

Micorrización en la conservación de los bosques*

BLANCA SUSANA CRUZ ULLOA**

Recepción: 04 de marzo de 1999

Aceptación: 24 de marzo de 1999

Mycorrhizal Formation in Conservation Forests

Abstract. *Some advantages about growth and survival of mycorrhizal fungus with their hosts are described as a biotechnological alternative for making possible the compatibility of forestal production with environmental conservation. Mycelia propagation of mycorrhizal fungus is supported on laboratory or tree nursery cultures in order to be used for inoculating coniferae plantules.*

Introducción

Las actividades humanas han transformado, alterado y destruido los ecosistemas naturales, lo que ha provocado la desaparición o fragmentación de hábitats y la proliferación de especies introducidas. Además, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación del suelo, agua y aire, han puesto en peligro de extinción a numerosas especies en todo el planeta (García-Chavelas, 1994).

La extinción de las especies es un proceso natural que ha ocurrido durante grandes periodos de la historia evolutiva de la naturaleza. Aun cuando los cambios han sido catastróficos, han existido procesos en los que las especies han logrado adaptarse o han surgido otras. Se estima que la tasa de extinción de especies ha aumentado entre 1,000 y 10,000 veces, debido a las alteraciones ambientales, con relación a las tasas existentes en forma natural. Esto implica la pérdida de la sexta parte de las especies de plantas, animales y microorganismos, principalmente en los trópicos (Azuela *et al.*, 1993).

La conservación de la diversidad biológica requiere de la instrumentación de acciones que contemplen las diferentes causas actuales del deterioro y aprovechen las alternativas prácticas para el desarrollo sustentable.

Los proyectos para el uso o manejo de los recursos

bióticos deben considerar los conocimientos que se tienen sobre la composición, distribución y estructura de la biodiversidad, así como las funciones de los genes, especies y ecosistemas. De tal manera que la implementación de cualquier obra de desarrollo (turístico, petrolero, agrícola o pecuario) no represente la reducción de la variedad genética y en consecuencia de las especies, ni la pérdida de los hábitats y los ecosistemas naturales. Incluso, se debe planear la rehabilitación y recuperación de las áreas afectadas para extracciones futuras, de manera que sean compatibles la producción y la conservación ambiental.

En México, la explotación forestal se ha caracterizado por ser una actividad de extracción, sin control o manejo alguno, en la que no sólo se pierden los recursos naturales sino que los beneficios económicos no son equitativos. Paradójicamente, las comunidades y ejidos agrarios que actualmente son los poseedores de la mayor parte de los recursos forestales del país, viven en condiciones de marginación y extrema pobreza (Merino, 1997).

En términos generales, quienes están involucrados en la producción forestal desconocen los múltiples beneficios que, como ecosistemas, los bosques y selvas ofrecen a la sociedad. En consecuencia, las acciones desarrolladas por los empresarios privados y por los campesinos, se

* Este artículo es una versión modificada del trabajo presentado como ponencia en el curso-simposio "Hacia una Renovación Ambiental", celebrado en el CCH-Azcapotzalco, en abril de 1998.

** Colegio de Ciencias y Humanidades-Plantel Sur, UNAM. Cataratas y Llanura s/n. Col. Jardines del Pedregal, C. P. 04500, Coyoacán, México, D. F. Correo electrónico: bscusms@servidor.unam.mx



rigen por criterios productivos a corto plazo, sin considerar el manejo y la conservación del recurso a plazos mayores, ni mucho menos a las generaciones futuras.

Estos sectores de la población no cuentan con una cultura forestal y menos aún con un mercado apropiado para los productos maderables, o no maderables. De hecho, sólo buscan realizar actividades que de inmediato les garanticen su subsistencia. La falta de alternativas claras, conocimientos sobre avances tecnológicos y orientación económica para el manejo forestal, aunadas a débiles políticas de desarrollo rural, los ha llevado a un grave deterioro ambiental y a la pérdida del recurso en grandes dimensiones.

El presente trabajo muestra algunos aspectos sobre los hongos que se asocian con las raíces de los árboles y forman micorrizas, como una alternativa biotecnológica para la supervivencia e incremento en el crecimiento de las coníferas, que son utilizadas en las plantaciones forestales en sitios alterados o donde la sobreexplotación pone en riesgo de extinción de las especies nativas.

I. Zonas de producción, restauración y conservación en México

Aunque se han hecho inventarios sobre la delimitación de los terrenos forestales y su grado de perturbación, poco se ha avanzado en el de las plantaciones exitosas.

