

## EL ESTADO MICROBIOLÓGICO DEL SUELO, INDICADOR DE UNA RESTAURACION DE LA FERTILIDAD

Ruth Sivila de Cary<sup>1</sup> Dominique Hervé<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ecología, UMSA, Casilla 10077, La Paz

<sup>2</sup> IBTA-ORSTOM, Casilla 9214, La Paz

### Resumen

En un medio semi-árido y de altura como el altiplano central boliviano, resulta determinante la asociación endomicorrízica de tipo vesículo-arbuscular para la absorción de nutrientes. Además, la población de microorganismos presentes en el suelo da una indicación de su actividad biológica. Esta actividad ha sido evaluada siempre en relación a los cultivos. Nos proponemos evaluarla en terrenos de 1 a 30 años de descanso, escogidos en las *aynuqa* de la comunidad de Pumani (provincia Aroma, altiplano central boliviano), y relacionarla con los parámetros físicos químicos del suelo.

Se sacó en 1992 muestras aleatorias compuestas a una profundidad de 5-20 cm en 16 parcelas y en la rizósfera de *Stipa ichu* y *Bacharis sp.* Se empleó medios de cultivo selectivos para la identificación de los grupos de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos) y se observó con microscopio las esporas de micorrizas V.A.

Se nota una mayor actividad microbiológica debajo de *Bacharis sp.* en comparación a *Stipa ichu*. Con los resultados parciales de las parcelas, obtenidos hasta la fecha, se interpreta el efecto del tiempo de descanso, en relación al cultivo anterior y a la cobertura vegetal. Se verifica también las relaciones entre el fósforo asimilable (Olsen), la materia orgánica, otros parámetros significativos y la población de microorganismos.

### L'ÉTAT MICROBIOLOGIQUE DU SOL, INDICATEUR D'UNE RESTITUTION DE LA FERTILITE

### Résumé

Dans un milieu semi-aride et d'altitude tel que l'altiplano central bolivien, l'association endomycorhizique de type vésicule arbustive est déterminante pour l'absorption des nutriments. En outre, la population de microorganismes présente dans le sol renseigne sur son activité biologique. Cette activité a toujours été évaluée par rapport aux cultures. Nous nous proposons d'évaluer celle-ci dans des parcelles de 1 à 30 ans de jachère, choisies sur les *aynuqa* de la communauté de Pumani (provincia Aroma, Altiplano central bolivien), et de la mettre en relation avec les paramètres physico-chimiques du sol.

Deux échantillons aléatoires composés ont été prélevés en 1992 à une profondeur de 5-20 cm sur 16 parcelles et dans la rhizosphère de *Stipa ichu* et *Bacharis incarum sp.* Des milieux de culture sélectifs ont été utilisés pour l'identification des groupes de microorganismes (bactéries, champignons, actinomicètes) et les spores de mycorhizes V.A. ont été observées au microscope.

On constate une activité microbiologique plus importante sous *Bacharis incarum sp.* que sous *Stipa ichu*. Des relations apparaissent entre le phosphore assimilable (Olsen), la matière organique, d'autres paramètres significatifs et la population de microorganismes.

## THE MICROBIOLOGICAL STATE OF SOIL AS AN INDICATOR OF LEVELS OF FERTILITY RESTORATION

### Abstract

In a semi-arid elevated environment such as the Central Bolivian Altiplano, the vesicular-arbuscular (V.A.) mycorrhizal association is crucial for the absorption of nutrients. Moreover, the micro-organisms present in the soil act as an indicator of its biological activities. Such activity has previously always been evaluated in terms of crops. We have evaluated this activity by studying plots of land, chosen from the aynuqa of the Pumani community (Aroma Province, Central Bolivian Altiplano), that have lain fallow for 1 to 30 years in an attempt to determine which soil parameters are important.

In 1992 two random soil samples were taken at a depth of 5 to 20 cm from each of the 16 plots in addition to samples taken from the *Stipa ichu* and *Bacharis incarum sp.* rhizospheres. Selective culture methods were employed to identify the different groups of micro-organisms (bacteria, fungi, actinomycetous) and the spores of V.A. mycorrhizal fungi were observed under the microscope.

It was noted that the microbiological activity was more pronounced in soils located under the *Bacharis incarum sp.* than in those from beneath *Stipa ichu*. Provisional results from the plots seem to indicate that any interpretation of the influence of the length of the fallow period must be made taking into account the type of crop previously cultivated and the type of vegetal cover existing during the fallow period. There are indications of some correlation between the amount of assimilable phosphorus (Olsen), the amount of organic material present, and the population of micro-organisms.

