

# Cambios de la microflora del suelo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica

por

Luis A. Fournier Origgi\* y María Eugenia Herrera de Fournier\*

(Recibido para su publicación el 29 de agosto de 1977)

**Abstract:** The soil microfloras of a pastureland and three forests of different ages were studied in Ciudad Colón, Costa Rica. The area studied is composed of orthent soils, at 800 m above sea level with an annual rainfall of about 2000 mm and a mean temperature of 23 °C. The fern prothallus population is very low in the soil of the pastureland, it increases in the forests and reaches the highest level in that 30 years old. On the other hand, fungi are more abundant and diverse in the soil of the pastureland than in the younger forests (11 and 21 years old) but increases again in the 30 year-old forest. This situation could be considered as a case of microsuccecion, since the species composition of the pastureland fungi community is different from that in the soil of the older forest. Algae were also more abundant and diverse in the pastureland than in the forests. The relative richness of algae and fungi communities in the soil of the pastureland could explain the highest rate of soil respiration observed here. Soil bacteria increased with the age of the forest.

El conocimiento sobre los cambios en las asociaciones forestales tropicales durante el proceso de sucesión ha aumentado considerablemente durante los últimos años (Sobrinho, 1977). Sin embargo, no se puede decir lo mismo de la manifestación de este fenómeno a nivel de los cambios que ocurren en la biota del suelo, a pesar de la gran importancia que estos organismos tienen en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos, en la conservación del suelo y en el equilibrio general del ecosistema (Fournier, 1970; Fraser, 1955; Fassbender, 1975).

Los hongos y las bacterias en asocio con ciertos grupos de invertebrados son fundamentales para el proceso de descomposición del mantillo. Esto exige que el conocimiento sobre la variación en las asociaciones de estos organismos durante el proceso de sucesión, sea fundamental para una mejor comprensión de muchos de los cambios físicos y químicos que ocurren en el suelo (Blasco, 1970). Por otra parte, las algas del suelo juegan un papel de importancia en la fijación del nitrógeno, además de cumplir varias otras funciones (Shields y Durrell, 1964).

---

\* Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Costa Rica.

El empleo cada vez más acentuado de productos químicos en el combate de plagas, enfermedades y malas hierbas en cultivos agrícolas y en bosques, muestra la necesidad de comprender mejor la biota del suelo para tratar de disminuir el efecto que estos productos pueden tener sobre el delicado equilibrio de los ecosistemas.

En un trabajo anterior realizado en Ciudad Colón, Costa Rica se observó que durante el proceso de sucesión ocurren cambios notables en la producción, descomposición y en la fauna del mantillo (Herrera de Fournier y Fournier, 1977). Esta investigación presenta una serie de observaciones sobre los cambios en la microflora del suelo en los mismos sitios estudiados en el trabajo anterior.

## MATERIAL Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en Ciudad Colón, Costa Rica a una altura de 800 m sobre el nivel del mar en tres lotes de bosques de 11, 21 y 30 años y un lote de potrero cultivado con pasto gengibrillo (*Paspalum notatum*). Para un mayor detalle de la localidad y de los lotes de estudio se puede consultar los trabajos de Fournier y Herrera de Fournier (1977) y Herrera de Fournier y Fournier (1977).

En cada uno de los lotes en una área de 200 m<sup>2</sup> (20 por 10 m) se estableció 5 puntos de muestreo: uno en el centro del lote y cuatro a la mitad de la distancia de este punto y cada uno de los vértices del lote. En cada uno de los puntos de muestreo se tomó una muestra de suelo de los primeros 10 cm, con la ayuda de un barreno. Este material se empleó para los análisis físicos, químicos y biológicos. Las cinco muestras se mezclaron uniformemente y se obtuvo una muestra integrada.

El análisis químico de las muestras de suelo fue realizado en el laboratorio de química de suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la determinación de la textura mediante el método propuesto por Bari-Awan (1965).

También se determinó la respiración del suelo en los cuatro lotes de sucesión en los meses de marzo, abril, mayo y junio, aplicando para este fin el método de Elkan y Moore (1962). A la última observación, la de junio, que se hizo por cuadruplicado, se le aplicó la prueba de t de Student y en las otras dos fechas se hizo una muestra por duplicado de cada suelo.