Para la delimitación de zonas de conservación, se han digitalizado los mapas de las 73 áreas naturales protegidas del país, que incluyen las superficies que se localizan por arriba de los 3,600 metros sobre el nivel del mar (msnm), las que tienen pendientes mayores al 100% y

las que tienen vegetación de manglar o galería. Las zonas de producción según el *Inventario Nacional Periódico* (1994), muestran una superficie de 109'172,229 hectáreas con vegetación y suelo apropiados para la producción de madera y otros productos no maderables en forma sostenida.

Las zonas de restauración ocupan una superficie de 30'636,797 hectáreas, cuyos terrenos con aptitud forestal son dedicados a otros usos o están en procesos de degradación por incendios, plagas, erosión, entre otros.

Las zonas de conservación en el país ocupan una superficie de 9'017,969 hectáreas (fotografía 1). Como áreas naturales protegidas, el país cuenta con terrenos considerados reservas de la biosfera (19), reservas especiales de la biosfera (13), parques nacionales (56), áreas de protección de recursos naturales (218), áreas de protección de flora y fauna (4) e infinidad de parques urbanos distribuidos en todo el territorio nacional (SEMARNAP, 1995). En comparación con la superficie del territorio nacional, estas áreas naturales resultan insuficientes para la conservación de la biodiversidad y el decreto por sí solo en algunas áreas protegidas, no garantiza su control.

Se conoce que más del 80% del arbolado en bosques de coníferas y de latifoliadas no presenta ningún daño en bosques de clima frío y templado. En el caso de bosques de coníferas, la principal causa de deterioro son los incendios forestales, que afectan al 3.6% de los árboles en pie. El 12.4% del arbolado sufre daños directamente en el tronco por la obtención de leña combustible y la extracción de resinas. Las plagas de insectos causan enfermedades al 1.9% de los árboles en pie y el 1.7% se pierde por aprovechamientos forestales. En bosques de coníferas con latifoliadas, el impacto principal son los incendios que destruyen el 5.7% de los árboles en pie. También en bosques de latifoliadas los incendios causan la pérdida del 4.6% de los árboles en pie. El 1.5% de las coníferas y el 2.9% de plantas latifoliadas son atacadas por plantas parásitas que primero las debilitan y en corto tiempo llegan a causarles la muerte (*Inventario Nacional Periódico, op. cit.*)

La deforestación en México se ha calculado en una tasa de 370,000 ha/año entre 1980 y 1990. Para finales del siglo, la cifra puede aumentar de miles a millones, es decir que 3.7 millones de hectáreas serán deforestadas. Si se compara con la superficie total de las áreas naturales protegidas, que se calcula en unas 70'311,376 hectáreas, en 20 años más se perderá la misma superficie que ahora se protege si no se llevan a cabo programas de extracción forestal que garanticen su recuperación.

FOTOGRAFÍA 1. BOSQUE DE CONÍFERAS EN LA SERRANÍA DEL AJUSCO, KILÓMETRO 22 DE LA CARRETERA PANORÁMICA EN EL DISTRITO FEDERAL.



II. La biotecnología como alternativa en la conservación

En otros países, la biotecnología ha frenado el proceso de desertificación debido a la tala forestal, por medio de la utilización de técnicas de retención de agua, de prevención de la salinización y de reforestación a gran escala. Esto último ha sido factible gracias a los estudios de los sitios particulares que muestran la presencia de especies nativas, importantes para la obtención de bancos de semillas (Chauvet, 1996). Los avances biotecnológicos ofrecen también la posibilidad de la inoculación de semillas y plántulas, antes de ser sembradas con hongos micorrícicos que facilitan, por un lado, la absorción de fósforo, potasio y nitrógeno (micronutrientes que forman parte de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos) y, por otro, el establecimiento de las plántulas así como su crecimiento y desarrollo en un periodo corto de tiempo.

En algunos aspectos la biotecnología, también puede contribuir de forma negativa en el ambiente al introducir especies de microorganismos no nativos que pueden alterar y dañar el suelo. Sin embargo, se espera que la inoculación de hongos que forman micorrizas no afecte o altere las relaciones entre los microorganismos de la rizósfera, ya que la relación entre la raíz y el hongo es específica y local, es decir, es una relación natural. La micorrización, ya sea *in vitro* o en invernadero tendrá que establecerse con especies nativas tanto de hongos como de árboles, de otra manera no será exitosa (Cruz-Ulloa, 1997).

