

ACTA BOTANICA CUBANA



No. 47

26 de Febrero de 1987



ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

Actividad biológica en sedimentos del sumidero del Arroyo de La Viuda, Cueva Fuentes, Pinar del Río, Cuba¹

María E. RODRÍGUEZ², María O. OROZCO² y Marco A. ZORRILLA²

RESUMEN. En tres estaciones dentro de la cueva se realizaron mediciones de temperaturas de los sedimentos a 0, 2, 5, y 10 cm de profundidad, y se midió la humedad relativa del aire a 50 cm de altura. A cada muestra de sedimento se le determinaron los contenidos de humedad y materia orgánica, se midió el pH, y se realizó el conteo de la microflora y de los microartrópodos. Se determinó la cantidad de CO₂ desprendido *in situ*. Las mayores variaciones de temperatura, así como de humedad relativa, ocurrieron en la estación 3, más cercana a la entrada de la caverna, y, por tanto, más influida por las fluctuaciones externas. Los sedimentos arenosos de las estaciones 1 y 2 presentaron un pH de 7,4 y un contenido de materia orgánica de 0,16 y 0,28%, respectivamente. El de la estación 3, arcilla calcárea del drenaje autóctono de la cueva, presentó un pH de 7,8 y un contenido de materia orgánica de 0,23%. En las tres estaciones, el conteo total de la microflora fue de 170×10^2 , 318×10^2 y 804×10^2 colonias/g. En las muestras 2 y 3, los organismos fijadores de nitrógeno atmosférico tuvieron un valor de 80×10^2 y 180×10^2 colonias/g, lo cual es relativamente alto en comparación con 120×10^2 colonias/g obtenido como promedio de este grupo de microorganismos en el suelo de un bosque sobre calizas en la Sierra del Rosario. El conteo de los microartrópodos fue de 226,3 individuos/m² en las estaciones 1 y 2, y de 251,5 individuos/m² en la estación 3. De este total, Acarina y Collembola representaron 44% en la muestra 1; en la 2, 88%; y en la 3, 60%. La actividad biológica resultó más alta en la estación 2, con un contenido de materia orgánica ligeramente más alto. El CO₂ producido fue de 26,6; 28,8; y 25,9 mg/(m² × hora) en las estaciones 1, 2, y 3, respectivamente, lo cual equivale a la mineralización de 300, 325, y 293 mg de materia orgánica/(m² × día) en cada estación. Estos datos indican la importancia de la actividad biológica en los procesos de carsificación.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de carsificación fueron inicialmente explicados por la acción corrosiva de la disolución del CO₂ del aire en las aguas de lluvia. Como la disolución del CO₂ en agua aumenta al disminuir la temperatura, se supuso que la actividad potencial del agua debe ser mayor en las zonas de climas fríos y templados. Sin embargo, las observaciones demuestran que en las regiones tropicales los procesos de carsificación ocurren con mayor intensidad que en las zonas frías.

¹ Manuscrito aprobado en abril de 1985.

² Instituto de Botánica, Academia de Ciencias de Cuba.

Según Jakucs (1977), los estudios comparativos realizados por J. Corbel no tuvieron en cuenta que (1) la concentración de CO₂ y su disolución potencial en el agua no depende solo del contenido de CO₂ y la temperatura; (2) que la cubierta del suelo y su vegetación, así como la materia orgánica en descomposición, desempeñan un papel más importante que el CO₂ atmosférico para la atmósfera del suelo, que al ponerse en contacto con las aguas de infiltración (en una superficie muy amplia) puede tener un contenido de CO₂ mayor que el de la atmósfera en varios cientos de veces; (3) que en los suelos en proceso de maduración y ricos en humus, con una dinámica intensa en las regiones tropicales, la concentración de CO₂ es varias veces mayor que la que contienen los suelos de países templados en verano; (4) que la corrosión de las rocas calizas puede ocurrir no solo por el contenido de CO₂ del agua, sino también por ácidos orgánicos, inorgánicos, y otros compuestos cuya concentración y actividad se favorece con el aumento de la temperatura y de las precipitaciones; (5) que dentro de un mismo suelo el contenido de CO₂ puede variar considerablemente bajo la influencia de las variaciones de la temperatura y de las fluctuaciones de su biota.

Jakucs (1977) comparó la contribución de los distintos agentes de la corrosión cársica en cinco zonas climáticas. Al analizar la zona tropical y la mediterránea, por ejemplo, vemos que el CO₂ atmosférico contribuye a la corrosión cársica en 4% en la zona mediterránea y en 0,5% en la tropical; en tanto el CO₂ de origen biológico lo hace en 55 y en 50%, respectivamente, mientras que los ácidos orgánicos contribuyen en 25% en la zona mediterránea y en 43% en el trópico.

La mayor agresividad y poder de disolución de las aguas cársicas en las zonas cálidas ha sido señalada también por Géze (1968) y Rauzer (1977).

