

Actividad biológica y degradación del suelo en algunas áreas de la zona minera de Moa.

María E. Rodríguez, Odalys Mercado y María de los A. Martínez. Instituto de Botánica de la Academia de Ciencias de Cuba

RESUMEN

Se tomaron muestras de suelo en un área afectada por la minería, y de áreas bajo vegetación natural. Se compararon la actividad biológica del suelo, la microflora, mesofauna, velocidad de descomposición de celulosa y contenido de nutrientes. Se discute sobre las diferencias encontradas en la mineralización de la materia orgánica y la biota de los suelos y su significado como índice de la degradación del suelo.

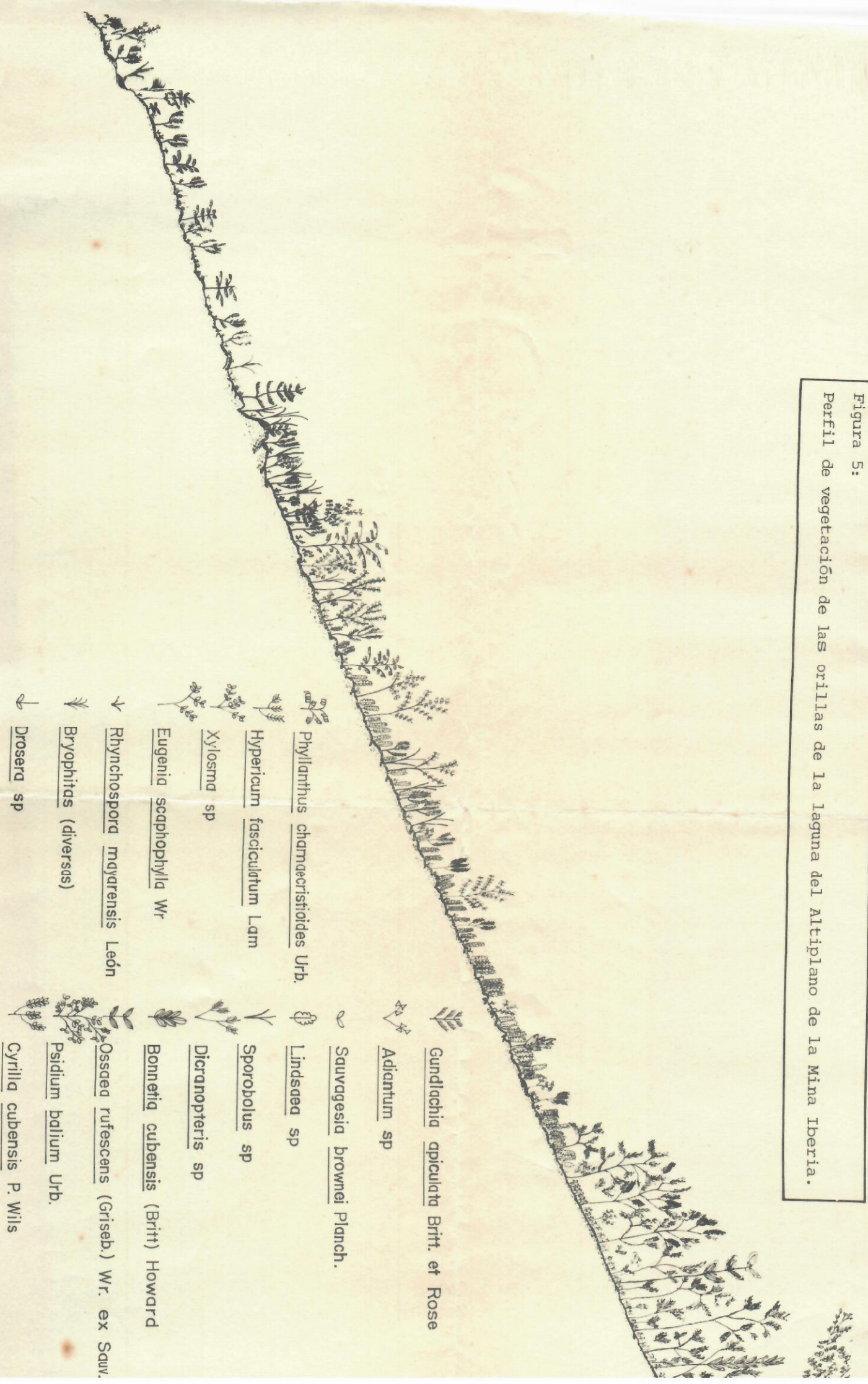
ABSTRACT

Soil from mining and natural vegetation areas were sampled in order to compare soil biological activity, microflora, mesofauna, nutrient content and cellulose decomposition rate. Differences in organic matter mineralization and soil biota are discuss in relation to the soil degradation status.

1. INTRODUCCIÓN

La parte norte de las provincias orientales de Cuba presenta suelos Ferríticos de gran riqueza en minerales de hierro, níquel, cromo y otros

Figura 5:
 Perfil de vegetación de las orillas de la laguna del Altiplano de la Mina Iberia.



Dentro del marco de los estudios de Conservación que el Instituto de Botánica de la ACC realiza en la parte oriental de la Isla, el objetivo de este trabajo fue establecer algunas características de la mesofauna y la microflora edáficas en algunas zonas afectadas por la minería y comparar en ellas la respiración del Suelo, como índice de su actividad biológica. En el presente trabajo se exponen los primeros resultados obtenidos.

2. EL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. CLIMA

La región NE de las provincias orientales de Cuba tiene un régimen de lluvias de los más elevados del país y recibe una suma de temperaturas promedio anual de las más altas del mundo.

Según el ISACC (1973) para esta zona el promedio de temperaturas en varias etapas del año es, (en °C):

<u>Noviembre a marzo</u>	<u>Abril a mayo</u>	<u>Junio a agosto</u>	<u>Septiembre a octubre</u>
18 - 20	21 - 23	25	23 - 25

y la distribución de las precipitaciones es mayor en el período de noviembre a abril y menor de mayo a octubre, lo cual implica un comportamiento algo diferente al occidente de Cuba.

Según los datos recogidos por la Empresa Minera de Moa específicamente, el promedio anual de las precipitaciones en 20 años (1954-75) fue de 2 262,4 mm con un promedio mensual de 188,53 mm. Los valores mínimos promedio de precipitación mensual ocurrieron en marzo: 114,4 mm, y en julio: 114,2 mm, y el máximo en noviembre: 346,5 mm.

En los últimos cinco años (1978-1983) el promedio de precipitación anual fue de 2193 mm con mínimo promedio en marzo y julio de 87,4 y 52,8 mm respectivamente, y con máximas promedio en octubre de 406,5 mm.

El bioclima de Mina Moa se ofrece en la figura 1. Según la clasificación bioclimática de Gaussen (1955) este clima que responde al tipo 3dTh, es un clima caliente con verano seco, Xerothérico, submediterráneo o mediterráneo subseco.

En esta zona la evaporación anual calculada de la superficie del suelo ($\sum \frac{T}{10}$) sería de 800 a 850 mm y el escurrimiento (\bar{x} precipitación - evaporación) de 1393 a 1343 mm.

La evaporación promedio mensual sería de 66,7 a 70,8 mm la cual no excede nunca del promedio de precipitación mensual, excepto para el mes de julio según el promedio de los últimos cinco años. (Esto indica que en los últimos cinco años los meses secos, marzo y julio, y en especial julio se han hecho

que los hacen de gran interés para la minería, la cual se ha desarrollado intensamente durante los últimos veinte años en esta zona.

Los suelos de Moa se caracterizan por su color rojo púrpura donde se desarrolla el *Pinus cubensis* (Pino de Moa) y plantas latifolias, muchas de ellas endémicas de esta región, formando bosques típicos sobre las lateritas, los cuales alternan de pinares a bosques latifolios a una mezcla de ambos y de nuevo a pinares en forma cíclica, como fue descrito por Samek (1974). Estos suelos son pobres en nutrientes debido a que han evolucionado bajo intenso régimen de lluvias y de radiación solar, recibiendo una suma de temperatura promedio anual de las más altas de mundo, (Instituto de Suelos, ACC, 1973).

La vegetación que estos suelos sustentan se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado, como ha sido reportado para algunos bosques amazónicos sobre lateritas y en Surinam, podzoles en el Brasil y otros países tropicales por Stark (1970); Klinke (1976); Herrera *et al.* (1978); Cuevas y Medina (1983). Estos bosques se mantienen sobre la base, al parecer, de la eficiencia para asimilar los nutrientes liberados en la descomposición de la hojarasca a través de las raíces micorrízicas de los árboles. Además se ha planteado que los suelos Ferríticos cuando son privados de su vegetación y dejados al aire desnudos, se empiezan a endurecer formando corazas, ya que la cubierta vegetal les proporciona un aislamiento natural contra el efecto erosivo del clima tropical, según Mac Neil (1964). Por esta razón también los intentos de introducir la agricultura después de talados los bosques, han fracasado. Samek (1974) señaló además el importante papel anti-erosivo que los bosques tienen en esta zona nororiental de Cuba de topografía alomada y la necesidad de conservarlos.

La importancia económica actual y futura de la zona de Moa determina la creciente actividad minera que en ella se desarrolla. La minería a cielo abierto es una de las actividades más dañinas al medio que produce el hombre, de modo que se hace cada vez más urgente el tomar medidas para evitar la degradación del suelo y del paisaje una vez que comienza la explotación minera en estas zonas, sobre todo si se tiene en cuenta que las escombreras actuales y las capas más profundas con mineral de menos ley podrán ser utilizadas en el futuro. En la actualidad la erosión está arrastrando al mar grandes cantidades de suelo, el medio se deteriora y un paisaje tecnógeno, en algunos lugares con aspecto lunar, está apareciendo en donde otrora se extendían los pinares, y los pericos con su bullicio llenaban el ambiente.

El desarrollo económico es apremiante, pero las consecuencias negativas del uso de los recursos naturales pueden preverse y afrontarse con los métodos que hoy se conocen para brindarle a nuestras futuras generaciones un ambiente más sano y también más hermoso.

"Pinares que se implantan sobre lateritas níquelíferas localizándose principalmente hacia la franja norte... florísticamente presentan un estrato arbóreo bien desarrollado donde predomina el *Pinus cubensis* Griseb. junto a otros elementos... La mayor riqueza florística se encuentra en el sotobosque donde se presenta un estrato arbustivo que no rebasa los dos metros" y entre cuyos elementos se encuentran numerosas especies endémicas.

2.4. LUGARES DE MUESTREO

Dentro de un área antigua de laboreo (área B) en Mina Moa, aproximadamente entre 170 y 200 metros sobre el nivel del mar, coordenadas N: 219 a 221 y W: 697 a 698 de la hoja cartográfica Moa, escala 1:50 000 del ICGC, 5277 IV; que quedaba aproximadamente a 3 o 4 Km de la Fábrica Pedro Soto Alba, se tomaron muestras de suelo en varios lugares.

Se realizaron muestreos de suelo, hojarasca y plantas vivas en un pinar degradado. Se seleccionó un área de aproximadamente 50 m², que había sido alterada por la construcción de un camino; en la que se observó, en un corto tramo, indicios de una sucesión. Se tomaron muestras y se realizaron mediciones climáticas en un transecto de aproximadamente 20 m, que comprendía una franja de suelo desnudo, (área 1), con abundantes perdigones y en algunas zonas endurecido en la superficie, "lateritizado" y que presentaba algunas plantitas dispersas de 3 a 5 cm de alto de la familia *Ciperáceae*. Una franja de suelo con vegetación herbácea (área 2) formada por macollas agrupadas de *Andropogon gracilis* que en algunas épocas alcanzaron hasta 80 cm de alto y también algunas plantitas de *Ciperáceas*.

Además propiamente se muestreó en el área constituida por un pinar degradado de *Pinus cubensis* (Pinar 1). Esta área se pudo caracterizar como un bosque arbustoso con pinos diseminados de 6 a 7 m de alto y arbustos de 4 a 5 m, con una cobertura mayor del 15 %, con abundancia del piso arbustivo y estrato herbáceo constituido por plantas jóvenes del estrato superior (E. del Risco, comunicación personal). En este lugar se tomaron muestras de suelo bajo pinos y bajo plantas latifolias (áreas 3 y 4).