III. ¿Qué son las micorrizas?

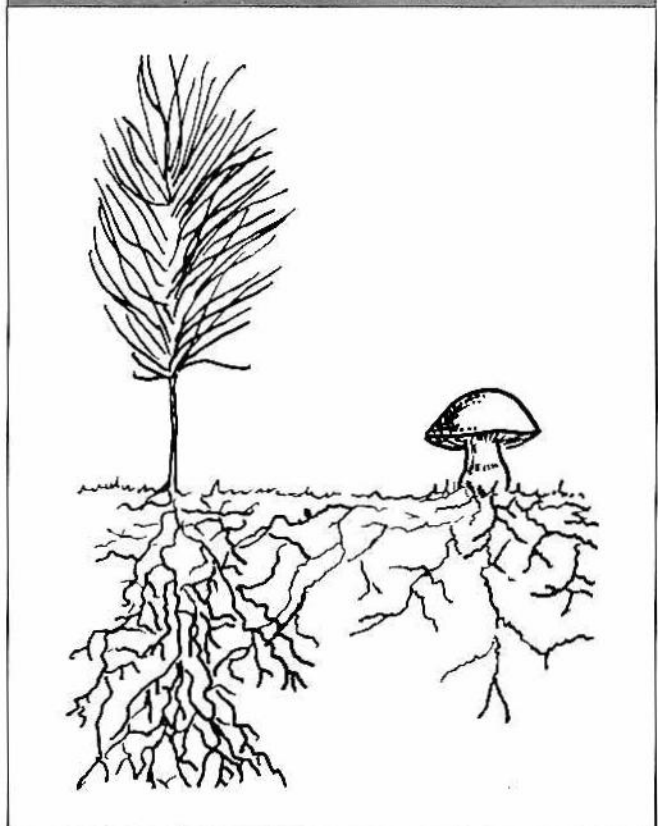
Las micorrizas resultan de la asociación mutualista entre las raíces de las plantas y hongos del suelo, en la que ambos participantes obtienen beneficios. Esta relación es una regla en la naturaleza, ya que todas las plantas vasculares las presentan, a excepción de las familias *Cruciferaeae* y *Chaenopodiaceae*. En esta relación, las células del hongo forman una red alrededor de la raíz, lo que facilita a la planta la captación de nutrientes del suelo como fósforo, nitrógeno, cobre, zinc y azufre (Harley, 1989). A su vez, la planta le proporciona al hongo los productos de la fotosíntesis y un medio que lo protege de las comunidades de microorganismos del suelo como bacterias, hongos y actinomicetos que rodean a la raíz (Miller *et al.*, 1986). Las micorrizas que se forman en latifoliadas son llamadas endomicorrizas, y las que se asocian con coníferas se denominan ectomicorrizas (figura 1).

En las endomicorrizas el micelio del hongo penetra en las células corticales de la raíz y toma de su interior compuestos orgánicos tales como carbohidratos, lípidos y proteínas. En las ectomicorrizas el micelio envuelve a la raíz, donde forma un manto en que las hifas crecen entre las células de la corteza.

IV. Factores que afectan la asociación micorrícica

Se puede considerar que los factores que afectan a la raíz son los mismos que inciden en la micorriza, entre otros, el potencial fotosintético, la fertilidad del suelo y la intensidad luminosa elevada. En un principio, las pequeñas raíces, a pesar de que contienen pocos azúcares simples, crecen rápidamente debido a la fertilidad del suelo y a la presencia de la micorriza que las protege del ataque de patógenos. A su vez, el crecimiento del hongo simbiote está regulado por la temperatura, el pH, la humedad extrema y la presencia de ciertos organismos antagónicos en áreas cercanas a la raíz. Los hongos micorrícicos no pueden crecer y reproducirse en el suelo a menos que estén asociados simbióticamente con las raíces de las plan-

FIGURA 1. MIGELIO DEL CUERPO FRUCTÍFERO DEL HONGO ASOCIADO CON LAS RAÍCES DE UNA PLANTULA DE PINO.



tas, aunque pueden sobrevivir en estado latente sin el hospedero (Cruz-Ulloa, 1995).

