominantes en el bosque y que aportan en su conjunto más del 50% de la biomasa arbórea del bosque y por lo tanto, juegan un papel muy importante en la dinámica ecológica del ecosistema (Tabla 2) [22]. La presencia de especies del género de *Quercus* en los bosques del Estado de México con valores destacados en el valores de importancia, también han sido reportados por otros autores, Rubio-Licona, Liliana, Romero-Rangel, Rojas-Zenteno [22], reportan para un bosque del municipio mexiquense de Villa del Carbón que *Quercus crassifolia* obtuvo el mayor VIR con 62.37% y que *Quercus obtusata* y *Quercus candicans*, presentaron también valores destacados de 43.58% y 39.06% respectivamente.

La especie que presentó una mayor área basal fue *Quercus crassipes* mientras que *Quercus rugosa* presentó los valores más bajos (Tabla 2). En el caso de la frecuencia, las especies más probables de encontrar fueron *Quercus crassipes*, seguida de *Quercus conspersa* y *Quercus glabrescens*. (Tabla 2).

En el caso de la dominancia, las especies con los mayores valores fueron *Quercus scytophylla*, *Quercus crassipes* y *Quercus glabrescens*.

Tabla II. Estructura del bosque y valores de importancia

Especie	Area Basal		Frecuencia		Dominancia		Indice de valor de Importancia	
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.
<i>Quercus conspersa</i>	1089.49	13.30	0.45	21.88	0.3514	13.30	48.48	16.16
<i>Quercus crassifolia</i>	1017.00	12.42	0.03	1.56	0.3281	12.42	26.40	8.80
<i>Quercus crassipes</i>	1351.78	16.51	0.68	32.81	0.4361	16.50	65.82	21.94
<i>Quercus glabrescens</i>	1148.17	14.02	0.42	20.31	0.3704	14.02	48.35	16.12
<i>Quercus glaucoides</i>	917.74	11.21	0.03	1.56	0.2960	11.21	23.97	7.99
<i>Quercus laurina</i>	1089.20	13.30	0.29	14.06	0.3514	13.30	40.66	13.55
<i>Quercus rugosa</i>	189.10	2.31	0.10	4.69	0.0610	2.31	9.31	3.10
<i>Quercus scytophylla</i>	1387.61	16.94	0.06	3.13	0.4476	16.94	37.01	12.34
TOTAL	8190.09	100.00	2.0645	100.00	2.642	100.00	300.00	100.00

Abs= Absoluto; Rel= Relativo

El bosque de encino de Rancho “La Concepción”, presenta una distribución regular de las especies en los diferentes rangos de altura y diámetro del tronco, estos parámetros indican una buena incorporación de individuos jóvenes a la comunidad. Además, esta distribución permite que las plantas puedan utilizar los recursos limitantes como luz, agua, y nutrientes de una manera más eficiente [23]. La estructura del bosque de encinos no se aleja del patrón que se ha encontrado en otros bosques [24], [25] en cuanto a su diversidad y distribución, si bien, no son idénticos en cuanto a riqueza de especies de encinos (mayor en este) y los tamaños alcanzados (menores en este) por los individuos. Las diferencias estructurales encontradas entre encinares, incluyendo su diversidad y densidad podrían ser explicadas al menos parcialmente, por la influencia de factores edáficos y climáticos, así como por las actividades de aprovechamiento hechas por los habitantes de la zona [25]. El análisis de la estructura del bosque permite entender la dinámica del ecosistema y tomar decisiones sobre posibles especies a propagar y da pautas para realizar planes de reforestación y/o restauración ecológica [26], donde se considere la distribución, número de individuos y patrones de distribución de las especies con mayor IVI, lo que aseguraría el funcionamiento del ecosistema y le brindaría a los dueños del recurso herramientas para desarrollar planes de manejo sustentable para su bosque.

B. Propagación de *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes* con micorrizas nativas

Para ambas especies de *Quercus*, se observó un alto porcentaje de sobrevivencia en todos los tratamientos (entre el 80% y 100%) (Figura 2), estos valores fueron superiores a los obtenidos para *Quercus rugosa* por Olvera-Morales, Castillo-Argüero, Guadarrama, Ramos-Zapata, Álvarez-Sánchez, Hernández-Cuevas [27]. Cabe resaltar que el control para ambas especies presentó un alto porcentaje de sobrevivencia, lo que indicaría que en esta primera etapa del desarrollo no dependen estrictamente de la asociación micorrízica. Además, las plántulas propagadas con ambos tipos de micorriza mostraron un buen desarrollo (plantas sanas, completas y vigorosas) por lo que se pueden incluir en los programas de reforestación y restauración de bosque similares.

