



ECTOMICORRIZAS ASOCIADAS A *Pinus jeffreyi* EN EL PARQUE NACIONAL “CONSTITUCIÓN DE 1857” EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

ECTOMYCORRHIZAE ASSOCIATED WITH *Pinus jeffreyi* IN “CONSTITUCIÓN DE 1857” NATIONAL PARK IN BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Selene Aguilar-Aguilar; Daniel González-Mendoza[¶]; Onécimo Grimaldo-Juarez

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC). Carretera a Delta s/n, Ejido Nuevo León, Baja California, C. P. 21705, MÉXICO. Correo-e: daniasaf@gmail.com ([¶]Autor para correspondencia).

RESUMEN

Se estudió la diversidad de hongos presentes en tres áreas boscosas del Parque Nacional Constitución de 1857 en Baja California, México. Las colectas se realizaron en agosto de 2007 y febrero, mayo y agosto de 2008, obteniendo 25 ejemplares correspondientes a tres géneros: *Geastrum* (cuatro especies), *Suillus* (una especie) y *Laccaria* (una especie). La abundancia de especies estuvo relacionada con la precipitación y condiciones ecológicas propias del sitio. Se realizaron muestreos para coleccionar raíces secundarias de árboles adultos en *Pinus jeffreyi* Grev. & Balf y se identificaron los morfotipos ectomicorrícicos usando las claves DEMMY. Se encontraron seis morfotipos diferentes, lo que sugiere que existe asociación ectomicorrícica de *P. jeffreyi* con al menos seis diferentes especies de hongos presentes en esta área.

Recibido: 11 de enero 2011
Aprobado: 13 de junio de 2011
doi: 10.5154/r.rchscfa.2011.01.007

PALABRAS CLAVE: Hongos ectomicorrícicos, morfotipos, Parque Nacional Constitución de 1857.

ABSTRACT

The diversity of fungal species in three forest areas of Constitución de 1857 (hereafter referred to by its English name, Constitution 1857) National Park in Baja California, Mexico was studied. Samples were collected in August 2007 and February, May and August 2008, obtaining 25 specimens belonging to three genera: four species of *Geastrum*, and one each of *Suillus* and *Laccaria*. The abundance of species was related to rainfall and ecological conditions of the site itself. Samplings were undertaken to collect secondary roots of mature trees of *Pinus jeffreyi* Grev. & Balf and ectomycorrhizal morphotypes were identified using DEMMY keys. We found six different morphotypes, suggesting that *P. jeffreyi* has an ectomycorrhizal association with at least six different species of fungi present in this area.

KEY WORDS: Ectomycorrhizal fungi, morphotypes, Constitution 1857 National Park.

INTRODUCCIÓN

En Baja California, los bosques de pinos se localizan principalmente en las altas montañas ubicadas de norte a sur de la península, y son los únicos en México que presentan un clima Mediterráneo. La Sierra de Juárez es el macizo forestal más extenso del estado, con una superficie de 5,009.48 hectáreas, con una precipitación total anual entre 273.7 y 398.4 mm. Se trata de un ecosistema complejo con gradientes climáticos y altitudinales que van de los 1,500 a 1,820 metros, con prolongados periodos de sequía y presencia de nevadas en invierno (Minnich *et al.*, 2000).

INTRODUCTION

In Baja California, the pine forests are located mainly in the high mountains which stretch from the north to the south of the peninsula, and they are the only ones in Mexico that have a Mediterranean climate. The Sierra de Juárez is the largest forest massif in the state, covering 5,009.48 hectares with total annual rainfall between 273.7 and 398.4 mm. It is a complex ecosystem with climate and altitudinal gradients ranging from 1,500 to 1,820 meters, with prolonged periods of drought and snow in winter (Minnich *et al.*, 2000).

