

Algas edáficas del trópico. I. Variaciones mensuales de la densidad de algas en un Typic Dystrandept de un cafetal en Costa Rica

Urszula Wydrzycka B.

Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

(Recibido para su publicación el 8 de marzo de 1983)

Abstract: The variability of algae density at the surface level of soil in a coffee plantation in the Central Plateau of Costa Rica (1130 m altitude) was studied from June 1980 to July 1981. One hundred twenty or one hundred sixty samples were taken each time. The major chemical and physical characteristics of the soil were determined and ecological information for macrovegetation was collected. The highest algae count was obtained during the initial period of the 1981 rainy season ($529\ 313 \pm 288\ 875$ cells/g dry soil). During the dry season the number of algae declined greatly and in April 1981 it was $9\ 578 \pm 5\ 693$ cells/g dry soil. The dominant group of algae was Chlorophyta due to the great soil acidity. The Bacillariophyta populations were very small and Cyanophyta were encountered only in three months the study. The factors which limit full development of algae during the remainder of the rainy season are discussed.

Debido al incremento de las áreas abiertas y semiabiertas causadas por la destrucción o transformación de la cubierta vegetal por la actividad del hombre, aumenta el aporte de las algas edáficas en la producción de materia orgánica y mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Las fluctuaciones del número de algas en el transcurso de un año como mínimo, han sido estudiadas por Hunt *et al.* (1979) y Metting (1981) en suelos de la zona templada. Las algas en los suelos tropicales han sido poco estudiadas y todos los estudios han tenido carácter preliminar (Starks *et al.* 1981; Metting 1981).

Sobre las algas edáficas de Costa Rica se han publicado tres trabajos, todos ellos basados en un muestreo único en diferentes habitats. Durrel (1963) y Archibald (1972) determinaron la diversidad taxonómica de la flora algal y Fournier y Herrera de Fournier (1978) compararon entre otros aspectos, el número de especies y la abundancia relativa en tres estadios seriales.

El papel que juegan las algas en el proceso edáfico se basa en el estudio previo de su abundancia. El conocimiento de la dinámica de su densidad en el transcurso del año suministra en este sentido información útil acerca de los procesos que están ocurriendo en el suelo y a la vez

se constituye en información básica para otros estudios que se quiera realizar posteriormente.

MATERIAL Y METODOS

Area de estudio: Se trabajó en un suelo cultivado con café desde aproximadamente 50 años, ubicado en Barreal de Heredia, Heredia, Costa Rica y clasificado como "Typic Dystrandept" según la taxonomía actual de suelos (U.S. Department of Agriculture, 1975).

En el área estudiada crecen dos variedades de café (*Coffea arabica*), Caturra y Borbón en proporción de 6:4. La densidad de la vegetación en el cafetal era de 13 arbustos adultos de café, 3 individuos pequeños y 3 árboles de sombra (*Erythrina* sp.) en promedio, por $25\ m^2$. Entre las malezas dominaban las siguientes especies: *Mitracarpus villosus*, *Oxalis corniculata*, *Commelina difusa*, *Bidens pilosa*, *Eryngium spatulatum* y *Amaranthus viridis*.

El cafetal había sido tratado desde hacía aproximadamente 15 años con herbicidas (una mezcla de 2,4-D y Gramoxone en proporción de 1:2) 2 a 3 veces al año; durante el tiempo de estudio se suspendió el tratamiento.

El suelo se fertilizó con abono mineral 18-6-12-4-2 (N,P,K,Mg,B) en cantidad apro-

ximada de 575 kg/ha los días 26 de junio de 1980 y 20 de mayo de 1981. La poda se realizó entre el 8 de enero y 9 de febrero de 1981 y la palea a mediados de abril. La deshierba se realizó entre el 28 de julio y 5 de agosto de 1980 y a mediados de setiembre del mismo año.

Muestreo y recuento de algas: La cantidad aproximada de muestras se determinó en forma análoga a la propuesta en fitiosociología para determinar el área mínima representativa de una comunidad vegetal (Matuszchewicz y Wydrzycka, 1972). El muestreo se hizo desde junio de 1980 a julio de 1981, cada 10 días entre 8:30 y 9:30 am. Cada vez se recolectaron 120 muestras al azar durante los meses de la estación lluviosa y 160 durante la estación seca. Las muestras de suelo fueron tomadas con un cilindro metálico estéril de 1,4 cm de diámetro hasta 1 cm de profundidad del suelo. Cada vez, las muestras se juntaron, se homogenizaron y se extrajo cada vez, 1 g de suelo para las estimaciones de la densidad de algas y 1 g en 3 repeticiones para determinar la humedad del suelo y su peso seco. El suelo restante se utilizó para el análisis químico. A la vez, se midió la temperatura del suelo y se determinó subjetivamente el porcentaje de la cobertura del cafeto, maleza y de hojarasca. Los datos climáticos del lugar más cercano al área de estudio, fueron suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional.

