

ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS AGRÍCOLAS, EN DESCANSO Y CON USO FORESTAL EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PAPA, COCHABAMBA-BOLIVIA

Alejandro Coca-Salazar (1), Monique Carnol (2)

(1) *Universidad Mayor de San Simón – Laboratorio de Suelos y Aguas. Av. Petrolera km 5 ½ s/n, 0000 Cochabamba (Bolivia). E-mail: alejandro.cocasalazar@gmail.com*

(2) *Université de Liège. Laboratoire d'Écologie végétale et microbienne. Botanique B22. Quartier Vallée, 1. Chemin de la Vallée, 4. BE-4000 Liège (Belgique).*

Resumen

El objetivo principal del estudio fue analizar el efecto de tres tipos de uso de la tierra: agrícola, en descanso y con uso forestal sobre la actividad microbiana del suelo medida como biomasa microbiana y diversidad metabólica. Se muestrearon ocho parcelas de cada categoría en la comunidad Chullchungani en Cochabamba. Se midió la textura, humedad, materia orgánica y pH. La biomasa fue evaluada mediante el método de fumigación-extracción, y la diversidad metabólica mediante microcultivo en placas BIOLOG Ecoplate. Los resultados indican valores similares de biomasa microbiana de suelos cultivados y en descanso, con valores más elevados en suelos forestales. La diversidad metabólica por el contrario es mayor en suelos agrícolas y en descanso, con una clara disminución en suelos forestales. Estos resultados indican que (1) los periodos de descanso corto podrían no ser suficientes para el restablecimiento de las comunidades microbianas, la fertilidad y salud de los suelos, (2) las comunidades microbianas de suelos en descanso tienden hacia un proceso de estabilización, y (3) que el uso forestal disminuye la diversidad metabólica, lo que podría explicar la disminución de fertilidad que ha sido reportada.

Palabras clave: *uso de la tierra, biomasa microbiana, diversidad metabólica.*

Introducción:

El uso de la tierra y su intensificación comúnmente están asociados a procesos de degradación del suelo. La evaluación de estos efectos constituye el primer paso prever consecuencias como la reducción de servicios ecosistémicos o insostenibilidad. Distintas características físico-químicas del suelo han sido utilizadas para evaluar estos efectos; sin embargo, los microorganismos del suelo son considerados indicadores ideales debido a su rol central en la descomposición y estabilización de materia orgánica, el ciclo de nutrientes, además de su sensibilidad a la perturbación y contaminación. En particular, medidas de la actividad microbiana como la producción de biomasa y la diversidad metabólica han sido utilizadas para evaluar los efectos del uso de la tierra y la intensificación. A pesar de la cantidad de reportes a nivel mundial, estos estudios deben ser realizados a escalas regionales y tomando en cuenta características específicas de los ecosistemas por la alta sensibilidad de los microorganismos a dichas características.

En la región montañosa y zonas altas de los valles mesotérmicos de la Cordillera Oriental de los Andes (2700-3500 msnm) la agricultura constituye la principal actividad económica (INE, 2013; Zimmerer, 1993). La papa es el principal cultivo seguido de haba, cebada, papalisa, entre otros. El método tradicional de producción estaba basado en 3-4 años de cultivo seguidos de un periodo de descanso largo (20 años) que permitía recuperar la fertilidad y controlar plagas (Hervé, 1994; Pestalozzi, 2000). Sin embargo, en las últimas décadas, estos sistemas agrícolas han sufrido un

proceso de cambio e intensificación en el uso de la tierra, reflejado en la parcelación de las áreas cultivables, reducción de los períodos de descanso y la dependencia a agroquímicos que acentúan los procesos de degradación y afectan la producción de alimentos. Por otro lado, especies arbóreas exóticas como *Eucalyptus* sp. han sido introducidas por su adaptabilidad y potencial maderero, reemplazando la vegetación nativa y ocupando terrenos de baja productividad. Esto ha incrementado la presión sobre las áreas agrícolas, además de los potenciales efectos negativos que aún no han sido evaluados. Actualmente, el paisaje en estas zonas agrícolas está dominado por tres tipos de uso de la tierra: agrícola, descanso y forestal.