El Parque Nacional Constitución de 1857 (PNC) está ubicado dentro de la Sierra de Juárez, siendo la única zona protegida de la región, donde *Pinus jeffreyi* se encuentra sujeta a protección especial por la CONABIO y es la especie forestal preponderante en la formación de las masas boscosas de esta zona (Stephens y Fry, 2005). Sin embargo, los periodos largos de sequía, la erosión eólica y la presencia de bajos nutrientes en el suelo provocan una baja regeneración natural y un debilitamiento de los árboles adultos (González-Abraham *et al.*, 2010). Recientemente, los hongos ectomicorrícicos (HEM) han cobrado interés debido a los programas de reforestación o restauración de suelos mediante el uso de especies forestales, en donde la presencia de HEM es de vital importancia para mantener y estimular la absorción y retención de agua, la fijación de CO₂ y contribuir a la recuperación de ecosistemas forestales (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2009). Por otra parte, a pesar de la importancia de los HEM, existen pocos estudios disponibles sobre el conocimiento de las especies de hongos ectomicorrícicos relacionados con la especie *P. jeffreyi*, presentes en el Parque Nacional Constitución de 1857. De esta forma, en la presente investigación se planteó el objetivo de identificar la presencia de hongos ectomicorrícicos existentes en las diferentes zonas del PNC, y la presencia de la asociación ectomicorrícica con las raíces de *P. jeffreyi*. Esto como un estudio preliminar para el aislamiento de HEM con potencial de ser empleados como inoculantes en las plantaciones forestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional Constitución de 1857 se ubica en el municipio de Ensenada, Baja California, México, entre los 32° 01' 28" y 32° 07' 46" latitud norte y 15° 51' 18" y 115° 57' 19" longitud oeste. Su extensión es de 5,009.48 hectáreas. Esta zona geográfica se encuentra catalogada como semiárida y/o árida y presenta clima tipo Cs con temporada lluviosa en la época fría del año y temperaturas entre 10 y 15 °C; su vegetación corresponde al bosque de *P. jeffreyi*, principalmente.

Colecta de raíces de *P. jeffreyi* y cuerpos fructíferos de HEM

El muestreo de los cuerpos fructíferos y colecta de raíz de *P. jeffreyi*, se efectuó en verano e invierno de 2007 y 2008. Para tal fin se escogieron 14 sitios al azar en tres zonas diferentes del PNC 1857, considerando las características de vegetación y contenido de materia orgánica: zona 1 (capa orgánica 5 %); zona 2 (capa de materia orgánica 25 %) y zona 3 (capa de materia orgánica 50 %). (Figura 1 a, b). En cada sitio se seleccionaron cinco árboles al azar de *P. jeffreyi*, ubicando el punto de goteo en relación a los límites de la copa del árbol. Una vez ubicado este punto, cerca de cada árbol,

Constitution 1857 National Park (CNP) is located within the Sierra de Juarez. The park is the only protected area in the region where *Pinus jeffreyi* is subject to special protection by CONABIO and is the dominant tree species in the forests of this area (Stephens and Fry, 2005). However, long periods of drought, wind erosion and the presence of low nutrients in the soil causes low natural regeneration and a weakening of the adult trees (González-Abraham *et al.*, 2010). Recently, ectomycorrhizal fungi (EMF) have gained interest due to reforestation or soil restoration programs that use forest species that require EMF to maintain and stimulate water absorption and retention, promote CO₂ fixation and contribute to the recovery of forest systems (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2009). On the other hand, despite the importance of EMF, there are few studies available that provide detailed information on the species of ectomycorrhizal fungi associated with the species *P. jeffreyi* in Constitution 1857 National Park. Thus, the aim of this research was to identify the ectomycorrhizal fungi in the different areas of the park, and the ectomycorrhizal association with the roots of *P. jeffreyi*. This is intended as a preliminary study for the isolation of EMF with potential to be used as inoculants in forestry plantations.

MATERIALS AND METHODS

Constitution 1857 National Park is located in the municipality of Ensenada, Baja California, Mexico, between 32° 01' 28" and 32° 07' 46" north latitude and 15° 51' 18" and 115° 57' 19" west longitude. Covering 5,009.48 hectares, this geographic area is classified as semi-arid and/or arid and has a Cs-type climate with a rainy season in the cold part of the year and temperatures between 10 and 15 °C. The vegetation is mainly *P. jeffreyi* forest.