A la última muestra de suelo (junio) se le hizo una determinación de la presencia de algas, hongos y bacterias. Para el estudio de bacterias se empleó la tinción con Rojo de Bengala propuesta por Conn, Darrow y Emmel (1960); se hizo 4 preparaciones de cada suelo y cada una de ellas se observó con un aumento de 1000 X para hacer el conteo de bacterias.

Para el caso de las algas, se empleó el método de Steubing (1965) y en este caso se usaron 3 repeticiones y el testigo. El estudio de los hongos también se llevó a cabo con el método de Steubing (1965) con 3 repeticiones y un testigo, empleando una dilución de 10 g de suelo en 100 ml de agua. Con el fin de obtener valores cuantitativos sobre la microflora en la calificación de las plagas de cultivo se empleó la siguiente escala para evaluar la presencia de cada hongo; 0- ausente; 1-poco; 2-regular; 3-abundante y 4-muy abundante. En las placas de petri con suelo de cada uno de los lotes se dejó crecer una población de prótalos de helechos, que fue analizada cuantitativamente mediante un análisis de variancia.

## RESULTADOS

**Características físicas y químicas del suelo:** En el cuadro 1 se presenta un resumen de algunas de las características físicas y químicas de los suelos de los cuatro lotes de sucesión empleados en esta investigación. En el Cuadro 2 se muestra la variación en el contenido de humedad de estos suelos de marzo a julio de 1976.

**Respiración del suelo:** En el Cuadro 3 se incluye un detalle sobre la variación en la respiración del suelo durante los meses de marzo a junio en los cuatro lotes de sucesión. Durante el mes de marzo, no se logró determinar respiración en el suelo, pero en abril si se observó un inicio de esta actividad en los bosques de 30 y 21 años y en el potrero. Los datos correspondientes al mes de junio muestran que la respiración del suelo es bastante similar en los tres lotes de bosque, pero en el lote de potrero es mucho mayor. Un análisis estadístico de estos datos mediante prueba de t de Student, mostró que en efecto la respiración en el suelo del potrero es significativamente diferente que en los tres bosques.

**Microflora del suelo:** Los Cuadros 4 y 5 muestran, respectivamente, un detalle de los grupos de algas y de hongos aislados de los suelos de los varios lotes de sucesión. Las algas (Cuadro 4) son más diversas en el suelo del potrero y en el bosque más joven, el de 11 años. Este fenómeno se puede observar con mayor claridad en las Figuras 1 y 2, que muestran respectivamente el número de especies observadas en cada suelo y la frecuencia de algas en las placas de petri.

El Cuadro 5 y la Figura 3 incluyen un resumen de la microflora de los suelos de los lotes de sucesión. Aquí se observa, que tanto en cobertura (Cuadro 5) como en diversidad el suelo del potrero supera a los de bosque y que además conforme la sucesión secundaria se establece, ocurre una disminución en el número de especies de hongos en el suelo. Sin embargo, en el lote de 30 años el número de especies vuelve a aumentar, siendo sustituidas las especies iniciales (las del potrero) por otras y además aumenta la cobertura de algunas de ellas. Este es el caso de *Mucor* sp., que en el potrero tiene una cobertura de 12%, mientras que en el bosque de 30 años esta cifra es de 69,28%.

La Figura 4 muestra como el número de prótalos de helechos producidos en los varios lotes aumenta gradualmente, siendo escasos en el suelo del potrero, pero muy abundantes en el suelo del bosque de 30 años. Un análisis de variación de los datos empleados en la preparación de la Figura 4, muestra que la cantidad de prótalos en los bosques de 30 y 21 años no es significativamente diferente, pero sí lo son los encontrados en los lotes de bosque de 11 años y el potrero, con respecto al bosque de 30 años.

Además de existir variación en el suelo de los varios lotes de sucesión con respecto a la microflora de hongos, algas y de prótalos de helechos, también en estas condiciones se observan diferencias en el número de bacterias (Fig. 5). que fueron, en términos generales, más abundantes en los tres bosques.

