

# Biodiversidad del suelo, conservación de la naturaleza y sostenibilidad

Fecha de recepción: 09/10/2007

Fecha de aceptación: 10/10/2007

Angélica Ruiz-Font<sup>1</sup>

*Este trabajo examina documentalmente la importancia de la biodiversidad de suelos y la investigación de ecosistemas para las diferentes estrategias de sostenibilidad que el hombre se ha puesto como meta. Estos logros proveen un marco de investigación futura para incrementar y manejar las teorías ecológicas y para incorporar conocimiento al manejo sostenible de suelos y ecosistema.*

## Palabras clave

*Diversidad microbiana, biodiversidad en suelo, conservación.*

## Key words

*Microbial diversity, soil biodiversity, conservation*

## Resumen

*Este trabajo examina documentalmente la importancia de la biodiversidad de suelos y la investigación de ecosistemas para las diferentes estrategias de sostenibilidad que el hombre se ha puesto como meta. Estos logros proveen un marco de investigación futura para incrementar y manejar las teorías ecológicas y para incorporar conocimiento al manejo sostenible de suelos y ecosistema.*

*Los retos para el futuro son muchos y aún no se han alcanzado en lo que respecta al suelo. Hemos subrayado los puntos que son retos en ecología de suelos con la esperanza de intensificar las interacciones*

*entre los ecólogos y otras ciencias, estimulando estudios integrados.*

*Este trabajo se construye con una visión de que la salud de suelo es la base de una sostenibilidad global.*

## Abstract

*This work documentarily examines the importance of the soil biodiversity and the investigation of ecosystems for the different strategies from sustainability that the man has put itself as his goals. These profits provide with a frame of future analysis to increase and to handle the ecological theories and to incorporate knowledge to the sustainable soil management.*

*The challenges for the future are many and not yet they have been reached with regard to the soil. We have emphasized the points that are challenges in soil ecology with the hope to intensify the interactions between the ecologists and other sciences being stimulated integrated studies. This work is constructed with a vision of the ground health is the base of a global sustainability.*

1. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México y alumna del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE), Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: afont@ipn.mx.

## Introducción

*Es un hecho que la aparición de las enfermedades degenerativas está asociada a la aparición de la síntesis química. Esto implica la necesidad de contar con una agricultura orgánica sostenible. Por otro lado, cada vez tenemos yacimientos minerales para obtener fertilizantes, por ejemplo piedra fosfórica. La forma sostenible de corregir ambos retos es el uso de la biodiversidad del suelo.*

*Nuestro conocimiento de las relaciones entre biodiversidad en suelos está creciendo rápidamente en los ecosistemas de regiones templadas y, buscando la simplicidad de algunos ecosistemas, se ha estudiado la diversidad en lugares como la Antártida o pastorales de montaña. En las últimas décadas, muchas regiones cubiertas por vegetación prístina de bosques tropicales han sido sustituidas por sistemas agrícolas (Noble y Dirzo, 1997), pecuarios o silvícola; en contraposición, las áreas con suelos degradados se han incrementado rápidamente (Dobson, 1997). Las causas de deforestación en los trópicos son muy complejas y muy a menudo estas no incluyen la tala comercial junto con las plantaciones de gran escala. La mayor causa es la presión del incremento en la población humana, fuertemente asociada con problemas de pobreza y la pérdida de oportunidades para obtener ingresos por medio de la agricultura o empleos bien remunerados. Sin embargo, cuando los bosques son clareados, allí puede darse la agricultura intensiva (por ejemplo, un régimen de cultivo simple o de ciclo corto), lo que lleva a una rápida pérdida del suelo y su fertilidad (Matson, P.A. et al., 1997). Los remanentes de bosque prístino por lo general se encuentran en regiones remotas, donde las densidades de población son bajas y los pobladores locales son altamente dependientes de los productos forestales y tienen poco*

*acceso al grueso de la economía de mercado.*

## La agricultura intensiva, la biodiversidad y la función del ecosistema

*Los datos mundiales de intensificación de la agricultura nos llevan a dos hipótesis globales con respecto a la sostenibilidad de suelos (Swift, 1997).*

*H<sub>1</sub>: la intensificación de la agricultura dará como resultado una reducción en la biodiversidad de suelos, llevando a una pérdida en la función en detrimento de la resistencia y la productividad sostenible, y*