### INTRODUCCION

En el altiplano central boliviano, ecosistema semiárido y de altura, muchas comunidades mantienen en sus parcelas de cultivo en secano un sistema de rotación comunal, que incluye un descanso largo de 5 a más de 20 años.

Hasta hoy no se ha comprobado ni cuantificado la reconstitución de la fertilidad del suelo en un determinado tiempo de descanso. Tampoco se han controlado las actividades bioquímicas de la microbiota del suelo en descanso. No consideramos el suelo sólo como un medio que sostiene el crecimiento de la planta; sino como un complejo ecológico natural habitado por una población microscópica muy activa y diversa.

Los microorganismos del suelo como las bacterias, hongos y actinomicetos son responsables de transformaciones físico-químicas importantes para la producción agrícola.

Numerosos estudios (Estermann, McLaren, 1961; Alexander, 1980; Gianinazzi, Azlon, 1991; Cardoso et al., 1992) muestran que los microorganismos del suelo intervienen tanto en el aprovechamiento de nutrientes como en la solubilización y absorción de iones. Sobre este último aspecto se debe resaltar los hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular (MVA), que colonizan las raíces de la vegetación, estableciendo asociaciones simbióticas que desempeñan un papel importante en la

nutrición de las plantas, principalmente en suelos deficientes en nutrientes (Mosse, 1973; Lopes et al., 1983).

La información cualitativa y cuantitativa concerniente a la microflora del suelo altiplánico boliviano es muy escasa. Pocos son los trabajos realizados sobre este aspecto (Sivila, 1991; 1993). Con respecto a los estudios sobre la restauración de la fertilidad del suelo en un determinado tiempo de descanso, no existen trabajos relacionados con la microflora del suelo.

De allí la importancia de iniciar investigaciones que permitan cuantificar la población microbiana a lo largo del descanso en suelos representativos del altiplano central boliviano. Para tener esta variabilidad de condiciones de suelo, se realizaron evaluaciones en Pumani, una comunidad campesina donde continúa vigente el sistema de *aynuqa*.

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Valorar la influencia de los factores externos: tipo y manejo del suelo, contenido de nutrientes y vegetación nativa, sobre la población de bacterias, hongos, actinomicetos y esporas de las micorrizas vesículo-arbuscular (MVA).
- Evaluar en parcelas, con distinta duración de descanso, la población microbiana del suelo, en la búsqueda de un indicador de la restauración de la fertilidad del suelo.

## METODOLOGIA

El área de estudio comprende algunos sectores de *aynuqa* de la comunidad de Pumani en el altiplano central (provincia Aroma, La Paz). Las parcelas muestreadas de aproximadamente 100 metros cuadrados de superficie varían entre 1 y 30 años de descanso. El sistema de rotación adoptado comprende 3 años: papa (*Solanum tuberosum*) el primer año, luego quinua (*Chenopodium quinoa*) o cebada (*Hordeum vulgare*) y, por último cebada o quinua. La vegetación nativa consiste principalmente en thola (*Baccharis incarum*) e ichu (*Stipa icchu*).

Los análisis físico-químicos del suelo se realizaron en el laboratorio de ORSTOM en Bondy y la granulometría en el laboratorio del CIAT en Santa Cruz. Los análisis microbiológicos se hicieron en el Instituto de Ecología de la UMSA.

La toma de muestras microbiológicas se realizó en 1992 de manera sincrónica con dos repeticiones en el año. De cada parcela se colectó, con el auxilio de un barreno colector, 20 submuestras repartidas al azar en una malla de 4 por 5 metros, todas a una profundidad de 5 a 20 cm, que constituyeron una muestra compuesta. Las muestras fueron embaladas en sacos estériles de polietileno y transportadas al laboratorio en cajas de isopor con hielo el mismo día del muestreo.

La evaluación microbiológica fue realizada por medio de la técnica indirecta de diluciones seriadas y siembra en placas. Una dilución en serie, preparada a partir de 10 gramos de suelo y 90 de agua estéril, sirvió para sembrar un conjunto de 3 placas por cada dilución. Se usó 3 diluciones empleándose medios de cultivo selectivos para la evaluación de los respectivos grupos de microorganismos: Thorton, para bacterias (Parkinson et al., 1971); Martín para hongos (Menzies, 1965); caseína dextrosa agar para actinomicetos (Clark, 1965).

La evaluación de las esporas de las micorrizas V.A. se realizó por el método de flotación y tamizado (Gerdemann, Nicolson, 1963) y la enumeración en membranas filtrantes de celulosa bajo estereoscopio.

## RESULTADOS E INTERPRETACION

Sobre la base de los resultados obtenidos hasta la fecha, se analizó la evaluación de la biomasa microbiana, según las relaciones encontradas.