En Cuba, Núñez Jiménez *et al.* (1968) señalaron que el agua de lluvia, después de pasar por una capa de 15 cm de suelo rojo arenoso-arcilloso y poco humoso, contenía el triple de CO₂ disuelto y el doble de CO₂ libre y agresivo, en comparación con el contenido verificado al caer la lluvia sobre la superficie (a la misma temperatura). Estos autores señalaron que en los suelos muy húmidos hasta turbosos el aumento de la cantidad de CO₂ en el agua infiltrada debía ser aún mayor y argumentaban que la causa de esto no es solamente la respiración de las raíces de la vegetación tropical, sino también los procesos que tienen lugar en las bacterias y otros organismos. Así mismo, Skowaletski e Iturralde-Vinent (1971) plantearon que estos procesos son típicos del carso cubierto por suelo permeable.

Valores elevados del contenido de CO₂ y carbonato han sido reportados en aguas cársicas por Fagundo y Valdés (1975), y en arroyos y aguas subterráneas de la zona de la Sierra de Mesa, en Sumidero, y otras localidades, por R. Fagundo y cols. (comunicación personal).

Los datos demuestran la importancia de la actividad biológica en la determinación de las características específicas que distinguen los procesos de disolución del carso en las distintas zonas climáticas, especialmente en el trópico.

Teniendo en cuenta que son pocos los resultados obtenidos sobre la actividad biológica en las zonas cársicas en nuestro país, y dentro del conjunto de investigaciones que se vienen realizando sobre la hidroquímica del carso por compañeros del Grupo Espeleológico "Martel" (G.E.M.), de la Sociedad Espeleológica de Cuba, se realizó el presente trabajo, con los siguientes objetivos: (1) comparar las características físicas del medio y químicas de los sedimentos en tres lugares del sumidero del Arroyo de La Viuda, Cueva Fuentes, seleccionados como estaciones de muestreo; (2) determinar la cantidad de microartrópodos y de algunos componentes de la microflora en los muestreos; (3) determinar *in situ* la actividad biológica del sedimento.

Los resultados expuestos en este trabajo se obtuvieron durante la exploración realizada en la Cueva Fuentes, Sierra de Mesa, Pinar del Río, durante la expedición cubano-búlgara llevada a cabo del 26 de noviembre al 9 de diciembre de 1981, organizada por el G.E.M. y patrocinada por la Sociedad Espeleológica de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron tres lugares como estaciones de mediciones climáticas y de muestreo.

Estación 1. A 150 m, aproximadamente, de la entrada de la caverna, en la zona permanentemente oscura, en la margen derecha del cauce actual del río. Substrato constituido por arena fina y sometido a inundaciones frecuentes; estaba seco cuando se realizó el estudio.

Estación 2. Situada a 65 m de la entrada. Substrato constituido por gravas de la terraza de crecida, que se inunda estacionalmente. Recibe luz difusa durante algunas horas de la mañana. Se encontraban plántulas y semillas dispersas, que transportan los murciélagos y pájaros que visitan la caverna. Substrato seco que forma una pequeña lomita a 3 ó 4 m s.n. del río.

Estación 3. Situada a 30 m de la entrada. Substrato constituido por arcilla cársica del drenaje autóctono de la caverna, no influido por el río. Este lugar, aunque algo elevado (1,5 m s.n. del río), domina la entrada y recibe alguna iluminación durante las horas de la mañana.

La Fig. 1 muestra el mapa de la cueva y la ubicación de las estaciones.

