

Zonas áridas

Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima - Perú.

1982

Julio - Diciembre

No. 2



Publicación auspiciada por el PRDCYP de la OEA

Valle de Ilo, Moquegua, Perú.

Ecología de *Penicillium* en los Suelos de las Lomas de Lachay (Perú). I.- Dinámica Poblacional

Marcel Gutiérrez-Correa¹ y Jorge Jhoncon²

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre la dinámica poblacional del género *Penicillium* en los suelos de las lomas de Lachay (Perú) relacionada a diferentes factores ecológicos (producción vegetal, humedad del suelo, C, N y tasa C/N). Se obtuvieron modelos estadísticos altamente significativos que explican el efecto de los parámetros estudiados sobre la población de penicilios. Los siguientes modelos fueron los más evidentes:

$$P = e^{10.585} \cdot V^{(1.197 - 0.141 \ln V)}$$

$$P = e^{12.23} \cdot e^{0.054H}$$

$$P = e^{-50.295} \cdot R^{(59.308 - 13.862 \ln R)}$$

donde, P es la población de penicilios (ufc/gr ss); V, producción vegetal (gr mvs/m²); H, humedad del suelo (o/o); R, tasa C/N. Igualmente, es evidenciado el efecto estimulante de la producción vegetal y de la tasa C/N sobre la población de penicilios del suelo.

SUMMARY

A study was made of the population dynamics of the genus *Penicillium* in the soils of the "lomas" of Lachay (Peru) as related to several ecological factors (plant production, soil moisture, C, N, and C/N ratio). There were obtained highly significant statistical models that explain the effect of the different parameters on the population of soil penicillia. The following models were the most evident:

$$P = e^{10.585} \cdot V^{(1.197 - 0.141 \ln V)}$$

$$P = e^{12.23} \cdot e^{0.054H}$$

$$P = e^{-50.295} \cdot R^{(59.308 - 13.862 \ln R)}$$

where, P stands for soil penicillia (cfu/g/ds); V, plant production (g dm/m²); H, soil moisture (o/o); R, C/N ratio. Likewise, it is showed the "priming" effect of the plant production and C/N ratio on the population of soil penicillia.

INTRODUCCION

En general, las lomas constituyen los únicos remanentes de recursos naturales renovables de los interfluvios extremadamente áridos de la costa peruana, siendo una importante fuente forrajera durante la "época húmeda" (julio-noviembre) (Torres y López, 1981). Sin embargo, en los últimos años, las lomas han venido sufriendo un proceso de degradación como consecuencia de un sobrepastoreo. Debido a esto es que se hace necesario la realización de estudios sobre los factores que intervienen en este tipo particular de ecosistema.

La presencia de los hongos de suelo varía considerablemente de acuerdo con la competencia entre organismos y las características físicas y químicas del microhábitat puesto que estos factores tienen una influencia decisiva sobre el crecimiento y reproducción (Wong, 1975). La distribución y la abundancia de los hongos del suelo son frecuentemente reportadas (Gochenaour, 1970; Jhoncon y Gutiérrez-Correa, 1982; Mishra 1966a; Mouchacca y Joly, 1970; Papendorf, 1976; Phelps, 1973; Singh, 1976; William y Parkinson 1964; Witkamp, 1966); sin embargo, existe cierta escasez de información acerca de la influencia de factores ecológicos sobre la población y la actividad de la micoflora del suelo (Gutiérrez-Correa *et al.*, 1982; Jones y Richards, 1977; Mishra, 1966b; Orpurt y Curtis, 1957; Söderström, 1979;

Vollmer *et al.*, 1977; Wong, 1977).

Varios autores sostienen que la micoflora del suelo juega un papel muy importante en el reciclaje de nutrientes (Duvobaska y Macor, 1976; Ivarson, 1974; Wani y Shinde, 1977), así como en la formación de la estructura del suelo (Adu y Oades, 1978; Clough y Sutton, 1978; Went, 1968).

Gochenaour (1970), en un estudio de la micoflora del suelo en el Perú (particularmente en la zona sur), encontró que el 29.56 o/o de los aislamientos correspondía a especies del género *Penicillium*. Sin embargo, en un reporte anterior, Jhoncon y Gutiérrez-Correa (1982) encontraron que la población de *Penicillium* correspondía al 50.18 o/o de la población total de hongos en los suelos de las lomas de Lachay. Debido a la dominancia de *Penicillium* en los suelos de Lachay y a la falta de reportes sobre este aspecto, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la dinámica poblacional de *Penicillium* en relación con algunos parámetros ecológicos (C, N, C/N y humedad del suelo y producción vegetal) de los suelos de Lachay.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos estudiados son de textura arenosa y de tipo regosol, teniendo en promedio 12.9 y 164.9 ppm de P y K, respectivamente; pH 5.41 y 0.64 mmhos/cm de conductividad eléctrica. La composición florística ha

sido descrita por Torres y López (1981).