Collection of *P. jeffreyi* roots and EMF fruiting bodies

Sampling of fruiting bodies and collection of *P. jeffreyi* roots was performed in the summer and winter of 2007 and 2008. To this end, 14 sites were randomly selected in three different areas of the park, considering vegetation characteristics and organic matter content: area 1 (layer of 5 % organic matter); area 2 (layer of 25 % organic matter); area 3 (layer of 50 % organic matter layer) (Figure 1 a, b). At each site, five *P. jeffreyi* trees were selected at random, locating the drop point in relation to the canopy limits of the tree.

Once this point was located near each tree, two excavations were carried out, one oriented to the north and the other to the south. The excavation was conducted in a quadrant of 1 x 1 m and 20 cm deep, from which *P. jeffreyi* secondary roots were extracted. A total of 30 root samples were collected and labeled, indicating the area, the tree number, sample number and date of co-

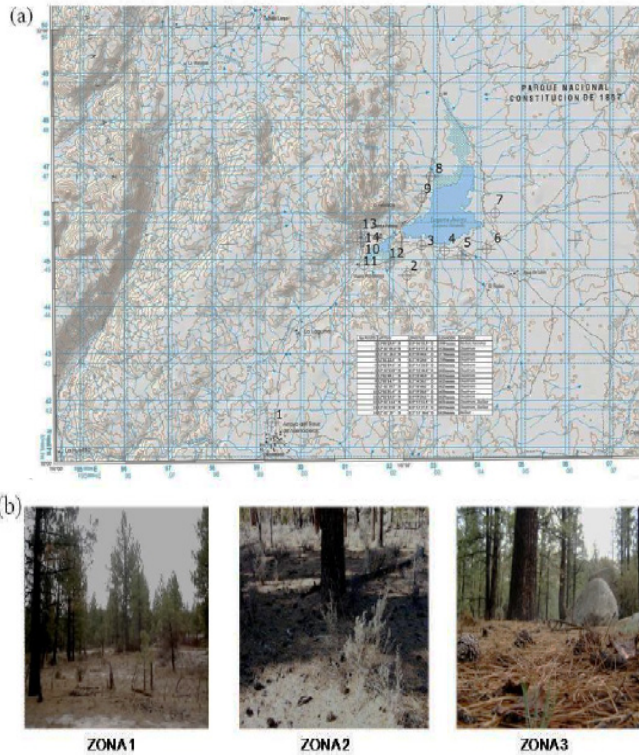


FIGURA 1. Mapa con la Ubicación de los sitios de muestreo (a) y (b) Clasificación de zonas con diferencias en el contenido de materia orgánica dentro del Parque Nacional de 1857: Zona 1 capa de materia orgánica de 5 cm; Zona 2: capa de materia orgánica de 10 cm; Zona 3: capa de materia orgánica mayor a 10 cm.

FIGURE 1. Map showing the location of sampling sites (a) and (b) Classification of areas with differences in organic matter content within Constitution 1857 National Park. Area 1: 5 cm organic matter layer; Area 2: 10 cm organic matter layer; Area 3: organic matter layer greater than 10 cm.

se realizaron dos excavaciones orientadas una al norte y otra al sur. La excavación se realizó en un cuadrante de 1 x 1 m y 20 cm de profundidad, del cual se extrajeron raíces secundarias de *P. jeffreyi*. Se colectaron un total de 30 muestras de raíz, las cuales se etiquetaron indicando la zona, el número de árbol, número de muestra y la fecha de colecta. Las raíces colectadas fueron lavadas con agua destilada estéril y conservadas en una solución de alcohol-formol-ácido acético (1:1:1), para su preservación y observación posterior al microscopio estereoscópico con la finalidad de identificar las estructuras ectomicorrízicas o morfotipos (Garza *et al.*, 2002). Los ejemplares fueron trasladados al laboratorio de microbiología del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC, para su posterior estudio. En el caso de cuerpos fructíferos de HE, los ejemplares colectados se identificaron mediante un análisis de las características estructurales macro y microscópicas basadas en el concepto de morfoespecie.

lection. The collected roots were washed with sterile distilled water and preserved in a solution of alcohol-formol-acetic acid (1:1:1), for preservation and subsequent observation under a stereo microscope in order to identify ectomycorrhizal structures or morphotypes (Garza *et al.*, 2002). The specimens were transported to UABC's Institute of Agricultural Sciences microbiology laboratory for further study. In the case of EMF fruiting bodies, the specimens collected were identified through an analysis of macro and microscopic structural characteristics, based on the concept of morphospecies.