### *Efecto de la rotación*

El efecto que deja sobre la microflora del terreno en descanso el último cultivo componente de la rotación, es muy diferente si éste es quinua (*Chenopodium quinoa*) o cebada (*Hordeum vulgare*).

En el primer año de descanso, cuando el último cultivo es quinua, existe una disminución marcada en el total de microorganismos del suelo. En cambio, cuando la rotación termina en cebada, el primer año de descanso presenta un elevado número de bacterias, actinomicetos y, especialmente, esporas de micorrizas V.A.

Este efecto depresivo puede atribuirse a la diferencia en el estado de micotrofia existente entre cebada y quinua. Se sabe que las *chenopodiáceas* son plantas no micorrizadas (Tester, Smidth, 1987; Ocampo et al., 1980; Sivila, 1991) a diferencia de la cebada, que es micorrizable. Pueden presentarse diferencias en la nutrición de la planta, inducidas por las micorrizas; por lo tanto, el suelo adyacente a la planta también es diferente en cuanto a exudados radiculares.

Además, el propio hongo simbiótico exuda al medio externo sustancias que posteriormente podrían ser utilizadas por la microflora del suelo. La Figura 1 muestra el bajo valor obtenido en la valoración de esporas de MVA en parcelas que tenían como último cultivo una *chenopodiáceas* (primera barra del histograma) y valores altos cuando el último cultivo es cebada (segunda y tercera barra del histograma). Este efecto también repercute cuando se analizan los otros factores que influyen en el contenido total de la microflora.

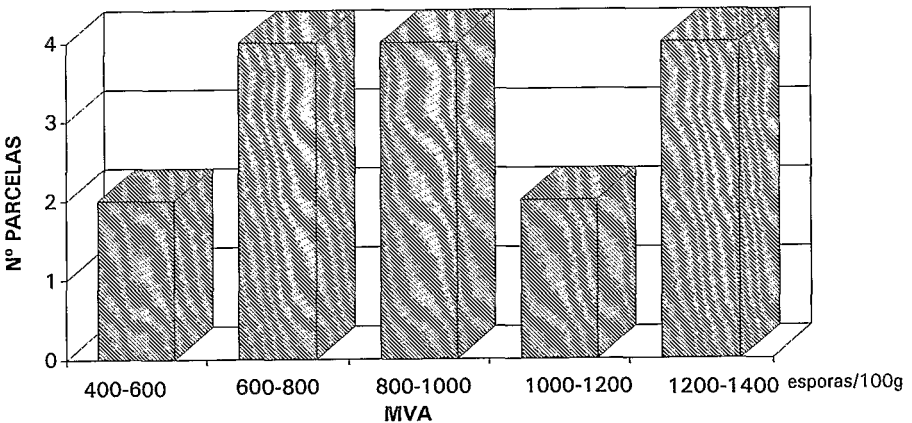


Figura 1. Histograma de las esporas de micorrizas valoradas en las parcelas en descanso

Algunas investigaciones demostraron que el empleo de plantas hospederas y no hospederas afecta la densidad de propágulos infectivos de micorrizas V.A. y la cantidad y calidad de esporas, alterando así la capacidad infectiva del suelo (Ocampo et al., 1980).

*Relación con parámetros físico-químicos*

Textura, materia orgánica y microorganismos

En general, muchas de las propiedades químicas y biológicas del suelo están influidas por las propiedades físicas del mismo. Como indicador de la granulometría del suelo, escogimos el porcentaje de arena porque varía más y discrimina mejor los tipos de suelo muestreados. Las Figuras 2, 3 y 4 muestran que se encontró menor cantidad de hongos, actinomicetos y esporas de MVA cuando la tasa de arena aumenta. Observamos simultáneamente que el bajo contenido de materia orgánica disminuye con el aumento del porcentaje de arena. Se presentan dos puntos notorios en la Figura 2 por fuera de la curva de regresión, con alto contenido de materia orgánica y bajo conteo de esporas V.A. Esto es posible explicar por el efecto de la rotación en la microflora del suelo (ver inciso 3.1), por ser la quinua el último cultivo.