El suelo del bosque en sí mismo comprende un ecosistema complejo cuyos componentes abióticos (fracción mineral, materia orgánica, humedad y atmósfera) interactúan sirviendo de hábitat a un complejo y numeroso grupo de bacterias, hongos, actinomicetes y una variedad de invertebrados, que a su vez participan en la descomposición de la materia orgánica, la cual es reciclada a las plantas. Incluso, se ha calculado que un metro cuadrado de suelo rico puede contener más de mil millones de organismos; esto explica la capacidad de soporte de la producción vegetal autótrofa sobre la que se sustenta la vida heterótrofa.

Es evidente que la pérdida del suelo implica la pérdida de comunidades de microbios que participan en la dinámica de este ecosistema. De igual manera, la pérdida de árboles del bosque rompe con todas estas relaciones y favorece la erosión del suelo, lo que establece una cadena de destrucción y deterioro, que de no ser atendida a corto plazo se corre el riesgo de favorecer los procesos de desertificación.

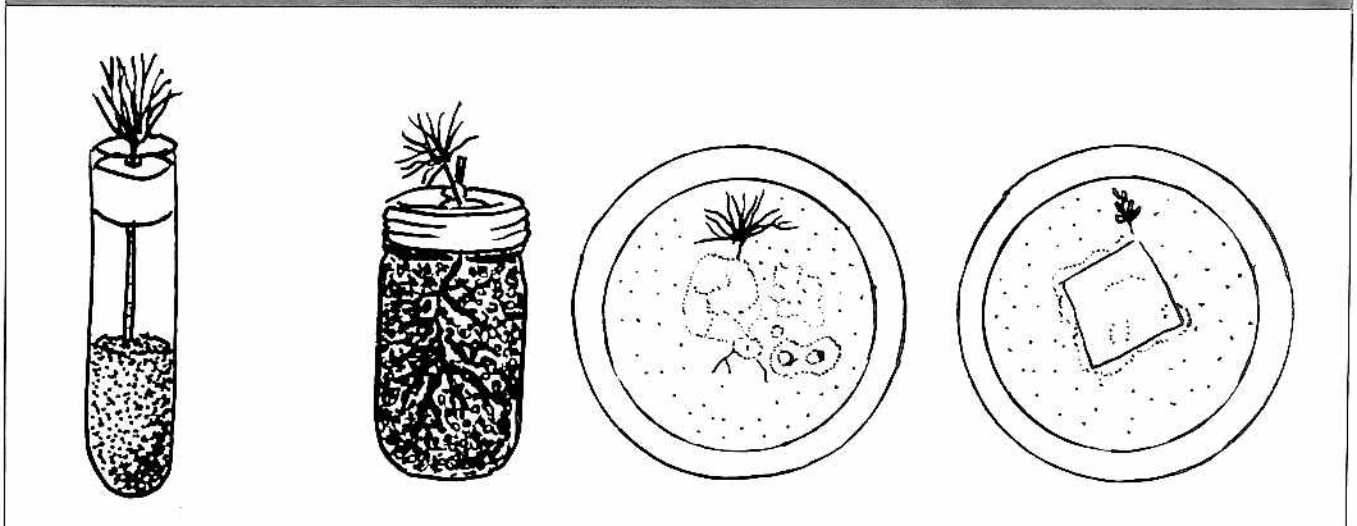
V. Producción del inóculo

Para el área forestal resulta de gran interés la producción de inóculo (figura 2), pues esto facilitaría el incremento en el crecimiento y supervivencia de las plántulas de coníferas que se cultivan en vivero para fines de plantaciones masivas en sitios con suelos pobres, erosionados o

que han sido abandonados después de prácticas agrícolas improductivas. Actualmente, en países como Estados Unidos, Alemania y Japón se trabaja en el establecimiento de tecnología para la producción de inóculo a gran escala, cultivando el micelio ectomicorrícico seleccionado, que sirve para la micorrización de plántulas en los viveros y garantiza su supervivencia una vez trasplantadas en sitios deforestados. En Oregon, Estados Unidos, James Trappe produce el micelio del hongo *Pisolithus tinctorius* a gran escala con fines de comercialización (Castellano y Trappe, 1985), sin embargo esta especie no se asocia con las especies de pinos mexicanos. Así que el éxito de estos programas de inoculación tendría que basarse en la selección de los hongos simbioses que sean efectivos y benéficos en la asociación, campo poco explorado todavía en nuestro país.