El estudio fue realizado durante la época húmeda de 1977 (julio a diciembre). Se realizaron cinco muestreos, aproximadamente mensuales, en cada uno de los cuales se tomaron 24 muestras según lo especificado anteriormente (Jhoncon y Gutiérrez-Correa, 1982; Gutiérrez-Correa *et al.*, 1982).

El carbono orgánico total fue determinado por el método de Walkley y Black modificado (Black, 1965) y el nitrógeno total por el método micro-Kjeldahl (Black, 1965). La humedad del suelo fue determinada gravimétricamente (105°C x 24 h). Para la determinación de la producción vegetal se cosechó la parte aérea de las plantas dentro del área de una muestra (900 cm²) y luego se secó en estufa a 70°C hasta peso constante, expresando la producción vegetal en gramos de materia vegetal seca por metro cuadrado (gr mvs/m²).

Para el análisis micológico, las muestras de suelo (hasta una profundidad de 5 cm) fueron colocadas asépticamente en frascos estériles hasta la realización del análisis (dentro de las 24 h siguientes). Se empleó la técnica de diluciones sucesivas en placas petri (Mishra 1966a,b; Gochenaour, 1970; Papendorf, 1976; Vollmer *et al.*, 1977). La máxima dilución utilizada fue de 1/10000 y el medio de cultivo fue agar papa dextrosado (Merck), suplementado con oxitetraciclina a una concentración final de 0.01 mg/ml

1 Profesor Asociado. Laboratorio de Micología, Departamento de Biología, Universidad Nacional Agraria, Apartado 456-La Molina, Lima, Perú.

2. Profesor Auxiliar. Universidad Nacional de Educación "Enrique Guzmán y Valle", La Cantuta, Lima, Perú.

(Gutiérrez-Correa *et al.*, 1982; Jhoncon y Gutiérrez-Correa, 1981). Después de incubación a 28° - 30°C durante 4 - 6 días, se procedió al conteo de las colonias de *Penicillium*, expresando los resultados como "unidades formadoras de colonias" por gramo de suelo seco (ufc/gr ss).

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción vegetal

La producción vegetal se calculó en base a la parte aérea de la vegetación herbácea y subarborescente, habiéndose obtenido el máximo valor en tercer muestreo y los mínimos al inicio y fines de la época húmeda (cuadro 1). La población de penicilios, sin embargo, tuvo un comportamiento diferente al de la producción vegetal siendo el tercer muestreo el momento más crítico. En este muestreo la población de penicilios alcanzó su nivel más bajo, mientras que la producción vegetal el más alto. Bamforth (1976), menciona que la población de hongos activos es más alta cuando las plantas se encuentran en floración y en producción de semillas. El tercer muestreo fue realizado a fines de setiembre cuando la mayoría de las plantas se encontraba en floración, conforme a lo que normalmente sucede en lomas (Torres y López, 1981). Debido a esta contradicción, se realizó un estudio de correlación entre ambas variables obteniéndose un modelo probabilístico altamente significativo (cuadro 2) que es representado en la siguiente ecuación:

$$\ln P = 10.585 + 1.197 \ln V - 0.141 (\ln V)^2 \quad (1)$$

$$r^2 = 0.4176; r = 0.6462^{**} (\alpha = 0.01)$$

donde P, es la población de penicilios (ufc/gr ss) y V, producción vegetal (gr mvs/m²). La ecuación (1) puede transformarse en la siguiente expresión:

$$P = e^{10.585} \sqrt{1.197 - 0.141 \ln V} \quad (2)$$

La interrelación de la población de penicilios con la producción vegetal (ecuación (2)) está representada en el gráfico 1. Se puede observar que existe una marcada influencia positiva de la vegetación sobre los penicilios hasta cuando la producción vegetal es de 69.73 gr mvs/m² (este valor es determinado si derivamos P respecto de V y luego hacemos dP/dV = 0); a partir de este valor se observa una influencia negativa.