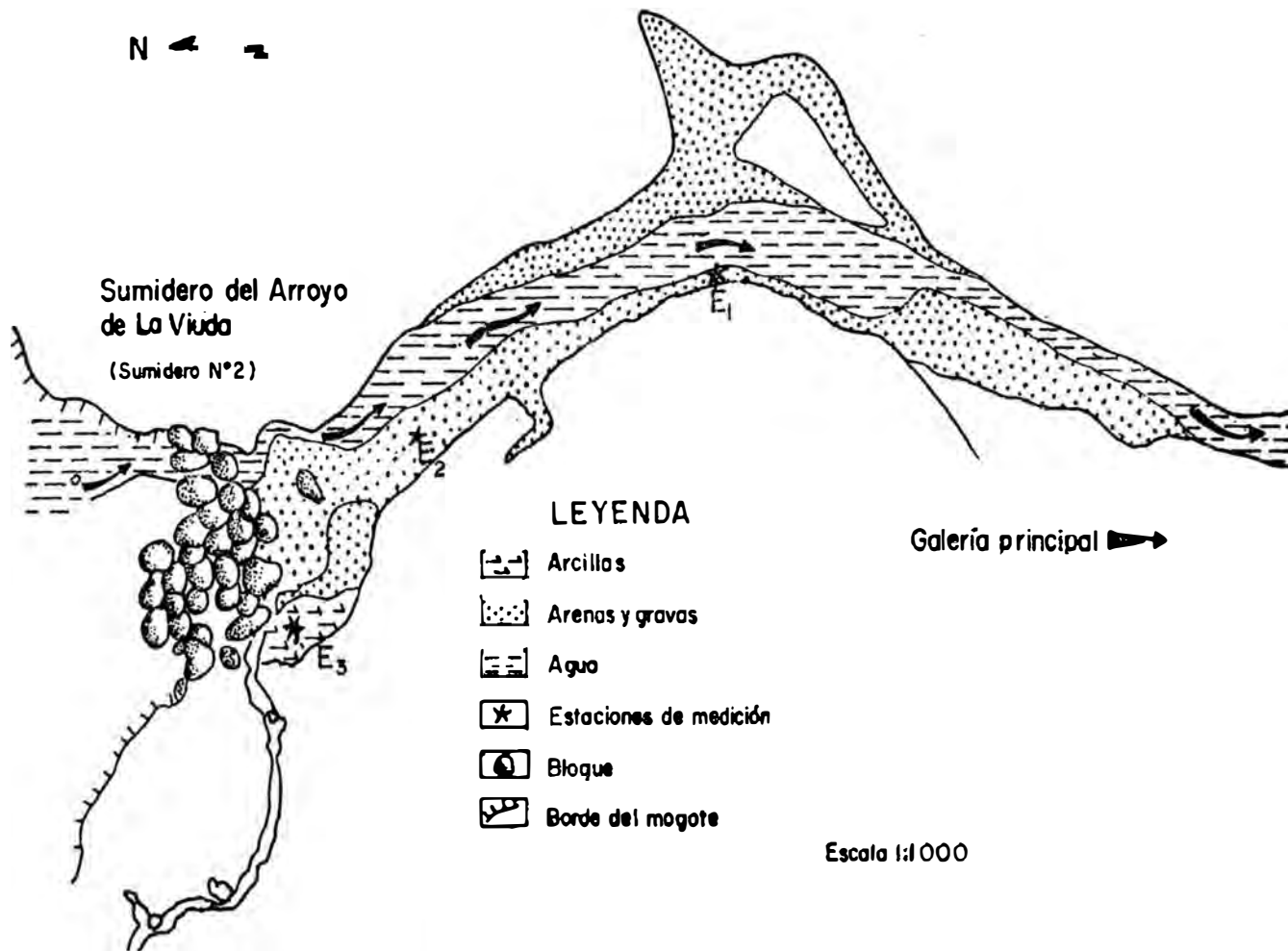


Fig. 1. Mapa a escala 1:1000 del sumidero del Arroyo de La Viuda, Cueva Fuentes, Sierra de Mesa, Pinar del Río. Ubicación de las estaciones de muestreo,

La humedad relativa del aire se midió en cada estación con un higrómetro de Assman, a 50 cm del suelo. La temperatura del suelo se midió en cada lugar a 0, 2, 5, y 10 cm de profundidad, durante varios intervalos.

Se tomaron muestras del sustrato para determinar en el laboratorio el pH y los contenidos de humedad y materia orgánica. El pH se midió por el método potenciométrico; la materia orgánica, según el método de Sprenger-Klee (Thun *et al.*, 1955).

Para determinar el CO_2 desprendido del suelo se realizaron mediciones *in situ*, utilizando la técnica de Lundegarth. Se usó NaOH 0,1 N como absorbente, y se valoró con Cl_2Ba 0,1 N, en presencia de Cl_2Ba y fenoltaleína. Para las mediciones, se utilizaron recipientes de 22 cm de diámetro \times 20 de alto. Se realizaron tres repeticiones en cada lugar, y las mediciones se efectuaron durante períodos de 2 a 3 hr.

El conteo de microorganismos se realizó aplicando la técnica de suspensiones-disoluciones de suelo en placas petri. Se empleó medio agar nutriente para el conteo de bacterias, medio Czapek agar para el conteo de micromicetos, y medio Fedorov agarizado; se sembró 0,1 g de suelo diseminado en la superficie de las placas, para el conteo de fijadores de N_2 (*Azotobacter*).

Para extraer los microartrópodos se tomó el suelo contenido en el área delimitada por los recipientes usados para las mediciones de CO_2 , hasta 2 cm de profundidad. Se colocó en embudos de Tullgren y se procedió a separar los individuos colectados después de 5 días de exposición a bombillas de 40 W.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra las temperaturas del suelo medidas en la superficie y a 2, 5, y 10 cm de profundidad.

Al comparar los lugares de muestreo, se observó que la temperatura en la superficie, así como en las profundidades medidas, fue más baja, tuvo más variaciones, y una amplitud mayor en el sedimento arcilloso (estación 3), llegando a $3,4^\circ\text{C}$ en la superficie y a -2°C a -2 cm, y $4,4^\circ\text{C}$ a -10 cm. Este lugar, más cercano a la entrada de la caverna, parece estar más afectado por las fluctuaciones de la temperatura externa que los otros dos lugares, que presentaron temperaturas más altas.

