

## Contribuciones a la mineralización de materiales orgánicos en la Isla de Salamanca

Por

LORE STEUBING

Con 1 figura

### Zusammenfassung

In einem an die Karibische See auf der Isla de Salamanca angrenzenden Strandwall, der dahinter liegenden salzigen Senke und dem anschließenden Binnenstrandwall wurde die Mineralisation von Kohlenstoff und Stickstoff geprüft.

Der pH-Wert, der Chlorid- und Stickstoff-Gehalt sowie die Wasserkapazität (WK) waren in dem feuchten Boden der Senke am höchsten, es folgte der „Binnenstrandwall“, die schlechteste WK wies der Meeresstrandwall auf, der außerdem den niedrigsten Chlorid- und Stickstoff-Gehalt hatte. Die höchsten Bakterienwerte wurden in der Senke, der beste Pilzbesatz wurde im Binnenstrandwall gefunden. Die Bodenaktivität (CO<sub>2</sub>-Produktion und Ammonifikation) war abhängig vom Stickstoff- und Chlorid-Gehalt der Meßstellen.

### Summary

The mineralisation of nitrogen and carbon was studied in Colombia on the coast of the Caribbean sea. Soil samples were taken from the area of the Isla de Salamanca: 1. from the beach near the sea, 2. from a small valley behind the beach, 3. from the shore behind the valley.

The highest values of chloride, nitrogen, water capacity and pH were found in the valley, followed by the shore, while lower values were noted for the beach. Soil samples of the valley contained the highest amount of bacteria, samples of the shore included the bulk of the fungi. At the same water conditions the soil activity (production of CO<sub>2</sub> and ammonification) depended on the content of nitrogen and chloride in the soil.

### Resumen

Los procesos de mineralización del carbono y del nitrógeno fueron estudiados en un terraplén costero, en una hondonada y en un terraplén interno de la Isla de Salamanca en el Mar Caribe.

El pH, y el contenido de cloruros y carbono, lo mismo que la capacidad hídrica fueron los más altos en el suelo húmedo de la hondonada; seguido del

terraplén interno; el terraplén costero tuvo la capacidad hídrica más deficiente, y el más bajo contenido en cloruros y en nitrógeno. En la hondonada se encontró el más alto contenido en bacterias; las mayores poblaciones de hongos se encontraron en el terraplén interno. La actividad del suelo (producción de  $\text{CO}_2$  y amonificación) dependió del contenido de nitrógeno y cloruros de los lugares investigados.

### Introducción

El extenso aumento de sales en suelos áridos ocurre como consecuencia de la disminución de las lluvias y el aumento de la evaporación. Esto produce — cuando las aguas subterráneas no están a mucha profundidad — corrientes de agua ascendentes las cuales dan origen a los florecimientos salinos superficiales. Florecimientos de este tipo se encuentran, durante los tiempos secos, en la Isla de Salamanca. Esta isla arenosa, de forma longitudinal, está situada a unos 40 kms. al suroeste de Santa Marta, y presenta una barrera entre el Mar Caribe y la Ciénaga Grande de Santa Marta. Datos geológicos sobre la isla se encuentran en el trabajo de RAASVELT (1957), mientras que SCHNETTER (1969) presenta datos sobre la vegetación y la salinidad del suelo. Abundante información sobre la ecología de las tierras salinas se encuentra en los trabajos de STEINER (1934), CHAPMAN (1960) y LIETH (1964). Las relaciones entre plantas superiores y la salinidad del suelo han sido mucho más estudiadas que las asociaciones terrestres de microorganismos halofíticos en sus habitats naturales. Hongos, y en especial bacterias, resisten concentraciones de sal mucho mayores que las resistidas por las plantas superiores; estudios de como estos organismos viven en ollas salinas y en lagunas de sal se encuentran en MÜLLER & SCHWARTZ (1953), FLANNERY (1956), PUGH (1960), NEHRKORN & SCHWARTZ (1960). A pesar de lo desfavorable que son estos suelos, la actividad microbiológica es bastante apreciable. Para evaluar la intensidad de descomposición de algunos compuestos orgánicos importantes provenientes de plantas o animales muertos, en relacion al contenido de sal en los suelos de la Isla de Salamanca, se hicieron, tanto en el laboratorio como en el campo, investigaciones sobre la mineralización del carbono y del nitrógeno.