Además se tomaron muestras de suelo para análisis de la microflora y de la mesofauna en otra área del pinar, distante 150 m del área antes mencionada a la que se denominó Pinar 2. Este pinar, presentaba mejores condiciones de conservación con árboles de 7 a 10 m de altura y arbustos y arbolitos de 2 a 4 m. El suelo estaba cubierto en los lugares más abiertos con una abundante capa de líquenes, que cubrían los perdigones y que también crecen sobre las ramas y los troncos caídos. Estos líquenes pertenecen en su mayoría al género *Cladonia*, que parece ser el mejor representado en los pinares de Cuba (M.I. Torres, comunicación personal). También se tomaron muestras de las lateritas remanentes en un área minada hacía más de 15 años, la que se denominó área 5, donde no había indicio alguno de vegetación, y se tomaron muestras de un área de escombreras de las más viejas de esta zona de laboreo

más secos que el promedio de los 20 años anteriores; un 24 % para marzo y un 54 % para julio).

2.2. SUELOS

Los suelos de Moa, están situados dentro de la región más extensa de suelos Ferríticos de la Isla, sobre macizos de rocas ultrabásicas serpentizadas. Estos suelos han sido descritos como "suelos con una alteración casi completa de los minerales primarios y un elevado contenido de sesquióxidos de hierro" (Instituto de Suelos, 1975). Representan en Cuba los perfiles que han sufrido un intemperismo más intenso y un mayor grado de evolución en las distintas etapas de su desarrollo (Instituto de Suelos, 1973).

Teniendo como referencia los suelos de Pinares de Mayarí, que han sido los mejores estudiados de este tipo, según ISACC (1973); Cárdenas *et al.* (1978) y González *et al.* (1980); se pueden caracterizar como: suelos profundos; de baja fertilidad; de buen drenaje interno y gran percolación del agua; muy friables. Presentan gran cantidad de coloides, pero formados por óxidos de hierro y la presencia de goethita y hematita, predominantemente, ha sido encontrada en todo el perfil según, González *et al.* (1980). Tienen pH ligeramente ácido a medianamente ácido, siendo la acidez mayor en la superficie que en la profundidad, lo cual parece que está influido por los restos aportados por la vegetación, especialmente en los pinares (Cárdenas *et al.* 1978).

En los suelos Ferríticos, la capacidad de cambio catiónico es muy baja, (3 meq/100 g) dado que su contenido en minerales secundarios silicatados es muy limitado. Esto hace que la CCC dependa en gran medida del contenido de materia orgánica, que según Ortega (1973) puede determinar en suelos semejantes, hasta el 91% de la misma. Como rasgo característico estos suelos cubanos presentan en el complejo de saturación, un predominio del Calcio sobre el Magnesio (Ca 2,55 me/100 g y Mg 1,41 me/100 g) según Cárdenas *et al.* (1978).

En las lateritas de la Mina Moa, el análisis del contenido de minerales en las capas superficiales hasta 50 cm según datos de la Empresa de Minería, es como promedio: (en %).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Mn	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	Cu	Fe ₂ O ₃
5,75	13,58	1,13	0,13	0,49	2,84	0,025	0,15	0,0046	62,2

2.3 VEGETACIÓN

La vegetación en la zona de estudio pertenece a la denominada *pinares sobre lateritas* según los tipos de formaciones descritas por Bisse *et al.* (1981) como presentes en esta región. Para esta formación la descripción de los autores es la siguiente:

de muestreo, que fueron determinadas por compañeros del Herbario Nacional de la ACC.

En la tabla 2 se muestran las mediciones de temperaturas máxima y ambiente del aire a 100 cm del suelo, en condiciones abiertas (área 2) y la humedad relativa a igual altura dentro del bosque (área 4); realizado durante las horas del día, del 27 al 28 de septiembre y en marzo de 1984. Se observaron las máximas entre las 13:00 y las 14:00 horas con 34 y 35°C; y la humedad relativa mucho más alta en marzo que en septiembre, en que las temperaturas expuestas en la tabla 4, llegaron a alcanzar en la superficie del suelo 38,6 y 46,4 °C entre las 13:00 y las 14:00 horas. En la tabla 3 se ofrecen los datos de evaporación. En 24 horas, del 21 al 22 de marzo de 1984, se produjo una evaporación de 5,7 cc en el área abierta y de 6,8 cc en el bosque. Esta diferencia, al parecer, se produce en algunos casos cuando la temperatura dentro del bosque de noche se conserva más que al descubierto y el viento y la humedad relativa se conjugan. Valores semejantes fueron hallados por Fojt (1971) durante mediciones realizadas en un pinar de Cajálbana, Pinar del Río, en comparación con un calvero. Del 26 al 27 de septiembre de 1984 la evaporación al descubierto fue de 6 cc, en tanto dentro del pinar fue de 2,7 cc y dentro del bosquecillo de latifolias fue de 4,2 cc en 24 horas. Esta diferencia dentro del bosque, 1,5 veces mayor bajo el área de latifolias, podría deberse a la presencia de una capa de hojarasca y humus más densa que conserva más el calor en igualdad de condiciones, favoreciendo la evaporación, como se explicó en el párrafo anterior.

En la tabla 5 se expresa el contenido de nutrientes del suelo en las áreas de estudio en comparación con las lateritas remanentes en un área minada hacía 15 años.

En las dos muestras realizadas en marzo y mayo de 1984 se observaron variaciones en el pH de todas las muestras, con aumento en mayo del pH en agua. El pH del suelo desnudo, de lateritas y de escombreras (áreas 1, 5, y 6) fue más alto en ClK que en agua, lo cual fue señalado por Cárdenas *et al.* (1978) como características de estos suelos, donde los coloides de óxido actúan como basoides. En muestras con vegetación ya sea herbácea o bajo pino o latifolias, este carácter cambia y el comportamiento del pH en ClK se hace menor.

El contenido de materia orgánica y de Nitrógeno sigue un incremento progresivo desde el suelo desnudo al bosque, pues como es natural dependen del aporte de la vegetación y el remanente que conserva el suelo aún degradado, en el humus, es muy bajo e incluso puede ser nulo en el material que quedó en el área de laboreo muestreada.

En comparación con el mes de marzo, que es uno de los más secos en esta zona, el muestreo de mayo, medianamente lluvioso, mostró una disminución

(Zona B) donde se observaba en los taludes la implantación de algunos pinos y hierbas (Ciperáceas y Gramíneas), como parte de una sucesión que tímidamente comienza a aflorar, después de casi 20 años, en los taludes más favorablemente expuestos a la diseminación e implantación de las semillas de las áreas naturales contiguas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En las (áreas 1; 2 y 3) seleccionadas dentro del área de estudio se realizaron algunas mediciones climáticas durante el día, en períodos cortos de 24 a 48 horas, del 21 al 23 de marzo de 1982; del 21 al 22 de marzo de 1984 y del 27 al 28 de septiembre de 1984. Se midió la temperatura del suelo a 0; 2; 5 y 10 cm de profundidad y la evaporación a 1 metro de la superficie del suelo, usando evaporímetros de Piché, así como la humedad relativa del aire utilizando un psicrómetro de Assman.

Se realizaron análisis del contenido de nutrientes a las muestras de suelo de los puntos 1 al 5, determinándose: pH; materia orgánica; nitrógeno; fósforo total y asimilable; contenido y calidad del humus; Ca; Mg; K y Na. Las técnicas utilizadas fueron las empleadas por Jackson (1964) excepto la determinación de materia orgánica que se hizo según Sprenger-Klee (en Thun *et al.* 1955) y la calidad del humus según la descripción hecha por Ambróz y Balátová-Tulačková (1962).

Se realizó el conteo de la microflora total del suelo y de los organismos celulíticos y solubilizadores de fósforo inorgánico, utilizando la técnica de dilución en placa en los medios agar nutriente y medio para organismos celulíticos aerobios y medio con $(PO_4)_2Ca_3$ respectivamente.

Se determinó la densidad y la abundancia relativa de los grupos de la artropofauna edáfica (mesofauna) en las muestras de suelo tomadas con un muestreador especial y separando la capa orgánica del horizonte A_0 en el bosque, y separando los primeros centímetros en el suelo bajo hierbas. El muestreador tenía 15 cm de largo y una sección aproximada de 10 cm^2 . Las muestras fueron colocadas en embudos de Tullgren durante cinco días bajo bombillas de 40 watt.

A las muestras de suelo de las áreas 1; 2 y 3 se les determinó la densidad relativa y se midió *in situ* la altura de la hojarasca y la capa de humus (capas F y H). Además se determinó el peso seco de estas capas y el contenido de raíces en ellas.

Se midió la actividad biológica del suelo de los lugares de muestreo y se calculó la materia orgánica mineralizada a través de este índice, o sea, el desprendimiento de CO_2 tanto *in situ* como en mediciones de laboratorio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se ofrecen algunas de las especies colectadas en las áreas

nentes (área 5) y un perfil de 0-50 cm de un suelo bajo vegetación natural en un área sin afectación minera, aproximadamente a 500 m s.n.m.

Para las muestras de las áreas 1, 2 y 3 y la capa F-H del pinar en relación con las lateritas (La), se observa un incremento progresivo del contenido de humus y del contenido de Carbono. Los coeficientes de estabilidad, humificación y color, denotan que el humus extraído de estas muestras presenta un grado de saturación muy bajo, como es característico de estos suelos, sólo algo mejor en el pinar y en la capa F-H. En estos datos se muestra la extrema degradación del humus, que produce la actividad minera, al dejar a merced del intemperismo lo que queda del suelo como se observa para la muestra de laterita (La). En el perfil bajo un área de bosque natural más húmedo, del tipo "pluvisilva sobre lateritas" según Bisse *et al.* (1981) a más altura, se observaron características semejantes a los del pinar degradado en cuanto a un grado de saturación pobre y mayor predominio de los ácidos húmicos grises sobre los pardos, en las capas superficiales del suelo. Sin embargo, el coeficiente de humificación es muy bajo, lo cual denota un predominio de ácido fúlvico en todo el perfil.

La tabla 7 muestra los conteos de la microflora del suelo en los meses de marzo y septiembre de 1984. Para las áreas de muestreo 1, 2 y 3, en el de septiembre se observó un incremento del doble de la microflora en el suelo sin vegetación y de 4 veces en el suelo bajo bosque.

Los grupos que mostraron una variación más notable fueron las bacterias y los solubilizadores de fósforo. En el área 2 se produjo una disminución de la microflora total, aunque individualmente las bacterias y los solubilizadores aumentaron al doble y más de 30 veces respectivamente, como ocurrió en otras muestras. Aunque no sabemos el comportamiento de los nutrientes en septiembre, en la tabla 5 vimos que se produjo una disminución del contenido de N y P en el suelo, durante el muestreo de mayo, mes más lluvioso que marzo (206 contra 87 mm). Al comparar marzo con un mes lluvioso (septiembre) con 301 mm de precipitación, y encontrar estas variaciones de la microflora, en especial de los solubilizadores de fósforo, pensamos que ello podría estar asociado a la presencia de mayor número de raicillas en todas las muestras en los muestreos del bosque.