Para estimar la abundancia de las algas edáficas se aplicó la técnica de conteo directo de Winogradsky modificada por Shtina (Gollerbach y Shtina, 1969). Se hicieron cuatro recuentos por muestra, lo que permitió distinguir la abundancia de tres grandes grupos de algas presentes en el suelo: 1. Cyanophyta, 2. Bacillariophyta y 3. Chlorophyta + Xanthophyta + Eustigmatophyta. La abundancia de algas se expresó en número de células por g de suelo seco.

Análisis químico del suelo: Para cada muestra se determinó las siguientes características químicas del suelo: materia orgánica, pH, Al, P, N, Mg, Ca y K según los métodos descritos por Schweizer *et al.* (1980). En la determinación de nitratos se combinó 2 métodos: la extracción se hizo según el procedimiento descrito por Jackson (1964) y la reducción de nitratos a nitritos y su determinación espectrofotométrica según el procedimiento de Strickland y Parsons (1972).

métrica según el procedimiento de Strickland y Parsons (1972).

RESULTADOS

Condiciones del macroclima: La distribución de las precipitaciones, humedad relativa del aire y del brillo solar durante el tiempo de estudio, se representa en la Figura 1. El régimen de lluvias diferencia claramente dos estaciones durante el año; lluviosa (desde mayo a noviembre) y seca (diciembre-abril; Fig. 1-A). La humedad relativa del aire (Fig. 1-C) manifiesta sus valores mínimos en febrero-marzo y abril, mientras que las horas de sol durante el día fueron máximas en enero y febrero (Fig. 1-b).

Características físicas del microambiente: La humedad del suelo se expresó en el porcentaje de capacidad de campo. Durante la estación lluviosa la humedad y la temperatura se mantienen casi constantes, alrededor de 70% de humedad y la temperatura entre 21 y 23°C. La humedad mínima se obtuvo en el mes de marzo y fue de $19,03 \pm 1,72 \%$ y coincidió con la temperatura máxima de $28,0 \pm 2,28^\circ\text{C}$.

Características químicas del microambiente: Los elementos químicos estudiados, con pocas excepciones, se mantienen bastante estables durante todo el año. La aplicación del abono mineral se ha manifestado en el incremento del contenido de N y K después de las aplicaciones. En mayo se observó un aumento de 92% en el contenido de N, 5 días después de la aplicación. Sin embargo el N bajó rápidamente a los niveles usuales en el suelo. También se detectó su incremento en el contenido de N entre noviembre y marzo, cuando disminuyeron las lluvias (Cuadro 1).

Macrovegetación: Los promedios mensuales con sus desviaciones estándar de la cobertura del cafeto, maleza y de hojarasca se presentan en el Cuadro 2.

La hojarasca cubrió un considerable porcentaje de la superficie del suelo durante los primeros meses del muestreo, para disminuir entre agosto y setiembre. Su aumento a partir de octubre se debe a la caída de las hojas por la cosecha del café, y se mantiene hasta febrero. La cobertura de la hojarasca baja bruscamente de 80 a 40% entre febrero y marzo por la junta de las hojas en montículos.

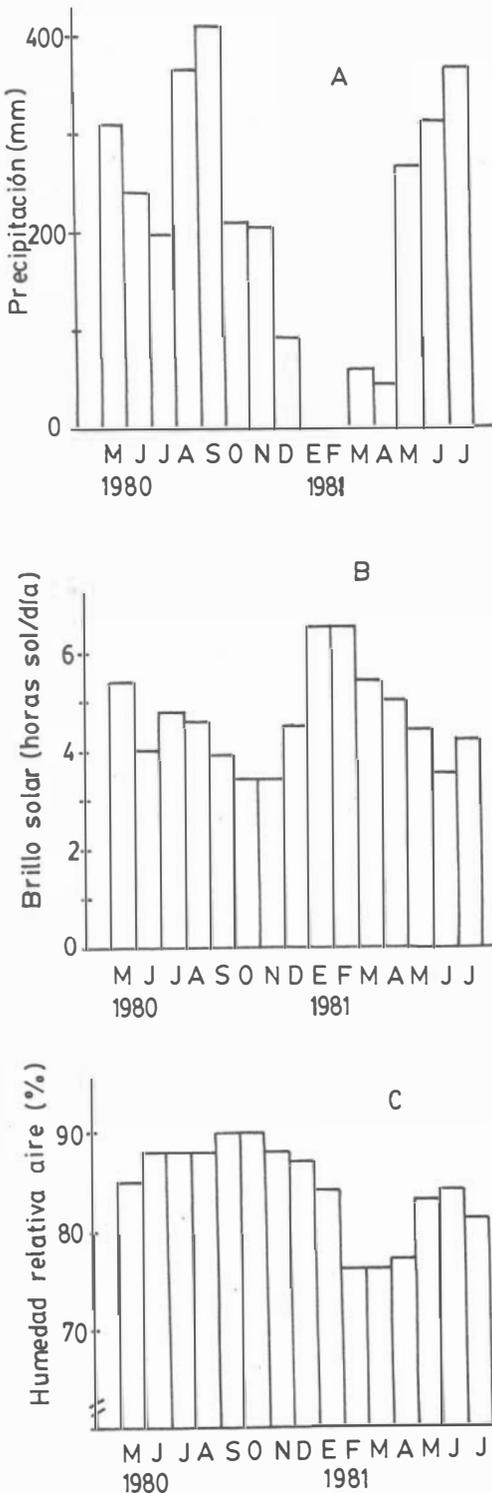


Fig. 1. Distribución mensual de datos climatológicos: A- Precipitación; B- Brillo solar y C- Humedad relativa del aire.