Identification of ectomycorrhizal morphotypes

To identify the ectomycorrhizal association, root samples were collected from five trees in each study area. Subsequently, secondary roots were extracted using fine-tip dissecting forceps and placed in a petri dish previously divided into 1 cm² grids. Then the ectomycorrhizal structures were identified under the stereoscope using 20X and 40X magnifying lenses. The ectomycorrhizal structures were observed as a change in root development, "deformation." To identify morphotypes, keys were established; specifically, the published information system for characterization and determination of ectomycorrhizae was used (Agerer and Rambold, 2004). The presence of ectomycorrhizal structures was determined by the quadrant-intercept method, and the percentage of colonized roots was calculated by counting the colonized and non-colonized roots using the formula proposed by Jha *et al.* (2008):

$$\% \text{ Mycorrhization} = \frac{\text{Colonized length}}{\text{Total length}}$$

RESULTS AND DISCUSSION

Knowledge of ectomycorrhizal fungi in Mexico, especially in Baja California, is limited. Many areas of the state have not been sufficiently explored mycologically, one of which is Constitution 1857 National Park, despite the importance of these organisms in forest ecosystems (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2009). In this study, 25 specimens were identified as a result of four collections made in different areas of the park (Table 1). In August 2007, 12 % of the fruiting body samples were collected, while most of these specimens were collected in the months of February, August and May 2008 (44, 36 and 8 %, respectively). The number of fungi collected is low compared to studies elsewhere in the country; for example, Chávez-León *et al.* (2009) reported the identification of 52 ectomycorrhizal fungi in Barranca del Cupatitzio National Park, Michoacán, Mexico, a figure well above that recorded in this study. One possible explanation for the limited number of fungi identified in this study may be the environmental and soil characteristics present in CNP,

Identificación de morfotipos ectomicorrícicos

Para la identificación de la asociación ectomicorrícica se colectaron raíces de cinco muestras de árboles de cada zona de estudios. Posteriormente, se seleccionaron raíces secundarias usando pinzas de disección de punta fina y colocándolas en una caja petri previamente dividida en cuadrículas de 1 cm². Consecutivamente, las estructuras ectomicorrícicas fueron identificadas bajo el estereoscopio usando lentes de aumento 20X y 40X. Las estructuras ectomicorrícicas se apreciaron como un cambio en el desarrollo radicular, "deformación". Para la identificación de los morfotipos se emplearon claves establecidas; en este caso se utilizaron las publicadas en el sistema de Información para la caracterización y determinación de ectomicorrizas (Agerer y Rambold, 2004). La presencia de estructuras ectomicorrícicas se determinó mediante el método de intersección de cuadrantes, y el porcentaje de raíz colonizada se calculó contando las raíces colonizadas y sin colonizar mediante la fórmula propuesta por Jha *et al.* (2008):

$$\% \text{ Micorrización} = \frac{\text{Longitud colonizada}}{\text{Longitud total}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El conocimiento de los hongos ectomicorrícicos en México, y principalmente en Baja California, es limitado. Muchas zonas del estado no han sido suficientemente exploradas micológicamente; una de ellas es el Parque Nacional Constitución de 1857, a pesar de la importancia que estos organismos tienen para los ecosistemas forestales (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2009). En el presente trabajo se identificaron 25 ejemplares resultado de cuatro colectas realizadas en las diferentes zonas evaluadas del PNC1857 (Cuadro 1), siendo en el mes de agosto de 2007, cuando se colectó el 12 % de ejemplares de cuerpos fructíferos. Por otra parte, fue en los meses de febrero, agosto y mayo de 2008 cuando se encontró el mayor número de ejemplares (44, 36 y 8 %, respectivamente). El número de hongos colectados puede considerarse bajo, comparado con estudios realizados en otros sitios del país; por ejemplo, en un estudio realizado por Chávez-León *et al.* (2009) reportan la identificación de 52 hongos ectomicorrizógenos en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México, cifra muy por arriba de lo registrado en este estudio. Una posible explicación para el limitado número de hongos identificados pueden ser las características ambientales y edáficas presentes en el PNC 1857, las cuales podrían haber influido en la distribución y riqueza fúngica (estrés salino, heladas, prolongadas sequías) en las diferentes zonas evaluadas.

which may have influenced fungal distribution and richness (saline stress, frosts, prolonged droughts) in the different areas evaluated.