El incremento de bacterias y solubilizadores ayudaría a hacer más eficiente la absorción de los nutrientes liberados de la capa F-H en activa descomposición, por sus asociaciones con la estera radical abundante en micelio micorrízico, presente en esta capa, como ha sido planteado por Herrera *et al.* (1978); y/o inmovilizando parte de los nutrientes en sus propias células y liberándolos más lentamente al transcurso de la dinámica de estas poblaciones; o permitiendo la mineralización y asequibilidad de las mismas que serían rápidamente transferidas a las plantas a través de la vía micorrizas-raíz.

general en el contenido de materia orgánica, Nitrógeno y Fósforo para todas las muestras menos para el (área 2), en la que al parecer, las plantas herbáceas que mantienen más del 50% de su biomasa aérea como material muerto en pie, al ser lavadas por la lluvia aportan al suelo estos elementos. Con respecto al resto de los elementos analizados, no podemos decir si siguen este mismo comportamiento, ya que se tienen los análisis de mayo solamente. En cuanto al P asimilable se observó un bajo contenido en todas las muestras, incluso las del bosque, haciéndose evidente que este es uno de los elementos que más limita la fertilidad de estos suelos. Al analizar los contenidos de P total se observó una variación mayor entre las muestras con una gradación entre ellos. Al realizar un análisis de regresión entre todos los valores de materia orgánica y P total, se obtuvo un coeficiente $r = 0,89$ significativo (para $p = 5\%$). Esto confirmaría que gran parte del P en estos suelos está en forma orgánica u ocluido entre óxidos de Fe, siendo muy poco aprovechable (López-Hdez., 1977 y Ortega 1973).

Con relación a los demás elementos analizados se puso en evidencia que el Ca predomina sobre el Mg y que la vegetación hace un aporte de este elemento al suelo, que representa más de 2-7 veces el contenido del suelo sin vegetación. En cuanto al Mg, el aporte representa 6-13 veces el contenido del suelo sin vegetación y 7-15 veces el que contenía el área 5, minada de 15 años. La UCB mostró estrecha relación con la materia orgánica; se obtuvo un valor de $r = 0,95$ significativo (para $p = 5\%$.)

El caso del Potasio fue notable, ya que el contenido del suelo sin vegetación es nulo y la presencia de la misma incrementa el contenido de este elemento de gran importancia en la fertilidad del suelo y la supervivencia de las propias plantas. Pero en estas condiciones cabe preguntarse ¿de dónde lo extraen las plantas?. Es posible que el aporte en la lluvia pueda tener importancia y que las plantas que han evolucionado en tan precarias condiciones de fertilidad hayan desarrollado mecanismos para la retención de este elemento, así como del P y tengan procesos fisiológicos adaptados para desarrollarse en condiciones oligotróficas.

Estos mecanismos han sido considerados como parte de los mecanismos conservativos desarrollados en los bosques tropicales por Herrera *et al.* (1978) y Golley (1983) entre otros. Así mismo, Jordan y Herrera (1979, en Golley 1983) han planteado que supuestamente los bosques que se desarrollan sobre substratos empobrecidos deben mostrar más mecanismos adaptativos de conservación que aquellos que crecen en suelos ricos. En estos pinares degradados con vegetación secundaria, donde ocurre acumulación de hojarasca de latifolias, hemos observado la formación de esteras radicales con abundantes micorrizas V-A y ectótrofas.

En la tabla 6 se ofrecen datos del contenido y calidad del humus en los lugares de muestreo (áreas 1, 2 y 3) en comparación con las lateritas rema-

estar asociados a la zona radical, que en este bosque latifolio presenta su mayor abundancia en los primeros centímetros del perfil.

Para las muestras de las escombreras con pinos y hierbas, con hierbas solamente o con pinos solamente, se observó un mayor empobrecimiento de la fauna edáfica en el suelo bajo hierbas solamente, que en los otros dos. Para esta muestra es interesante observar que el grupo de los *Psocópteros* alcanzó un 50 % que es la representación más alta de este grupo primitivo, que se tomó en todas las muestras, siguiéndole la muestra de escombrera con pinos y después la de suelo bajo hierba. Especialmente en el suelo bajo bosque, este grupo tuvo de escasa a nula representación, por lo que se puede suponer que esté asociado a los primeros estadios de la sucesión y podría jugar un papel importante en la recolonización de estos "Suelos". En el suelo de las escombreras bajo pino y hierbas "otros" estuvo representado en un 50 % por termitas y en un 8 % por hormigas. Estos grupos tienen gran importancia como formadores de suelo y ha sido motivo de interés el papel que tienen como consumidores de madera y hojarasca en los ecosistemas tropicales. Mejer *et al.* (1984) plantearon que es probable que en el ecosistema en desarrollo de una mina rehabilitada, este no alcance su establecimiento o un estado de equilibrio hasta que una fauna de invertebrados apropiada no recolonice el área. De este modo, se puede decir de forma preliminar, por qué sería necesario mayor número de muestreos, que en cuanto a la diversidad de especies medida sólo por el número de grupos representados en relación al total, las escombreras con pino o con hierba mostraron en proporción, mayor diversidad que el suelo desnudo; y el suelo bajo latifolias mayor que el pinar en cada muestreo.

Los dos lugares bajo pinos mostraron relativamente mayor densidad, pero menor diversidad de especies que en el suelo bajo latifolias. Este resultado concuerda con los obtenidos por Mejer *et al.* (1984) en varias minas de bauxita rehabilitadas.

El área bajo hierbas, a pesar de que la cobertura de *Andropogon* o *Rhynchospora* en esta zona era pobre y dispersa, mostró sin embargo, tanto para la microflora como para la mesofauna, valores altos comparables a los del suelo de bosque. Como se sabe, la vegetación herbácea puede tener un ciclo acelerado de renovación de los nutrientes y una incorporación elevada de materia orgánica al suelo, por lo que el papel que estas *Gramíneas* y *Ciperáceas* naturales puede tener en este suelo, no debe despreciarse.

En la tabla 9 se exponen los valores de actividad biológica global del suelo medidos *in situ* durante distintos periodos. En todas las mediciones se obtuvo un desprendimiento de CO_2 mayor en el suelo bajo vegetación herbácea que en el suelo desnudo o en el pinar degradado.

En octubre se obtuvieron los valores de respiración más altos y también las diferencias más significativas entre las áreas. Aunque la humedad del

La importancia que las bacterias y en general la microflora edáfica puede tener en los mecanismos de conservación de los nutrientes en los bosques tropicales ha sido señalado por Golley (1983) aunque poco es aún lo que se conoce sobre ello.

En la tabla 7, comparando todas las muestras, se hace evidente que bacterias y actinomicetos constituyen los grupos dominantes, con valores variables pero generalmente más altos en el suelo de bosque bajo pinos y bajo latifolias que en el resto de las muestras (33 a 68 % B y 19 a 57 % Act.) y sólo en el suelo desnudo y en las muestras de escombrera con gramíneas (H) los hongos fueron mayores que los actinomicetos en 4 y 1, 3 veces respectivamente.

En cuanto a los organismos celulolíticos representan entre 4 y 16% de la microflora total, su valor relativo más alto lo alcanzaron en la muestra 2, de suelo bajo hierbas.

Los solubilizadores de fósforo fueron más abundantes en el suelo bajo pinos, representando el 12,7 % de la microflora total y el 17 % en el suelo de lateritas remanentes en el área minada.

En cuanto a la densidad y abundancia relativa de la mesofauna edáfica, en la tabla 8 se ofrecen los valores encontrados de los grupos más abundantes en cada lugar de estudio, en septiembre de 1984 y en marzo 1985. En la figura 3 se expresa además la densidad de la mesofauna en el horizonte A_0 y en el suelo mineral, así como el contenido de Carbono del suelo. Además se incluyen los valores encontrados en muestras de líquenes que recubrían el suelo y las piedras en algunas zonas bajo el pinar 2.

Como se observa en la mencionada tabla 8, los valores más altos de densidad de la mesofauna se encontraron en las muestras bajo bosque y en general se produjo un incremento de la fauna en el segundo muestreo que representó el triple de la encontrada en el anterior, coincidiendo con el incremento de la microflora. En el suelo desnudo, bajo hierbas y bajo pinos y en la muestra de líquenes, los ácaros y colémbolos fueron los grupos más abundantes, con valores mayores del 54 % y del 18 % respectivamente, llegando a alcanzar en líquenes el 75 y el 85 % del total entre ambos.

En las muestras de suelo bajo latifolias se encontró casi la mitad de la densidad bajo pinos, tanto para el muestreo de septiembre como para el de marzo, sin embargo, la distribución relativa en la capa superficial y en el suelo mineral mantuvo la misma proporción en ambas (73 % y 27 %) como se ve en la figura 2. La abundancia relativa de los grupos tuvo un comportamiento diferente en el suelo de latifolias, pues en ambos muestreos los ácaros representaron un tercio o menos del total, los colémbolos tuvieron mayor variación que en el suelo bajo pinos y el número de individuos de otros grupos tuvo valores mayores del 50 % en ambos muestreos, apareciendo los áfidos en marzo de 1985, formando el 23,7 % del total. Los áfidos del suelo parecen

La fauna en las escombreras fue pobre y en las lateritas fue nula. Este resultado parece confirmar lo planteado por Mejer *et al.* (1984) en cuanto al papel de la artropofauna edáfica, en el sentido de que la recolonización por estos de las áreas minadas depende de la vegetación, su cobertura, el tiempo transcurrido desde la rehabilitación, la cantidad de mantillo presente, etcétera. Así en tanto en la zona de muestreo del área minada hacía más de 15 años, no había crecido absolutamente ninguna planta, en las escombreras aparecían en forma dispersa grupos de *Gramíneas*, *Ciperáceas*, pinos y algunas plantas latifolias.

En el caso de la muestra 6, de la capa de líquenes, el número de individuos fue 15 veces mayor que la muestra 3, una de las más altas. Al parecer, la presencia de esta cubierta de líquenes que se observa frecuentemente en los pinares, introduce algunas modificaciones en el funcionamiento de la capa superficial del suelo dentro del ecosistema, que merecerían ser estudiados en detalle.

Se realizó el análisis de regresión entre los valores de CO_2 producidos y la microflora; y del mismo con la mesofauna. Los valores no fueron significativos. Los coeficientes de correlación más altos se encontraron entre microflora y contenido de C del suelo, $r = 0,86$ y mesofauna y contenido de C del suelo, $r = 0,81$.

En resumen, del análisis de la figura 3 se obtuvo que la producción de CO_2 no presenta una relación definida con el número de individuos de la mesofauna ni de la microflora, pero sí es importante como índice de la mineralización de la materia orgánica y por tanto del balance de carbono y del balance energético en estos suelos (Legay y Schaeter, 1982; Antoun y Jensen, 1979). Cuando la mineralización no está compensada por el aporte, como es el caso de los suelos alterados por la actividad minera, el suelo se degrada rápidamente. En la tabla 6 se mostraron los resultados del contenido y calidad del humus y, la degradación del suelo en el área 1 de suelo desnudo y de las lateritas, se hizo evidente.

En la figura 4 se muestran los resultados de la descomposición de la celulosa en los lugares 1, 2 y 3. En las tres etapas del experimento, la velocidad de descomposición en el suelo desnudo fue más baja y al final de los 210 días de exposición sólo se había descompuesto en este lugar 38 %, contra 91 % y 86 % bajo *Andropogon* y en el suelo bajo bosque, respectivamente.

La lluvia caída durante el período de la investigación, mostró las fluctuaciones características para esta región, aunque los meses de diciembre, marzo y abril fueron más secos que el valor promedio. En el caso del suelo desnudo, el incremento de la velocidad de descomposición en la 2a. etapa parece que estuvo influida por el aumento de las precipitaciones en el período.

suelo de las muestras tomadas no presentó grandes diferencias entre las tres áreas, sin embargo, especialmente en este momento las plantas herbáceas tenían el crecimiento máximo que observamos allí, además de ser éste uno de los meses más lluviosos en esta zona. El CO_2 desprendido fue equivalente a la mineralización de 30,9 mg de materia orgánica/m² hora o 0,74 g/m² día, que representó casi 1,5 y 1,8 veces más que en el suelo desnudo y en el pinar, respectivamente.

En marzo de 1982 las diferencias entre las áreas no fueron significativas, probablemente debido a la sequía de ese mes, aunque por las características de estos suelos, el % de humedad no mostró muchas diferencias con la medición anterior.

En las mediciones de junio se observó que durante las horas de más calor en las áreas 1 y 2 se produjo una disminución de la respiración del suelo, en tanto en el pinar se produjo un crecimiento en ese momento y una disminución posterior. Probablemente la falta de sincronía esté relacionada con la inversión de temperaturas o el desfaseamiento que ocurre en el piso del bosque por la acción amortiguadora de la vegetación y la hojarasca. Fojt (1971) observó un fenómeno semejante en la temperatura del suelo en Pinares de Mayarí.