A la fecha no existen estudios que evalúen los efectos de la intensificación de la agricultura y la introducción de especies arbóreas exóticas y las posibles consecuencias en la sostenibilidad de los ecosistemas y la producción de alimentos. En ese contexto, el objetivo central de este estudio fue analizar los efectos de la agricultura, los periodos de descanso cortos y las plantaciones forestales sobre la actividad microbiana de los suelos a través de la biomasa y diversidad metabólica.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en la comunidad productora de papa Chullchungani (17°33'02" S, 065°20'54" W, 3100-3400 msnm) de la provincia Carrasco - Cochabamba. Al final de la época húmeda (febrero 2016) se seleccionaron 24 parcelas: (1) ocho parcelas utilizadas para producción de papa, (2) ocho parcelas en descanso (2-6 años), (3) y ocho parcelas de *Eucalyptus* sp. Se tomaron 3 muestras de suelo de cada parcela (20 cm de profundidad) que fueron tamizadas (2 mm) y almacenadas a 4°C y humedad de campo hasta su análisis.

Se colectaron 72 muestras de las que se determinó su textura por método Bouyoucos, la humedad y materia orgánica por gravimetría, y el pH del suelo en solución 1M de KCl (1:1, v/w). La biomasa microbiana fue determinada mediante el método de fumigación con cloroformo y extracción (Brookes et al., 1982; Vance et al., 1987). El carbono (C) y nitrógeno (N) microbianos fueron extraídos con K_2SO_4 0.5M y analizados con un analizador de C total y un analizador de N total. El fósforo (P) microbiano fue extraído con $NaHCO_3$ 0.5M y analizado con un espectrofotómetro ICP-AES. Se calculó la biomasa mediante la diferencia entre las muestras fumigadas y no fumigadas, y se corrigieron los valores por las constantes K_C , K_N y K_P para cada elemento (Brookes et al., 1982; Joergensen and Muller, 1996). La diversidad metabólica fue evaluada mediante microcultivo de soluciones de suelo inoculadas en placas BIOLOG Ecoplate con 31 substratos marcados con tetrazolium. Se determinó el patrón de uso de substratos por cambio de color midiendo la absorbancia de cada substrato en un lector de placas. Se calcularon los índices AWCD (promedio de color desarrollado), Shannon, e índice de Equitatividad.

Se realizaron análisis de comparación y correlación utilizando el software R y los paquetes 'rRiskDistributions', 'car', 'nlme' y 'multcomp' según Zuur et al. (2009) bajo un diseño anidado.

Resultados y Discusión

El análisis indica que de las 24 parcelas estudiadas 18 tienen suelos con textura arcillosa, 5 son arcillo-limosas y una tiene textura limosa. La humedad de los suelos oscila entre 10.8 hasta 22.7%, con valores similares entre suelos agrícolas y en descanso, mientras que los valores más bajos fueron registrados en parcelas forestales. Los valores de materia orgánica oscilan entre

55.5 hasta 144.4 mg/kg, siendo las parcelas forestales las que tienen los valores más altos. Los valores de pH oscilan entre 3.4 hasta 5.1, sin diferencias significativas entre grupos (Tabla 1).