## DISCUSION

presentes en los suelos de varias etapas de sucesión aumenta conforme las condiciones del sitio se acercan más a las de un bosque maduro. Esto se debe a que los helechos son bastante exigentes con respecto a la humedad del suelo y del ambiente (Parihar, 1959).

### CUADRO 1

*Características físicas y químicas de los suelos en cuatro lotes de sucesión de Ciudad Colón*

Parcela de estudio	Textura	pH	Materia orgánica %	ppm p	Ca	meq Mg	100g K
Bosque de 30 años	Franco-areno-arcillosa	5,3	9,76	20	7,5	1,43	0,90
Bosques de 21 años	Franco-areno-arcillosa	5,3	9,02	24	2,5	1,18	0,41
Bosques de 11 años	Franco-areno-arcillosa	5,6	7,44	17	4,55	1,22	0,56
Potrero	Franco-areno-arcillosa	5,2	7,41	18	1,75	0,90	0,36

### CUADRO 2

*Porcentaje de humedad del suelo en cuatro lotes de sucesión en Ciudad Colón*

Parcela de Estudio	Meses 1976			
	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Bosque de 30 años	24	48	40	49
Bosque de 21 años	23	46	41	45
Bosque de 11 años	21	44	41	48
Potrero	17	31	36	44

Con respecto a las poblaciones de algas, la situación es inversa a lo que ocurre con los helechos. En el suelo de potrero es donde se presenta no sólo una mayor densidad de población, sino también un mayor número de especies de estos organismos (Figs. 1 y 2). En los bosques más viejos, de 21 y 30 años, la densidad de las algas es mucho más baja y el número de especies es notablemente menor. Estos resultados son fácilmente explicables ya que siendo las algas organismos típicamente autótrofos, la luz y en algunos casos la temperatura del suelo llegan a ser factores que limitan su densidad y diversidad en los bosques de dosel más cerrado, como es el caso de los lotes de 21 y 30 años. (Blasco. 1970; Shields & Durrel, 1964).

Sin embargo, como se puede observar en el Cuadro 4, en la flora ficológica de Ciudad Colón hay algunos organismos que tienen un ámbito de adaptación bastante amplio, como es el caso de *Lyngbya* y *Chlorococcum*; ambos géneros están presentes en forma abundante en los suelos de los cuatro ambientes estudiados. *Lyngbya* parece tener un ámbito muy amplio de adaptabilidad ya que según Gómez (1970) ha sido observada hasta en estuarios como el del río Tárcoles en donde la concentración salina es baja. *Chlorococcum*, probablemente la especie *C. humicola* ha sido también observada con frecuencia en paredes de ladrillo y en suelos húmedos (Smith, 1955).

### CUADRO 3

*Respiración del suelo en varios lotes de sucesión en Ciudad Colón, en mg de CO<sub>2</sub>/hora/100g*

Parcela de estudio	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Bosque de 30 años	0,00	1,059	0,797	1,39
Bosque de 21 años	0,00	1,379	0,936	1,28
Bosque de 11 años	0,00	0,00	1,404	1,30
Potrero	0,00	1,449	1,346	2,14

### CUADRO 4

*Algas presentes en el suelo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón*

Género de algas	Bosque de 30 años	Bosque de 21 años	Bosque de 11 años	Potrero
<i>Nostoc</i>			X	X
<i>Lyngbya</i>	X	X	X	X
Chroococaceae			X	
<i>Euglena</i>				X
<i>Chlorococcum</i>	X	X	X	X
<i>Sphaeroplea</i>				X
<i>Pinnularia</i>				X