La estación 1 presentó el promedio más bajo de temperatura a -10 cm ($14,7^\circ\text{C}$). En esta estación, más cercana al río, el sedimento a esta profundidad estaba influido por el nivel freático. Esto llegó a producir diferencias hasta de $5,6^\circ\text{C}$ en las mismas mediciones entre las estaciones 1 y 2.

La Tabla 2 expresa los valores de la humedad relativa del aire a 50 cm sobre el suelo.

Comparando las tres estaciones, se observa que la estación 3 presentó un promedio de humedad relativa menor y una amplitud mayor en sus valores.

Tabla 1. Temperatura (°C) del sedimento a 0, 2, 5, y 10 cm de profundidad. en las estaciones 1, 2, y 3.

Fecha	Hora	1				2				3			
		Profundidad (cm)											
		0	2	5	10	0	2	5	10	0	2	5	10
4-12-81	14:00		21,4	21,6	15,8		21,0	21,0	20,6		21,0	20,8	20,8
	18:00		21,6	21,4	15,8		20,6	20,6	21,4		20,8	20,8	20,6
5-12-81	10:00		20,4	20,8	15,2	19,6	19,6	19,8	20,6	19,6	19,6	19,8	20,0
	12:00	20,2	20,4	20,6	15,0	19,6	19,6	19,4	19,6	19,4	19,4	19,6	19,8
	15:00	19,8	20,2	20,4	14,8		19,2	19,2	20,2	18,8	18,8	19,2	19,6
	18:00	19,4	19,8	20,2	14,6		19,0	19,0	20,0	18,0	18,4	18,8	19,2
6-12-81	9:00	18,0	18,4	18,8	13,4		17,2	18,4	18,6	17,0	16,6	16,8	17,4
	15:00	19,6	19,4	19,6	14,0		18,8	19,0	19,4	19,0	17,8	18,8	18,1
	19:30	19,6	19,2	19,6	14,0		19,0	19,0	19,6	18,4	18,0	18,0	18,2
7-12-81	17:30	20,4	20,2	20,4	14,6		19,2	19,4	20,0	19,2	18,4	18,4	18,4
	19:30	20,6	20,4	20,4	14,6		19,4	19,4	20,0	18,4	18,4	18,4	18,5
8-12-81	11:30	20,8	20,8	20,8	15,0		20,0	20,0	20,6	19,4	19,0	19,0	19,0
	14:00	20,6	20,6	20,8	15,0		19,8	20,0	20,6	20,4	19,0	19,0	19,0
	15:00	20,6	20,6	20,6	15,0		20,0	20,0	20,6	19,2	19,0	19,0	19,0
	17:00	20,6	20,6	20,6	15,0		20,0	20,0	20,6	19,0	19,0	19,0	19,0
9-12-81	15:00	20,0	19,8	20,0	14,4		19,2	19,2	19,8	18,6	18,0	18,4	18,5
	17:00	20,2	19,8	20,0	14,4		19,2	19,2	19,8				
Promedio		20,03	20,22	20,39	14,75	19,60	19,46	19,57	20,12	18,89	18,83	17,83	19,07
Gama		18- 20,8	18,4- 21,6	18,8- 21,6	13,4- 19,8		17,2- 21,0	18,4- 21,0	18,6- 20,6	17- 20,4	16,6- 21,0	18- 20,8	17,4- 20,8
Amplitud (° C)		2,8	3,2	2,8	2,4		3,8	2,4	2,0	3,4	4,4	2,8	3,4

Tabla 2. Humedad relativa del aire (%) a 50 cm de altura, en las tres estaciones muestreadas.

Fecha	Hora	Humedad relativa		
		1	2	3
4-12-81	14:00	88	98	90
	13:00	79	73	75
5-12-81	15:00	79	72	67
	18:00	93	76	79
6-12-81	9:30	100	96	80
	17:00	95	78	95
	20:00	93	93	92
7-12-81	17:30	97	98	96
	19:30			91
8-12-81	11:45	96	86	84
	15:00	91	96	86
	17:00	98	98	91
9-12-81	15:00	89	84	75
	17:00		84	
	\bar{X}	91.5	87.1	84.7

La estación 1 arrojó valores más elevados, con un promedio de 91,5% de humedad relativa durante el período de mediciones. Al igual que para las fluctuaciones de temperatura del suelo, la humedad relativa en las tres estaciones parece estar influida por los mismos factores. En la estación 1, más interna dentro de la caverna, por la cercanía del río; en la 3, por la cercanía a la entrada y mayor influencia de las variaciones externas, movimiento del aire, y otros factores. La estación 2 presentó valores intermedios.

La Tabla 3 muestra los valores del contenido de humedad, materia orgánica, y pH. Se observó que el substrato de los lugares 1 y 2, arenoso / graviloso, respectivamente, estaba seco; en tanto el substrato arcilloso de la estación 3 presentó 18,4% de humedad.