La cosecha incide también en la disminución de la cobertura del café, acentuada en febrero por la poda. Las máximas coberturas se alcanzaron entre julio y agosto de 1980 (80%) y entre junio y julio de 1981 (90%).

La cobertura de maleza aumenta en forma similar al café, su disminución se debe a la deshierba y al término de la estación lluviosa.

Algas: El comportamiento de las poblaciones algales en el transcurso del año muestra relación con las estaciones. La humedad y la temperatura del suelo son los principales factores que limitan su desarrollo en febrero, marzo y abril.

En la Figura 3 se observa un pico anual en la abundancia de las algas, que coincide con los meses iniciales de la estación lluviosa, donde se alcanzó los valores máximos de $467\ 456 \pm 163\ 331$ y $529\ 313 \pm 288\ 871$ cél/g de suelo en julio 1980 y junio 1981, respectivamente (Cuadro 3). En los meses restantes de la estación lluviosa el número disminuye y se mantiene bastante constante hasta diciembre y fluctúa entre 185 604 y 253 396 cél/g de suelo. En la estación seca la densidad disminuye al promedio mínimo de 9578 ± 5693 en abril.

Las algas verdes y afines constituyen el grupo de algas claramente dominantes. Las diatomeas se mantienen casi siempre a niveles muy bajos, con el máximo observado en el mes de octubre. Se observó cianofíceas solamente en tres ocasiones (Cuadro 3).

DISCUSION

Condiciones ambientales: El suelo estudiado es fértil, de pH ácido y con un alto contenido de materia orgánica ($11,8 \pm 0,32\%$).

Los cambios que produce la aplicación del abono y al parecer el tiempo de permanencia del nitrógeno en la superficie, tienen relación con la pluviosidad ya que, en el año 1980 cuando la fertilización fue seguida por la disminución de las precipitaciones ("veranillo"), el efecto se mantuvo hasta 2 meses después de la aplicación. En cambio en el año 1981 cuando la fertilización fue seguida por el aumento de las lluvias, el efecto se mantuvo solamente 1 mes (Fig. 1-A y Cuadro 1).

El aumento progresivo del nitrógeno desde fines de la estación lluviosa puede explicarse por el aumento de la degradación microbiana

CUADRO 1

promedios mensuales con sus características químicas mayores del suelo.
Las fechas indican la aplicación del fertilizante mineral los días 26 de junio de 1980 y 20 de mayo de 1981

Mes/año	pH (H ₂ O) ± O _{n-1}	Mat. org. % ± O _{n-1}	Fósforo (P-PO ₄) µg/ml ± O _{n-1}	Nitrógeno (N-NO ₃) pp ± O _{n-1}	meq/100 ml suelo ± O _{n-1}				
					Ca	Mg	K	Al	
27 junio/80	4,9	11,7	83,0	100,5	4,0	2,20	0,98		0,60
julio/80	4,93 ± 0,13	11,7 ± 0,57	78,5 ± 1,0	59,08 ± 28,65	3,5 ± 0,41	1,85 ± 0,52	0,40 ± 0,19	0,83 ± 0,25	
agosto/80	5,13 ± 0,06	12,1 ± 0,35	79,0 ± 4,0	17,43 ± 4,14	3,3 ± 0,76	1,43 ± 0,29	0,48 ± 0,12	0,72 ± 0,54	
septiembre/80	5,17 ± 0,06	11,9 ± 0,25	79,6 ± 5,0	10,27 ± 2,10	2,8 ± 0,29	1,13 ± 0,21	0,51 ± 0,01	0,95 ± 0,28	
octubre/80	5,10 ± 0,0	11,7 ± 0,29	80,0 ± 10,44	11,10 ± 2,98	3,0 ± 0,0	1,13 ± 0,15	0,45 ± 0,03	0,95 ± 0,05	
noviembre/80	5,23 ± 0,15	12,1 ± 0,65	85,0 ± 10,0	11,07 ± 1,21	3,5 ± 0,5	1,20 ± 0,17	0,49 ± 0,02	0,13 ± 0,49	
diciembre/80	5,03 ± 0,06	11,7 ± 0,35	86,6 ± 2,89	14,4 ± 2,26	3,0 ± 0,0	1,23 ± 0,32	0,53 ± 0,04	1,08 ± 0,06	
enero/81	4,93 ± 0,06	12,0 ± 0,17	86,6 ± 5,77	26,2 ± 6,87	2,8 ± 0,29	1,0 ± 0,1	0,59 ± 0,11	1,33 ± 0,42	
febrero/81	4,9 ± 0,0	12,1 ± 0,0	91,0 ± 8,49	35,0 ± 1,7	2,7 ± 0,35	1,15 ± 0,21	0,65 ± 0,01	1,0 ± 0,0	
marzo/81	4,93 ± 0,06	12,0 ± 0,17	89,6 ± 2,52	40,97 ± 4,74	3,2 ± 0,29	1,13 ± 0,15	0,67 ± 0,01	0,87 ± 0,06	
abril/81	5,03 ± 0,06	11,6 ± 0,51	89,0 ± 3,61	30,1 ± 8,15	3,0 ± 0,0	1,03 ± 0,06	0,72 ± 0,06	0,98 ± 0,03	
mayo/81	5,03 ± 0,29	11,3 ± 0,17	92,3 ± 7,51	40,23 ± 53,23	2,8 ± 0,29	1,10 ± 0,26	1,03 ± 0,52	0,97 ± 0,12	
junio/81	5,20 ± 0,17	11,0 ± 0,46	93,0 ± 6,56	17,03 ± 14,10	2,6 ± 0,58	0,8 ± 0,52	0,58 ± 0,10	0,58 ± 0,43	
julio/81	5,33 ± 0,06	11,6 ± 0,40	81,6 ± 5,77	7,1 ± 1,22	2,6 ± 0,29	0,6 ± 0,1	0,51 ± 0,02	0,62 ± 0,06	