En un trabajo anterior, Gutiérrez-Correa *et al.* (1982) encontraron un comportamiento similar entre la micoflora total y la producción vegetal. Este fenómeno puede ser explicado me-

CUADRO 1. VALORES PROMEDIO DEL NUMERO DE ufc DE *PENICILLIUM* POR GRAMO DE SUELO SECO, CONTENIDO DE HUMEDAD, CARBONO Y NITROGENO DEL SUELO, PRODUCCION VEGETAL EXPRESADO EN GRAMOS DE MATERIA SECA POR METRO CUADRADO Y RELACION C/N

Muestreo	<i>Penicillium</i> ufc/gr ss x 10 ⁵	Humedad del suelo o/o	Carbono o/o	Nitrógeno o/o	Producción vegetal gr (M.S.)/m ²	Relación C/N
I	3.5397	12.75	2.185	0.227	9.403	9.384
II	5.3361	18.03	1.866	0.212	72.893	8.882
III	3.2464	10.83	1.959	0.226	431.868	8.292
IV	4.1237	2.11	2.047	0.235	30.103	8.428
V	4.2366	1.77	2.159	0.254	13.495	8.519

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANCIA PARA LA POBLACION DE *PENICILLIUM* Y PRODUCCION VEGETAL, HUMEDAD DEL SUELO, C.N. Y TASA C/N

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _c
Producción Vegetal				
Regresión	2	1.468	0.734	6.117**
Error	17	2.047	0.120	($\alpha = 0.01$)
Total	19	3.515		
Humedad del Suelo				
Regresión	1	1.447	1.447	13.781**
Error	15	1.569	0.105	($\alpha = 0.005$)
Total	16	3.016		
Carbono				
Regresión	1	12.759	12.759	42.848***
Error	16	4.764	0.298	($\alpha = 0.001$)
Total	17	17.523		
Nitrógeno				
Regresión	1	0.623	0.623	16.850**
Error	13	0.511	0.039	($\alpha = 0.01$)
Total	14	1.134		
Tasa C/N				
Regresión	2	0.837	0.419	9.277**
Error	10	0.451	0.045	($\alpha = 0.01$)
Total	12	1.288		

dante la competencia entre grupos de organismos o mediante fungistasis. Ha sido reportado que con el aumento de la producción vegetal (aumento en número de plantas, hojas, etc.) o con los cambios fenológicos, se alteran cuantitativa y cualitativamente los exudados radiculares, los cuales pueden inhibir a ciertos taxones o permitir la proliferación de grupos antagónicos (Kanaujia y Mishra, 1977).

Humedad del suelo

Al inicio de la estación húmeda existe una relación directa entre la población de penicilios y la humedad del

suelo (cuadro 1). Orpurt y Curtis (1957) y Wong (1975) hallaron una correlación positiva entre la población de microhongos y la humedad del suelo, lo cual explicaría los resultados encontrados al inicio de la estación húmeda. Sin embargo, a partir del tercer muestreo se observa que la relación entre ambas variables es inversa. Vollmer *et al.* (1977), mencionan que los hongos son los principales degradadores en los suelos desérticos y semiáridos frente a las bacterias y otros organismos que son menos xerofíticos. De otro lado, Gutiérrez-Correa *et al.* (1982) y Lighthart y Bond (1977), trabajando los primeros en las lomas