*H<sub>2</sub>: La diversificación en la agricultura aumenta la resistencia del ecosistema y la productividad sostenible debido a incremento en la biodiversidad del suelo.*

*H<sub>1</sub> y H<sub>2</sub> no son simplemente hipótesis opuestas en el sentido de que se espera que ocurra un retraso de una con respecto a la evolución de la otra o que por ocurrir efectos destructivos de la intensificación agrícola se dé el restablecimiento de la biodiversidad del suelo mediante el manejo. Las causas directas comienzan a emerger entre la intensificación, la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, pero por desgracia no parece ser universal para todos los grupos de organismos (Giller et al. 1997).*

*Un análisis comparativo entre las diferentes condiciones agroecológicas de los diferentes países requiere una media de cuantificación del grado de intensidad de la agricultura. El término “intensificación” tiene diferentes interpretaciones en relación con el uso de la tierra, economía y eficiencia agrícola. La intensificación ha sido definida en función de varios parámetros: intensidad del uso de la tierra, la que a su vez depende de la fertilización mineral, el uso de pesticidas, la energía fósil y la irrigación del agua.*

*Es un hecho que la aparición de las enfermedades degenerativas está asociada a la aparición de la síntesis química. Esto implica la necesidad de contar con una agricultura orgánica sostenible. Por otro lado, cada vez tenemos yacimientos minerales para obtener fertilizantes, por ejemplo piedra fosfórica. La forma sostenible de corregir ambos retos es el uso de la biodiversidad del suelo.*

Cuadro 1. Evaluación de los beneficios económicos de la diversidad de suelos. Adaptado de Pimentel *et al.*, 1997.

Actividad	Grupo microbiano involucrado	Beneficios económicos (x\$10 <sup>9</sup> )
Procesos de reciclaje de basura	Saprófitos, invertebrados que se alimentan de <i>litter</i> , hongos, bacteria, actinomicetos	760
Formación de suelo	Biota del suelo que faculta su formación: lombrices, hongos, hormigas.	25
Fijación biológica de nitrógeno	Bacterias diazótrofas	90
Biorremediación	Mantenimiento de la biodiversidad de suelos y en agua es imperativo para mantener la efectividad de los biotratamientos	121
Biotecnología	Poco más de la mitad de los beneficios económicos de la biotecnología relacionada con la agricultura involucra a bacterias fijadoras de nitrógeno y reguladoras del crecimiento vegetal.	6
Biocontrol	El suelo provee de microhábitats para los enemigos naturales de plagas, la biota del suelo contribuye a incrementar la resistencia de plantas.	160
Polinización	Muchos polinizadores tienen una fase edáfica en su ciclo de vida	200
Alimentación	Por ejemplo hongos, setas, lombrices, pequeños artrópodos.	180
<b>TOTAL</b>		<b>1542</b>

Hay, sin embargo, una amplia gama de beneficios económicos que nos da la biodiversidad del suelo (cuadro 1). Pimentel *et al* (1997) recalcan que no solo para la agricultura, sino, también, en la protección ambiental, la bioprospección o la conservación de la vida salvaje.

### ¿Qué deberíamos de conservar? Desarrollo de criterios

Si un área protegida (terrestre o acuática) está siendo evaluada para una propuesta de conservación, es deseable considerar la diversidad de especies y hábitats, el tamaño del área, la rareza del ecosistema. Por lo general, los suelos no son explícitamente incluidos en ningún criterio, pero implícitamente pueden haberse considerado por ejemplo en el “estadio sucesional”. En términos de los requerimientos legales para la

designación de sitios de conservación, es importante contar con un inventario de especies y hábitats que incluyan especies endémicas, raras o en peligro de extinción (Usher, 1986).

Ellis (1996) dice que la importancia de los suelos ha estado un tanto abandonada y hasta ahora que se han materializado las propuestas de la conservación de la naturaleza y el estudio y cuidado del suelo, ha ido ganando prominencia dentro del concepto de sostenibilidad dándole cabida en los programas futuros. Este mismo autor reconoce tres criterios para seleccionar sitios aptos para conservación: 1) la importancia del sitio para la comunidad científica internacional, 2) la presencia de características excepcionales que le dan importancia científica y, 3) la importancia a escala nacional para que este sitio sea representativo de una característica, de un evento o un proceso ecológico.