y la disminución de la lixiviación conforme disminuyen las lluvias. No se pudo apreciar el efecto de las fertilizaciones sobre el contenido de fósforo y magnesio, probablemente por su corta permanencia en el suelo.

La temperatura óptima para las algas edáficas es de 22-24°C (Hilton y Trainor, 1963). Dentro de estos límites se mantuvo la temperatura del suelo desde mayo hasta enero, superándolos en los meses de febrero a abril con el consiguiente efecto negativo sobre el desarrollo algal. La influencia de la humedad del suelo sobre las poblaciones algales ha sido estudiada experimentalmente por varios autores (Stokes, 1940; Tchan y Whitehouse, 1953; Shtina 1959; Busigina 1975). Los límites de la humedad óptima que se citan, varían de un autor a otro, probablemente porque no solamente el agua como tal es importante para las algas, sino también por los cambios que produce en la concentración de diferentes sales minerales. Shtina (1959) y Busigina (1975) han encontrado para un suelo mineral y orgánico, respetivamente, la humedad óptima entre 60-80% de capacidad de campo. El límite superior encontrado por los otros autores citados, cae también dentro de estos valores.

Durante los meses de mayo a enero la humedad del suelo se mantuvo entre los límites óptimos reportados para las algas. Mientras que, en los meses de sequía la humedad fue inferior en los requerimientos óptimos. Lo anterior indica que la humedad y la temperatura del suelo son los principales factores que limitan el desarrollo de las algas durante los meses de febrero a abril en el suelo estudiado (Figs. 2, 3).

Los niveles que alcanzan las poblaciones algales en el suelo estudiado son bastante elevados en comparación con los datos obtenidos con el mismo método para áreas cultivadas en

climas templados (Shtina y Gollerbach, 1976), adquieren más relevancia si se tiene presente que el cultivo de café produce bastante sombra y siendo perenne, también mucha hojarasca, la cual disminuye aún más la superficie del suelo expuesta a la iluminación directa.

Las algas verdes y afines fueron las más abundantes. Esto se explica por la alta fertilidad del suelo así como por el pH ácido (Shtina y Gollerbach, 1976; Alexander, 1977; Metting, 1981; Starks *et al.*, 1981).

Una observación ocasional al microscopio de la película del suelo recolectado a la orilla del cafetal, permitió observar la abundancia particular del alga verde-azul del género *Plectonema* y de tres especies de diatomeas: *Nitzschia* sp., *Navicula* sp. y *Hantzschia* sp.

La baja iluminación del suelo estudiado explica la poca contribución de las algas azul-verdes y diatomeas en la formación de la comunidad algal. La intolerancia de las algas azul-verdes a pH bajo es bien conocida, (MacEntee y Bold, 1974; Shtina y Gollerbach, 1976; Alexander, 1977; King y Ward, 1977; Metting, 1981; Starks *et al.*, 1981).

A partir del mes de mayo de 1981 se aprecia un aumento considerable en la abundancia de algas, en comparación con los meses anteriores, que coincide con el inicio de la estación lluviosa (Fig. 1-A).

En los climas templados se ha reportado concordancia entre los picos de abundancia de algas y el aumento de la intensidad y frecuencia de lluvias durante el período vegetativo (primavera, verano y otoño; Shtina y Gollerbach, 1976). También, se ha reportado la disminución de las algas entre la primavera y el verano en coincidencia con la disminución de la humedad del suelo (Hunt *et al.*, 1979).