La flora micológica del suelo de los lotes de sucesión presenta una serie de particularidades interesantes, ya que estos organismos muestran cambios de comunidad a lo largo del proceso de sucesión (Cuadro 5 y Fig. 3). El suelo del potrero es el que tiene la flora micológica más diversa, ya que aquí se logró aislar 7 especies de

hongos. Este número de especies comienza a descender conforme avanza la sucesión. Es menor en el suelo del bosque de 11 años que en el potrero, y en el bosque de 21 años sólo está presente *Aspergillus niger*, aunque de nuevo aumenta en número de especies en el suelo del bosque de 30 años. Estos hechos sugieren que la comunidad fungosa del suelo del potrero al ser sometida a condiciones edáficas, microclimáticas y bióticas diferentes inicia un proceso de microsucesión que va a culminar con una comunidad diferente en el suelo del bosque más maduro. Mishra y Kanaujia (1972) observaron en suelos de la India que los factores determinantes en la variación de las comunidades de hongos son el pH, el contenido de materia orgánica, la humedad y el tipo de cobertura. Esos autores encontraron que la flora micológica era más pobre en los terrenos no cultivados, lo que parece coincidir con los resultados de esta investigación. Por otra parte, Rai (1973) estudió la sucesión de hongos en las hojas en descomposición de la caña de azúcar. Con base en los períodos de esporulación ese autor reconoció tres grupos distintos de patrones de distribución: 1) colonizadores primarios; 2) intermedios y 3) colonizadores tardíos. El proceso de sucesión de los hongos en las hojas en descomposición parece estar condicionado según ese autor por los siguientes factores: 1) la capacidad de competir saprofiticamente y su habilidad en descomponer celulosa; 2) contenido de humedad del substrato; 3) la temperatura y humedad relativa de la atmósfera; 4) la competencia interespecífica y 5) la variación de los nutrimentos del substrato.

#### CUADRO 5

*Hongos presentes en el suelo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón*

Hongos	COBERTURA %			
	Bosque de 30 años	Bosque de 21 años	Bosque de 11 años	Potrero
<i>Aspergillus niger</i>	7,62	100,00	77,66	20,04
<i>Mucor</i> sp.	69,28		11,00	12,00
Desconocido	7,62			
Desconocido	15,24			
<i>Neurospora</i>				36,00
<i>Penicillium</i>				3,96
<i>Penicillium</i> sp.				3,96
<i>Trichoderma</i>				12,00
<i>Cunninghamella</i>				12,00

Sharma y Dwiwedi (1972) estudiaron también el fenómeno de sucesión de los hongos en hojas en descomposición de *Setaria glauca*. Este estudio llegó a conclusiones muy similares a las de Rai (1973).

Los estudios citados corroboran la idea que en los lotes de sucesión de Ciudad Colón se observó un fenómeno de microsucesión en la comunidad fungosa, llegando a registrarse un mayor número de especies en los lotes de potrero y de bosque de 30 años. Esto podría explicar en parte la similitud observada en estos suelos en cuanto a su capacidad para descomponer celulosa (Herrera de Fournier y Fournier, 1977).

El hongo *Aspergillus niger* es poco abundante en el suelo del potrero, pero su cobertura aumenta notablemente tanto en el bosque de 11 años como en el de 21 años (Cuadro 5). En este último bosque fue el único hongo que se aisló pero en el suelo del bosque de 30 años la situación es totalmente contraria, ya que este organismo llega a ser aún menos abundante que en el potrero. Esta observación coincide con lo que informan Mishra y Kanaujia (1972), quienes encontraron que este hongo y muchas especies del mismo género son abundantes en terrenos abiertos o de poca cobertura, más que en bosques muy densos.

Por lo contrario, *Mucor* tiene un comportamiento diametralmente opuesto al de *Aspergillus niger* (Cuadro 5). Es poco abundante en el potrero, pero llega a ser dominante en el bosque de 30 años, en donde probablemente es favorecido por los cambios microclimáticos y por el aumento en el contenido de materia orgánica del suelo.

La mayor densidad y diversidad de la flora ficológica y micológica en el potrero explica en gran parte el alto valor de respiración del suelo que se observó en esas condiciones (Cuadro 3). En el mes de junio la respiración del suelo fue muy parecida en los tres lotes de bosque ( $\pm 1,30$  mg CO<sub>2</sub>/hora/100 g suelo), valores todos más altos que los observados por Granados y Blasco (1972) en suelos cacaoteros de la región de Turrialba, Costa Rica. Schulze (1967) observó al estudiar la respiración del suelo en varias localidades de Costa Rica, tanto en ambientes húmedos como secos, que los valores más altos de respiración ocurren en los suelos de bosques de crecimiento secundario con una vegetación de 2-3 m de altura.