En México, se han priorizado los estudios sobre la propagación de hongos endomicorrícicos que están relacionados principalmente con las plantas comestibles. Los estudios de los hongos ectomicorrícicos se iniciaron con el conocimiento de la formación de la micorriza en pinos semilleros por Macdonel en 1963 y Ferrera-Cerrato en 1976; después Valdés en 1986 y Valdés, Piña y Grada en 1983 lograron la micorrización con especies de pinos que crecen en suelos erosionados; Ávila en 1988, Cruz-Ulloa en 1990 y Pérez-Moreno y Ferrera en 1991 aislaron el micelio en diferentes medios de cultivo, de especies de hongos que forman ectomicorrizas (citados por Cruz-Ulloa, 1997). Hoy en día, se practica la síntesis no aséptica de ectomicorrizas en pináceas con fines de

FIGURA 2. CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS DE MICORRIZACIÓN DE PLÁNTULAS *IN VITRO*. DE IZQUIERDA A DERECHA, EN TUBO DE ENSAYO CON MEDIO DE CULTIVO, EN FRASCO DE TEZONTLE Y MEDIO NUTRITIVO, EN CAJA DE PETRI CON PLACA DE AGAR Y EMPAREDADO CON PAPEL FILTRO Y PLACA DE AGAR EN CAJA DE PETRI (CRUZ-ULLOA, 1997).



reforestación (Arias y Garza, 1997) y la síntesis *in vitro* de la ectomicorriza en pinos (Torres *et al.*, 1997).

Las instituciones en las que actualmente se trabajan diversos aspectos de las endomicorrizas y ectomicorrizas son: el Centro de Edafología del Colegio de Posgraduados de Montecillos, el Departamento de Microbiología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, el Laboratorio de Micología del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, el Laboratorio de Micología del Instituto de Biología, el Instituto de Ecología y el Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Recursos Bióticos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, el Instituto de Investigaciones Forestales y Agrícolas de Uruapan, Michoacán, la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Conclusiones

De manera puntual se puede concluir que:

1. La asociación mutualista micorrícica está ampliamente difundida en la naturaleza. El conocimiento de ésta es fundamental para la selección del inóculo idóneo

para determinadas especies forestales.

2. El desarrollo biotecnológico de las micorrizas se basa en la producción y aplicación de esporas o del micelio en los cultivos de plántulas de pináceas, en imitación de las condiciones naturales en las que se establece la asociación.

3. La micorrización de pinos y su producción a gran escala es factible con el apoyo institucional que facilite los medios económicos para su estudio y desarrollo en plantas piloto, en viveros y en la etapa de plantación a gran escala en zonas deforestadas.

4. La planeación entre producción y explotación puede garantizar la conservación de especies nativas y por otro lado, la continuidad del recurso forestal para futuras generaciones.

Aunque el avance en los estudios es evidente, aún no se cuenta con programas nacionales para el desarrollo tecnológico de propagación y aplicación a gran escala del micelio de hongos ectomicorrícicos, que favorezca la supervivencia y crecimiento del mayor número de plántulas utilizadas en la reforestación de áreas alteradas y en la producción forestal. De no considerarse así, el riesgo de la pérdida de árboles en las plantaciones continuará y también la posibilidad de minimizar a corto plazo el deterioro de las áreas naturales. Con la aplicación biotecnológica de las micorrizas se abre un amplio campo de trabajo en favor de la recuperación de los bosques de coníferas y las posibilidades de conservación ambiental. 🏡



BIBLIOGRAFÍA

- Arias, M. y Garza, F. (1997). "Descripción de ectomicorrizas por cuatro especies de hongos en vivero", en *VI Congreso Nacional de Micología*. Jornadas Científicas. Tapachula, Chiapas.
- Ávila, H. (1988). *Aislamiento, caracterización y confirmación de micelios de cuatro especies de Amanita (Agaricales) de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Azuela, A.; Carabias, J.; Provencio, E. y Quadri, G. (1993). *Desarrollo sustentable: hacia una política ambiental*. UNAM, México, D. F.
- Castellano, A. y Trappe, J. (1985). "Ectomycorrhizal Formation and Plantation Performance of Douglas-fir Nursery. Stock Inoculated with *Rhizoglyphus* spores", en *Can. J. For. Res.* Núm. 15.
- Chauvet, M. (1996). "Un mejor ambiente con aplicaciones biotecnológicas", en *Jornada Ecológica*. Año 5, Núm. 50, septiembre
24. México, D. F.
- Cruz-Ulloa, S.
- _____. (1990). *Cultivo in vitro y caracterización de micelios de Basidiomycetes ectomicorrizógenos*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F.
- _____. (1995). *Micorrizas: un caso de simbiosis entre plantas y hongos*. CCH-Sur, UNAM. México, D. F.
- _____. (1997). "Micorrizas: alternativa biotecnológica para la reforestación", en *Gyros. Revista de Ingeniería y Ciencias básicas. Medio Ambiente*. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Año 4, Núm. 5. México, D. F.
- Ferrera-Cerrato, R. (1976). *Micorrizas*. Tesis predoctoral. Instituto Politécnico Nacional, Dirección de Estudios de Posgrado. México, D. F.
- García-Chavelas, C. (1994). "Áreas naturales protegidas", en *Adminis-*