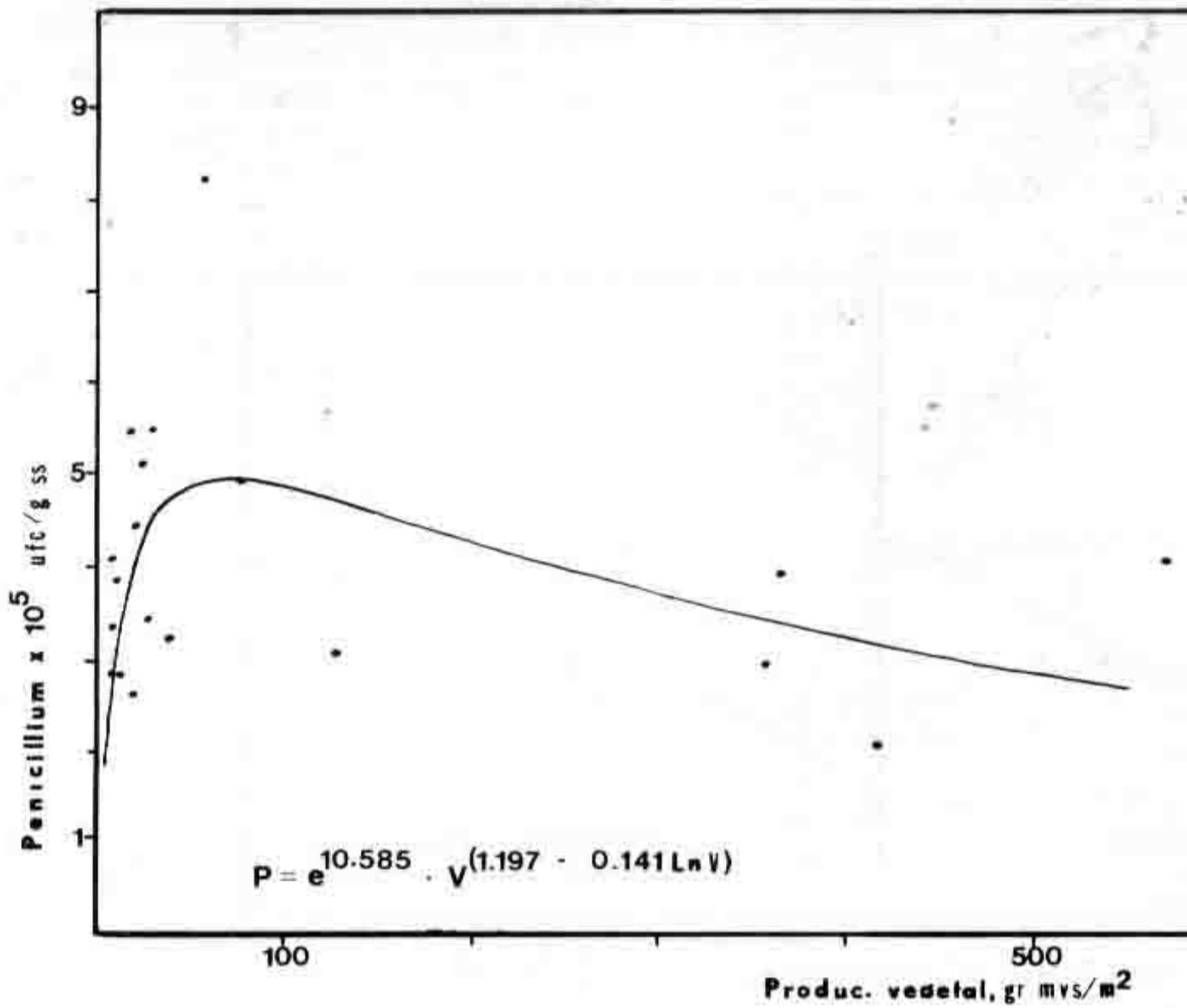


Gráfico 1.- EFECTO DE LA PRODUCCION VEGETAL SOBRE LA POBLACION DE Penicillium EN LOS SUELOS DE LACHAY

de Lachay y los segundos en un sistema artificial (microcosmos), mencionan que si bien la humedad estimula la proliferación de los hongos, éstos son poco sensibles a la sequedad. Igualmente, ha sido observado que el número de especies de hongos aumenta con la disminución de la humedad (Jhoncon y Gutiérrez-Correa, 1982).

Se encontró un modelo probabilístico altamente significativo (cuadro 2) que explica el efecto de la humedad del suelo sobre los cambios de la población de penicilios, el cual es definido por la ecuación:

$$\ln P = 12.23 + 0.054H \quad (3)$$

$$r^2 = 0.4799; r = 0.6927^{***} (\alpha=0.001)$$

donde P, es la población de penicilios (ufc/gr ss) y H, la humedad del suelo (o/o). El xerofitismo de este grupo puede ser observado en el gráfico 2-A, donde la intersección de la curva con el eje de las ordenadas es diferente de cero. La ecuación (3) puede ser transformada a la siguiente expresión:

$$P = e^{12.23} \cdot e^{0.054H} \quad (4)$$

de donde se deduce que para el caso hipotético en que $H = 0$, P será diferente de cero ($P = e^{12.23}$). Lo cual corresponde, generalizando, a $P = e^{cx}$, donde "cx" podría denominarse "capacidad xerofítica" y sería un carácter

intrínseco de cada taxón o grupo de taxones.

Carbono y nitrógeno del suelo

En el cuadro 1 se presentan las variaciones del carbono, nitrógeno y tasa C/N del suelo. Se puede observar que estos tres parámetros tuvieron el mismo patrón; hubo una disminución en sus niveles en el segundo muestreo y aumento progresivo en los últimos. El descenso en los niveles de C, N y C/N pudo haberse debido a la mayor población de penicilios y, más aún, a la aceleración en el crecimiento de la vegetación.