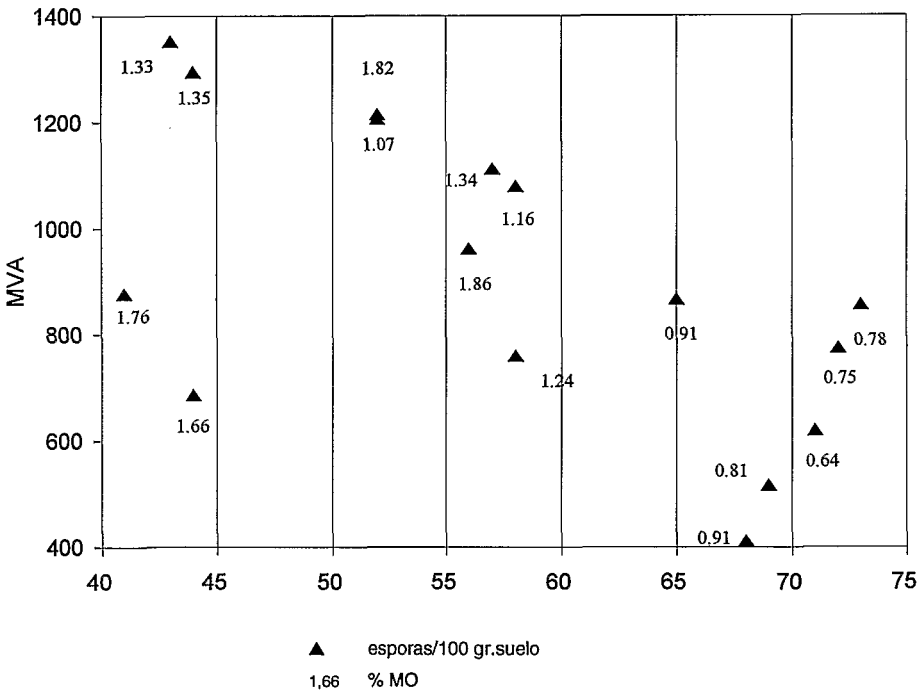


Figura 2. Relación entre valoración de esporas de micorrizas VA, % de arena y % de materia orgánica

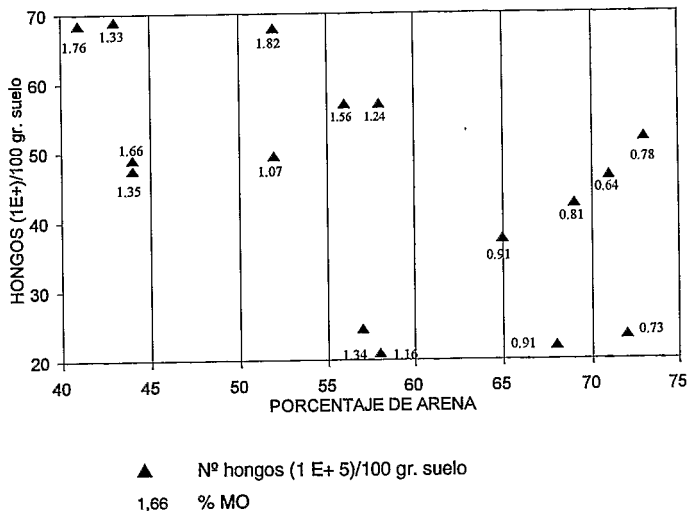


Figura 3. Relación entre población de hongos, % de arena y % de materia orgánica

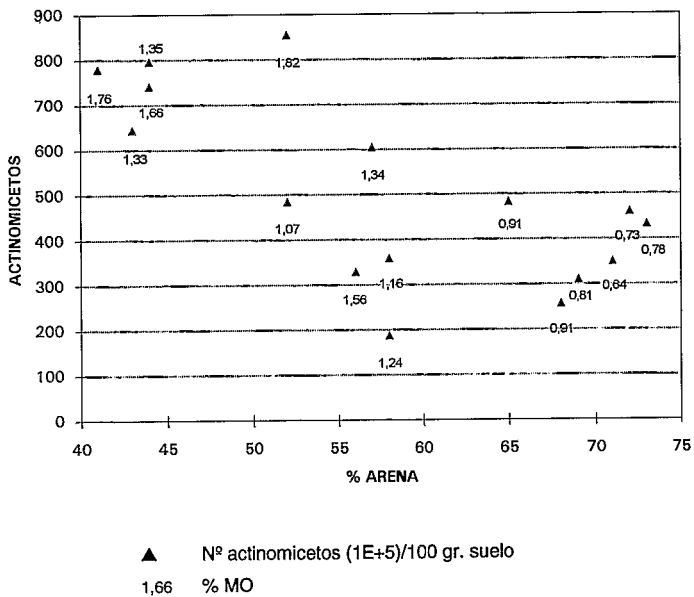


Figura 4. Relación entre población de actinomicetos, % de arena y % de materia orgánica

### Relación fósforo-esporas de micorrizas VA

En el ecosistema estudiado, observamos que a mayor contenido de fósforo asimilable (Olsen), corresponde un menor número de esporas de micorrizas (Figura 5). Es conocida la relación antagónica entre el fósforo y la simbiosis con las micorrizas V.A. (Siqueira, Paula, 1986; Silveira, Cardoso, 1987). Esto nos lleva a suponer que existe una respuesta adaptativa de las micorrizas para optimizar el uso de nutrientes.