- tración ecológica*. RAP-INAP. Núm. 87. México, D. F.
- Harley, L. (1989). "The Fourth Benefactor's Lecture. The Significance of Mycorrhiza", en *Myc. Res.* (2): 92.
- Inventario Nacional Periódico (1992-1994). *Memoria Nacional*, SARH. Subsecretaría Forestal de Fauna Silvestre, México, D. F.
- Macdonel, M. (1963). "Formaciones micorrízicas en pinos de semilleros (*Pinus montezumae* Lamb. y *P. patula* Schl. et Cham.)", en *Bol. Ter.* Núm. 9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México, D. F.
- Merino, L. (1997). *El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad*. UNAM, SEMARNAP, CMSS y WRI. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Cuernavaca, Morelos.
- Miller, K.; Jenkins, D. y Dervy, P. (1986). "Mycorrhizal Synthesis of *Amanita muscaria* var. *persicina* with Hard Pine", en *Mycotaxon*. Núm. 26.
- Pérez-Moreno, J. y Ferrera-Cerrato, R. (1991). "Aislamiento y caracterización de quince cepas de hongos ectomicorrízicos", en *IV Congreso Nacional de Micología*. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.
- Torres, A.; Santiago-Martínez, G. y Estrada-Torres, A. (1997). *VI Congreso Nacional de Micología*. Jornadas Científicas. Tapachula, Chiapas. México.
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (1995). *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. INE-CONABIO, México, D. F.
- Valdés, M.
- ____ (1986). "Survival and Growth of Pines with Specific Ectomycorrhizae after three years on a Highly Eroded Site", en *Can. J. Bot.* Núm. 64.
- ____; Piña, F. y Grada, R. (1983). "Inoculación micorrízica y crecimiento de plántulas de pino en suelo erosionado", en *Bol. Soc. Mex. Mir.* Núm. 18.

La UNESCO y el Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior de la Universidad de la Habana

Convocan al

SE INTEGRA POR CUATRO ÁREAS GENERALES:

- PRIMERA.** Se analizan las dimensiones sustantivas del planeamiento y desarrollo de las Instituciones de Educación Superior (IES) a nivel nacional e institucional.
- SEGUNDA.** Fundamentos de la Administración en las IES.
- TERCERA.** Referida a los problemas contemporáneos y desarrollo de la Evaluación Institucional en las IES.
- CUARTA.** Los Procesos Universitarios, donde se pretende dar una visión integral de la gestión universitaria.

METODOLOGÍA DE TRABAJO:

Las actividades se desarrollarán de lunes a viernes de forma intensiva. Estarán vinculadas con las cuatro áreas temáticas centrales mencionadas, conferencias, visitas a Instituciones de educación superior cubanas y centros de investigación.

VIII CURSO INTERNACIONAL SOBRE PLANEAMIENTO, ADMINISTRACIÓN Y EVALUACIÓN DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

La Habana, Cuba,
del 22 de noviembre
al 10 de diciembre
de 1999

EVALUACIÓN:

Se entregarán dos certificados (asistencia y aprobación final). Durante el curso se realizarán reflexiones individuales sobre temas de interés seleccionados y un proyecto de trabajo de curso sintético; este último será desarrollado posteriormente en el país de origen del mismo.

COSTO:

\$1,300.00 USD. Incluye atención académica, bibliografía y equipo de cómputo; alojamiento, alimentación y transfer in-out.

MAYORES INFORMES

M. C. José Luis Almuñás Rivero
CEPES Calle 23 No. 453 e/H el
Plaza, Ciudad de La Habana, CUBA
Código Postal 10400

Tel.: 2-0344, 32-4705, 322971
FAX: (537) 33-4182, 33-3295,
32-5774

Correo electrónico: cepes@comuh.uh.cu