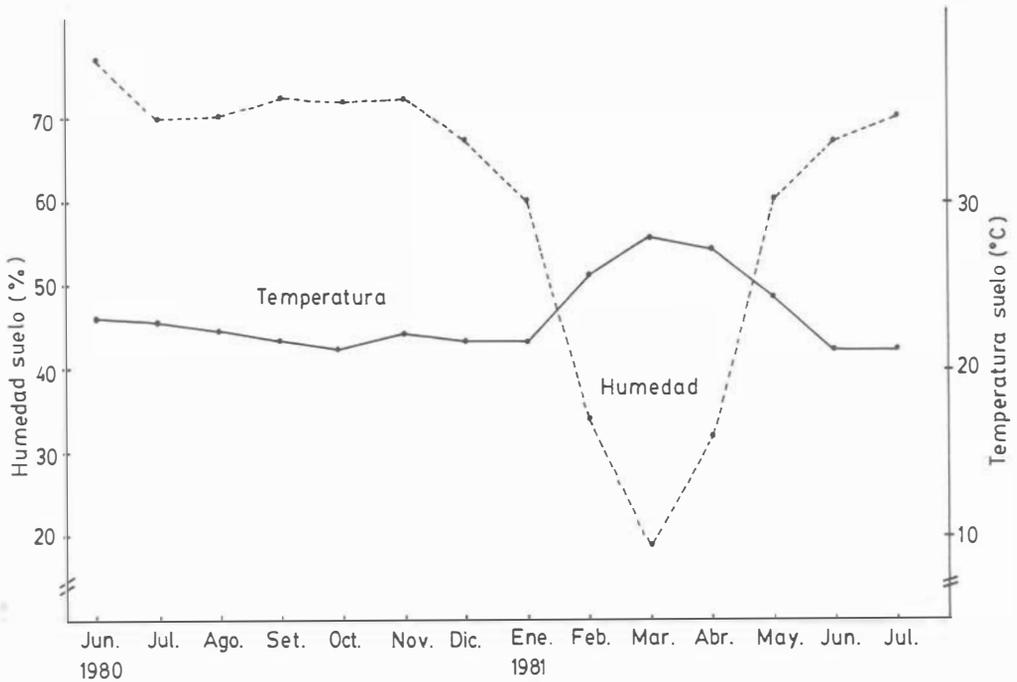


Fig. 2. Variación mensual de la humedad y temperatura del suelo.

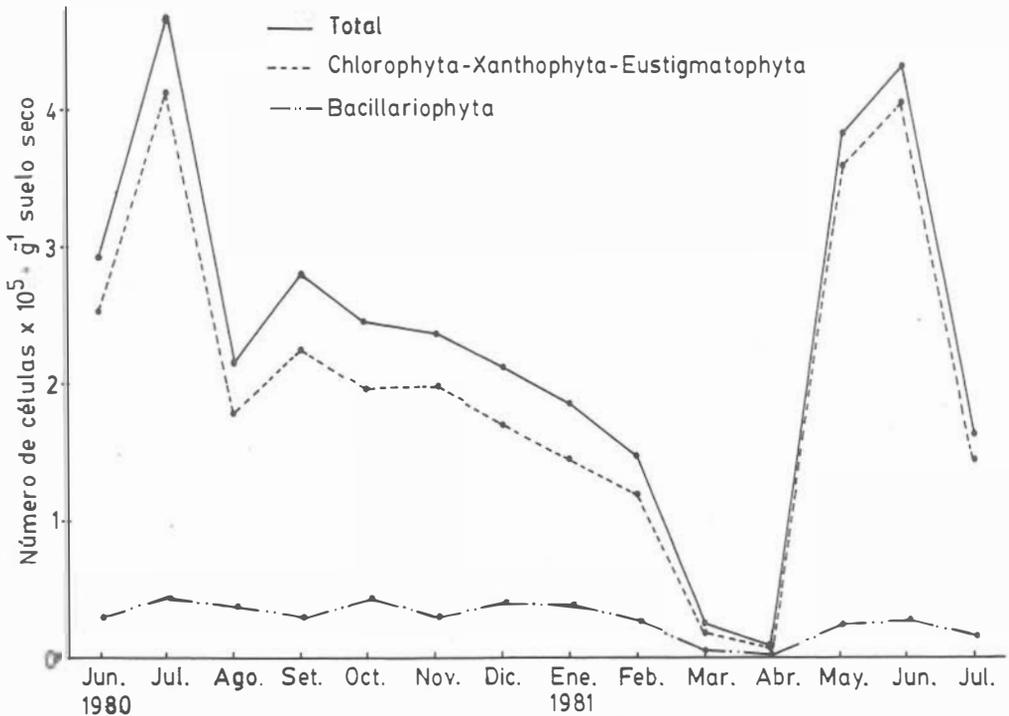


Fig. 3. Variación mensual de la densidad algal total, Chlorophyta y afines y Bacillariophyta desde junio 1980 a julio de 1981.