On the other hand, of the 25 specimens obtained in the study, 76 % belong to the genus *Geastrum*, in which four species were identified: *Lycoperdon perlatum* Pers; *Geastrum floriforme* Vittad; *Astraeus hygrometricus* Pers; and *Mycenastrum corium* Guers (Figure 2). The last one might have an application in traditional medicine, as its use in infusions as an oral anti-inflammatory agent has been documented in some regions of the world (Martínez, 2010). To a lesser extent, the genera *Laccaria* (4 %) and *Suillus* (20 %) were found. Both genera have been reported as ectomycorrhizal fungi (Werner and Zadworny, 2003). This opens up the possibility of using them in the development of microbial inoculants for use in seedling production programs to benefit park forests. However, due to the ripeness of the fruiting bodies of both genera, at the time of collection they were not identified to species level.

The study of ectomycorrhizal morphotypes in *P. jeffreyi* roots in the three study areas (Figure 3 and Figure 4) enabled identifying the following morphotype distributions using DEEMY keys: dichotomous morphotype, which was found in all samples analyzed; irregular-pinnate morphotype, which was found in samples from eight sites in each of the areas evaluated, making it the second most frequent morphotype associated with *P. jeffreyi* within the park, followed by the monopodial-pinnate morphotype, which was found in a low frequency in the three areas, and the finger-like morphotype (*Cenococcum geophilum*), which was found in the samples from two areas only, areas 1-2 and 1-3 respectively; and the coraloide morphotype, which was identified in samples from area 2.

As for the mycorrhization of roots collected (Table 2), an increase was observed according to the presence of organic matter (Figure 5). Here area 3 showed 37 % mycorrhization in the roots, followed by areas 2 and 1 with 34 and 29 % respectively. This is consistent with the characteristics of fungi, which are species that need some moisture for their hyphae to disperse along the ground, a condition that provides the cushioning effect of accumulated organic matter in soil (Pérez-Moreno and Read, 2004). Similar results have been previously noted in *Pinus palustris* plants when grown in areas with adequate moisture, unlike when they are under stress from lack of moisture (Valdez *et al.*, 2006).

CONCLUSIONS

The conservation of macrofungi present in this forest system should be one of the main management goals in Constitution 1857 Park, for three reasons: the

CUADRO 1. Ejemplares de los géneros ectomicorrízicos encontrados en el Parque Constitución de 1857, zona y ubicación geográfica.

TABLE 1. Specimens of ectomycorrhizal genera found in Constitution 1857 Park, area and geographic location.

Zona	Género	Coordenadas Geográficas		Altura m
1	<i>Geastrum</i>	32°03'14.7''	115°54'36.5''	1623
1	<i>Geastrum</i>	32° 02'59.7''	115°54'44.3''	1625
2	<i>Geastrum</i>	32° 02' 05.8''	115° 54'57.2''	1526
2	<i>Geastrum</i>	32° 02' 26.8''	115°54'44.6''	1570
2	<i>Geastrum</i>	32°02'22.8''	115°54'24.6''	1599
2	<i>Geastrum</i>	32°02'19.6''	115° 54'10.0''	1614
2	<i>Geastrum</i>	32° 02'23.9''	115° 53'48.2''	1622
2	<i>Geastrum</i>	32°02'49.1''	115°53'40.9''	1633
3	<i>Geastrum</i>	32°02'31.4''	115°55'36.8''	1630
3	<i>Geastrum</i>	32°02'13.0''	115°55'34.3''	1629
3	<i>Geastrum</i> ,	32° 02'14.4''	115° 55'11.5''	1631
3	<i>Geastrum</i> , <i>Suillus</i>	32° 02'35.6''	115° 55'37.5''	1615
3	<i>Suillus</i> , <i>Laccaria</i>	32° 02' 29''	115° 55' 36.6''	1620