La disponibilidad de C y N son los principales factores limitantes de los hongos y provienen principalmente de la incorporación de las partes aéreas de las plantas en el suelo, donde son sometidas a la actividad degradativa de los hongos y del resto de la microflora (Mishra, 1966a, b; Hawksworth, 1976; Vollmer *et al.*, 1977).

Los resultados encontrados se apoyan en modelos estadísticos altamente significativos (cuadro 2) establecidos entre la población de penicilios y el C, N y C/N del suelo.

El efecto del carbono sobre la población de penicilios es explicado por la siguiente ecuación:

$$P = 3.219 + 1.160 \ln C \quad (5)$$

$$r^2 = 0.7281; r = 0.8533^{***} (\alpha=0.001)$$

siendo P, la población de penicilios (ufc/gr ss) y C, carbono del suelo (o/o) (gráfico 3-A).

En la ecuación (6) se muestra el efecto del nitrógeno sobre la población de penicilios:

$$\ln P = 13.354 + 0.296 \ln N \quad (6)$$

$$r^2 = 0.5493; r = 0.7412^{**} (\alpha=0.01)$$

donde P, es la población de penicilios (ufc/gr ss) y N, nitrógeno del suelo (o/o). La ecuación (6) puede ser transformada en la siguiente expresión:

$$P = e^{13.354} \cdot N^{0.296} \quad (7)$$

La relación entre el N y la población de penicilios es representada en el gráfico 2-B, en donde se puede observar que el nitrógeno tiene un efecto positivo. Es interesante mencionar que de la ecuación (7) se puede deducir que para el caso hipotético en que $N = 0$, entonces $P = 0$; esto demuestra que *Penicillium* (como los demás hongos) son incapaces de fijar o utilizar nitrógeno molecular atmosférico y que dependen de fuentes disponibles de nitrógeno orgánico o inorgánico presentes en el suelo.

El comportamiento de la tasa C/N fue similar al del C y N según se muestra en el cuadro 1. Parnas (1975, 1976), resalta la importancia de la tasa C/N en la degradación de materia orgánica y en el efecto estimulante ("priming") en el crecimiento microbiano (gráfico 3-B). Se considera que la materia orgánica abastece de nutrientes para el crecimiento de los degradadores, en consecuencia, el patrón de descomposición de la materia orgánica está íntimamente ligado al crecimiento de los microorganismos responsables de la degradación. Parnas (1976), define como efecto estimulante ("priming") a la aceleración de la velocidad de descomposición de la materia orgánica del suelo por la adición de residuos vegetales.

El efecto de la tasa C/N sobre la población de penicilios se muestra con la siguiente expresión:

$$\ln P = -50.295 + 59.308 \ln R - 13.862 (\ln R)^2 \quad (8)$$

$$r^2 = 0.6498; r = 0.8061^{**} (\alpha=0.01)$$

donde P, es la población de penicilios (ufc/gr ss) y R, tasa C/N. La ecuación (8) puede ser transformada a la siguiente expresión:

$$P = e^{-50.295} \cdot R^{(59.308 - 13.862 \ln R)} \quad (9)$$

Si derivamos P respecto a R y, luego, hacemos $dP/dR = 0$, tenemos que

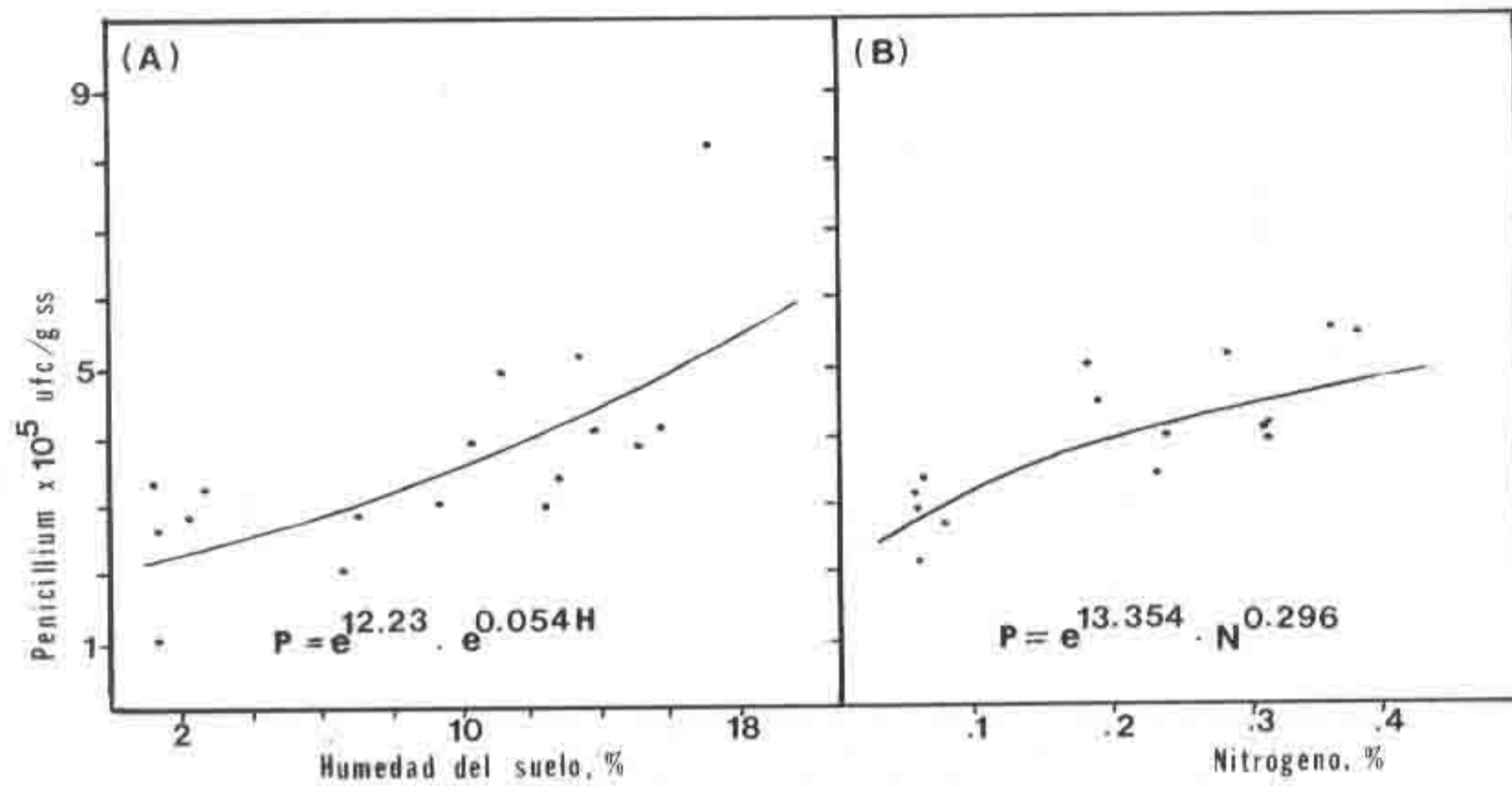


Gráfico 2.- EFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO -A- Y DEL NITROGENO -B- SOBRE LA POBLACION DE *Penicillium* EN LOS SUELOS DE LACHAY.