CUADRO 2

Promedios mensuales con DS de algunas características de la macrovegetación

Mes/año	Cobertura % \pm 0 _{n-1}		
	Cafeto	Maleza	Hojarasca
27 junio/80	85	20	80
julio/80	85 \pm 0,0	28 \pm 2,88	80 \pm 0,0
agosto/80	85 \pm 0,0	10 \pm 17,30	77 \pm 5,77
setiembre/80	83 \pm 2,88	0 \pm 0,0	67 \pm 2,88
octubre/80	77 \pm 2,88	0 \pm 0,0	78 \pm 2,88
noviembre/80	75 \pm 0,0	10 \pm 0,0	90 \pm 5,0
diciembre/80	75 \pm 5,0	12 \pm 2,88	88 \pm 7,63
enero/81	73 \pm 5,77	19 \pm 1,44	83 \pm 2,88
febrero/81	60 \pm 0,0	20 \pm 0,0	80 \pm 0,0
marzo/81	60 \pm 0,0	10 \pm 0,0	38 \pm 2,88
abril/81	60 \pm 0,0	7 \pm 2,88	40 \pm 0,0
mayo/81	67 \pm 5,77	13 \pm 14,4	45 \pm 5,0
junio/81	75 \pm 5,0	58 \pm 12,58	43 \pm 5,77
julio/81	90 \pm 0,0	70 \pm 0,0	40 \pm 0,0

Sin duda el aumento de la humedad y otros factores bióticos favorecieron el crecimiento de algas en julio del 80 y mayo del 81. Los microartrópodos del suelo por ejemplo, no han alcanzado aún su máximo de abundancia (Fraile y Serafino, 1978). La actividad bacteriana al principio es probablemente muy acelerada, pero esto no parece influir sobre las poblaciones de algas. Algunos autores consideran que no existe la competencia entre los heterótrofos y las algas (Alexander, 1977; Hunt *et al.*, 1979). Aunque el agua favorece a todas las plantas, la respuesta de las algas es más rápida que la de las plantas superiores por razones obvias. En este momento el suelo "florece" y el fenómeno puede apreciarse a simple vista.

La incorporación de los fertilizantes al suelo parece reforzar el incremento de las algas. Los resultados obtenidos sobre la permanencia del nitrógeno después de la aplicación de fertilizante en los años 1980 y 1981, concuerdan con una permanencia más prolongada de los altos valores de la abundancia de las algas (Cuadro 3) en el mes de julio de 1980, con un valor promedio de 467 456 \pm 162 331 cel/g suelo en comparación con junio de 1981, con un valor promedio de 432 485 \pm 292 cel/g suelo. La mayor desviación estándar para junio de 1981 se debe al valor máximo que se ha registrado en el estudio presente y que se obtuvo el 3 de junio (aproximadamente 2 semanas después de la fertilización). La abundancia de algas fue disminuyendo considerablemente a partir de esta fecha, de modo que los valores de la densidad de algas se mantuvieron en 1980 más de un mes, mientras que en el año 1981 sólo fue la mitad de este

tiempo. Puesto que las algas son consideradas como indicadores del estado nutritivo del suelo, cabe preguntarse si este efecto de la aplicación del fertilizante justo antes del veranillo también se manifiesta en las plantas cultivadas.

Shtina y Gollerbach (1976) dicen que la incorporación de hasta 1380 kg/ha de NPK al suelo, no es tóxico para las algas mientras que 2760 kg/ha de NPK causa la disminución tanto de algas verdes como azul-verdes. Según Balezina y Trietiakova (1977) 600-800 kg/ha de nitrógeno, son nocivos para las algas azul-verdes y las verdes empiezan a ser inhibidas después de 800 kg/ha de nitrógeno. La cantidad de abono aplicada en el estudio presente (575 kg/ha) es inferior a cualquiera de estas cantidades.

En general, los fertilizantes mientras no pasen los niveles tóxicos, influyen positivamente, no solamente sobre las algas sino también sobre los invertebrados y otros microorganismos y las algas reaccionan más rápidamente que todos los otros microorganismos edáficos (Shtina y Gollerbach, 1976). En el "florecimiento" del suelo se manifiesta la captura biológica de los nutrientes incorporados, lo cual puede ser útil. Shtina y Gollerbach (1976) citan el caso de un "...florecimiento del suelo que se manifiesta en la acumulación de 1,5 t de biomasa algal, la cual encerraba 6 kg/ha del nitrógeno y correspondía a la presencia de 35 millones de cel/g suelo".

Una de las causas más citadas de la disminución del tamaño de las poblaciones algales después de su crecimiento explosivo, es la disminución de la humedad del suelo (Shtina y Gollerbach, 1976). Este no es el caso nuestro, puesto que, la humedad del suelo se mantiene a niveles óptimos. Tampoco parece que los cambios en la cobertura de maleza, cafeto y hojarasca (Cuadro 2), ni el brillo solar (Fig. 1-B) sean responsables por la disminución de las algas en estos meses (Fig. 3).

Se puede concluir que las condiciones de humedad, temperatura, luz y nutrientes estudiados no son limitantes para las algas en los meses restantes de la estación lluviosa. Por lo tanto, habría que buscar la explicación de la disminución de su tamaño en la influencia de otros factores aquí no considerados, como son los factores bióticos y otros factores físicos.