Por otra parte, de los 25 ejemplares obtenidos en el estudio, 76 % corresponde al género *Geastrum*, en donde se identificaron cuatro especies: *Lycoperdon perlatum* Pers; *Geastrum floriforme* Vittad.; *Astraeus hygrometricus* Pers. y *Mycenastrum corium* Guers (Figura 2). Este último podría tener una aplicación en la farmacopea tradicional, ya que se ha documentado su empleo en infusiones como antiinflamatorio oral en algunas regiones del mundo (Martínez, 2010). En menor proporción se encontraron los géneros de *Laccaria* (4 %) y *Suillus* (20 %), respectivamente. Ambos géneros han sido reportados como hongos ectomicorrízicos (Werner y Zadworny, 2003). Esto abre la posibilidad de emplearlo en la formulación de inoculantes microbianos para su uso en los programas de producción de plántulas de importancia forestal en el PNC 1857. No obstante, debido al estado de madurez de los cuerpos fructíferos de ambos géneros, al momento de la colecta no se logró la identificación a nivel de especie.

El estudio de los morfotipos de ectomicorrizas en raíces de *P. jeffreyi* en las tres zonas de estudio (Figura 3 y Figura 4), permitió identificar las siguientes distribuciones de los morfotipos al usar las claves DEEMY: morfotipo dicotómico, se encontró en todas las muestras analizadas; morfotipo irregular pinnado, se encontró en las muestras de ocho sitios de cada una de las zonas evaluadas, lo que hace a este morfotipo el segundo más frecuente asociado con *P. jeffreyi* dentro del PNC 1857; seguido por el morfotipo monopodial pinnado, que se encontró en una baja frecuencia en las tres zonas; y el morfotipo digitiforme (*Cenococcum geophilum*), que se encontró en las muestras de dos zonas únicamente, zonas 1-2 y 1-3 respectivamente; y el morfotipo coraloide, que se identificó en muestras de la zona 2.



Suillus sp. Gray



Mycenastrum corium Guers.



Lycoperdon perlatum Pers



Astraeus hygrometricus Pers



Geastrum floriforme Vittad



Laccaria laccata Peck.

FIGURA 2. Especies localizadas en Parque Constitución de 1857, Baja California, México.

FIGURE 2. Species located in Constitution 1857 Park, Baja California, Mexico.

ecological importance of ectomycorrhizal symbiosis, increased exploitation of wild edible fungi and the biotechnological use that these ectomycorrhizal fungal species can have in reforestation programs in the forests of Baja California.

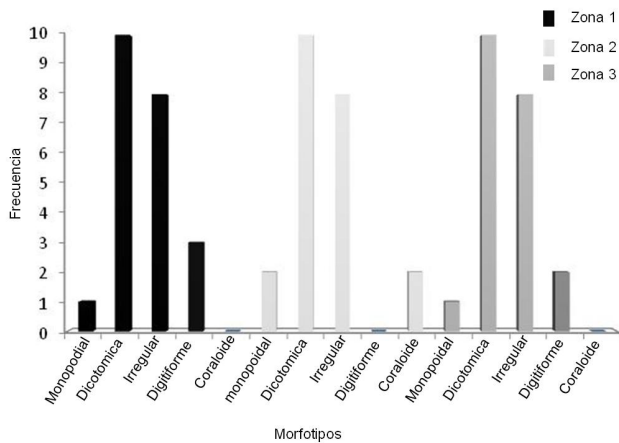


FIGURA 3. Frecuencia de morfotipos de HEM en raíces de *Pinus jeffreyi* en las tres zonas de estudio.

FIGURE 3. Frequency of EMF morphotypes in *Pinus jeffreyi* roots in the three study areas.