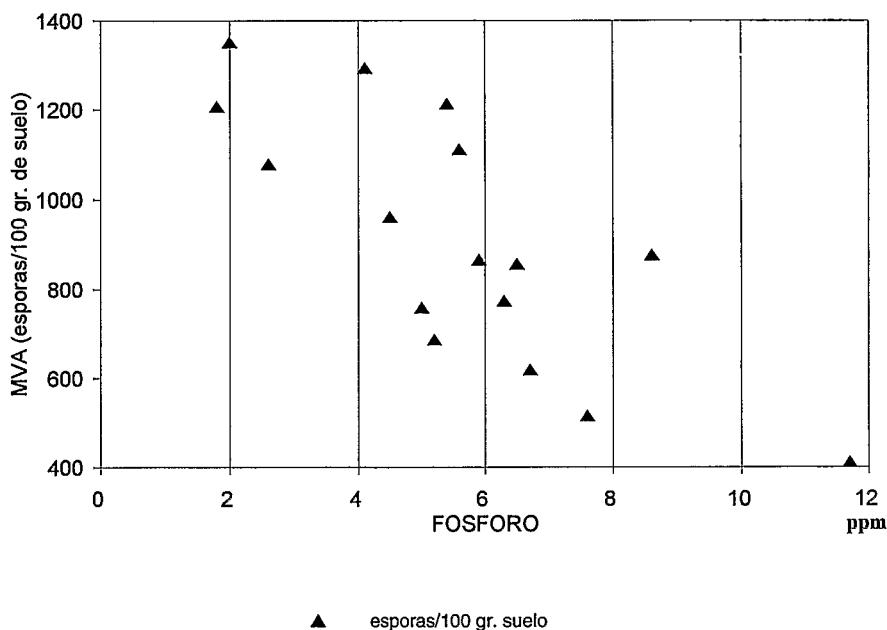


Figura 5. Relación entre fósforo asimilable (OLSEN) y número de esporas de micorrizas VA

### Relación pH (KCl) y valoración de hongos

La población fúngica, valorada en el suelo de las parcelas, fluctúa entre 20 y  $70 \times 10^5$  organismos por 100 gr de suelo. La mayor cantidad de hongos se relaciona con valores bajos del pH del suelo (Figura 6). Datos bibliográficos (Alexander, 1980; Cardoso et al., 1992; Mayea et al., 1989) también indican que los hongos son predominantes en suelos ácidos donde sufren menos competencia, pues las bacterias y los actinomicetos son favorecidos por valores de pH en la región alcalina y neutra.

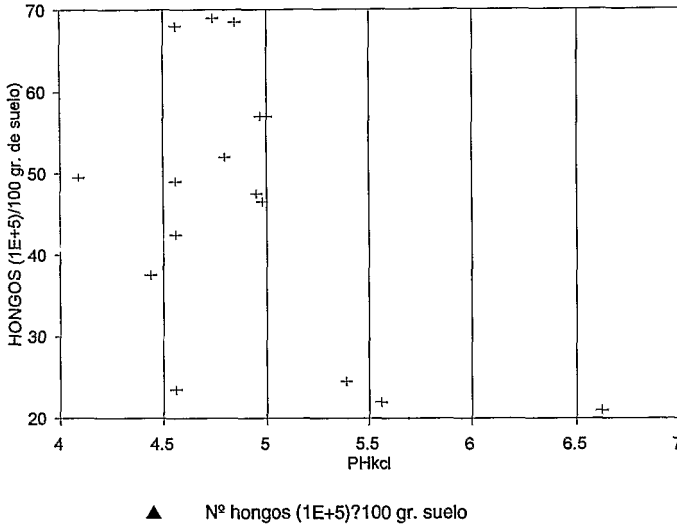


Figura 6. Relación entre hongos y ph (kcl) del suelo

#### Efecto de la vegetación nativa

Entre los factores que tienen que ver con el comportamiento de la microflora en el suelo, se considera el efecto de la vegetación natural. En los terrenos en descanso, la vegetación mejor adaptada para extraer nutrientes es la vegetación nativa, constituida principalmente por *thola* e *icchu* (*Baccharis incarum* y *Stipa icchu*).