Tabla 1. Variables físico químicas evaluadas según el tipo de uso de la tierra. Para la textura se indican las clases texturales y el número de parcelas en cada clase. Para el resto de las variables se indican los valores promedios y desviación estándar, las letras indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Uso de la tierra	Textura	Humedad (%)	Materia orgánica (mg/kg)	pH
Agrícola	Arcilloso (8)	20.6 ± 1.4 (a)	87.0 ± 13.8 (a)	4.3 ± 0.3
	Arcilloso (6)			
Descanso	Arcillo-limoso (1)	19.2 ± 2.0 (a)	78.2 ± 12.9 (a)	4.3 ± 0.3
	Limoso (1)			
Forestal	Arcilloso (4)	15.9 ± 3.1 (b)	106.9 ± 25.3 (b)	3.9 ± 0.3
	Arcillo-limoso (4)			

Los resultados de los análisis microbiológicos indican que existe un claro efecto del uso de la tierra sobre la biomasa microbiana y sobre la diversidad metabólica (ver Figura 1). El C y N en la biomasa presentan valores similares entre las parcelas cultivadas y las parcelas en descanso, mientras que se registra un incremento significativo en las parcelas forestales. Esto indica un claro efecto de las actividades agrícolas sobre las comunidades microbianas, ya que a pesar de la fertilización, el aporte de nutrientes no se refleja en un incremento de la biomasa.

Por otro lado, la biomasa (C, N) presenta correlación significativa ($r^2=0.83$ y $r^2=0.81$) con la materia orgánica, lo que indica que esta variable determina en gran medida la actividad biológica. Estos resultados muestran que los periodos de descanso corto no serían suficientes para registrar cambios en la cantidad de materia orgánica y por tanto no serían suficientes para reestablecer las comunidades microbianas, la fertilidad y salud de los suelos.

Se registraron valores muy bajos de P (cerca de cero) en la biomasa en las parcelas agrícolas que puede explicarse por competencia entre plantas y microorganismos (a pesar del aporte de este elemento por fertilización), ya que el cultivo de papa requiere P para la producción de tubérculos. Esto se respalda por el hecho de que en las parcelas en descanso y forestales se registran valores más altos de P en biomasa, indicando que en ausencia del cultivo la competencia disminuye.

Los valores de AWCD y Shannon muestran que un mayor número de substratos fueron utilizados por los microorganismos de los suelos cultivados. Este resultado puede explicarse por la perturbación generada por las prácticas agrícolas (e.g labranza del suelo, la adición de fertilizantes), que estarían generando una mayor diversidad de nichos ecológicos que permiten el establecimiento de comunidades microbianas más diversas. La disminución de diversidad en las parcelas en descanso indica que las comunidades microbianas de los suelos que no sufren perturbaciones tienden a un proceso de estabilización ecológica (pocos grupos de microorganismos dominan la comunidad), lo que es corroborado por la disminución en los valores de equitatividad. Finalmente, los valores de diversidad son aún más bajos en parcelas forestales, lo que indica un efecto significativo en las características microbiológicas que podría

alterar el ciclo de nutrientes y explicar la disminución de la fertilidad de estas parcelas que ha sido reportada por los agricultores.

Conclusiones

(1) Las variables microbiológicas estudiadas permitieron detectar diferencias entre los tipos de uso de la tierra. (2) La biomasa microbiana fue similar entre las parcelas agrícolas y en descanso, lo que indica que los periodos de descanso cortos (2-6 años) podrían ser insuficientes para incrementar la materia orgánica y a su vez reconstituir las comunidades microbianas, la fertilidad y salud del suelo. (3) La disminución de diversidad metabólica de los suelos no perturbados indica que los ecosistemas tienden hacia un proceso de estabilización cuando están en descanso. (4) Las plantaciones de Eucalipto tienen un efecto significativo sobre la diversidad metabólica de microorganismos, lo que podría estar generando alteraciones en el ciclo de nutrientes y la fertilidad. Se requieren estudios más detallados de los procesos ecológicos llevados a cabo por los microorganismos en estos suelos y su relación con los ciclos de los nutrientes.