Tabla 3. Contenido de humedad y materia orgánica (%), así como pH del sedimento de las tres estaciones muestreadas el 9 de diciembre de 1981.

variables	1	2	3
Humedad	2	2	18,4
pH	7,4	7,4	7,8
Materia orgánica	0,16	0,28	0,23

En cuanto al pH, el substrato arcilloso resultó más alto, y, consecuentemente, con mayor contenido de bases.

La materia orgánica fue muy baja en general, como corresponde a estos substratos arenosos y muy lavados, en cavernas sin grandes colonias de animales.

En la estación 2, el contenido de materia orgánica fue ligeramente mayor que en la 3, probablemente debido a la presencia de semillas y plántulas, que ya señalamos. Estos valores corresponden a 0,093, 0,163, y 0,134% de C en las estaciones 1, 2, y 3, respectivamente. (Se asume 58% de C en la materia orgánica del suelo.)

La Tabla 4 muestra los conteos de la microflora del suelo.

En la estación 1 se obtuvieron los conteos más bajos, y se constató la ausencia de crecimiento de fijadores de N₂ atmosférico.

La estación 3 contenía 2,7 veces más bacterias heterótrofas, 1,5 veces más cantidad de micromicetos, y 2,2 veces más cantidad de fijadores de

Tabla 4. Microflora del sedimento en las tres estaciones muestreadas el 9 de diciembre de 1981. Valores del conteo en colonias/g de suelo seco $\times 10^2$.

Microflora	1	2	3
Bacterias	166	222	600
Micromicetos	4	16	24,5
Actinomicetos			
Fijadores de N ₂		80	180
Total	170	318	804,5

N₂ que la estación 2. Si, como ya observamos, este sustrato tenía mayor humedad y un pH más alto, así como características arcillosas, es lógico que resulte microbiológicamente el más rico de los tres.

Este valor de 6×10^4 bacterias/g de sedimento resulta solo un orden de veces menor que el reportado por Rodríguez (1983) para un suelo bajo bosque natural sobre calizas con gran aporte de materia orgánica en Sierra del Rosario, que fue de 9×10^5 bacterias/g de suelo. Estos valores son, a su vez, dos órdenes menores que los reportados para bosques templados.

En cuanto a los fijadores de N₂, los valores obtenidos de 80 y 180×10^3 colonias/g son relativamente altos al compararlos con el promedio obtenido en el suelo del bosque citado ($120,3 \times 10^3$ colonias/g). Estos microorganismos tienen una gran importancia para la biota del suelo, pues son una fuente de ganancia de nitrógeno en el sistema.

La Tabla 5 muestra la cantidad de microartrópodos hallados en las muestras. Aunque el número de individuos/m² fue casi igual; sin embargo, la distribución de los grupos fue distinta. Acarina representó 60% del total en la estación 2, en tanto para las estaciones 1 y 3 representó 33 y 50%, respectivamente; Collembola, dos veces más numeroso en la estación 2; Psocoptera, tres veces más abundante en la estación 1 respecto de la 3, y no se halló en la 2.

Tabla 5. Conteo de los microartrópodos (indiv./m²) hallados en el sedimento de las tres estaciones muestreadas, en la capa correspondiente a los 2 cm de profundidad. Entre paréntesis, abundancia relativa de los grupos (en %).

Grupos	1	2	3
Acarina	75,4 (33,3)	150,9 (60,1)	125,7 (50)
Collembola	25,1 (11,1)	50,3 (22,2)	25,1 (10)
Psocoptera	75,4 (33,3)		25,1 (10)
Diptera	25,1 (11,1)		
Homoptera			50,3 (20)
Araneida			25,1 (10)
Otros	25,1 (11,1)	25,5 (11,1)	
Total	226,3 (100)	226,3 (100)	251,5 (100)

En un substrato tan pobre en materia orgánica como los sedimentos estudiados, es evidente que la fauna será poco abundante, como es característico de las cavernas. Como dato comparativo, tenemos que la fauna de microartrópodos en un suelo bajo bosque natural, en Sierra del Rosario, varió de 12 500 a 24 400 individuos/m² en la capa hasta 10 cm (M. A. Zorrilla y cols., inédito).³

Teniendo en cuenta lo discutido con relación a la microflora, podemos generalizar que la biota del sedimento resultó más abundante y contenía más grupos en la estación 3, lo cual está determinado, al parecer, por la presencia de un substrato arcilloso, más antiguo y estable debido a que no está influido por las crecidas del río.

Sin embargo, la estación 2, más pobre en cuanto a la variedad de microartrópodos, contenía mayor número de microorganismos que la 1; esto podría estar asociado a los restos orgánicos frescos allí presentes (semillas y plántulas). En general, la escasa humedad de estos substratos arenosos puede ser el factor limitante para la proliferación de la fauna en estos lugares.