*Los suelos son dinámicos y su perfil puede cambiar sustancialmente la cubierta de plantas y animales. Los suelos pueden cambiar como resultado de los procesos geomorfológicos, como la erosión del material existente o el depósito de nuevos materiales.*

*En el grupo de criterios que ha sido seleccionado para reconocer los sitios de importancia para ser conservados biológica y científicamente, por lo general no se hace explícita la mención de los suelos; sin embargo, hay una relación estrecha entre la roca y los organismos que allí se comienzan a formar; todo esto está mediado por los suelos (Usher, 1996). No obstante existe una cuestión de por qué los suelos no tienen características que sean pensadas para la conservación o al menos esto no ha sucedido hasta mediados de los años 90. En un interés por evaluar los suelos, Yaalon (2000) se cuestiona si los suelos son un lugar común de solo mención o son sitios de verdadero estudio científico. Lamentablemente, las propuestas de conservación solo utilizan los estudios de suelo como una mera cita de caracterización, de que suceden en ese lugar.*

*Hay cuatro razones por la que los suelos han sido olvidados por los objetivos de la conservación:*

- a) la taxonómica de suelos es relativamente muy joven y se ha entendido poco (André, 2002); es mucho mejor conocido el ensamblaje de especies o animales.*
- b) No existen en los suelos especies "carismáticas" como lo es el tamandúa para Chiapas, el tigrillo, el coyote mexicano; es decir, una especie que capte la atención de la sociedad y facilite los trabajos de conservación.*
- c) La pérdida de conocimiento taxonómico; no están bien descritos los hot spots de riqueza de especies en suelos, tampoco se sabe a qué se le llamaría exactamente un hot spots de actividad biológica de suelos.*
- d) Los suelos tienden a estar fuera de las mentes de las persona; en general, no se le considera algo valioso.*

*Los suelos son dinámicos y su perfil puede cambiar sustancialmente la cubierta de*

*plantas y animales. Los suelos pueden cambiar como resultado de los procesos geomorfológicos, como la erosión del material existente o el depósito de nuevos materiales. La incertidumbre taxonómica que rodea a la biota del suelo hace que la diversidad de especies sea un criterio pobre y la rareza de especies es un criterio imposible de usar.*

*Porque se le ha dado muy poca atención al diseño de sitios por el interés del suelo, son muy limitados los datos disponibles para el diseño de estas áreas. Por ejemplo, la creación de una serie de áreas diseñadas por la Unión Europea (UE) basada en el directorio de aves de 1979 y el directorio de hábitats de 1992 que por desgracia no requirió de información de suelos. En México se han decretado 155 áreas naturales protegidas que abarcan una superficie de 18 867 731 ha, lo cual representa casi el 10% del territorio nacional, sin embargo, en ninguno de ellos se explica la necesidad de conservar la biota del suelo. La red esmeralda para conservar áreas especiales que la conforman 15 países de UE y 23 que no son parte UE, no generó dato alguno que tuviera que ver con la conservación de alguna característica de suelo.*

*Mientras más uso pudiera hacerse de los datos de suelo para la conservación de la naturaleza (Tower, 2002), más se podrá hacer por la conservación sostenible. Hay tres importantes facetas de la conservación en las que se valoran los suelos:*

- Uno es el valor que tienen los suelos que no han sido afectados y en los que se desarrollan características de un perfil estable de un rango de biota. Por ejemplo, en México encontramos reductos de suelos volcánicos muy antiguos que han mantenido por miles de años vegetación forestal en el área protegida Pico de Orizaba, los cuales se ha encontrado que tienen una gran capacidad de resiliencia, después del cambio de uso del suelo (Ruiz-Font, 2004).*

- *El segundo es de importancia por la biota, especialmente de las comunidades microbianas; su importancia radica en el funcionamiento, tal es la descomposición de materia vegetal muerta, residuos de animales y contaminantes. Por desgracia, estos organismos permanecen relativamente desconocidos; sin embargo, ellos fueron importantes en los estratégicos y han sido considerados para la conservación, y algunos de ellos son importantes para el uso sostenible de suelos.*
- *El tercer punto es un esfuerzo para hacer en el mundo una restauración muy amplia de ecosistemas dañados y degradados (Bardgett, 2005). Como los suelos son un vital componente de todos los ecosistemas terrestres, hay de nuevo un interés en lo que es la naturaleza de conservación por la biota que vive dentro de los suelos.*