En cuanto a la micorrización de las raíces colectadas (Cuadro 2), se observó un incremento de acuerdo a la presencia de materia orgánica (Figura 5). Aquí la zona 3 mostró 37 % de micorrización en las raíces, seguida de las zonas 2 y 1 con 34 y 29 % respectivamente. Esto concuerda con las características propias de los hongos, los cuales son especies que necesitan cierta humedad para que sus hifas se dispersen por el suelo, condición que proporciona el acolchado de materia orgánica acumulada en el suelo (Pérez-Moreno y Read, 2004). Similares resultados han sido mencionados con anterioridad en plantas de *Pinus palustris* cuando son plantados en lugares con una cantidad adecuada de humedad, a diferencia de cuando se encuentran en estrés por falta de humedad (Valdez *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

La conservación de los macromicetos presentes en este sistema forestal debe ser una de las principales metas de manejo en el Parque Constitución de 1857, por tres razones: la importancia ecológica de la simbiosis ectomicorrizogena, el incremento de la explotación de los hongos silvestres comestibles y el uso biotecnológico que podrían tener las especies de hongos ectomicorrícicos en los programas de reforestación en los bosques de Baja California.

Adicionalmente, se deben realizar trabajos de taxonomía molecular de los morfotipos asociados a *P. jeffreyi* para comprobar las especies de hongos ectomicorrícicos asociadas a esta especie forestal en el Parque Constitución de 1857, por la gran importancia de ésta en los bosques de Baja California y debido a la escasez de información en este sentido.

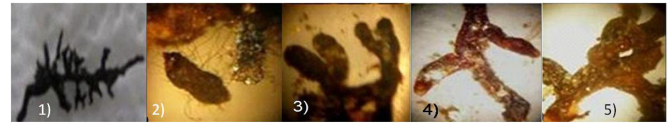


FIGURA 4. Morfotipos encontrados en las raíces secundarias de *Pinus jeffreyi* y su frecuencias en las tres zonas: 1) Monopodial pinnada, 2) Coraloides, 3) Dicotómica, 4) Irregular pinnada, 5) Digitiforme

FIGURE 4. Morphotypes found in the secondary roots of *Pinus jeffreyi* and their frequencies in the three areas: 1) Monopodial-pinnate, 2) Coraloides, 3) Dichotomous, 4) Irregular-pinnate, 5) Finger-like.

Additionally, molecular taxonomy studies of the morphotypes associated with *P. jeffreyi* must be carried out to verify the ectomycorrhizal fungal species associated with this tree species in Constitución 1857 Park, due to its great importance in the forests of Baja California and due to the paucity of information in this regard.

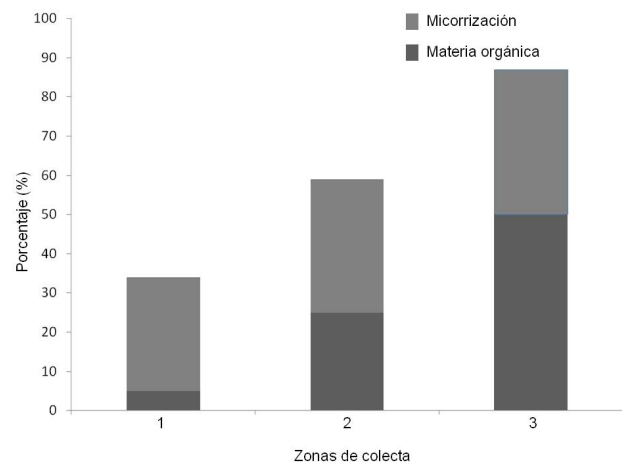


FIGURA 5. Porcentaje de micorrización con respecto al contenido de materia orgánica en las tres zonas de estudio.

FIGURE 5. Percentage of mycorrhization related to organic matter content in the three study areas.

ACKNOWLEDGMENTS

We wish to express our gratitude to the Programa de Mejoramiento del Profesorado (Faculty Improvement Program, known by the acronym PROMEP in Mexico) for the support received in the fifteenth Call for Internal Research Projects issued by the Universidad Autónoma de Baja California, and to the Comisión Nacional Forestal (National Forestry Commission) for their financial support (PE07.01).