La Tabla 6 muestra los valores de CO₂ obtenidos durante las mediciones realizadas *in situ*. Estas mediciones, realizadas a distintas horas, no presentaron diferencias estadísticamente significativas, al igual que la actividad biológica entre las estaciones.

La cantidad promedio de CO₂ fue mayor en la estación 2, donde el contenido de materia orgánica fue ligeramente más alto.

La estación 3 mostró una actividad biológica menor, a pesar de contener un número más alto de microorganismos y de microartrópodos en el sedimento. Aunque una población mayor no implica necesariamente una mayor actividad biológica, es posible que en este substrato arcilloso y húmedo la difusión de CO₂ se haga deficiente, y probablemente también las condiciones de aireación, en comparación con los otros dos lugares. Estos resultados hacen pensar en un comportamiento relativamente homogéneo de los sedimentos de esta caverna en cuanto a su actividad biológica.

La cantidad de CO₂ equivale a la producción de 7,26, 7,86, y 7,09 mg de C/(m² × hr) en las estaciones 1, 2, y 3, respectivamente. Suponiendo que todo el CO₂ producido sea consecuencia de la respiración de la biota de los

³ Informe final del Tema "Estudio ecológico de un bosque en la Sierra del Rosario", Instituto de Botánica, 1981.

Tabla 6. Actividad biológica en el sedimento de las tres estaciones muestreadas, durante varias mediciones *in situ*. Valores (en mg) de $\text{CO}_2/\text{m}^2 \times \text{hr}$ (promedio de tres réplicas).

Fecha	Hora	1	2	3	
4-12-81	14:00				
	16:00	35,4	36,4	27,7	99,5
	10:00	24,0	25,5	23,5	73,0
	12:00				
5-12-81	13:00	26,3	28,1	23,0	77,4
	15:00				
	16:00	26,3	25,3	27,7	77,3
	18:00				
5-12-81	18:30	25,3	26,2	26,7	78,2
	21:30				
6-12-81	17:00	22,1	21,8	10,8	54,7
	20:00				
7-12-81	17:00	22,1	31,8	32,3	86,2
	19:00				
	11:00	20,9	34,1	30,0	95,0
	13:00				
8-12-81	15:00	25,8	29,5	30,4	85,7
	17:00				
9-12-81	15:00	27,7	29,0	27,7	84,4
	17:00				
Σ		265,9	287,7	259,8	813,4
\bar{X}		26,6	28,8	25,9	81,1
S		4,1	4,4	6,1	12,4
CV (%)		15,4	15,3	23,6	15,3

sedimentos, esta cantidad equivale a la mineralización de 300,4; 325,2; y 293,3 mg de materia orgánica/($\text{m}^2 \times \text{día}$), en cada lugar.

Estos valores son comparables con los obtenidos en mediciones realizadas sobre caliza desnuda y caliza cubierta de líquenes y hepáticas, en