*Los intereses para la creación o el diseño de áreas con base en los hábitats y especies, parece que puede ser razonable según los tipos de suelo; sin embargo, este es una problema de diseño, no hay datos que muestren alguna relación entre el tipo de suelos su biodiversidad.*

*Muchas actividades de conservación están manejadas por especies que tienen un apelativo emocional para la gente. Es considerable la necesidad que de esto se requiere para obtener dinero, dinero que es fácilmente atraído para salvar especies bandera. Esto ha demostrado que estas especies a menudo llegan a ser los logos de organizaciones de conservación no gubernamentales como el panda de la WWF. Otros animales, como aves, tiburones, tigres, son los que se han convertido en embajadores de las diferentes propuestas de conservación. Hacer lo propio por los suelos implica un reto factible si analizamos la gran*

*cantidad de grupos para encontrar algún género bandera.*

## **Indicadores de biodiversidad del suelo**

*Un buen indicador debe ser capaz de detectar los cambios causados por la utilización del suelo, contaminación o cambio del clima; en un suelo con una localización dada, contrastando la última historia de la utilización del suelo, de la contaminación y de la sucesión ecológica. Todavía hay, sin embargo, mucha investigación requerida para desarrollar los indicadores confiables a fin de evaluar con certidumbre la salud de la biodiversidad del suelo y del mantenimiento de su multifuncionalidad.*

*En el trabajo hacia estas metas, puede ser útil, en un futuro próximo, comenzar con la medida de uno o dos grupos implicados en el mantenimiento de cada función del suelo identificada en la figura 1. Tal información debe generarse de manera profunda para subsanar el déficit de nuestro conocimiento sobre biodiversidad, respondiendo a los puntos clave de cómo un ecosistema puede ser resiliente a la perturbación ambiental, en relación con la biodiversidad y funcionalidad del suelo.*

## **Conclusiones y recomendaciones**

*Este documento trató de resaltar la importancia de la diversidad de suelos en el contexto de la multifuncionalidad dentro del ecosistema. Los intereses han sido enfocados en el papel que tiene la biodiversidad del suelo para mantener la multifuncionalidad. Las consideraciones más importantes se citan a continuación:*

- *Deben desarrollarse las ventajas para optimizar la biodiversidad del suelo en todas las áreas agrícolas, farmacéuticas, ambientales, para la producción vegetal, la protección del*

*Muchas actividades de conservación están manejadas por especies que tienen un apelativo emocional para la gente. Es considerable la necesidad que de esto se requiere para obtener dinero, dinero que es fácilmente atraído para salvar especies bandera. Esto ha demostrado que estas especies a menudo llegan a ser los logos de organizaciones de conservación no gubernamentales como el panda de la WWF.*

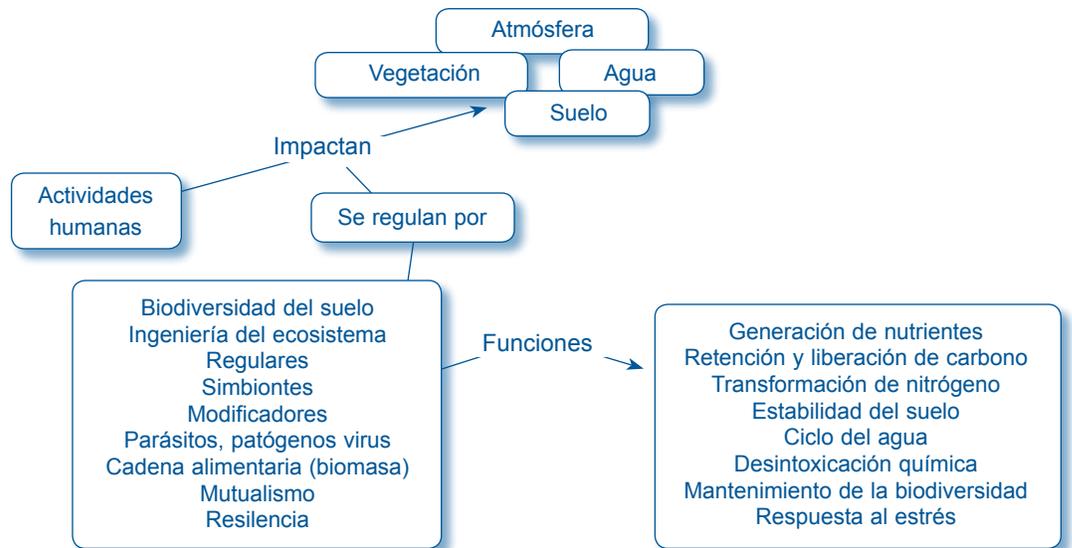


Figura 1. Diagrama que representa el significado funcional de la biodiversidad del suelo en el mantenimiento de las funciones en los ambientes terrestres.