### Métodos empleados en el campo

Como indicado para investigaciones se eligió un terreno entre Tasa-jera y Pueblo Viejo (este y oeste respectivamente), con el Mar Caribe como límite norte, y la carretera que une a los dos pueblos, situada a un nivel más alto, como límite sur. Para los trabajos se escogieron tres sitios con las siguientes características:

- I. Un terraplén costero sin vegetación, con límite en el agua.
- II. La parte plana de una hondonada situada a uno 200 ms. de la playa, y en la cual durante el período seco, en Julio, las aguas sub-

terraneas llegan a estar a unos 20 cms. de profundidad; a consecuencia de la cercanía de las aguas subterráneas, la hondonada estaba cubierta por una costra de sal húmeda. En el sitio de las medidas no había más que restos de manglares muertos. A unos 10 ms. de distancia, donde ya el suelo estaba cubierto por el agua, se encontraron especímenes de *Avicennia nitida* y *Laguncularia racemosa*.

- III. Un terraplén interno, situado a unos 260 ms. del terraplén costero y a 60 ms. de la hondonada, con un suelo cubierto irregularmente por *Batis maritima* y *Acacia tortuosa*.

En los tres sitios descritos se tomaron muestras de suelo de las siguientes profundidades:

a) de 0—1 cms., b) de 4—6 cms., c) de 19—21 cms.

Los siguientes análisis fueron realizados:

- 1) pH; medido en una suspensión de suelo en agua (1 : 2,5).
- 2) Contenido de cloruro (Cl); determinado por titulación con el método de Mohr (STEUBING 1965).
- 3) Nitrógeno total por el método de Kjeldahl & Forster — con ácido salicírico-sulfúrico.
- 4) Mineralización del nitrógeno; amonificación por el método de POUCHON & TARDIEUX (1962).
- 5) Mineralización del carbono; se determinó la producción de CO<sub>2</sub>, por titulación (ISERMEYER 1952).
- 6) Descomposición de celulosa en el suelo (UNGER 1962).
- 7) Cuento de bacterias y hongos por el método de Koch.

## Resultados

Los tres sitios de investigación se diferenciaron entre sí no sólo por su distancia con respecto al mar, sino también por sus características químicas y físicas.

Tabla 1. Capacidad hídrica (Ch), pH, y contenido de cloruro y nitrógeno en las diferentes profundidades. (Las cantidades de cloruro y nitrógeno fueron calculadas sobre 100 g de suelo secado al aire a una temperatura de 60° C.)

Sitio	Profundidad	Ch %	pH	Cl %	N %
terraplén costero	0— 1 cm	24	8,0	0,3	0,14
	4— 6 cms	29	7,6	0,2	0,42
	18—22 cms	26	7,2	0,4	0,14
hondonada	0— 1 cm	49	8,9	6,2	2,38
	4— 6 cms	46	8,7	5,2	0,98
	18—22 cms	40	8,3	4,8	0,28
terraplén interno	0— 1 cm	42	7,9	2,6	0,42
	4— 6 cms	38	7,9	0,7	0,28
	18—22 cms	40	7,5	1,1	0,28

En la tabla No. 1 se ve que la menor capacidad hídrica (Ch) se midió en el suelo del terraplén costero, el cual está formado por granos de arena bastante grandes. La mayor capacidad se midió en la hondonada, rica en partículas coloidales; el terraplén interno presentó la capacidad intermedia, y al mismo tiempo el sitio más seco; la hondonada, por el contrario, el más húmedo. En general las mayores concentraciones de cloruro y nitrógeno y los valores de pH más altos (en todas las profundidades) fueron obtenidos en las muestras de la hondonada. Mucho más bajos, pero sin embargo más altos que los del terraplén costero, fueron los valores obtenidos en las muestras de las distintas profundidades del terraplén interno.