CUADRO 2. Porcentaje de colonización de la raíz, longitud de la raíz colonizada, sin colonizar en 30 muestras colectadas.**TABLE 2. Percentage of root colonization, colonized root length, and non-colonized root length in 30 samples collected.**

Muestra	Zona	Árbol	Muestra	Colonizada cm	Sin colonizar cm	Micorrización %
1	1	1	1	41	63	39
2	1	1	2	18	53	25
3	1	2	1	32	51	39
4	1	2	2	38	57	40
5	1	3	1	41	72	36
6	1	3	2	52	68	43
7	1	4	1	37	56	40
8	1	4	2	43	64	40
9	1	5	1	48	54	47
10	1	5	2	71	66	52
11	2	1	1	28	37	43
12	2	1	2	22	41	35
13	2	2	1	43	56	43
14	2	2	2	40	57	41
15	2	3	1	40	52	43
16	2	3	2	23	43	35
17	2	4	1	11	63	15
18	2	4	2	13	71	15
19	2	5	1	53	42	56
20	2	5	2	25	66	27
21	3	1	1	50	44	53
22	3	1	2	34	26	57
23	3	2	1	48	32	60
24	3	2	2	57	36	61
25	3	3	1	23	54	30
26	3	3	2	22	77	22
27	3	4	1	27	51	35
28	3	4	2	52	41	56
29	3	5	1	24	76	24
30	3	5	2	29	76	28

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), por los apoyos recibidos en la décimoquinta Convocatoria de Proyectos Internos de Investigación de la Universidad Autónoma de Baja California 2010, y a la Comisión Nacional Forestal por su apoyo a través de su programa de apoyos directos (PE07.01).

LITERATURA CITADA

- Agerer, R. & Rambold, G. (2004). An Information System for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae. Recuperado de <http://www.gbif-mycology.de/PDFs/Deemy.pdf>.
- Aguilar-Aguilar, S., Pérez-Moreno, J., Ferrera-Cerrato, R., Grimaldo-Juárez, O., Cervantes-Díaz, L. & González-Mendoza, D. (2009). Hongos ectomicorrízicos y la tolerancia a la salinidad en plantas. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82 (1), 163-168.

- Chávez-León, G., Gómez-Reyes, V.M. & Gómez-Peralta, M. (2009). Riqueza de macromicetos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Ciencia Forestal Mexicana*, 34 (105), 73-93.
- Garza, F., García, J., Estrada, E. & Villalón H. (2002). Macromicetos, Ectomicorrizas y Cultivos de *Pinus culminicola* en Nuevo León. *Ciencia UANL*, 2 (5), 204-210.
- González-Abraham, C.E., Garcillán, P.P. & Ezcurra E. (2010). Ecorregiones de la península de Baja California: Una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87 (2), 79-92.
- Jha, B.N., Sharma, G.D. & Shukla, A.K. (2008). Effect of ectomycorrhizal development on growth in pine seedlings. *Journal Plant Science*, 3 (1), 77-84.
- Martínez J. G. (2010). Los remedios naturales en la prevención y cuidado de la salud oral de los tobos del Chaco Central (Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 9 (2), 109 – 122.
- Minnich, R.A., Barbour, M. G., Burk, J.H. & Sosa-Ramírez, J. (2000). Mixed-conifer forest under unmanaged fire in the Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. *Journal of Biogeography*, 27 (1), 105-130.
- Pérez-Moreno, J. & Read, D. (2004). Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia*, 29 (5), 239-247.
- Stephens, S. L. & Fry D. L. (2005). Spatial Distribution of Regeneration Patches in an Old-Growth *Pinus jeffreyi*-Mixed Conifer Forest in Northwestern Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 16 (6), 693-702.
- Valdez, M., Asbjornsen, H., Gómez-Cárdenas, M., Juárez, M. & Vogt, K. A. (2006). Drought effects on fine-root and ectomycorrhizal-root biomass in managed *Pinus oaxacana* Mirov stands in Oaxaca, Mexico. *Mycorrhiza*, 16 (2), 117–124.
- Werner, A., & Zadworny, M. (2003). *In vitro* evidence of mycoparasitism of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* against *Mucor hiemalis* in the rhizosphere of *Pinus sylvestris*. *Mycorrhiza*, 13(1), 41-47.