Las observaciones del contenido de bacterias en los varios suelos estudiados (Fig. 5) contrastan notablemente con el comportamiento de la flora micológica y ficológica (Figs. 1 y 3). Las bacterias tienden a ser más abundantes en los suelos de los bosques de 30 y 21 años y alcanzan su valor más bajo en el bosque de 11 años, terreno que estuvo durante muchos años dedicado al cultivo de plantas anuales. El suelo del potrero también muestra un bajo contenido de bacterias, pero no tan bajo como en las condiciones del antiguo "rastrojo". El menor contenido de materia orgánica en el suelo de potrero y en el bosque de 11 años, comparados con los otros dos bosques (Cuadro 1), así como una mayor estabilidad en la temperatura del suelo son dos factores que probablemente expliquen el mayor número de bacterias en los dos bosques más viejos (Blasco, 1970).

## RESUMEN

En un lote de potrero y en tres bosques de diferentes edades en Ciudad Colón, Costa Rica, se observó que el desarrollo de los prótalos de helechos es muy bajo en el suelo del potrero y que aumenta paulatinamente hasta alcanzar un número significativamente mayor en el bosque de 30 años. Las algas son más diversas y abundantes en el potrero y poco representadas en el bosque de 30 años. Con respecto a los hongos, estos son también más abundantes y diversos en el suelo del potrero, pero su población exhibe un fenómeno de sucesión ya que después de

disminuir notablemente en los suelos de los bosques de 11 y 21 años años forma una nueva comunidad en el suelo del bosque de 30 años. La relativa riqueza de la flora de hongos y algas en el potrero explica, en parte, la mayor respiración del suelo en este sitio. La flora bacteriana mostró ser mayor conforme el bosque se hace más complejo.

## REFERENCIAS

**Bari-Awan, A.**

1965. Análisis rápido de sus tierras. *1.a Hacienda*, 60: 36.

**Blasco, M.**

1970. *Microbiología de suelos*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. 1970. 247 p. (mimeo).

**Conn, H. N., Mary A. Darrow, & V. M. Emmel**

1960. *Staining procedures*. 2a. ed Williams & Wilkins p. 248-249.

**Elkan, G., & W. A. Moore**

1962. A rapid method for measuring CO<sub>2</sub> evolution by soil microorganisms. *Ecology*, 43: 775.

**Fassbender, H. W.**

1975. *Química de Suelos; con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 398 p.

**Fournier, L. A.**

1970. *Fundamentos de Ecología Vegetal*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. II parte, Sinecología. p. 135-142 (mimeo).

**Fournier, L. A , & María Eugenia Herrera de Fournier**

1977. La sucesión ecológica como un método eficaz para la recuperación del bosque en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 1: 23-29.

**Fraser, G. K.**

1955. Soil organic matter, p. 149-176. *In*: E. Friman y E. Bear (eds.), *Chemistry of the Soil*. Reinhold.

---

Figs. 1-5. Variación de la flora del suelo en varios lotes de sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica. A. Bosque de 30 años; B. Bosque de 21 años; C. bosque de 11 años y D. potrero.

Fig. 1. Número de especies de algas presentes en los varios lotes de sucesión.