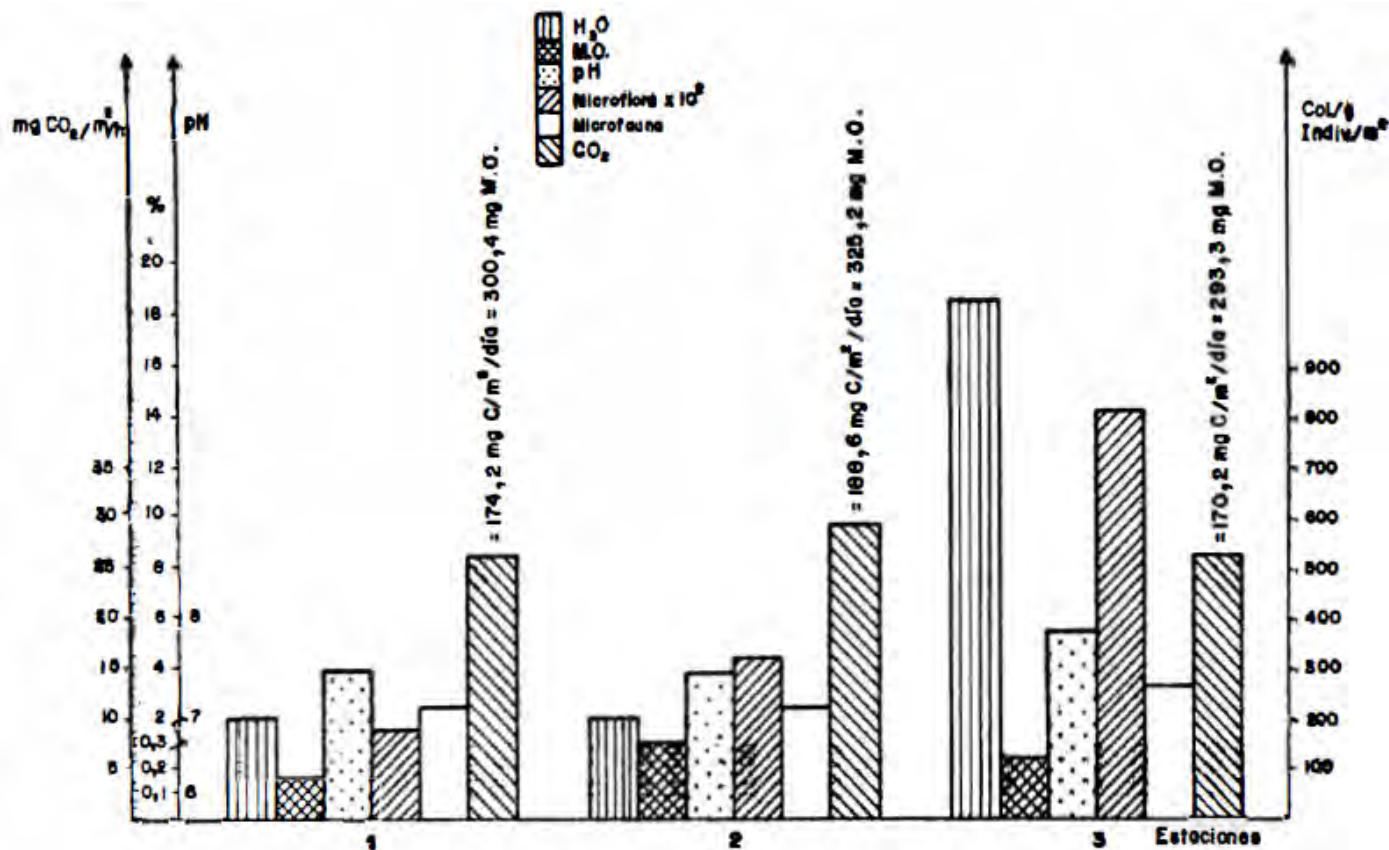


Fig. 2. Resumen comparativo de los contenidos de humedad y materia orgánica (en %), y del pH de los sedimentos, así como de los conteos de la microflora (col./g) y de los microartrópodos (Indiv./m²), y promedio de CO₂ desprendido durante las mediciones realizadas *in situ* en las tres estaciones muestreadas en Cueva Fuentes.

la base de un mogote en el Valle de Pica-Pica (M. Rodríguez, inédito)⁴, en que los valores obtenidos, usando el mismo método, fueron equivalentes a 139,4 mg C/m² por día sobre la roca desnuda y alcanzó 184,4 mg C/m² por día sobre la roca cubierta de planticas. Esto equivale a 240,3 y 317,9 mg de materia orgánica/(m² × día) mineralizada en cada lugar, respectivamente.

Estos valores indican la importancia de la actividad biológica en los procesos de carsificación, no solo como fuente de CO₂, sino porque durante la mineralización de la materia orgánica y por el metabolismo de la biota del suelo y los sedimentos, se producen ácidos orgánicos que incrementan el poder corrosivo de las aguas.

En la Fig. 2 se establece la comparación entre las estaciones de muestreo.

CONCLUSIONES

La estación 3, de substrato arcilloso, presentó las fluctuaciones mayores de temperatura del suelo a 0, 2, 5, y 10 cm de profundidad. Esta estación, más cercana a la entrada de la caverna, estuvo más afectada por las fluctuaciones de la temperatura externa. La estación 1, a 10 cm de profundidad, presentó las temperaturas más bajas, probablemente influido por el nivel freático del río.

La humedad relativa del aire a 50 cm del suelo presentó las mayores fluctuaciones en la estación 3 y las menores en la estación 2. Los promedios de la humedad relativa medida fueron: 91,5; 87,08; y 84,7% para las estaciones 1, 2, y 3, respectivamente.

En cuanto a las características químicas, el suelo de la estación 3 (arcilla calcárea del drenaje autóctono) resultó el de pH más básico, con un valor de 7,8, y mayor contenido de humedad.

La materia orgánica en los tres lugares fue muy pobre, por el poco aporte de los animales en esta cueva. En la estación 2, un ligero aumento en el contenido de materia orgánica parece estar influido por la presencia de semillas y plántulas (semillas germinadas) en este lugar.

La microflora del suelo alcanzó valores de 60 000 bacterias/g de suelo seco en la estación 3, y de 16 600 y 22 200 bacterias/g en las estaciones 1 y 2, respectivamente. Estos valores resultaron solo 10 veces más bajos

⁴ Influencia de algunos factores en el desprendimiento de CO₂ en la Cueva de Pío Domínguez, Pica-Pica, P. del Río, Cuba." G.E.M., 1981.

que los reportados para un bosque natural en Sierra del Rosario, teniendo en cuenta el enorme aporte de materia orgánica en este ecosistema.

Debemos señalar la importancia de las bacterias fijadoras de N_2 atmosférico como fuente de ganancia de este elemento en el sistema.