El promedio general de todas las mediciones fue aproximadamente equivalente a la mineralización de 16,1; 20,2 y 16 mg de materia orgánica/m² x hora, en los lugares 1; 2 y 3 respectivamente. Este resultado plantea que el suelo desnudo y el suelo bajo bosque tienen una actividad biológica muy semejante, pero lógicamente una restitución de la materia orgánica mineralizada muy diferente. Así, mientras en el bosque o en el área de hierbas la materia orgánica que se mineraliza como consecuencia de la actividad de la biota del suelo es restituida por la vegetación, en el suelo desnudo y con muy poco o ningún aporte de materia orgánica, esta restitución no ocurre y por tanto, el suelo está gastando las reservas de humus remanente y de este modo degradándose progresivamente y perdiendo su "fertilidad" escasa de por sí.

En la figura 3 se presentan los valores de CO_2 desprendido en el suelo, medido en condiciones de laboratorio y los valores promedios de microflora y mesofauna total, encontrados en las muestras de suelo estudiadas.

Se observó de nuevo, como en las mediciones *in situ*, los valores más altos de producción de CO_2 en el suelo desnudo y en el bosque (de latifolias en este caso). Las muestras que más microflora total tuvieron fueron las del bosque tanto bajo pinos como bajo latifolias.

En el caso de la mesofauna, en el pinar se encontró también el valor más alto, seguido del área bajo vegetación herbácea.

En general, la biota del suelo y su actividad parecen depender de la disponibilidad de fuentes de carbono, como ha sido observado en distintos suelos cubanos por Martínez (1985).

dados, donde ocurre acumulación de hojarasca de latifolias, hemos observado la formación de esteras radicales con abundante presencia de micorrizas VA y ectótrofas que serían responsables de la retención de los nutrientes liberados de la capa de hojarasca en descomposición y por tanto del mantenimiento de estos ecosistemas.

Se constató la extrema degradación del humus en las lateritas remanentes en la actividad minera, al dejar a merced del intemperismo lo que queda del suelo.

En los conteos de la microflora se observó que en general, las bacterias y los actinomicetos constituyeron los grupos más abundantes, representando entre el 33 y el 68 % las bacterias y entre el 19 y el 57 % los actinomicetos, de la microflora total.

En las muestras de suelo desnudo y de escombreras, donde habían crecido algunas gramíneas, los hongos fueron más abundantes que los actinomicetos en 1, 3 y 4 veces respectivamente.

Los organismos celulolíticos representan entre 4 y 16 % de la microflora total, y su valor relativo más alto lo alcanzaron en el suelo bajo hierbas, coincidiendo con una mayor velocidad de descomposición de la celulosa en este lugar.

Los organismos solubilizadores de fósforo fueron más abundantes en el suelo bajo pinos representando el 12,7 % y en las lateritas remanentes en área laboreada representando el 17 % de la microflora total.

En cuanto a la densidad y abundancia relativa de la mesofauna edáfica se encontraron los valores más altos en las áreas de bosque, especialmente bajo pinos.

Los ácaros y colémbolos fueron los grupos más abundantes representando más del 54 % los primeros y del 18 % los segundos. Estos grupos unidos llegaron a alcanzar en las muestras de líquenes entre el 75 y el 85 % del total de la mesofauna edáfica.

En las muestras de suelo bajo pinos y bajo latifolias, se mantuvo la misma distribución vertical de la mesofauna en los dos muestreos realizados, pero la abundancia relativa de los grupos tuvo un comportamiento diferente.

Las muestras de escombreras en que habían crecido hierbas y pinos, o pinos y hierbas solamente, presentaron un empobrecimiento de la fauna edáfica. En las muestras con hierbas solamente, el grupo Psocóptera alcanzó un 50 % del total y fue también alto en las otras muestras de escombreras, pero en el suelo bajo bosque, este grupo primitivo tuvo de escasa a nula representación, por lo que se puede suponer que su presencia está asociada a los primeros estadios de la sucesión y recolonización de estos suelos degradados. La diversidad de especies fue mayor en las áreas con alguna vegetación, en comparación a las de suelo desnudo; y en el suelo bajo latifolias fue ma-

En la figura 5 se trazaron las curvas de descomposición en relación con el material remanente en las bolsas. El cálculo del tiempo para la descomposición del 50 % del material estuvo muy cerca del valor encontrado gráficamente por regresión para las áreas 2 y 3, pero en la 1, el tiempo teórico está alejado de la tendencia de la curva.

El cálculo de la regresión de los valores contra el tiempo nos dio una constante de descomposición de la celulosa igual a 1,82; 4,1 y 3,9 mg/g. día para las áreas 1, 2 y 3 respectivamente. Como se ve, la velocidad de descomposición del área bajo hierba y bajo pinar son muy próximas y ligeramente más alta bajo hierba. Esto indica la actividad de la microflora del suelo bajo hierbas y la importancia que estas pueden tener en el mantenimiento y retención de la precaria fertilidad de estos suelos Ferríticos cuando la actividad minera o forestal destruyen los bosques naturales.

CONCLUSIONES

Según los datos de las precipitaciones de Mina Moa en los últimos 5 años (1978-1983) los meses de marzo y julio se han hecho más secos que el promedio de los 20 años anteriores en 24 % para marzo y en 54 % para julio.

La evaporación promedio mensual calculada para este período varió de 66,7 a 70,6 mm, lo cual no excede nunca del promedio de precipitación mensual, excepto para el mes de julio, que aparentemente resultaría un mes crítico.

Se observaron variaciones del contenido de nutrientes del suelo, en especial: materia orgánica, nitrógeno y fósforo en las áreas de muestreo, al parecer en relación con las precipitaciones. Sin embargo, el suelo bajo *Andropogon gracilis* mostró un comportamiento diferente.

En todas las muestras se observó mayor contenido de calcio que de magnesio (del material de escombreras no se tiene el dato). La vegetación en especial de latifolias, hace un aporte importante de estos elementos al suelo, que representa con respecto al calcio, más de cuatro veces el contenido del suelo sin vegetación y con respecto al magnesio, 17 veces el contenido del suelo sin vegetación y más de 10 veces el que contenía el área laboreada hacía más de 15 años.

Se observó que la vegetación hace un aporte importante de K al suelo, en comparación con el contenido nulo de este elemento fácilmente lavable, en las áreas de suelo desnudo o laboreado. Es posible que las lluvias en esta área constituyan una fuente de entrada de este y otros elementos.

En estos ecosistemas sometidos a un lavado intenso por las lluvias y que han evolucionado sobre suelos de baja fertilidad, al parecer las plantas han desarrollado mecanismos para la retención de los nutrientes y están fisiológicamente adaptadas a condiciones oligotróficas. En estos pinares degra-

Observar al máximo las medidas para proteger de la erosión y de la degradación las áreas de escombreras que serán utilizadas en la recuperación y recultivación de las áreas utilizadas por la minería. En este sentido, es recomendable dejar todos los restos orgánicos como raíces y tocones de árboles, etcétera, durante el proceso de separación del material y formación de las escombreras, ya que estos sirven de refugio y fuente de nutrientes a la biota edáfica.

TABLA 1. "Características de la vegetación en los lugares de muestreo en Mina Moa".

	1. Suelo desnudo	2. Área con hierbas	3. Bosque (Pinar 1 y 2).
	1	2	3
Altura media (m)	0,05	0,5 - 1,0	7 - 10
diámetro med. (cm)	-	-	7 - 9
Especies presentes:			
-Rynchospora tenuifolia Griseb.	-Andropogon gracilis Spreng	-Pinus cubensis Griseb.	
-Rynchospora sp.	-Rynchospora sp.	-Callicarpa fulva A. Rich. var. fulva	
-R. cernua (*)	-A. glomeratus (*)	-Cameraria sp.	
	-A. sacharoides (*)	-C. ovolanceolata	
		-Casaria moaensis M. Vict.	
		-Calyptanthus apoda Urb.	
		-Clerodendron nipen- se Urb. var. nipense	
		-Coccoloba shaferi Britton	
		-Coccothrinax mira- guama (H.B.K.) Becc. var. macroglosca León	
		-Eugenia pinetorum Urb.	
		-Jaquemontia jamai- censis (Jacq.) Hallf.	
		-Lyonia macrophylla Britt.) (*) Ekm. ex Urb.	
		-Malpighia setosa. Spreng.	
		-Metopium venosum (Griseb.) Engler	
		-Myrica shaferi Urb. y Britt.	

yor que bajo los pinos. Al parecer, esto concuerda con lo observado por otros autores en cuanto a que la abundancia y diversidad de la fauna edáfica depende de la diversidad y riqueza de especies de la vegetación.

Se encontró que el área de suelo bajo hierbas, a pesar de que la cobertura de las especies de *Andropogon* y *Rynchospora* era pobre y dispersa, mostró tanto para la microflora como para la mesofauna, valores altos y comparables a los del bosque, indicando una actividad biológica alta, por lo que el papel que estas plantas pueden tener en estos suelos no debe despreciarse.

La actividad biológica global del suelo fue mayor en el área bajo hierbas, en todas las mediciones *in situ* en comparación con el suelo desnudo y con el pinar degradado. El CO_2 promedio desprendido fue equivalente a la mineralización de 16,1; 20,2 y 16 mg de materia orgánica por m^2 / hora, en los lugares 1; 2 y 3 respectivamente. Este resultado plantea que el suelo desnudo y el suelo bajo bosque tienen una actividad biológica semejante, pero lógicamente una restitución de la materia orgánica mineralizada muy diferente. En el suelo desnudo la restitución es casi nula y por tanto, el suelo está *gastando* las reservas de humus remanente y de este modo degradándose en forma acelerada.

La descomposición de celulosa fue mayor en el área bajo hierbas, con valores de 1,82; 4,1 y 3,9 mg/g. dfa^{-1} para las áreas 1; 2 y 3 respectivamente.

Los datos obtenidos mostraron que el suelo bajo hierbas presentó un alto contenido de microorganismos, una elevada actividad biológica, una tasa de descomposición de celulosa alta y un aporte importante de nutrientes al suelo. Estos factores sin índices de la importancia que puede tener el uso de algunas especies de gramíneas de esta zona, muchas de las cuales son endémicas, para el mantenimiento y retención de la precaria fertilidad de estos suelos Ferríticos, en su proceso de recuperación, una vez que la actividad minera o forestal destruyen los bosques naturales.

RECOMENDACIONES:

Llevar a cabo investigaciones sobre el aporte de elementos que hacen las lluvias al suelo, así como si existen en esta zona lluvias ácidas; cuál es su frecuencia, condiciones en que se producen e incidencia en la vegetación, en el lavado y erosión del suelo y en los procesos de corrosión.

Realizar investigaciones para conocer las posibilidades de usar algunas plantas endémicas o que crecen bien en esta zona (como gramíneas, ciperáceas y latifolias) para crear las condiciones iniciales de recuperación de estos suelos, deteniendo ante todo la erosión y la extrema degradación de la materia orgánica.

TABLA 2. Temperatura ambiente y máxima del aire, en °C, a 100 cm sobre el suelo y humedad relativa en % tomadas a distintas horas durante el día. 1.- En condiciones abiertas. 2.- Dentro del pinar.

Horas	Fecha	Temperatura °C		Humedad relativa %			
		Máxima	Ambiente	1		2	
	27/9/84			21/3/84	27/9/84	21/3/84	27/9/84
9:30		32,5	28,6	86	62	93	61
11:30 (**)		32,0	30,4		61		65
13:40		34,0	31,6	97	63	95	58
15:40 (*)		33,5	28,2		78		81
17:40 (*)		33,5	25,4	94	92	98	91
	28/9/84			28/9/84	28/9/84		
8:30 (**)		26,5	26,0	85		82	
11:30		30,0	29,2	84		76	
14:30		35,0	31,4	59		63	

(**) - Llovizna

(*) - Cielo nublado y vientos suaves del E y SE.