El Cuadro 1 muestra los resultados de la valoración de bacterias, hongos, actinomicetos y esporas de micorrizas V.A., obtenida bajo la vegetación de *thola* e *icchu* y en suelo libre y descubierto que se encuentra entre ambas vegetaciones.

Cuadro 1. Efecto de la vegetación de *Baccharis incarum* e *Stipa icchu* sobre la microflora\* del suelo en descanso

Muestra de suelo	Bact.	Hong	Actinom.	Total de microorg.	Esporas de micorrizas VA
	105	105	105	105	
bajo <i>Baccharis</i>	485	39	543	1067	1815
entre <i>Baccharis</i>	178	38	484	700	868
bajo <i>Stipa</i>	203	75	669	947	1745
entre <i>Stipa</i>	166	48	769	1010	1259

\* Valores promedio de los dos muestreos de 1992, referidos a 100 g de suelo seco.

Fuente: Elaboración propia, Sivila de Cary, Hervé 1992.



El efecto positivo del *Baccharis incarum* es nítido en el total de microorganismos del suelo y en las bacterias. Este efecto rizosférico sobre bacterias es reconocido en muchos trabajos (Curl & Truelove, 1985; Rovira, 1956). En la zona radicular se dan condiciones específicas que influyen en sentido positivo o negativo sobre la presencia de los microorganismos. Las micorrizas que presentan interacción directa con la raíz, son estimuladas positivamente (Azcon-Aguilar & Barea, 1985). El suelo de la rizósfera tiene características diferentes del suelo distante. Existe mayor concentración de nutrientes orgánicos y mayor cantidad de C y N provenientes de la células descamadas de la raíz, de manera que se alteran las condiciones del suelo adyacente favoreciendo a la biomasa microbiana.

En el caso del *Stipa icchu*, el efecto rizosférico bacteriano y micorrízico también es observable, pero en menor proporción. Sin embargo, en el total de microorganismos la diferencia entre el suelo rizosférico y el distante no es significativa.

Posiblemente la diferencia entre la *thola* y el *ichu* radique en el desarrollo vegetativo propio de cada especie, puesto que la cobertura vegetal que presenta la *thola* reduce las fluctuaciones térmicas e hídricas. Además, adiciona mayor cantidad de residuos (hojas resinosas), lo que favorece a la microflora del suelo, condiciones que no se dan en el caso del *Ichu*.

#### Edad del descanso y Micorrizas VA

Hasta ahora, el parámetro que mejor responde a la edad del descanso es el número de esporas de micorrizas VA. En la Figura 7, se observa en los primeros años de descanso (1-5 años) una gran variabilidad del número de esporas. A partir de los 6-7 años de descanso, se manifiesta una tendencia al aumento en el recuento de esporas a medida que se incrementan los años de descanso.

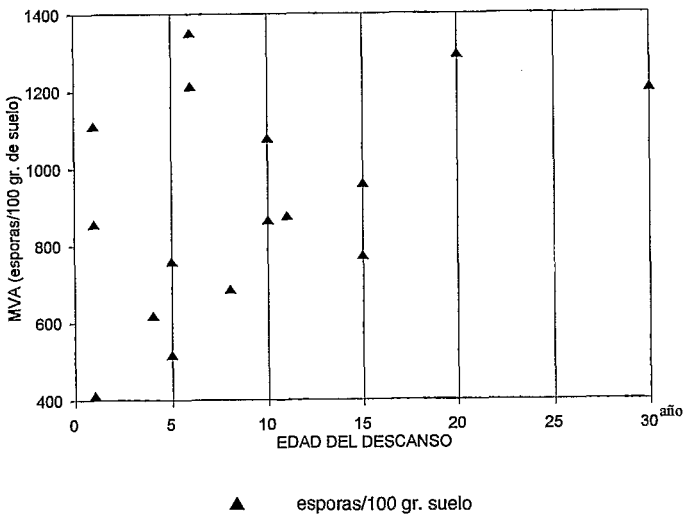


Figura 7. Relación entre valoración de esporas de micorrizas VA y edad del descanso

El inicio del descanso está todavía afectado por los cultivos de la rotación y su manejo, que determinan condiciones muy variadas del suelo. Luego de la cosecha, la práctica convencional consiste en hacer pastar los rastrojos por los animales, quedando solamente en el suelo el sistema radicular.

La superficie del suelo, al quedar desprotegida hasta el establecimiento de la flora nativa, permite que las esporas de micorriza VA, presentes en el suelo, puedan ser estimuladas a germinar por factores ambientales. Al no encontrar una planta hospedera, en los primeros años de descanso, éstas acaban pereciendo. A medida que la vegetación nativa (gramíneas y otras) va implantándose en el terreno de descanso, las esporas que no germinaron son estimuladas por la raíz del hospedero. De este modo, se inicia el ciclo vital que permite la reproducción de las esporas en el suelo. Esto explicaría, en parte, el aumento de esporas en el suelo a medida que aumentan los años de descanso hasta estabilizarse, desde los 20 años, como la vegetación nativa.