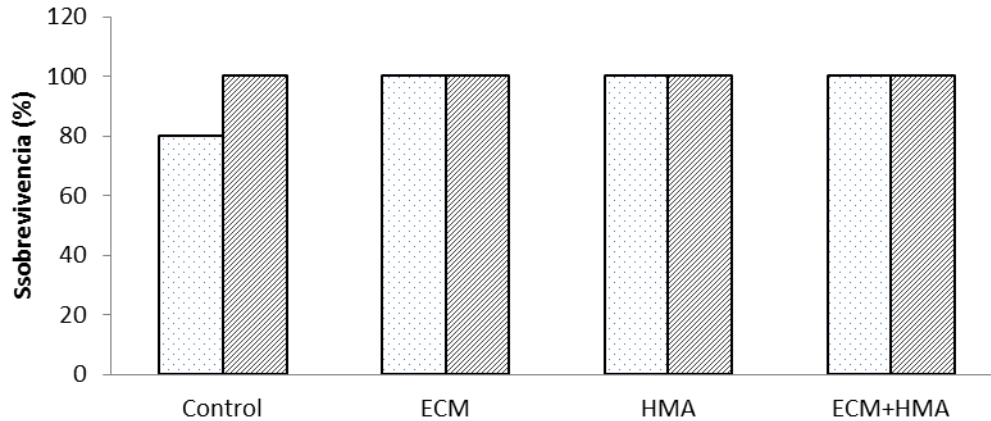


Fig. 2. Porcentaje de sobrevivencia de las plántulas de *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes* a 105 días de siembra

Las plantas propagadas alcanzaron un promedio de 13 cm de altura (crecimiento), con una tasa de crecimiento de 4.3 cm por mes. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las especies ($F= 139.2, p<0.001$) pero si en los tratamientos ($F= 3.003, p= 0.035$) donde se observó que el tratamiento ECM+ HMA, favoreció el crecimiento para ambas especies, lo que indican que si bien las micorrizas no son un factor determinante para la sobrevivencia de estas especies, si contribuyen el crecimiento de las plántulas (Figura 3). Así en términos de una reforestación, las plántulas de mayor tamaño son más fáciles de manejar en el trasplante a campo que las pequeñas, y la presencia de las micorrizas favorecería su sobrevivencia, ya que les podría ayudar a superar situaciones de estrés, como la sequía, reduciendo la pérdida de agua, soportando la presión por competencia con otras plantas, la depredación y el efecto de algunos patógenos [27].

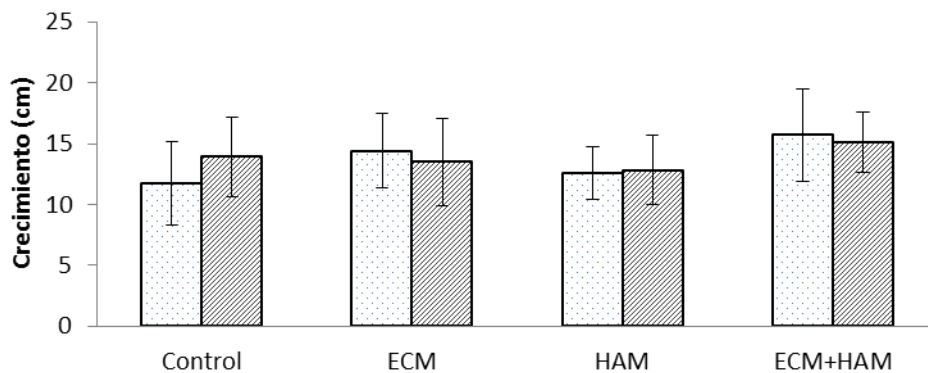


Fig. 3. Crecimiento promedio (cm) de las plántulas de *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes* a 105 días de siembra.

En cuanto a la biomasa seca no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F= 2.899, p=0.036$). A pesar de esto, se pudo observar que para *Quercus conspersa* el tratamiento que más favoreció la acumulación de biomasa fue el ECM, a diferencia del tratamiento con HMA. Para *Quercus crassipes* el tratamiento que favoreció más la generación de biomasa fue ECM+HMA y el tratamiento con la menor acumulación fue en control para ambas especies (Tabla 3). Sin embargo, si se observaron diferencias entre especies presentando mayor acumulación de biomasa *Quercus crassipes* que *Quercus conspersa* sin importar el tratamiento ($F= 48.400, p=0.0001$).