La fig. 1 muestra los valores de la descomposición de las sustancias importantes que llegan al suelo como material orgánico muerto. La mineralización del carbono termina con la producción de  $\text{CO}_2$ . En el laboratorio la producción de  $\text{CO}_2$  difirió muy poco entre las distintas muestras, pero todo varió después de añadir 0,5 % sacarosa (un compuesto rico en energía y de fácil accesibilidad para los microorganismos). Aquí llama la atención en especial el aumento en la producción de  $\text{CO}_2$  en el horizonte superior de la hondonada. En los horizontes II y III, al contrario del anterior, la producción de  $\text{CO}_2$  bajó a tal punto que sus valores fueron más bajos que los controles a los que no se les añadió sacarosa. En general la producción total de  $\text{CO}_2$  fue mayor en las pruebas de la hondonada, un poco más baja en las del terraplén interno, y la más baja la presentó el terraplén costero.

Con el material orgánico muerto llegan al suelo en general no solo carbono, sino también proteínas. Para probar la descomposición microbiana de la materia proteica en los tres sitios estudiados, se añadió 5 % peptona (como modelo de proteína) a las diferentes muestras. Su mineralización fue obtenida midiendo la cantidad de amoníaco. Las pruebas del terraplén costero presentaron la mayor amonificación; luego siguió el terraplén interno, y por último la hondonada.

Todos los resultados hasta aquí mencionados fueron obtenidos de las muestras de suelo cuya actividad microbiológica fue investigada en el laboratorio. Para probar la actividad microbiológica en los sitios naturales se tomó la descomposición de celulosa como base. Algodón, como modelo de celulosa, fue puesto en bolsas de gaza y éstas fueron enterradas en los distintos horizontes. Después de cuatro semanas se determinó el porcentaje de descomposición de la celulosa. La colocación del algodón en la tierra ocurrió en un período seco, pero antes de lo esperado comenzaron las lluvias, las que fueron tan intensas que cubrieron totalmente la hondonada durante el experimento; por lo tanto estos resultados no son comparables con los obtenidos en los terraplenes.

Como se observa en la fig. 1 las condiciones a que estuvo sujeta la descomposición de la celulosa fueron algo mejores en el terraplén interno