Se necesita un mayor reconocimiento de las relaciones íntimas entre la biodiversidad del suelo y el ambiente, ya que juntos son conductores dominantes en las cualidades de la comunidad y del ecosistema (Wardle, 2002).

medio ambiente, la conservación de la naturaleza y heredar este interés.

- Debemos mejorar nuestro conocimiento de cómo las prácticas humanas impactan la biodiversidad del suelo.
- El desarrollo de los esquemas apropiados del muestreo o de la supervisión requiere métodos estandarizados de caracterización de la biodiversidad.
- Requerimos pruebas y resultados “patrón”, que nos dé un estándar para la biodiversidad del suelo en diversos ecosistemas, bajo usos particulares y en respuesta a diversas presiones ambientales. Debemos contar con los elementos suficientes para poder predecir el significado de cualquier cambio en la biodiversidad.
- Esto requiere una mejor comprensión que prediga la regulación espacial y temporal de la variabilidad en la diversidad del suelo. Esta información puede ser utilizada para

destacar áreas de interés específico en el funcionamiento del suelo (por ejemplo, identificar áreas de alta prioridad de conservación), dar el sustento para desarrollar indicadores confiables directos e indirectos.

- Se necesita un mayor reconocimiento de las relaciones íntimas entre la biodiversidad del suelo y el ambiente, ya que juntos son conductores dominantes en las cualidades de la comunidad y del ecosistema (Wardle, 2002).
- Esto necesita ser considerado no solo en la supervisión de la biodiversidad del suelo, sino en el contexto más amplio de la calidad ambiental y de la política asociada.
- Poco se sabe de la dinámica de la colonización-extinción de la biota del suelo o cómo las adiciones y las cancelación de taxa o de grupos funcionales influirán productividad agrícola sostenible.

## Bibliografía

- André, H.M., Ducarme, X. y Lebrun, P. 2002. *Soil biodiversity: myth, reality or conning?* *Oikos*, 96, 3-24.
- Bardgett, D. 2005. *Biological Diversity and Function in soils*. Cambridge University Press.
- Dobson, A. P., A.D. Bradshaw y A.J.M. Baker. 1997. *Hopes of the future: restoration ecology and Conservation Biology*. *Science*, 277, 515-522
- Ellis, N.V., Bowen, D.Q., Campbell, S., Knill, J.L., McKirdy, A.P., Prosser, C.D., Vincent, M.A. y Wilson, R.C.L. 1996. "An Introduction to the Geological Conservation Review", *Geological Conservation Review Series*, N.º 1
- Giller KE., Beare, M.H., Lavelle P., Izac, A-MN., y Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl Soil Ecology*, 6. 3-16.
- Matson, P.A., W.J. Parton, A.G. Power y M.J. Swift. 1997. Agriculture Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277: 504-508
- Noble IR y R Dirzo. 1997. Forests as human-dominated ecosystems. *Science*. 277: 522-525 pp.
- Pimentel D., Wilson C., McCullum C., Huang R., Dwen P., Flack J., Tran Q., Saltman T. y Cliff, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *Bioscience*, 47, 747-757 pp.
- Ruiz-Font A. 2004. *Cambio de uso del suelo en el Pico de Orizaba*. Tesis para obtener el grado de maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. Coyoacán. México.
- Swift, M.J. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function in the Tropics. *Applied Soil Ecology* 6(1): 1-2
- Towers, W., Hester, A.J., Malcolm, A. y Stone, D. 2002. The use of soils data in natural heritage planning and management. *Soil Use and Management*, 18, 26-33.
- Usher, M.B. 1986. *Wildlife conservation evaluation*. Chapman & Hall, Londres, Inglaterra. 394 pp.
- Usher, M. B. 1996. The soil ecosystem and sustainability. In *Soils, Sustainability and the Natural Heritage*, ed. by A.G. Taylor, J.E. Gordon y M.B. Usher. HMSO. Edinburgh. 22-43 pp.