### Análisis multivariáble

Nos hemos limitado hasta ahora a buscar una relación entre dos variables. Resultaría interesante relacionar los diferentes grupos de microorganismos con los parámetros físico químicos del suelo mediante un análisis en componentes principales. De la matriz de correlación (Cuadro 2), destacamos las correlaciones negativas entre el porcentaje de arena y la materia orgánica (-0,8) entre los actinomicetos, las micorrizas VA y la arena (respectivamente -0,7 y -0,6), y entre las micorrizas VA y el contenido de fósforo (-0,78). Las correlaciones positivas, menos nítidas, se presentan entre micorrizas VA y edad de descanso (0,44) y entre microorganismos y materia orgánica (actinomicetos 0,66, hongos 0,55 y micorrizas VA 0,46).

Cuadro 2. Matriz de correlaciones entre poblaciones de microorganismos: hongos (HT92), bacterias (BT92), actinomicetos (AT92), y esporas de micorrizas MVA (MI92) y parámetros del suelo

	Edad	Arena	MO	C/N	P	HT92	BT92	AT92	MI92
Edad	1,000								
Arena	-0,354	1,000							
MO	0,116	<u>-0,846</u>	1,000						
C/N	-0,114	-0,360	<u>0,549</u>	1,000					
P	<u>-0,518</u>	-0,431	-0,218	0,250	1,000				
HT92	0,093	<u>-0,548</u>	<u>0,549</u>	-0,233	-0,237	1,000			
BT92	-0,341	0,155	-0,097	0,239	0,005	-0,312	1,000		
AT92	0,194	<u>-0,702</u>	<u>0,658</u>	0,331	-0,199	0,418	0,121	1,000	
MI92	0,441	<u>-0,607</u>	<u>0,463</u>	0,045	<u>-0,776</u>	0,342	0,084	<u>0,572</u>	1,000

Fuente: Hervé, 1992.

Se explica con 4 ejes principales el 88,3% de la variación total de los datos (Cuadro 3). El primer eje opone el contenido de materia orgánica y las poblaciones de actinomicetos y micorrizas al porcentaje de arena. El segundo eje opone la duración del descanso al contenido de materia orgánica y al fósforo. El tercer eje opone las bacterias

a los hongos y al fósforo. El cuarto eje opone la duración del descanso a la población de hongos. Reencontramos en una parte de la interpretación de estos ejes, las relaciones ya identificadas entre las variables.

Cuadro 3. Ejes principales del análisis en componentes principales  
Evaluación microbiológica 1992

#### Diagonalización

1A Columna: Valores propios (variaciones en los ejes principales)

2A Columna: Contribución a la variación total (porcentajes explicados por los ejes principales)

I	II	III	IV	
3,8173	1,8823	1,3136	0,9376	0,4642
42,4%	20,9%	14,6%	10,4%	5,2%

Variables	Componentes principales							
	Eje 1		Eje 2		Eje 3		Eje 4	
Edad	0,4648	0,2160	0,5556	<u>0,3086</u>	0,1344	0,0181	0,5628	<u>0,3168</u>
Arena	-0,9237	<u>0,8531</u>	0,1497	0,0224	0,1240	0,0154	-0,0819	0,0067
MO	0,8291	<u>0,6873</u>	-0,4107	0,1687	-0,2338	0,0547	0,0329	0,0011
C/N	0,2504	0,0627	-0,8250	<u>0,6806</u>	0,1123	0,0126	0,4366	0,1906
P	-0,5970	0,3564	-0,5590	<u>0,3125</u>	-0,4488	0,2015	0,0694	0,0048
HT92	0,6127	0,3754	0,1724	0,0297	-0,5416	<u>0,2933</u>	-0,4856	0,2358
BT92	-0,1262	0,0159	-0,4539	0,2061	0,7343	<u>0,5392</u>	-0,3927	0,1542
AT92	0,7762	<u>0,6026</u>	-0,3217	0,1035	0,0464	0,0021	-0,1280	0,0164
MI92	0,8049	<u>0,6478</u>	0,2239	0,0501	0,4204	0,1768	-0,1057	0,0112

Fuente: Hervé, 1992.

La proyección de los individuos (las parcelas de estudio) en el plan formado por los dos primeros ejes principales, permite segregar dos grupos de muestras, principalmente a partir de la granulometría y la materia orgánica. Se subraya de esta manera la importancia de incorporar los parámetros físico químicos en la interpretación del efecto del tiempo de descanso sobre la microflora del suelo.