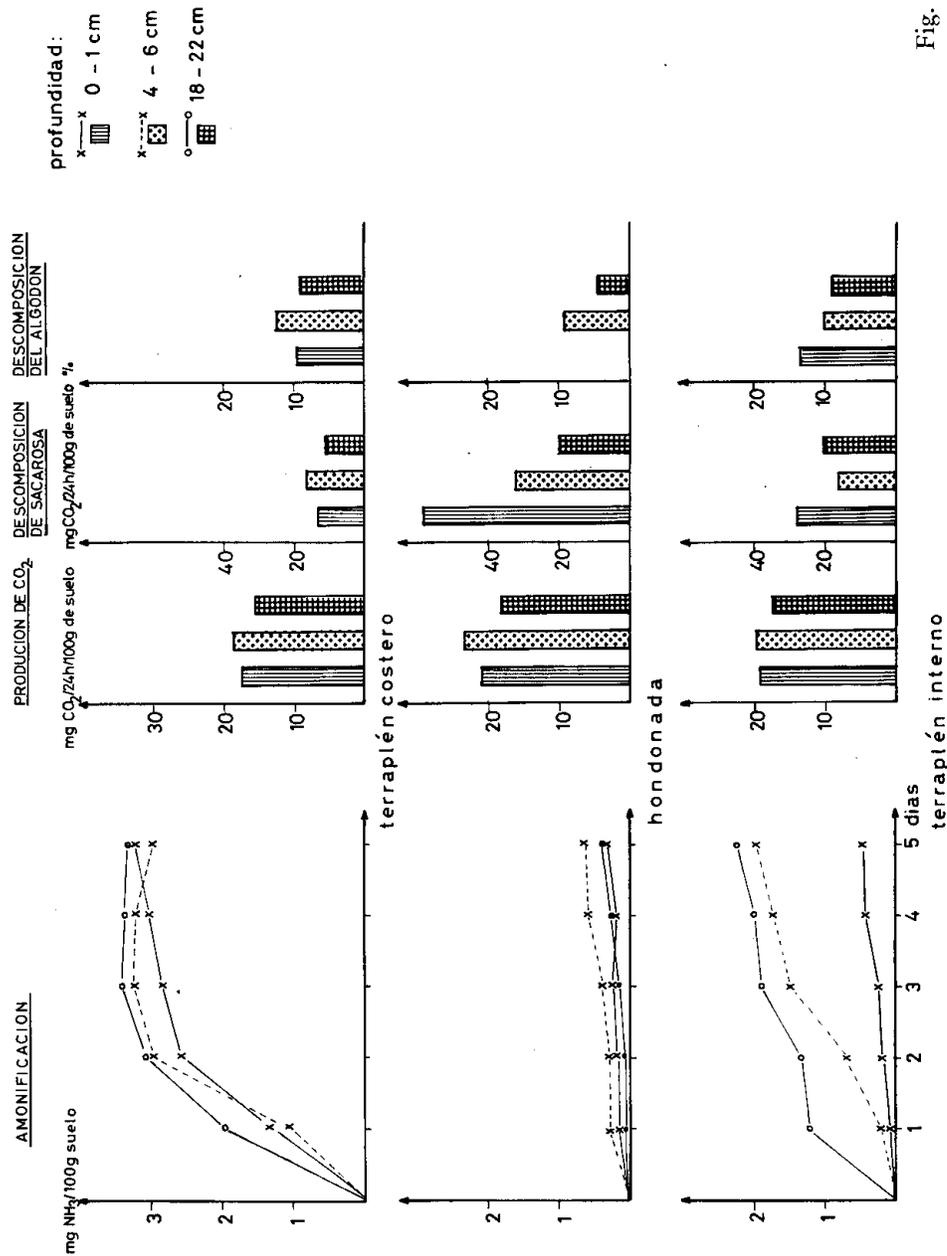


Fig. 1

que en el costero; aquí la mayor descomposición se presentó en la superficie, mientras que en el terrapién interno a 5 cms. de profundidad. Los valores de las muestras de la hondonada fueron los más bajos en todos los horizontes.

Los procesos de descomposición ya mencionados son todos ocasionados por organismos heterotróficos; por lo tanto se trató de obtener

información sobre la cantidad de bacterias y hongos que se presentaban en los sitios investigados. El método de Koch, a pesar de sus desventajas, se usó aquí para obtener valores relativos, los cuales hicieron posible la comparación entre los diferentes sitios (STEUBING 1970).

Tabla 2. Valores relativos sobre la cantidad de bacterias y hongos, de las muestras de los terraplenes y de la hondonada.

Sitio	Profundidad	Bacterias	Hongos
terraplén costero	0— 1 cm	165 millones	80 millones
	4— 6 cms	530 millones	50 millones
	18—22 cms	320 millones	45 millones
hondonada	0— 1 cm	1880 millones	55 millones
	4— 6 cms	1500 millones	40 millones
	18—22 cms	800 millones	40 millones
terraplén interno	0— 1 cm	170 millones	130 millones
	4— 6 cms	420 millones	110 millones
	18—22 cms	330 millones	200 millones

De acuerdo con tabla 2, la mayor cantidad de bacterias se encontró en la superficie de la hondonada; esta cantidad disminuyó con la profundidad. En los terraplenes, al contrario, la cantidad de bacterias fue mayor en las muestras 4 a 6 cms. que en las de la superficie y que en las de 18 a 22 cms. de profundidad. Ambos terraplenes contenían más o menos igual número de bacterias. La abundancia de hongos fue mucho mayor en el terraplén interno que en la hondonada y que en el terraplén costero.

### Discusión

Los sitios investigados ofrecieron condiciones desfavorables tanto a plantas superiores como a inferiores. En el terraplén costero, debido a su configuración de granos grandes de arena y a su poca capacidad hídrica, se registraron cambios de humedad bastante fuertes. Las plantas superiores no pueden crecer en este terraplén debido a su consistencia blanda y a que él no tiene protección alguna contra el mar o el viento; la producción de humus es también altamente reducida. Descomposición de materia orgánica ocurre única y rápidamente en donde ésta, en forma de algas o animales marinos, ha sido atrapada por la arena. Esto es demostrado por el alto contenido de nitrógeno mineralizado proveniente de estos animales y plantas, en las muestras de 5 cms. de profundidad de este terraplén costero. El número de bacterias, como era de esperarse, también fue mayor en la superficie.