TABLA 3. Evaporación en c.c. a 1 metro del suelo en condiciones abiertas sobre vegetación herbácea (1) y dentro del bosque (2); en a) con pinos y en b) con latifolias; en Moa

Fecha	Hora	(1)	(2)	
			(a)	(b)
21/3/84	18:00	0	0	
22/3/84	9:00	0	2,5	
	13:50	2,6	4,5	
	15:50	3,7	5,4	
	17:50	4,1	5,6	
23/3/84	9:00	5,7	6,8	
	16:00	0	0	0
27/9/84	9:45	2,5	2,0	1,3
Viento	11:45	3,4	1,5	2,5
Viento	13:45	4,8	2,1	3,4
Nublado	15:45	6,0	2,7	4,2
Nublado con viento	17:45	6,3	2,9	4,5
28/9/84				
Poco sol	8:30	7,4	3,4	5,0
Algo nublado	11:00	8,0	3,6	5,5
Viento y sol fuerte	14:30	10,5	4,8	7,0

TABLA 1. (Continuación...)

1	2	3
		-Myrtus ophiticola (Britt. y Wils.) (*) Alain
		-Neobracea valenzue- lana (A.Rich.) Urb. (*)
		-Ossaea pauciflora (Nand.) Urb.
		-Curatea striata (V. Tiegh.) Urb.
		-Pimenta sp.
		-Plinia punctata Urb.
		-Pseudocarpidium sp.
		-Psychotria shaferi Urb.
		-Schmidtottia shaferi (Stand.) Urb. var. shaferi
		-S. sessilifolia
		-S. involucrata (Wernh.) Alain
		-Stigmaphyllon sa- greanum A. Juss.
		-Ternstroemia sp.
		-Vernonia moaensis Alain.

(*) Crecía aislada en escombrera de 20 años.

TABLA 5. Contenido de nutrientes y pH del suelo en las áreas de estudio en la capa 0 - 10 cm. 1.- suelo desnudo, 2.- suelo bajo hierbas, 3.- suelo bajo pino, 4.- suelo bajo latifolias, 5.- material laterítico en un área minada hacia 15 años, 6.- escombreras del área 5 con sucesión primaria de ciperáceas y pinos muy diseminados.

Muestras de: a) marzo 1984 y b) mayo 1985

Áreas	pH		(%)										(p.p.m.)					(meq./100 g)				
	H ₂ O	CLK	M.O	Humus	N	P _{asim}	P _{total}	Na	K	Ca	Mg	CCB	Na	K	Ca	Mg	CCB					
1	a	5,2	5,5	0,77	0,22	5,25	160	0,00	0,01	2,00	1,50	3,50	0,00	0,01	2,00	1,50	3,50					
	b	5,4	5,5	0,39	0,11	1,0		0,52	0,00	1,67	0,57	2,77										
2	a	5,7	5,3	6,57	0,11	2,5	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	b	6,2	5,3	3,95	8,26	4,0		0,62	2,0	2,5	1,0	6,12										
3	a	4,0	3,5	7,86	0,39	2,5	310	0,60	3,12	9,50	8,40	21,62										
	b	5,2	4,3	8,44	0,28	2,25		0,76	1,76	7,00	5,70	15,22										
4	a	-	-	10,38	0,65	4,0	300	1,35	1,50	14,00	8,50	25,35										
	b	6,2	5,6	9,93	0,34	2,0		0,7	0,35	13,0	7,5	21,55										
5	a	-	-	0,12	0,22	3,0	250	0,7	0,00	2,00	0,80	3,20										
	b	5,8	5,9	0,00	0,07	1,5		0,35	0,00	1,00	0,5	2,35										
6	a	6,3	6,4																			
	b	6,4	6,6																			

TABLA 4. Algunas mediciones diurnas de la Temperatura del Suelo (en °C) tomadas en la superficie (0) y a 2; 5 y 10 cm de profundidad en las áreas de muestreo en la zona minera de Moa. 1.- Suelo desnudo. 2.- Suelo bajo hierba. 3.- Suelo bajo bosque (Pinar degradado con vegetación secundaria densa).

Fecha	Hora	cm														
		1					2					3				
		0	2	5	10		0	2	5	10		0	2	5	10	
21/3/84	18:30		31,0	31,0	30,0		28,2	28,0	28,0	26,5			24,0	23,4	23,2	
22/3/84	9:00	29,0	27,0	26,2	26,4	29,0	25,2	24,6	24,6	24,4	27,4	23,0	23,0	22,8	22,2	
	13:50	38,6	36,0	31,4	29,8	33,2	29,2	31,4	31,4	28,2	32,2	24,5	24,0	23,4		
	15:50	33,5	34,0	32,0	31,0	38,6	29,8	31,4	31,4	29,2	26,0	24,8	24,0	23,5		
	17:50	36,6	30,6	30,8	30,8	36,6	28,0	28,4	28,4	28,6	25,8	24,4	24,0	23,4		
23/3/84	9:00	29,0	27,1	26,2	26,6	27,5	27,4	25,4	25,4	25,2	26,2	23,6	23,4	23,0		
27/9/84	9:45	29,8	33,0	32,0	31,6	26,0	25,2	24,8	24,8	25,4	26,2	24,6	24,4	24,8		
	11:45	29,6	31,0	27,4	26,2	36,2	31,0	27,0	27,0	26,2	30,0	26,4	25,0	25,0		
	13:45	46,4	38,0	34,0	30,8	46,4	33,0	31,2	31,2	28,8	32,2	28,0	26,0	25,4		
Llovizna	15:45	31,0	31,8	31,6	31,4	31,0	28,6	30,2	30,2	29,8	28,4	26,8	25,8	25,8		
Llovizna	17:45	28,4	29,6	30,0	30,6	28,4	28,0	29,0	29,0	29,0	26,4	26,0	25,6	25,8		
28/9/84	8:30	23,8	24,2	25,0	25,9	23,8	24,0	24,6	24,6	25,4	24,8	24,2	24,4	25,0		
	11:30	30,0	29,2	28,0	27,0	30,0	27,4	26,0	26,0	26,0	27,0	26,0	25,0	25,2		
	14:30	38,2	37,4	34,4	31,2	38,2	30,0	31,4	31,4	30,0	32,4	31,2	26,2	26,0		

TABLA 7. Conteo de algunos grupos de la microflora del suelo en las áreas de estudio.

1.- suelo desnudo; 2.- suelo bajo hierbas; 3.- suelo bajo pinar degradado con latifolias; 4.- bajo latifolias; 5. escombreras con sucesión primaria de ciperáceas y pinos muy dispersos; 6.- material laterítico en un área minada hace 15 años. Muestreos de: a) marzo 1984 y b) septiembre 1984. En colonias/g suelo seco x 10²

Áreas	Muestra	Bacterias	Hongos	Actinom.	Celulololit.	Solub.	Total
1	a	30	91	49	72	13,4	255
	b	535	87	0	97	75	794
2	a	360	250	1420	367	6,4	2403
	b	744	241	394	328	219	1926
3	a	250	590	680	513	9,1	2042
	b	4337	334	3447	334	1223	9675
4	a	-	-	-	-	-	-
	b	3123	120	3123	480	600	7446
P + H	b	2028	142	557	190	47	2964
	H	102	498	385	159	102	1246
P		843	36	1288	84	7	2258
6	a	-	-	-	-	-	-
	b	54,3	4,2	13,9	18,5	18,5	109,4

P + H con Pinus cubensis y Ciperáceas
H con Ciperáceas solamente
P con Pinus solamente

TABLA 6. Contenido de materia orgánica y calidad del humus en muestras de suelo con afectación minera, en Moa.

1.- Suelo desnudo, 2.- Suelo bajo vegetación herbácea y 3.- Suelo bajo pinar degradado en muestras hasta 10 cm de profundidad. Hu - capa de humus del horizonte A₀ (F + H) bajo el pinar; La - laterita de 0 a 15 cm de la zona B de la mina, donde se extrajo el mineral hace 15 años (1966) (Serpentinita níquelífera con material superior más meteorizado). 0 -20 cm; 20 -30 cm; 30 -50 cm = profundidad en un perfil de suelo bajo bosque natural.

Muestra	Humus M.O. %	C %	C.E. (1)	C.H. (2)	C.C. (3)
1	0,77	0,0447	0,022	2,5	10,46
2	8,26	4,79	0,143	3,0	10,37
3	23,2	13,47	0,340	3,08	11,78
Hu	60,4	35,02	0,367	2,92	15,67
La	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,219</u>	<u>0,46</u>	<u>3,2</u>
0 - 20	7,74	4,49	0,220	0,225	20,2
20 - 30	2,06	1,19	0,206	0,115	10,3
30 - 50	3,61	2,09	0,095	0,058	10,0

(1) C.E. - Coeficiente de estabilidad

(2) C.H. - Coeficiente de humificación

(3) C.C. - Coeficiente de color. (Según Ambroz y Balátova-Tuláckova, 1962).

TABLA 9. Actividad biológica del suelo en 3 áreas de estudio con afectación minera en Moa. Mediciones realizadas *in situ* con NaOH 1.- Suelo desnudo, 2.- suelo con *A. griseus*, 3. bajo pinar degradado de *Pinus cubensis*. Valores en mg/CO₂/m². hora⁻¹. n = 3 en cada medición.

Fecha	Hora	Áreas		
		1	2	3
20/10/81	13:00 - 14:00	44,81 ± (3,7)	65,73 ± (3,5)	37,34 ± (5,6)
		\bar{X} (S)		
		Materia orgánica mineralizada % H ₂ O	21,06 7,5	30,89 7,5
23/3/82	16:00 - 18:00	33,61 (1,5)	42,35 (2,3)	36,26 (3,3)
		\bar{X} (S)		
		M.O. min % H ₂ O	15,8 7,0	19,9 7,0
24/6/82	10:00 - 12:00	28,68	43,02	32,94
	12:30 - 14:30	31,11	29,13	34,73
	15:00 - 17:00	33,20	34,23	28,46
		\bar{X}	30,99 (2,3)	35,48 (7,0)
	M.O. min % H ₂ O	15,57 7,0	16,67 8,0	15,06 17,0
		\bar{X} gral (S)	42,90 ± (12,5)	33,95 ± (3,1)
		M.O. min	20,16	15,96

TABLA 8. Densidad (individuos/m²) y abundancia relativa (%) de algunos grupos de la mesofauna del suelo en las áreas de Estudio:
 1.- suelo desnudo; 2.- suelo bajo hierba; 3.- suelo bajo pinos; 4.- suelo bajo latifolias; 5.- escombreras en sucesión primaria de Ciperaceas (H) y pinos dispersos (P) y (P + H); 6.- material laterítico en área minada hacía 15 años. a) muestras de marzo 1984, b) muestras de setiembre 1984.

S = número de especies en la muestra.

L = muestra de la capa de líquenes en el suelo del pinar 2.