Tabla III. Biomasa total seca de *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes* a 105 días de siembra

Especie	Tratamiento	Biomasa en seco (g)
<i>Quercus conspersa</i>	Control	0.35 (± 0.25)
	ECM	0.67 (± 0.48)
	HMA	0.34 (± 0.19)
	ECM+HMA	0.48 (± 0.30)
<i>Quercus crassipes</i>	Control	0.70 (± 0.40)
	ECM	0.84 (± 0.44)
	HMA	0.87 (± 0.45)
	ECM+HMA	0.95 (± 0.46)

ECM= Ectomicorriza; HMA= Arbusculares

El efecto de la utilización de micorrizas sobre la propagación de *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes* fue positiva favoreciendo el crecimiento. Para ambas especies la propagación simbiótica con una doble inoculación es el tratamiento más recomendado. Estos resultados contrastan con lo reportado por Egerton-Warburton y Allen [28] que observaron para *Quercus agrifolia* cinco meses de crecimiento, que las plántulas con hongos ECM sobrevivieron en un 100%, mientras que las plántulas que se inocularon con HMA sobrevivieron 90%, mientras que las plántulas que presentaban una doble inoculación tuvieron un menor porcentaje de sobrevivencia. Es posible que la doble inoculación favorezca la absorción de los dos nutrientes limitantes en los bosques templados como lo son el N y el P [10], a pesar del costo energético que esto representa [10].

V. CONCLUSIONES

México es considerado el segundo país con mayor diversidad del género *Quercus* a nivel mundial, y existe gran interés en torno a este género por su alta diversidad, su importancia ecológica y económica, el conocimiento sobre su riqueza aún es limitada a escala estatal y/o regional [6]. Este trabajo, contribuye con una lista de especies, descripciones y datos de su distribución, además de establecer datos útiles para el uso de micorrizas en el proceso de propagación y el efecto causado por estas sobre el crecimiento y generación de biomasa, concluyendo que la doble inoculación resulta ser el tratamiento recomendado para *Quercus conspersa* y *Quercus crassipes*.

Estos datos podrán ser utilizados en programas de propagación masiva con miras a surtir de plantas nativas con buenas posibilidades de sobrevivencia y por ende en los programas de reforestación municipal y estatal, y al mismo tiempo conservar la diversidad de hongos micorrizicos arbusculares que establecen asociaciones con otras plantas que componen el bosque, además de los hongos ectomicorrízicos que representan una fuente importante de ingresos y alimento a las comunidades al ser comestibles como la *Russula cyanoxantha* (Schaeff. ex Schwein.) Fr. y *Amanita fulva* Schaeff.: Pers [29].

RECONOCIMIENTOS

Este proyecto fue realizado con el apoyo de la Universidad Intercultural del Estado de México y en particular con el apoyo del Laboratorio de Diagnóstico Ambiental y por el programa PROMEP-SEP. Y al profesor Antulio Zaragoza Álvarez por su apoyo en la elaboración del mapa.