El número de microartrópodos en el suelo no presentó diferencias entre las estaciones, pero la distribución y abundancia de los grupos en cada lugar fue diferente. Acarina fue el orden más abundante en todas las estaciones. Después le siguió Psocoptera, para la estación 1, y Collembola y Homoptera para la 2 y la 3, respectivamente. Al parecer, la baja humedad del substrato arenoso y el pobre contenido de materia orgánica son, en general, los principales factores que limitan el desarrollo de la microfauna del suelo en esta caverna.

La actividad biológica del suelo fue mayor en la estación 2, donde la materia orgánica fue ligeramente más elevada. Los valores promedio fueron 26,59, 28,77, y 25,95 mg de $CO_2/(m^2 \times hr)$ en las estaciones 1, 2, y 3, respectivamente. Estos valores no arrojaron diferencias significativas entre las estaciones. Suponiendo que todo el CO_2 medido provenía de la respiración de la biota del suelo, el CO_2 desprendido fue equivalente a la mineralización aproximada de 300, 325, y 293 mg de materia orgánica/($m^2 \times día$) en cada estación.

Estos valores indican la importancia que la actividad biológica del suelo puede tener en los procesos del carso, no solo como fuente de CO_2 , sino como productora de ácidos orgánicos durante la mineralización de la materia orgánica y el metabolismo de la biota del suelo.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa colaboración del compañero Manuel Iturralde-Vinent en la discusión de los resultados del trabajo y por facilitarnos el mapa de la cueva y la localización de las estaciones de muestreo. Al compañero Manuel Acevedo, por sus observaciones al texto y por facilitarnos literatura sobre el tema.

REFERENCIAS

- FAGUNDO, R., y VALDÉS, J. (1975): Estudio químico-físico del comportamiento de las aguas kársticas de la región de San Antonio de los Baños (La Habana, Cuba) mediante el uso de modelos matemáticos. *An. Espeleol.*, 30(4):643-653.
- GÉZE, B. (1968): *La espeleología científica*. Editorial Martínez Roca, España, 191 pp.
- JAKUCS, L. (1977): *Morphogenesis of karst regions*. Akademiai Kiadó, Budapest, pp. 30-165.

- NÚÑEZ JIMÉNEZ, A., PANOS, V., y STELCL, O. (1968): Carsos de Cuba. *Acad. Cien. Cuba*, ser. espeleol. carsol., 2:1-47.
- RAUZER, J. (1977): The karst geosystems of Europe. En *Karst regions and environment. Stud. Geogr.*, 62:21-42.
- RODRÍGUEZ, M. (1983): Organic matter decomposition in the evergreen submontane tropical forest of the Ecological Station Sierra del Rosario, Cuba. Tesis de opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Biológicas, Academia de Ciencias de Checoslovaquia, Brno, 209 pp.
- SKOWALETSKI, E., e ITURRALDE-VINENT, M. (1971): Estado ingeniero-geológico del carso cubano. *Acad. Cien. Cuba*, ser. espeleol. carsol., 31:1-58.
- THUN, R., HERRMAN, R., y KNIKERMANN, E. (1955): *Die Untersuchung von Böden* (Methoden Buch). Neuwman Verlag-Radebul, Berlín, vol. 1, pp. 49-50.

ABSTRACT. Sediment temperature at 0, 2, 5, and 10 cm, and air relative humidity at 50 cm height, were measured at three stations inside the cave. Humidity, pH, and organic matter content were determined in the sediment samples. Microflora countings and microarthropods extraction were also performed. Biological activity of the sediment (CO₂ evolution) was measured *in situ*. Station 3, near the cave entrance, showed the most distinct temperature and relative humidity variations, because of the influence of external conditions. The sandy sediments from stations 1 and 2 showed pH values of 7,4 and organic matter contents of 0,16 and 0,28%, respectively. Sediments from station 3 (calcareous clay from the cave autochthonous drainage) showed a pH of 7,8 and 0,23% of organic matter content. Concerning microflora countings, stations 1, 2, and 3 had 170×10^2 , 318×10^2 , and $804,5 \times 10^2$ colonies/g dry sample, respectively. Stations 2 and 3 had 80×10^2 and 180×10^2 colonies/g N₂ fixing microorganisms. These counting values are relatively high in comparison with those obtained (120×10^2 colonies/g) from an evergreen submontane tropical forest in Sierra del Rosario. Concerning microarthropods, the three stations showed very similar numbers of animals but different taxonomical group distribution. In station 1 Acarina and Collembola represented only 44% of the total population, while in stations 2 and 3 those groups represented 88 and 60%, respectively. Biological activity was higher in station 2, with slightly higher organic matter content. The evolved CO₂ was equivalent to 102, 112, and 100 mg organic matter mineralized, per m²/day in stations 1, 2, and 3, respectively. Data obtained indicate the importance of biological activity in karstic processes.