## CONCLUSIONES

Los resultados parciales obtenidos hasta la fecha nos permiten concluir lo siguiente:

- El terreno con vegetación de *Baccharis incarum* tiene mayor población microbiana que los terrenos descubiertos y sin vegetación.

- Los terrenos de descanso donde el último cultivo de la rotación es quinua (*Chenopodium quinoa*), presentan un efecto depresivo en cuanto al contenido total de la microflora del suelo.

- El número de esporas de las micorrizas VA parece ser un posible indicador del restablecimiento de la fertilidad microbiológica del suelo.
- Estos resultados preliminares merecerían ser confirmados mediante un seguimiento dinámico a lo largo de varios años.

## LITERATURA CITADA

- ALEXANDER M., 1980. *Introducción a la microbiología del suelo*, AGT, México, 491 p.
- AZCON-AGUILAR C., BAREA J.M., 1985. "Effect of soil microorganisms on formation of vesicular-arbuscular mycorrhizas". en *Trans. Br. Mycol. Soc.*, London, pp. 84, 536-537.
- CARDOSO E., TSAI S., NEVES M.C., 1992. *Microbiología do solo*, SBSC, Campinas, Brasil. p. 2.
- CLARK F.E., 1965. "Actinomycetes", en C.A. Black (ed), *Methods of soil analysis*, American Society of Agronomy, Madison, pp. 1498-1501.
- CURL EA, TRUELOVE B., 1985. *The rhizosphere*. Spriger-Verlag, Berlin, 288 p.
- ESTERMANN E. & MCLAREN A.D., 1961. "Contribution of rhizosphere organisms to the total capacity of plants to utilize organic nutrients", en *Plant and Soil*, 15 (3), pp. 243-259.
- GERDEMANN JW, NICHOLSON ST, 1963. "Spores of Mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting", en *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 46 (2), pp. 235-244.
- GIANINAZZI-PEARSON V., AZCON-AGUILAR C. 1991. "Fijación y movilización biológica de nutrientes", en *Fijación y movilización biológica de nitrógeno y micorriza*. Consejo Superior de Investigación Científica, Olivares J. Barea JM. (EDIT), Madrid, Vol II, pp. 175-202.
- LOPES ES, SIQUEIRA JO, ZAMBOLIN L, 1983. "Caracterização de micorrizas VA e seus efeitos no crescimento das plantas", en *R.bras. Ci. Solo*, Campinas SP, 7, Brasil, pp. 7-19.
- MAYEA S, NOVO SR, VALINO A., 1982. *Introducción a la microbiología del suelo*, Pueblo y Educación, Habana, 187 p.
- MENZIES JD., 1965. "Fungi", en *Methods of soil analysis*, American Society of Agronomy, Black, CA (ED), Madison, pp. 1502-1505.
- MOSSE B., 1973. "Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza", en *An. R. Phytopath.*, 11, pp. 171-196.
- OCAMPO JA., MARTIN J., HAYMAN DS., 1980. "Influence of plant interactions on VA mycorrhizal infections. I Host and non host plants grown together", en *New Phytol.* 84, pp. 27-35.
- ROVIRA AD., 1956. "Plant root excretion in relation to the rhizosphere effect", en *PL SOIL*, Hague, 7, pp. 195-208.

- PARKINSON D., GRAY TR, WILLIAMS ST., 1971. *Methods for studying the ecology of soil microorganism*, Blackwell, Oxford, 116p.
- SILVEIRA APD, CARDOSO E., 1987. "Efeito do fósforo e da micorriza VA na simbiose Rhizobium feijoeiro", en *R. bras. Ci. Solo*, Campinas SP, 11, Brasil, pp. 31-36.
- SIQUEIRA J.O., PAULA M.A., 1986. "MVA en mudas de cafeeiro II efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose", en *R. bras. Ci. Solo*, Campinas SP, 10, Brasil, pp. 207-212.
- SIVILA de CARY R., 1991. "Presencia de micorrizas vesículo-arbusculares en el altiplano central boliviano", IV Reunião Brasileira sobre Micorrizas, CNPBS, Mendes, Brasil, 199 p.
- SIVILA de CARY R., 1993. "Comportamiento de la microflora del suelo bajo un agroecosistema de rotación de cultivo en la región de Huaraco", en *Revista Ecológica en Bolivia* (por publicarse).
- TESTER M., SMIDTH FA., 1987. "The phenomenon of nonmycorrhizal plants", en *Can. J. Bot*, 65, pp. 419-431.