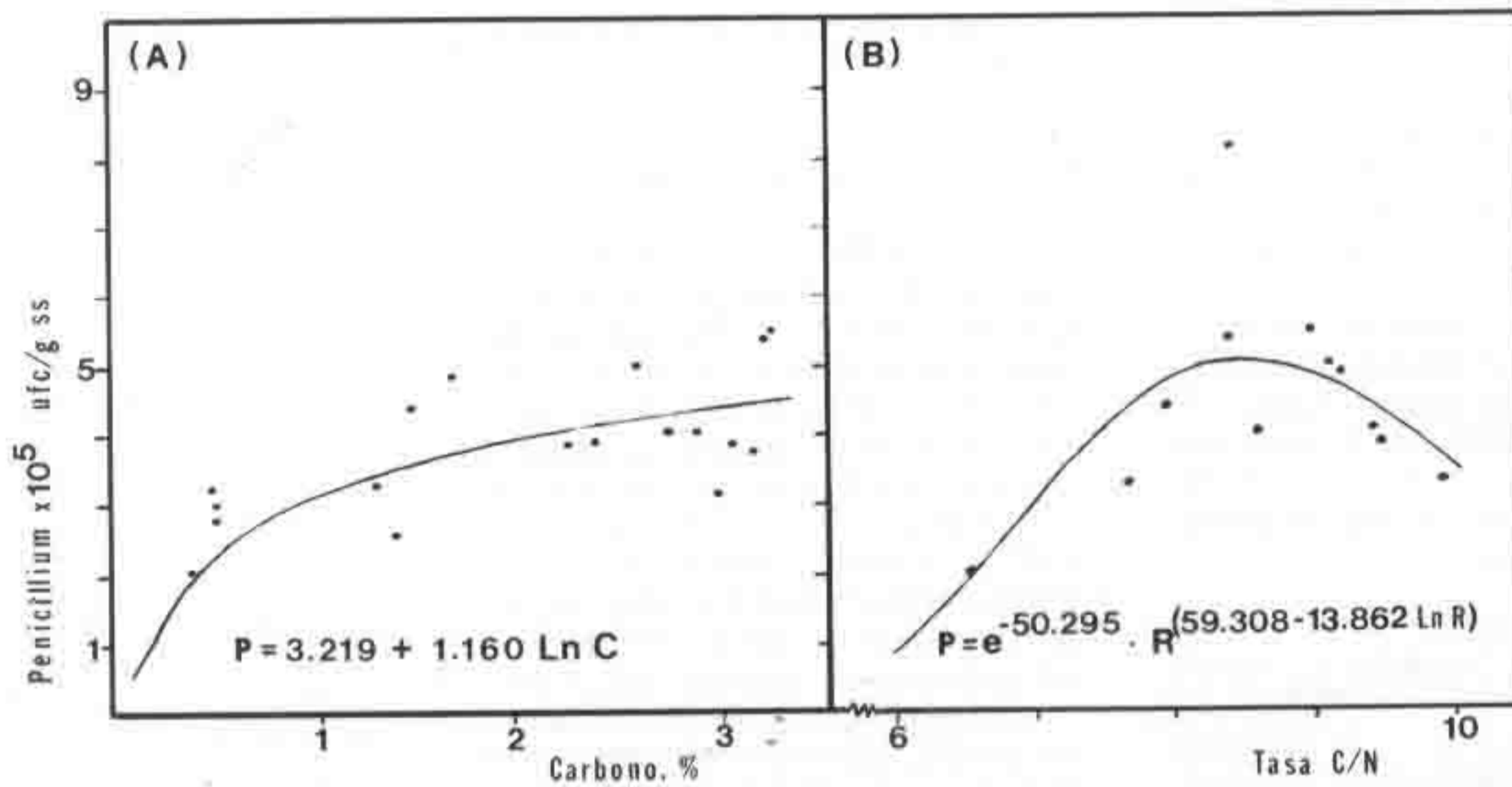


Gráfico 3.- EFECTO DEL CARBONO -A- Y DE LA TASA C/N -B- SOBRE LA POBLACION DE *Penicillium* EN LOS SUELOS DE LACHAY.

la población de penicilios alcanza su máximo valor cuando la tasa C/N es 8.493 ($P = e^{2.13923} = 8.493$). Se puede observar que tanto la producción vegetal como la tasa C/N tienen el mismo modelo, lo cual demuestra la relación que existe entre ambos factores (Parnas, 1976).

CONCLUSIONES

Después de interpretar y discutir los resultados del presente trabajo puede-

mos llegar a las siguientes conclusiones:

1. La población de penicilios (P) en los suelos de las lomas de Lachay presentó correlaciones altamente significativas con la producción vegetal (V), humedad del suelo (H), C, N y tasa C/N (R) representadas por las siguientes ecuaciones:

$$P = e^{10.585} V^{(1.197 - 0.141 \ln V)}$$

$$P = e^{12.23} e^{0.054H}$$

$$P = 3.219 + 1.160 \ln C$$

$$P = e^{13.354} N^{0.296}$$

$$P = e^{-50.295} R^{(59.308 - 13.862 \ln R)}$$

2. El género *Penicillium* ha demostrado ser altamente xerofítico y muy importante en suelos áridos.

3. Se observó el efecto "priming" del C y N adicionado al suelo con los residuos vegetales.

BIBLIOGRAFIA

- ADU, J.K. and J.M. OADES. 1978. Utilization of organic materials in soil aggregates by bacteria and fungi. *Soil Biol. Biochem.* 10:117-122.
- BAMFORTH, S.A. 1976. Rhizosphere-soil microbial comparisons in sub-tropical forests of Southeastern Louisiana. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 95:613-621.
- BLACK, C.A. (ed.). 1965. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* American Society of Agronomy, Wisconsin.
- CLOUGH, K.S. and J.C. SUTTON. 1978. Direct observation of fungal aggregates in sand dune soils. *Can. J. Microbiol.* 24:333-335.
- DUVOBSKA, A. and M. MACOR. 1976. Decomposition of humus substances by microorganisms. III. Utilization of the carbon from humus acids by some micro-mycetes. *Acta F.R.N. Comen. Microbiol.* 5:55-72.
- GOCHENAUR, S.E. 1970. Soils mycoflora of Peru. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 42:259-272.
- GUTIERREZ-CORREA, M., J. JHONCON y C. LOPEZ O. 1982. Estudios microecológicos en los suelos de las lomas de Lachay (Perú). I. Dinámica poblacional de microhongos. *Anales Científicos* (en prensa).
- HAWKSWORTH, D.L. 1976. The natural history of Slapton Ley Nature Reserve. X. Fungi. *Field Stud.* 4:391-439.
- IVARSON, K.C. 1974. Comparative survival and decomposing ability of four fungi isolated from leaf litter at low temperatures. *Can. J. Soil Sci.* 54:245-253.
- JHONCON, J. y M. GUTIERREZ-CORREA. 1982. Estudios microecológicos en los suelos de las lomas de Lachay (Perú). II. Microhongos. *En Zonas Áridas* (1): 81-86.
- JONES, J.M. and B.N. RICHARDS. 1977. Changes in the microbiology of eucalypt forest soils following reafforestation with exotic pines. *Aust. For. Res.* 7:229-240.
- KANAUJIA, R.S. and R.R. MISHRA. 1977. Observations on soil fungistasis. I. Survey of fungistasis in U.P. soils. *Acta Bot. Indica* 5:169-173.
- LIGHTHART, B. and H. BOND. 1976. Design and preliminary results from soil/litter microcosms. *Intern. J. Environ. Stud.* 10:51-58.
- MISHRA, R.R. 1966a. Seasonal variation in fungal flora of grasslands of Varanasi (India). *Trop. Ecol.* 7:100-113.
- MISHRA, R.R. 1966b. Influence of soil environment and surface vegetation on soil mycoflora. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B* 36 (part 2): 117-123.
- MOUCHACCA, J. et P. JOLY. 1970. Etude de la mycoflora des sols arides de l'Égypte. I. Le genre *Penicillium*. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 11:67-88.
- ORPURT, P.A. and J.T. CURTIS. 1957. Soil microfungi in relation to the prairie continuum in Wisconsin. *Ecology* 38:628-637.
- PAPENDORF, M.C. 1976. The soil mycoflora of an *Acacia karroo* community in the Western Transvaal. *Bothalia* 12:123-127.
- PARNAS, H. 1975. Model for decomposition of organic material by microorganisms. *Soil Biol. Biochem.* 7:161-169.
- PARNAS, H. 1976. A theoretical explanation of the priming effect based on microbial growth with two limiting substrates. *Soil Biol. Biochem.* 8:139-144.
- PHELPS, J.W. 1973. Microfungi in two Wisconsin sand blows. *Trans. Br. mycol. Soc.* 61:386-390.
- SINGH, P. 1976. Some fungi in the forest soils of Newfoundland. *Mycologia* 68:881-890.
- SODERSTROM, B.E. 1979. Seasonal fluctuations of active fungal biomass in horizons of a podzolized pine-forest soil in Central Sweden. *Soil Biol. Biochem.* 11: 149-154.
- TORRES, J. y C. LOPEZ. 1981. Productividad primaria en las lomas de la Costa Central del Perú. *Boletín de Lima* (14): 1-11.
- VOLLMER, A.T., F. AU and S.A. BAMBERG. 1977. Observations on the distribution of microorganisms in desert soil. *Great Basin Naturalist* 37:81-86.
- WANI, S. and P. SHINDE. 1977. Studies on biological decomposition of wheat straw. I. Screening of wheat straw decomposing microorganisms in vitro. *Plant Soil* 43:13-16.
- WENT, F.W. 1968. The biological and mechanical role of soil fungi. *Proc. Natl. Acad. Soil Sci.* 60:297-304.
- WILLIAMS, S.T. and D. PARKINSON. 1964. Studies of fungi in a podzol. I. Nature and fluctuation of the fungus flora of the mineral horizons. *J. Soil Sci.* 15:331-341.
- WITKAMP, M. 1966. Macroflora, mycoflora, and soil relationships in a pine plantation. *Ecology* 47:238-244.
- WONG, M.H. 1975. Some edaphic factors influencing the distribution of the soil fungi. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.* 1:143-150.