Existen datos experimentales y observaciones casuales del pastoreo de las algas por animales edáficos como protozoarios, nemátodos,

CUADRO 3

*Promedios mensuales con DS de la densidad de las poblaciones de diversos grupos de algas edáficas*Número de células/g suelo seco $\pm O_{n-1}$

Mes/año	Chlorophyta + Xanthophyta + Eustigmatophyta	Bacillariophyta	Cyanophyta	Total
27 junio/80	252 599	29 287	10 983	292 869
julio/80	414 268 \pm 149 364	42 253 \pm 8 096	10 934 \pm 21 869	467 456 \pm 163 331
agosto/80	178 781 \pm 18 457	26 991 \pm 16 704	—	215 772 \pm 8 672
setiembre/80	224 568 \pm 64 669	28 828 \pm 14 026	—	253 396 \pm 78 626
octubre/80	197 281 \pm 38 210	42 573 \pm 16 816	—	244 970 \pm 26 058
noviembre/80	199 215 \pm 20 812	30 185 \pm 10 104	—	236 891 \pm 25 957
diciembre/80	171 512 \pm 59 091	40 291 \pm 24 583	—	211 803 \pm 58 197
enero/81	144 951 \pm 76 548	39 467 \pm 12 850	1 186 \pm 2 055	185 604 \pm 70 109
febrero/81	120 780 \pm 86 218	26 798 \pm 1 645	—	147 578 \pm 87 862
marzo/81	19 086 \pm 18 938	5 471 \pm 2 694	—	24 557 \pm 21 098
abril/81	7 721 \pm 4 305	1 857 \pm 3 216	—	9 578 \pm 5 693
mayo/81	359 504 \pm 245 323	23 093 \pm 22 190	—	382 597 \pm 254 460
junio/81	405 741 \pm 275 319	26 745 \pm 11 228	—	432 485 \pm 264 292
julio/81	145 233 \pm 82 388	14 778 \pm 7 073	—	162 678 \pm 72 345

lombrices de tierra y microartrópodos (Borges y Raw, 1971; Niekrasova y Domracheva, 1972; Shtina, 1973; Atlavinyte y Pociene, 1973).

En el mantenimiento de los cultivos sólidos de las especies algales aisladas del suelo estudiado, ha causado problemas el pastoreo de los ácaros edáficos que se reproducían en las condiciones de laboratorio constantemente. También se observó el pastoreo de las algas por protozoarios y nemátodos en los cultivos mixtos, líquidos y es posible que esta situación se repita en el suelo estudiado. La posibilidad de control de las poblaciones algales por la fauna edáfica en las condiciones naturales ha sido considerada por Domracheva (1972; 1975) en los estudios de las fluctuaciones diurnas del número y biomasa de algas edáficas bajo las condiciones físico-químicas del suelo favorables para su desarrollo.

Los picos de abundancia de diferentes grupos de microartrópodos edáficos (Fraile y Serafino 1978) ocurren en diferentes meses y es posible que sean responsables, en diferente grado en cada período, del descenso de las poblaciones algales.

Otro factor que podría influir en la disminución de las poblaciones algales en la capa superficial del suelo, es la fuerza de las lluvias. En la Figura 1-A se aprecia el aumento de las precipitaciones a partir de agosto de 1980. Tchan y Whitehouse (1953) demostraron experimental-

mente la influencia de la corriente de agua sobre las algas y encontraron que las células más pequeñas son lixiviadas más que otras. La presencia de algas en las capas más profundas del suelo donde dejan de prosperar fotosintéticamente se explica en parte por su arrastre desde la superficie, tanto por el agua como por los animales edáficos (Gollerbach y Shtina, 1969; Shtina y Gollerbach, 1976; Alexander, 1977).

Hacen falta estudios que permitan plantear la hipótesis a nivel de cadenas tróficas, a través de las cuales estén relacionados todos los componentes vivos de los ecosistemas edáficos (Borges y Raw, 1971; Shtina y Gollerbach, 1976; Alexander 1977). Los suelos de nuestra zona tropical parecen ser particularmente apropiados para los estudios de este tipo, ya que en el cafetal estudiado, los factores que limitan el pleno desarrollo de las algas en la estación lluviosa son distintos en diferentes períodos. Esto puede verificarse con un estudio completo, detallado y simultáneo de fluctuación de la densidad de diferentes organismos vivos a diferentes niveles de profundidad durante la estación lluviosa.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento al colega Julio Fraile Merino de la Escuela de Ciencias Bio-

lógicas de la Universidad Nacional por su ayuda técnica, que facilitó considerablemente la realización de este estudio y a Juan Valdéz González del Departamento de Química de la misma Universidad por la colaboración en la determinación de nitratos.

A Carlos Ramírez y a Miguel González del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa por su orientación en la interpretación de los datos obtenidos para el suelo.

RESUMEN

En un estudio de la variabilidad y densidad de algas en la capa superficial del suelo entre junio 1980 y julio de 1981 en un cafetal del Valle Central de Costa Rica (1130 m de altitud), se determinó los elementos químicos mayores y algunas características físicas del suelo. El máximo número de algas se observó al inicio de la estación lluviosa de 1981. En la estación seca el número de algas disminuye considerablemente y alcanzó su mínimo en abril de 1981. El grupo dominante de algas lo constituyó el grupo Chlorophyta. Las poblaciones de Bacillariophyta fueron muy bajas y ocasionalmente se observó la presencia de Cyanophyta. Se discute los posibles factores limitantes del pleno desarrollo de las algas edáficas en los meses restantes de la estación lluviosa.