Área	Muestra (0-10cm)	Total (ind./m ²)	Acaros %	Collembolos %	Psocoptera %	Otros %	S
1	a	1537	53,9	23,1	7,7	15,3	7
	b	-					
2	a	13487	54,5	18,1	18,2	9,2	6
	b	-					
3	a	19347	59,8	18,8	5,3	16,1	10
	b	70652	65,8	17,1	-	17,1	5
4	a	9910	28,1	15,8	3,4	52,7	12
	b	30858	36,2	8,7	-	55,1*	6
5	P+H b	709	16,6	8,3	-	75,0**	6
	H b	354	16,6	-	50,0	33,3	4
	P b	703	8,3	33,3	33,3	25,1	5
6	a	0	-	-	-	-	-
	b	0	-	-	-	-	-
P ₂ A ₀	L a	2898	75,5	-	10,2	14,2***	4
	b	129626	48,0	47,0	-	5,0	7
	SM°	12460	17,0	-	-	83,0	7

* 23 % Afidos

** 50 % Termes, 8 % hormigas

*** 12,2 % Diplura, 2 % Coleoptera

° SM = Suelo Mineral

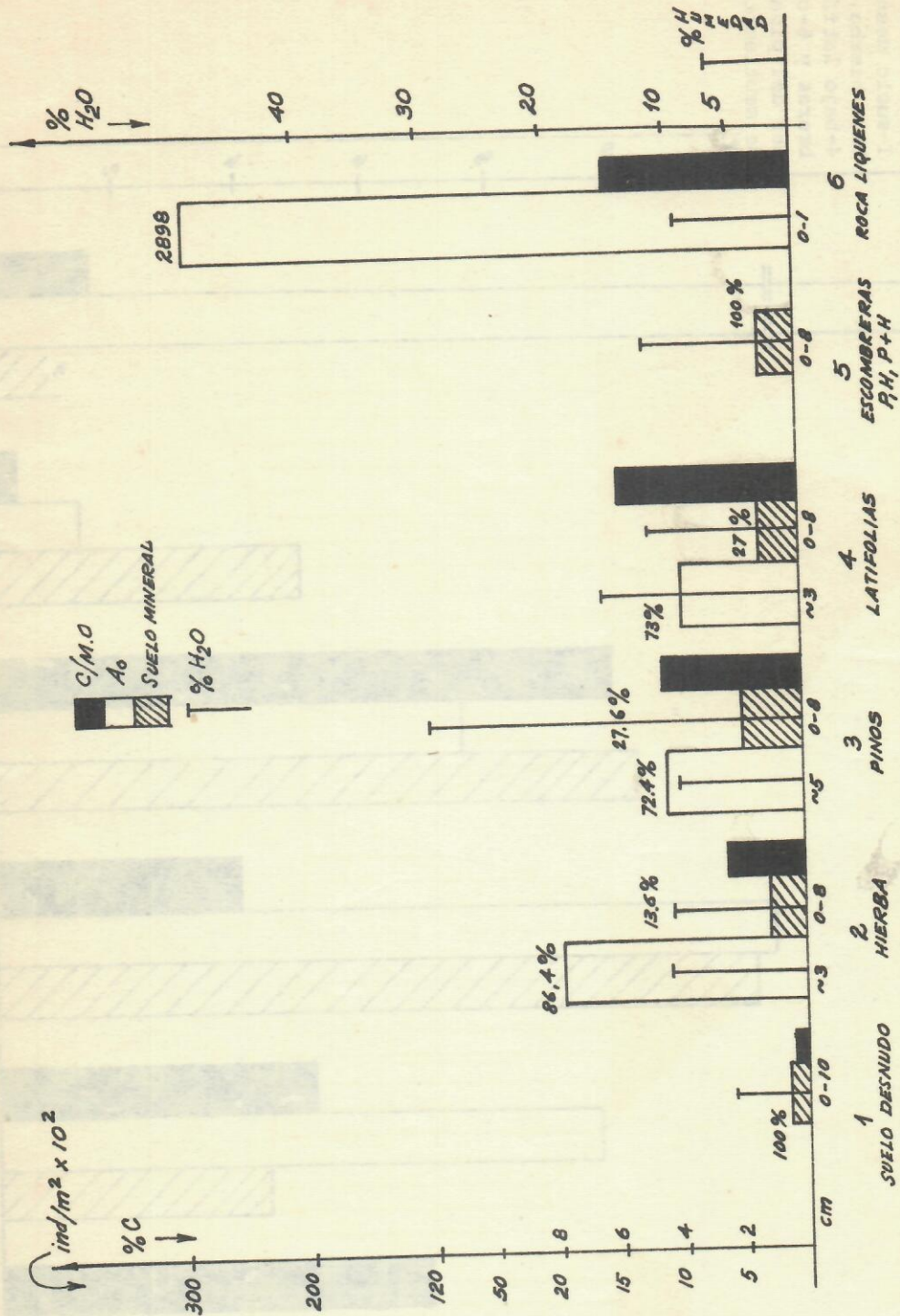


Figura 2:
 Contenido de carbono y humedad en las muestras (en %) y distribución de la mesofauna
 entre el horizonte A₀ y el Suelo Mineral. Debajo de cada muestra se señala la
 edáfica en cm y sobre cada barra la distribución relativa de la mesofauna.

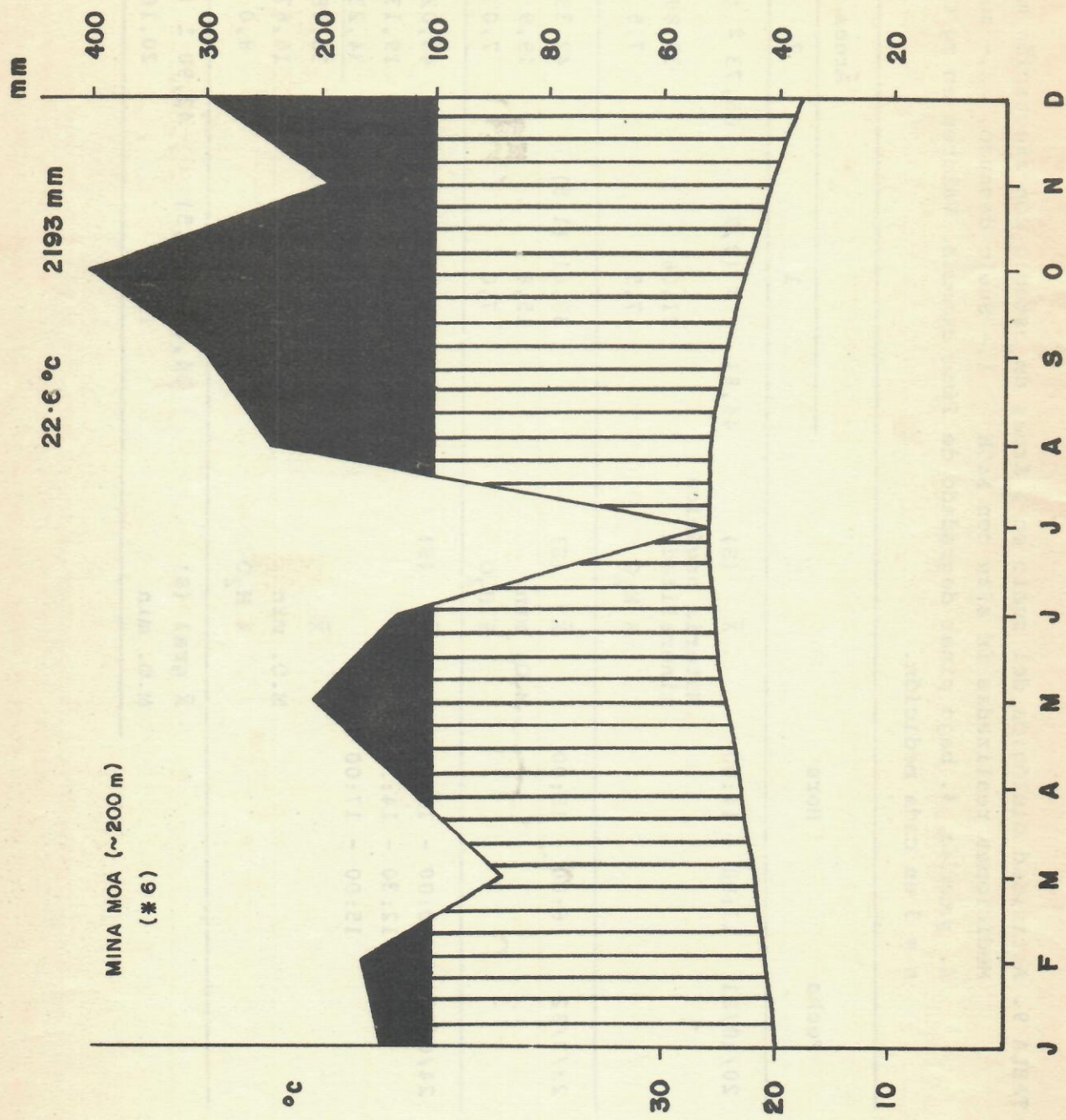


Figura 1.
 Climadiagrama de Mina Moa.
 Precipitaciones del período
 1978-1983, según datos ofrecidos por la Empresa Minera de Moa. * datos de temperatura según Atlas de Cuba (1970 y 1978) y Borhidi (1974).

Figura 4.
 Velocidad (VD) y % de
 descomposición de
 celulosa. Arriba,
 lluvia caída en el
 período de exposición.
 1-suelo desnudo,
 2-bajo hierba,
 3-bajo pinar.

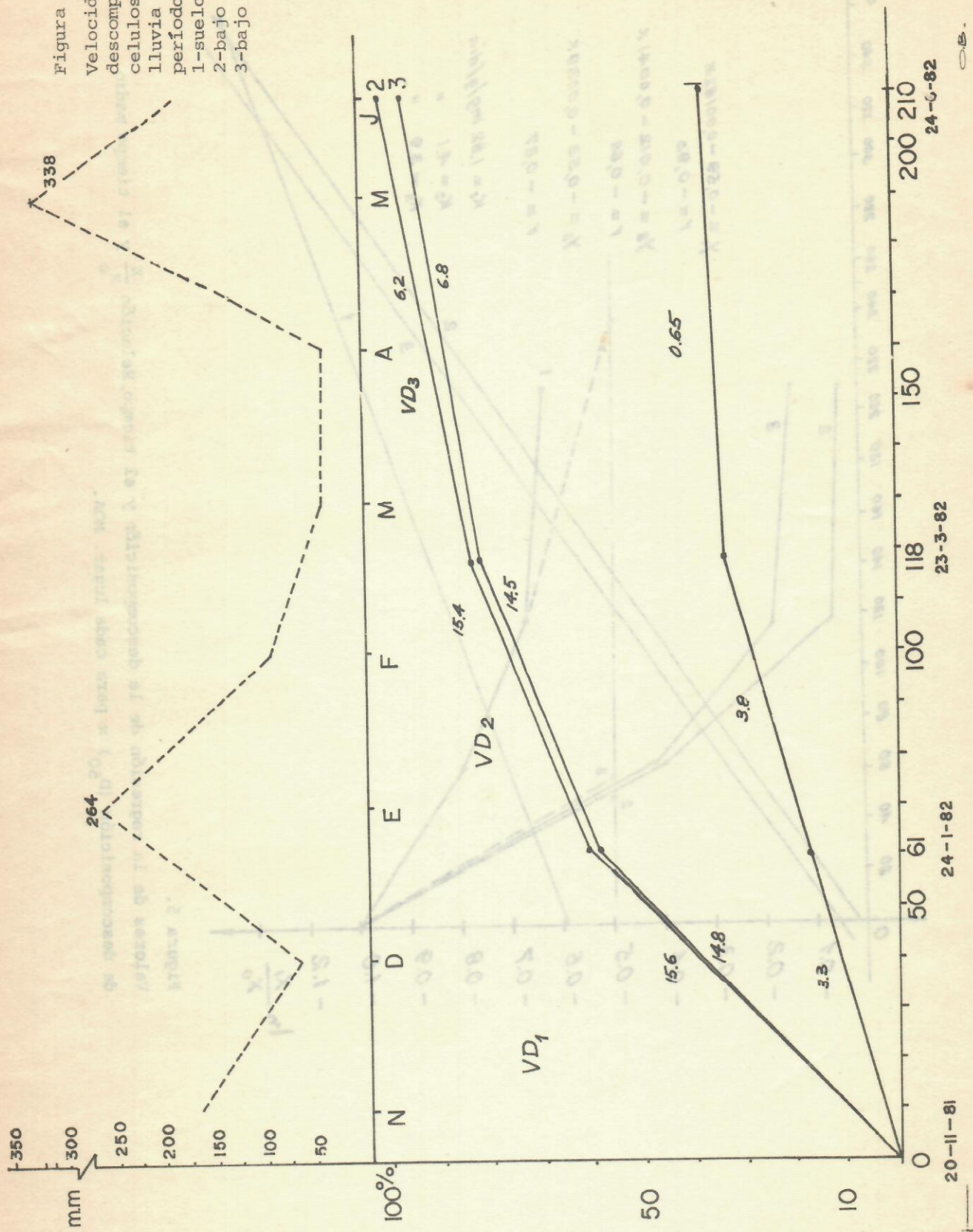


Figura 3.