REFERENCIAS

- [1] E. Bennett and P. Balvanera, "The future of production systems in a globalized world" *Front. Ecol. Environ.*, vol 5, pp. 191-198, 2007.
- [2] P. Mur-Furgueras, "Patrones de distribución geográfica de especies del Género *Quercus* y de algunos de sus insectos formadores de agallas en el Estado de Michoacán México, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF pp 58, 2003.
- [3] L. Almeriara-Leñero, M. Nava, A. Ramos, M. Espinosa, M.J. Espinoza y J. Jujnovsky, "La vegetación de la cuenca alta del Río Magdalena, Distrito Federal, México", *Gaceta Ecológica* Vol 84, pp. 53-64, 2007.
- [4] SEMARNAT, "Informe de la situación del Medio Ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental", SEMARNAT, 2012, pp.39-116.
- [5] PROBOSQUE, "Inventario forestal", Gobierno del Estado de México, 2010, pp. 19-23.
- [6] S. Valencia, "Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, Vol 75, pp. 3-53, 2004.
- [7] S. Arizaga, J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales y M. A. Bello-González, "Manual de biodiversidad de encinos michoacanos", SEMARNAT, 2009. pp. 12-143.
- [8] L. Merino-Perez, "Procesos de gestión y uso de los recursos naturales comunes", En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis, "Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México, SEMARNAT, 2003, pp. 63-75.
- [9] N. Requena, E. Perez-Solis, C. Azcón-Aguilar, P. Jeffries and J. Barea, "Management in indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol 67, pp 495-498, 2001.
- [10] J. B. Fisher and K. Jayachandran, "Arbuscular mycorrhizal fungi enhance seedling growth in two endangered plant species from South Florida, *International Journal of Plant Science*, Vol 163, pp 559-566, 2002.
- [11] SEMARNAT, "Vegetación y uso de suelo", SEMARNAT, 2005 pp.10-23.
- [12] I. Cárdenas-Camargo, M. Rangel-Villafranco y M. Eduarte-Jacinto, "Relación comunidad-naturaleza, implicaciones de algunas actividades humanas sobre la estructura arbórea, en la comunidad indígena mazahua de San Nicolás Guadalupe, San Felipe del Progreso, Estado de México, México, En: A. Conde-Flores, P. Ortiz-Baez, A. Delgado-Rodríguez y F. Gómez-Rabago, "Naturaleza-Sociedad, reflexiones desde la complejidad", Universidad Autónoma de Tlaxcala-CIIDER, México, 2013, pp. 246-256.
- [13] INEGI, "Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Felipe del Progreso, México", INEGI, 2009, pp 9.
- [14] O. Godínez-Ibarra y L. López-Mata, "Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de la selva mediana subperinifolia", *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica*, pp. 283-314, 2002.
- [15] B. Mostacedo y T. S. Federicksen, "Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal", *BOLFOR* vol. 1, pp. 28-51, 2000.
- [16] J. A. Hernández, "Caracterización micorrizica arbuscular de plantas introducidas en jales de Zimapan, Hidalgo", *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.*, pp. 78, 2009.
- [17] F. J. Alvarez-Sanchez y A. Monroy-Ata, "Técnicas de estudio de las asociaciones micorrizicas y sus aplicaciones en la restauración", *UNAM-FAC. Ciencias*, 2008, pp 244.
- [18] S. Romero, C. Zenteno y C. Almonte C. "*Quercus hintonii* Warb. (Fagaceae) Encino endémico de la depresión del balsas, México y su propagación", *Polibotanica*, Vol. 11, Instituto Politecnico Nacional, pp. 121-127, 2000.
- [19] S. Romero-Rangel, M. L. Aguilar Enriquez y C. E. Rojas-Zetano, "Estudio taxonómico del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México", *CONABIO-UNAM FES Iztacala, México*, 1997, pp 45.

- [20] J. Lopez-Sandoval, J. Valdez-Mercado, L. Vazquez-Garcia, E. Moreles-Rosales y A. Dominguez-Lopez, "Listado florístico preliminar del cerro de Jocotitlan, Estado de Mexico" *Revista de Ciencias Agricolas*, vol 3, pp. 28-40, 2010.
- [21] F. Zavala, "Observaciones sobre la distribución de encinos en México", *Polibotánica*, Número 8, Departamento de Ecología y Silvicultura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 47-64, 1998.
- [22] L. E. Rubio-Licon, S. Romero-Rangel y E. C. Rojas-Zetano, "Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México", *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, pp. 77-90, 2010.
- [23] J. Terradas, "Ecología de la vegetación de la ecofísica de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes" *OMEGA*, 2001, p. 703.
- [24] J. F. Castellanos-Bolaños, J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez y A. Velázquez - Martínez, "Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de encino en Ixtlan de Juárez, Oaxaca", *Revista Mexicana Ciencias Forestales*, vol 1, pp. 39-52, 2010.
- [25] J. Martínez-Cruz, O. Téllez y G. Ibarra-Manríquez, "Estructura de encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol 8, Universidad Autónoma de México, México, pp. 145-156. 2009.
- [26] V. Arriaga M., V. Cervantes G. y A. Vargas-Mena, "Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas", SEDESOL-INE-UNAM-FAC. CIENCIAS, México, 1994, pp. 186.
- [27] D. Olvera-Morales, C. Castillo-Argüero, P. Guadarrama, J. Ramos-Zapata, J. Álvarez-Sánchez, y L. Hernández-Cuevas, "Establecimiento de plántulas de *Quercus Rugosa* Nee inoculadas con hongos micorrizogenos arbusculares en un bosque templado de México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, Vol. 89, pp. 115-121, 2011.
- [28] L. Egerton-Warburton, y M. F. Allen, M. F. "Endo- and ectomycorrhizas in *Quercus Agrifolia* Nee. (Fagaceae): patterns of root colonization and effects on seedling growth", *Mycorrhiza*, pp. 283-290, 2001.
- [29] M. Rangel-Villafranco, I. Cardenas-Camargo y E. Perez-Crisostomo, "Algunos hongos de la region Mazahua descripción y usos" Universidad Intercultural del Estado de Mexico-AM Editores, 2013, p. 1-77.