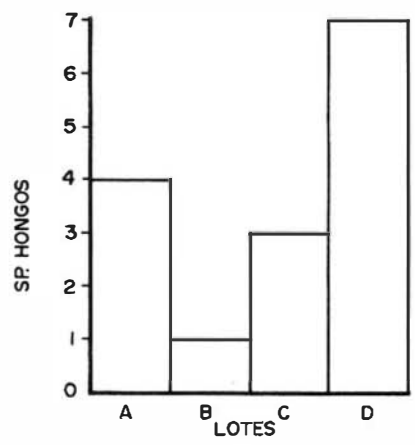
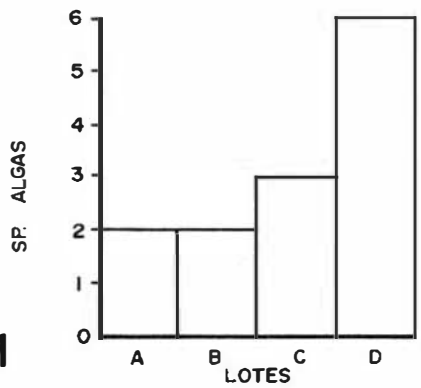
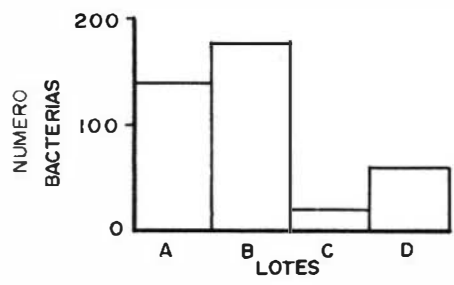
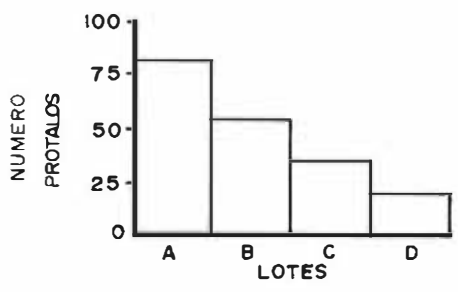
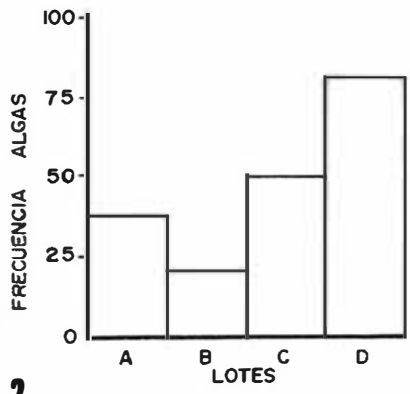
Fig. 2. Frecuencia de las varias especies de algas.

Fig. 3. Número de especies de hongos presentes.

Fig. 4. Variación en el número de prótalos de helechos en los varios suelos.

Fig. 5. Contenido de bacterias en los suelos de los lotes de sucesión.



**1****2****5**

**Granados, M., & M. Blasco**

1972. Metabolismo en términos de CO<sub>2</sub> de los suelos cacaoteros de Turrialba, Costa Rica. *Turrialba*, 22: 415-419.

**Gómez, L. D.**

1970. Cianofíceas de Costa Rica. *O'Bios*, 2: 5-45.

**Herrera de Fournier, María Eugenia, & L. A. Fournier**

1977. Producción, descomposición e invertebrados del mantillo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 25: 275-288.

**Mishra, R. R., & R. S. Kanaujia**

1972. Studies on certain ecological aspects of soil fungi. *Trop. Ecol.*, 13: 5-11.

**Parihar, N. S.**

1959. *Pteridophytes*. 3a ed. Central Book Depot. Allahaband, India. 272 p.

**Rai, B.**

1973. Succession of fungi on decaying leaves of *Saccharum*. *Trop. Ecol.*, 14: 102-108.

**Schulze, E. E.**

1967. Soil respiration of tropical vegetation types. *Ecology*, 48: 652-653.

**Sharma, P. D., & R. S. Dwiwedi**

1972. Succession of microfungi on decaying *Setaria glauca* Blauv. *Trop. Ecol.*, 13: 183-201.

**Shields, Lora M., & L. W. Durrell**

1964. Algae in relation to soil fertility. *Bot. Rev.*, 30: 93-165.

**Smith, G. M.**

1955. *Cryptogamic Botany. Algae and Fungi* Vol. 1. McGraw Hill. 564 p.

**Sobrinho Aguiar, J.**

1977. *Análisis de cuatro fases sucesionales de la masa boscosa en la región de San Carlos, Costa Rica*. Tesis, Mag. Sci. Turrialba, Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 124 p.

**Steubing, L.**

1965. *Phanzenökologisches Praktikum*. Paul Parey, Berlin. 262 p.