Respiración del suelo y valores de la microflora y de la mesofauna en las áreas de muestreo en Moa. 1-suelo desnudo, 2-suelo bajo hierba, 3-bajo pinos, 4-bajo latifolias, 5-escombreras y 6-capa de líquenes del pinar 2. Muestreo de septiembre 1984.

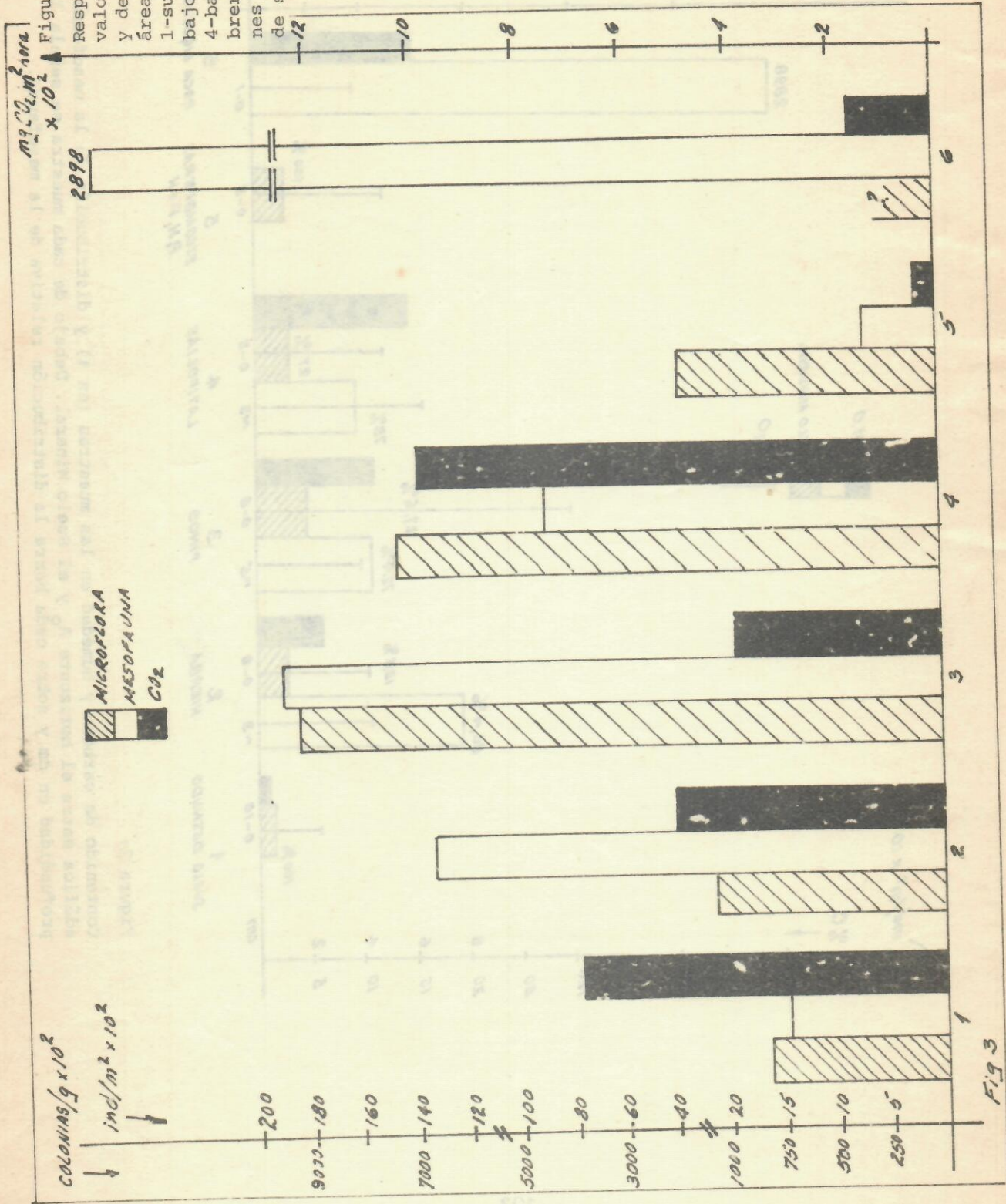


Fig 3

RECONOCIMIENTO

A los compañeros Ramona Oviedo y Pedro Herrera del Instituto de Botánica A.C.C. por la clasificación de las plantas encontradas en las áreas de estudio.

Nuestro más profundo agradecimiento a los compañeros de la Facultad de Minas del Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa, Ing. José Miranda e Ing. Alfredo Grimón; a los ingenieros Guillermo Pérez y Humberto Rodés, de la Empresa de Minería, a los compañeros del Poder Popular de Moa y a todos los que con su apoyo, ayuda de campo, informaciones y entusiasmo han permitido la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Academia de Ciencias de Cuba. (1973)

Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. La Habana 315 pp.

(1975)

II Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos, La Habana, 19 pp.

Ambroz, Z.; E.Balatova-Tulackova (1962)

Biological and humus components of soil meadow phytocenoses of the valley of Opava River in relation to the site and plant cover.

Prir. Cas. Siess. 23: 161-174 (en checo).

Antoun, G.G.; V.Jensen (1979)

A study of the rate of CO₂ output during mineralization of some organic matter in soil. *Zbl. Bakt. II Abt.* 134: 373-380.

Bisse, J.; J.Gutiérrez y A. Álvarez (1981)

Algunas observaciones sobre la flora y vegetación de la "La Melba", Moa. *Rev. J.Bot. Nac.* 2(2):85-111.

Cárdenas, A.; J.Baisre y N.Calzada (1978)

El complejo de absorción de los suelos Ferríticos de Cuba. *Ciencias de la Agricultura* 3: 81-86.

Cuevas, E. and E.Medina (1983)

Root production and organic matter decomposition in tierra firme forest of the upper Río Negro basin. *Root Ecology and its Practical Application* Int. Symp. Gumpenstein: 653-666.

Fojt, V. (1971)

Mediciones microclimáticas en los pinares de la Sierra de Cajalbana (Pinar del Río) y de la Sierra de Nipe (Oriente) Cuba. *Serie Forestal* (9): 37 pp.

Golley, B.F. (1983,

Nutrient cycling and nutrient conservation. En *Tropical Rain Forest Ecosys-*

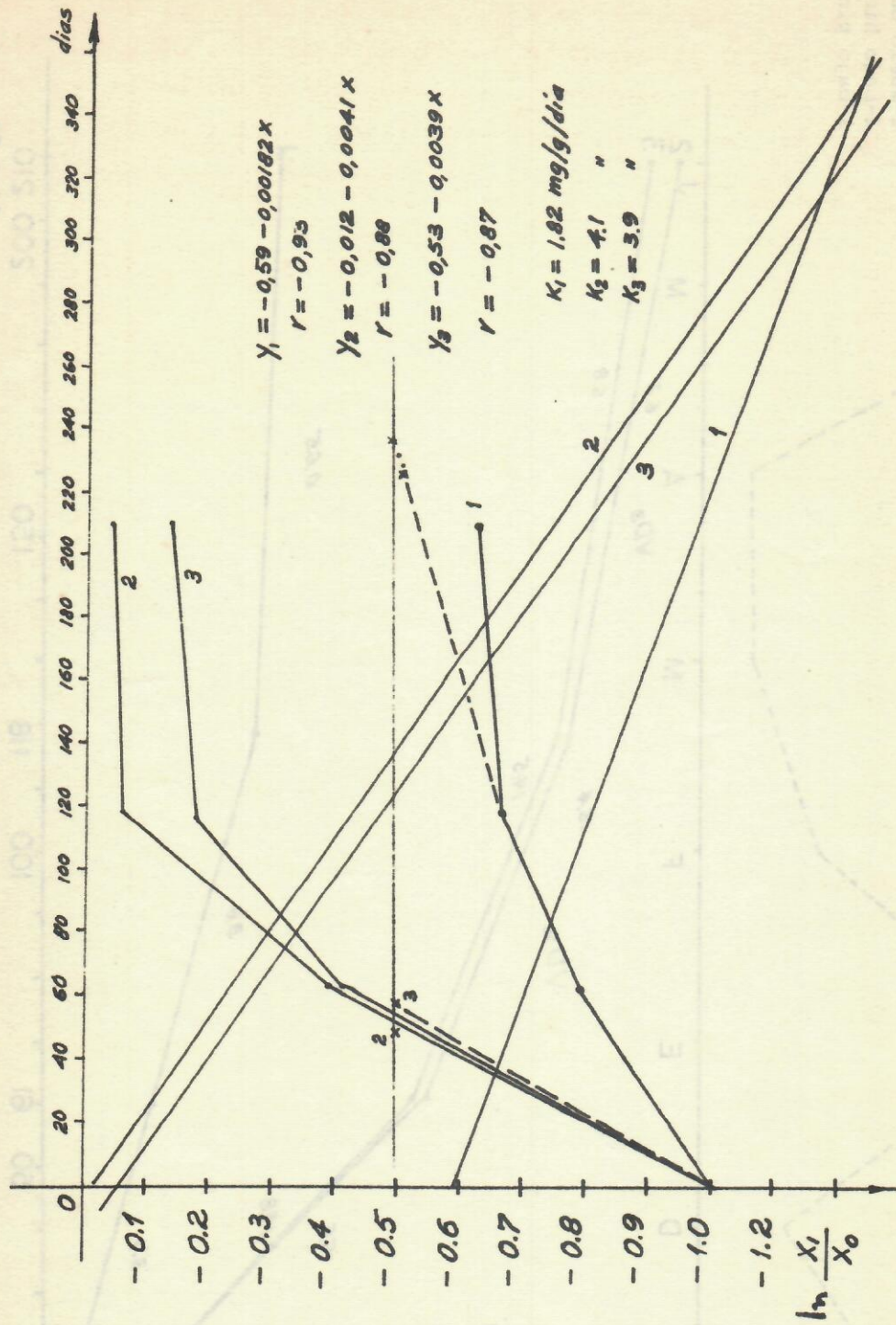


Figura 5.
 Valores de la regresión de la descomposición y el tiempo, Relación $\frac{X}{X_0}$ y el tiempo medio de descomposición (D_{50}) x para cada lugar. MOA.