REFERENCIAS

- Alexander, M. 1977. Introduction to the soil microbiology. Wiley, New York p. 73-89.
- Archibald, P.A. 1972. A preliminary survey of the edaphic algae of Costa Rica and San Andres Isle. *Soil Sci.*, 113: 207-212.
- Atlavinytie, O. & C. Pocienie. 1973. The effect of earthworms and their activity on the amount of algae in the soil. *Pedobiologia*, 13 454-455. (en ruso)
- Balezina, L.S., & A.N. Trietiakova 1977. Influence of the high levels of mineral fertilizers upon development of soil algae. *In: Razvitie y znachenie vodoroslei y pochvaj niechernoziemnoi zony Mat. Miezv. Konf. Kirov*, 24-27 may: 9-10. (en ruso)
- Burges, A., & F. Raw 1971. *Biología del suelo*. Ed. Omega. 596 p.
- Busigina, E.A. 1975. Abundance and composition of soil algae in dependence of water regimen of peats. *In: Regularities of the development of soil microorganisms. Leningrad: 52-59.* (en ruso)
- Domracheva, L.J. 1972. Survey on biomass determination and seasonal productivity of soil algae. *In: Metody izuchenia y practicheskovo ispolsovania pochvennij vodoroslei. Kirov: 46-53.* (en ruso)
- Domracheva, L.J. 1975. The dynamics of algae development in sod-podsolic soils according to the results of daily determination. *In: Regularities of the development of soil microorganisms. Leningrad: 38-51.* (en ruso).
- Durrel, L.W. 1963. Algae in tropical soils. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 83: 79-85.
- Fournier O., L.A. & M.E. Herrera de Fournier 1978. Cambios de la microflora del suelo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 26: 103-112.
- Fraile, J. & A. Serafino. 1978. Variaciones mensuales de microartrópodos edáficos en un cafetal de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 26: 291-301.
- Gollerbach, E.E. & E.A. Shtina. 1969. *The soil algae*. Ed. Nauka. Leningrad. 228 p. (en ruso)
- Hilton, R.L. & F.R. Trainor 1963. Algae from Connecticut soil, *Pl. Soil* 19: 396-399.
- Hunt, M.E., G.L. Floyd, & B.B. Stont 1979. Soil algae in field and forest environments. *Ecology*, 60: 362-375.
- Jackson, M.L. 1964. Análisis químico de suelo. Ed. Omega: 275 p.
- King, J.M., & C.H. Ward. 1977. Distribution of edaphic algae as related to land usage. *Phycol.*, 16(1): 23-30.
- MacEntee, F.J. & H.C. Bold, 1974. Some observations of edaphic algae in Pike County, Pennsylvania. *Soil. Sci.*, 117: 66-69.
- Matuszkiewicz, W., & U. Wydrzycka, 1972. The number of species as a function of surface area and the problem of the representative area of a phytocenosis. *Phyto- 1: 95-120.* (en polaco).
- Metting, B. 1981. The systematics and ecology of soil algae. *Bot. Rev.*, 47: 195-312.
- Niekrasova, K.A. & L.I. Domracheva 1972. Importance of the soil fauna study on the quantitative analysis of the soil algae. *In: Metody Izuchenia y practicheskovo ispolsovania pochvennij vodoroslei. Kirov: 175-181.* (en ruso)
- Shweizer Lassaga, S., H. Coward Lord, & A. Vásquez M. 1980. Metodología para análisis de suelos, plantas y agua. *Min. Agric. Gan. Boletín Téc.* 68, San José, Costa Rica 32 p.
- Shtina, E.A., 1959. Soil algae of sod-podsolic soils of Kirov region. *Tr. Bot. Inst. A.N.SSP.*, ser 2, v. 12. (en ruso)

Shtina, E.A., 1973. The effect of earthworms and their activity on the amount of algae in the soil. *Pedobiologia* Ed. 13: 445-455.

Shtina, E.A., & M.M. Gollerbach, 1976. Ecology of soil algae. Ed. Nauka. Moscow 144.p. (en ruso).

Starks, T.L., L.E. Shubert & F.R. Trainor 1981. *Phycological Review* 6. Ecology of soil algae: a review. *Phycology*, 20: 65-80.

Stokes, J.L. 1940. The influence of environmental factors upon the development of algae and other microorganisms in soil. *Soil Sci.*, 49: 171-184.

Strickland, J.D. & T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 167: 71-76.

Tchan, Y.T., & J.A. Whitehouse, 1953. A study of soil algae. II. The variation of algal populations in sandy soils. *Proc. Linn. Soc. New South Wales*, 78: 160-170.

US. Department of Agriculture. Soil Conservation Service 1975. *Soil Taxonomy. Handbook* 436. 754 p.