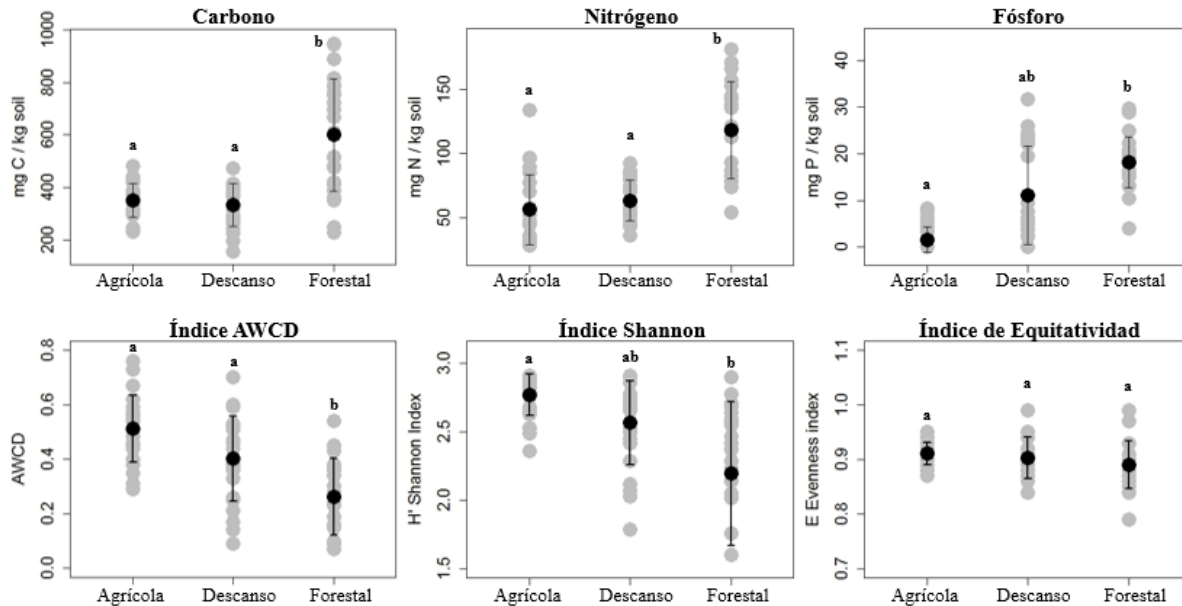


Figura 1. Variables microbiológicas en los tres tipos de uso de la tierra. En la primera fila se muestran los gráficos para biomasa microbiana (C, N y P), en la segunda fila los índices de diversidad metabólica. En los gráficos se observa la distribución de los valores, la media y desviación estándar; las letras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Referencias

- Brookes, P.C., Powlson, D.S., Jenkinson, D.S., 1982. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biol. Biochem.* 14, 319–329.
- Hervé, D., 1994. Respuesta de los componentes de la fertilidad del suelo a la duración del descanso, in: Hervé, D., Genin, D., Rivère, G. (Eds.), *Dinámicas Del Descanso de La Tierra En Los Andes*. IBTA - ORSTOM, La Paz, pp. 155–169.
- INE, 2013. Censo Agropecuario 2013. Ministerio de Gobierno, La Paz.
- Joergensen, R.G., Muller, T., 1996. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: Calibration of the Ken value. *Soil Biol. Biochem.* 28, 33–37.
- Pestalozzi, H., 2000. Sectoral fallow systems and management of soil fertility: The rationality of

- indigenous knowledge in the High Andes of Bolivia. *Mt. Res. Dev.* 20, 64–71.
- Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703–707.
- Zimmerer, K.S., 1993. Soil erosion and labor shortages in the Andes with special reference to Bolivia: Implications for “conservation-with-development.” *World Dev.* 21, 1659–1675.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M., 2009. *Mixed effects models and extensions in Ecology with R.* Springer Berlin Heidelberg, New York.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al programa de cooperación Académie de Recherche et d’Enseignement Supérieur y la Université de Liège (Bélgica), así como la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba, Bolivia). Agradecimientos los productores de la zona de estudio y técnicos de laboratorio de ambas universidades.