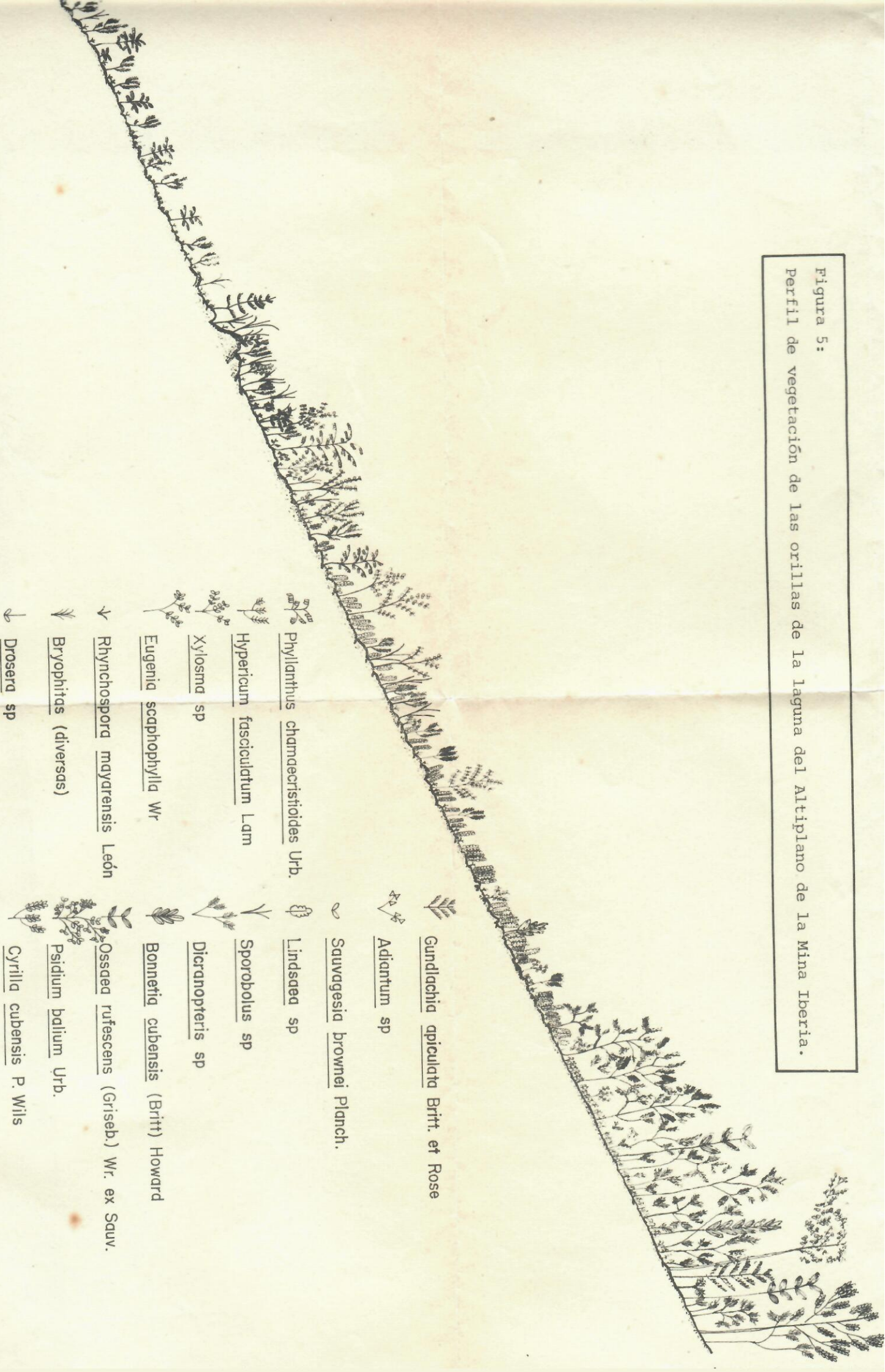
PUBLICACIONES EDITADAS

Volumen I	No. 1	- 1980	19 de junio de 1981
Volumen I	No. 2-3	- 1980	8 de julio de 1981
Volumen II	No. 1	- 1981	21 de julio de 1981
volumen II	No. 2	- 1981	30 de nov. de 1981
Volumen II	No. 3	- 1981	11 de marzo de 1982
Volumen III	No. 1	- 1982	28 de junio de 1982
Volumen III	No. 2	- 1982	20 de nov. de 1982
Volumen III	No. 3	- 1982	10 de marzo de 1983
Volumen IV	No. 1	- 1983	21 de oct. de 1983
Volumen IV	No. 2	- 1983	8 de nov. de 1983
Volumen IV	No. 3	- 1983	27 de feb. de 1984
volumen V	No. 1	- 1984	7 de mayo de 1984
Volumen V	No. 2	- 1984	14 de agosto de 1984
Volumen V	No. 3	- 1984	7 de mayo de 1985
volumen VI	No. 1	- 1985	26 de oct. de 1985
Volumen VI	No. 2	- 1985	13 de mayo de 1986
Volumen VI	No. 3	- 1985	4 de sept. de 1986
Volumen VII	No. 1	- 1986	19 de marzo de 1987
Volumen VII	No. 2	- 1986	19 de marzo de 1987
Volumen VII	No. 3	- 1986	23 de abril de 1987
volumen VIII	No. 1	- 1987	2 de octub.de 1987

- tems. A Structure and Function. F.B. Golley (ed). Elsevier Scientific Publ. Amsterdam: 137-156.
- González, J.E.; R. Scull y A. Cárdenas (1980)
Constituyentes mineralógicos secundarios de suelos Ferríticos, en una toposecuencia de Pinares de Mayarí. *Ciencias de la Agricultura* (7): 75-81.
- Herrera, R.; C.F. Jordan; H. Klinge, and E. Medina (1978)
Amazon ecosystems, their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia* 3(4):223-231.
- Jordan, C.F. and R. Herrera (1979)
Tropical forest: are nutrients really critical? *Am. Nat.* (en prensa) citado en Golley, 1983).
- Legay, B. and R. Schaefer (1982)
Modalities of the Energy-flow in different Tropical Soils, as related to their mineralization capacity of Organic Carbon and to the type of Clay. *Zbl. Mikrobiol.* 139: 389-400.
- López-Hernández, I.D. (1977)
La Química del Fósforo en suelos Ácidos. *Colección Ciencias Biológicas VI.* Universidad de Central de Venezuela, Caracas, 105 pp.
- Mejer, J.D.; J.E. Day; E.D. Kabay and W.D. Perriman (1984)
Recolonization by ants in Bauxite Mines rehabilitated by a number of different methods. *J. of Applied Ecology.* 21: 355-375.
- Martínez, A. (1985)
Dinámica de la actividad biológica de los principales suelos de Cuba. Tesis de Candidato a Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos ACC. (inédito).
- Mac Neil, M. (1964)
Lateritic soils. En *Man and the Ecosphere.* P.R. Erlich, J.P. Holden y R.W. Holm (eds.) 68-73 pp.
- Ortega, F. (1973)
Conferencias de humus para el curso superior de Suelos. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, (mimiografiado) 250 pp.
- Šimek, V. (1974)
Elementos de silvicultura de los bosques latifolios. Ciencia y Técnica, Inst. Cubano del Libro. La Habana: 291 pp.
- Stark, N. (1970)
The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam
Biotropica (2): 51-60.
- Thun, R.; R. Herrmann, and E. Knickermann (1955)
Die Untersuchung von Böden (Methodenbuch) Bd. I. -Neumann Verlag, Radebeul, 271 pp.

1. de mayo de 1981	No. 1 - 1981	Vol. I
2. de junio de 1981	No. 2 - 1981	Vol. I
3. de julio de 1981	No. 3 - 1981	Vol. I
4. de agosto de 1981	No. 4 - 1981	Vol. I
5. de septiembre de 1981	No. 5 - 1981	Vol. I
6. de octubre de 1981	No. 6 - 1981	Vol. I
7. de noviembre de 1981	No. 7 - 1981	Vol. I
8. de diciembre de 1981	No. 8 - 1981	Vol. I
9. de enero de 1982	No. 9 - 1982	Vol. II
10. de febrero de 1982	No. 10 - 1982	Vol. II
11. de marzo de 1982	No. 11 - 1982	Vol. II
12. de abril de 1982	No. 12 - 1982	Vol. II
13. de mayo de 1982	No. 13 - 1982	Vol. II
14. de junio de 1982	No. 14 - 1982	Vol. II
15. de julio de 1982	No. 15 - 1982	Vol. II
16. de agosto de 1982	No. 16 - 1982	Vol. II
17. de septiembre de 1982	No. 17 - 1982	Vol. II
18. de octubre de 1982	No. 18 - 1982	Vol. II
19. de noviembre de 1982	No. 19 - 1982	Vol. II
20. de diciembre de 1982	No. 20 - 1982	Vol. II
21. de enero de 1983	No. 21 - 1983	Vol. III
22. de febrero de 1983	No. 22 - 1983	Vol. III
23. de marzo de 1983	No. 23 - 1983	Vol. III
24. de abril de 1983	No. 24 - 1983	Vol. III
25. de mayo de 1983	No. 25 - 1983	Vol. III
26. de junio de 1983	No. 26 - 1983	Vol. III
27. de julio de 1983	No. 27 - 1983	Vol. III
28. de agosto de 1983	No. 28 - 1983	Vol. III
29. de septiembre de 1983	No. 29 - 1983	Vol. III
30. de octubre de 1983	No. 30 - 1983	Vol. III
31. de noviembre de 1983	No. 31 - 1983	Vol. III
32. de diciembre de 1983	No. 32 - 1983	Vol. III
33. de enero de 1984	No. 33 - 1984	Vol. IV
34. de febrero de 1984	No. 34 - 1984	Vol. IV
35. de marzo de 1984	No. 35 - 1984	Vol. IV
36. de abril de 1984	No. 36 - 1984	Vol. IV
37. de mayo de 1984	No. 37 - 1984	Vol. IV
38. de junio de 1984	No. 38 - 1984	Vol. IV
39. de julio de 1984	No. 39 - 1984	Vol. IV
40. de agosto de 1984	No. 40 - 1984	Vol. IV
41. de septiembre de 1984	No. 41 - 1984	Vol. IV
42. de octubre de 1984	No. 42 - 1984	Vol. IV
43. de noviembre de 1984	No. 43 - 1984	Vol. IV
44. de diciembre de 1984	No. 44 - 1984	Vol. IV
45. de enero de 1985	No. 45 - 1985	Vol. V
46. de febrero de 1985	No. 46 - 1985	Vol. V
47. de marzo de 1985	No. 47 - 1985	Vol. V
48. de abril de 1985	No. 48 - 1985	Vol. V
49. de mayo de 1985	No. 49 - 1985	Vol. V
50. de junio de 1985	No. 50 - 1985	Vol. V
51. de julio de 1985	No. 51 - 1985	Vol. V
52. de agosto de 1985	No. 52 - 1985	Vol. V
53. de septiembre de 1985	No. 53 - 1985	Vol. V
54. de octubre de 1985	No. 54 - 1985	Vol. V
55. de noviembre de 1985	No. 55 - 1985	Vol. V
56. de diciembre de 1985	No. 56 - 1985	Vol. V
57. de enero de 1986	No. 57 - 1986	Vol. VI
58. de febrero de 1986	No. 58 - 1986	Vol. VI
59. de marzo de 1986	No. 59 - 1986	Vol. VI
60. de abril de 1986	No. 60 - 1986	Vol. VI
61. de mayo de 1986	No. 61 - 1986	Vol. VI
62. de junio de 1986	No. 62 - 1986	Vol. VI
63. de julio de 1986	No. 63 - 1986	Vol. VI
64. de agosto de 1986	No. 64 - 1986	Vol. VI
65. de septiembre de 1986	No. 65 - 1986	Vol. VI
66. de octubre de 1986	No. 66 - 1986	Vol. VI
67. de noviembre de 1986	No. 67 - 1986	Vol. VI
68. de diciembre de 1986	No. 68 - 1986	Vol. VI
69. de enero de 1987	No. 69 - 1987	Vol. VII
70. de febrero de 1987	No. 70 - 1987	Vol. VII
71. de marzo de 1987	No. 71 - 1987	Vol. VII
72. de abril de 1987	No. 72 - 1987	Vol. VII
73. de mayo de 1987	No. 73 - 1987	Vol. VII
74. de junio de 1987	No. 74 - 1987	Vol. VII
75. de julio de 1987	No. 75 - 1987	Vol. VII
76. de agosto de 1987	No. 76 - 1987	Vol. VII
77. de septiembre de 1987	No. 77 - 1987	Vol. VII
78. de octubre de 1987	No. 78 - 1987	Vol. VII
79. de noviembre de 1987	No. 79 - 1987	Vol. VII
80. de diciembre de 1987	No. 80 - 1987	Vol. VII

Figura 5:
 Perfil de vegetación de las orillas de la laguna del Altiplano de la Mina Iberia.



- ↓ *Gundlachia apiculata* Britt. et Rose
- ↓ *Adiantum* sp
- ↓ *Sauvagesia brownei* Planch.
- ↓ *Lindsaea* sp
- ↓ *Sporobolus* sp
- ↓ *Dicranopteris* sp
- ↓ *Bonnetia cubensis* (Britt) Howard
- ↓ *Ossaea rufescens* (Griseb.) Wr. ex Sauv.
- ↓ *Psidium baliu* Urb.
- ↓ *Cyrtilla cubensis* P. Wiels
- ↓ *Phyllanthus chamaecristoides* Urb.
- ↓ *Hypericum fasciculatum* Lam
- ↓ *Xylosma* sp
- ↓ *Eugenia scaphophylla* Wr
- ↓ *Rhynchospora mayarensis* León
- ↓ *Bryophitas* (diversas)
- ↓ *Drosera* sp