La hondonada puede tomarse sin duda alguna como "sitio límite" (LÖTSCHERT 1969), en cuya parte seca, a causa de la alta concentración de sal, hasta los manglares se extinguieron. La substancia orgánica muerta (animal o vegetal) sirve como alimento y fuente de energía y ocasiona el alto contenido de nitrógeno. Aquí se encontraron también sulfuro de hierro y ácido sulfhídrico, como productos de organismos anaeróbicos.

El número de bacterias (tab. 2) fue también muy alto, pero el número de especies fue menor que en ambos terraplenes. ZOBELL & FELTHAM (1942) observaron un aumento de bacterias con el aumento de profundidad en los suelos salinos; esta observación no concordó con las muestras de la hondonada. La causa podría ser la humedad la que fue igual en todos los horizontes, y a que en todas partes hubieran restos de algas en putrefacción.

El terraplén interno presentó las mejores condiciones para la conquista del suelo por plantas superiores. La arena está formada por granos más finos y contiene un poco de humus; además se encuentra también bastante cantidad de raíces; en general el crecimiento es esporádico, y debido a la alta concentración de sal, limitado a halófitas. El aumento de acidez del suelo se manifestó con la mayor abundancia de hongos.

La actividad del suelo en los tres sitios mostró relación con el número de organismos, con la cantidad de nitrógeno y con la salinidad del suelo. En el terraplén costero se encontró la menor cantidad de nitrógeno, por esto se produjo aquí la descomposición microbiana más intensiva de la peptona, y por consiguiente se midieron también los valores más altos para la amonificación.

En la hondonada, debido a su alto contenido en nitrógeno, la descomposición de la peptona fue la menos intensiva. El terraplén interno ocupó un lugar intermedio, tanto en el contenido de nitrógeno como en amonificación.

La mineralización del carbono (producción de  $\text{CO}_2$ ) fue en los controles de los terraplenes más o menos igual; cosa que concuerda con su más o menos igualdad en el contenido de microorganismos. Los valores para la respiración del suelo de la hondonada fueron un poco más altos que los anteriores. Después de añadir sacarosa hubo un aumento de los valores de  $\text{CO}_2$  solamente para la capa superior y muy rica en nitrógeno de la hondonada. En los otros sitios, por el contrario, ocurrió una disminución de la respiración. De esto se puede concluir que sólo en la capa de 0—1 cms. de profundidad de la hondonada había un exceso de nitrógeno y una deficiencia de carbohidratos de fácil accesibilidad. La adición de sacarosa tuvo que haber mejorado enormemente las condiciones nutritivas (MACURA, SZOLNOKI & VACURA 1963). Hasta donde la disminución en producción de  $\text{CO}_2$  después de la incubación de carbohidratos en los otros sitios es influida por el cambio repentino de las relaciones osmóticas, no se puede aclarar con exactitud. Sería posible que en más de 24 horas los microorganismos presenten una adaptación a la alta concentración osmótica del suelo ocasionada por la adición de sacarosa.

La descomposición de la celulosa demostró las ya conocidas relaciones con respecto al contenido de nitrógeno de los sitios sujetos a la investigación.

## Bibliografía

- CHAPMAN, V. J.: Salt marshes and salt deserts of the world. — I—XVI + 1—392, Interscience Publ., London—New York 1960.
- FLANNERY, L.: Current status of halophilic bacteria. — *Bact. Rev.*, **20**, 49—66, Baltimore 1956.
- ISERMAYER, H.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.*, **56**, 26—38, Weinheim (Bergstr.) 1952.
- LIETH, H.: Beziehungen zwischen der Bodensalinität und dem Vorkommen von Pflanzenarten in den Salzmarschen der Gaspé-Halbinsel. — En: Beiträge zur Phytologie, hrsg. K. H. KREB, 1—18, G. Fischer Verlag, Stuttgart 1964.
- LÖTSCHERT, W.: Pflanzen an Grenzstandorten. — G. Fischer Verlag, Stuttgart 1969.
- MACURA, J.; SZOLNOKI, J. & VANCURA, V.: Decomposition of Glucose in Soil. — En: *Soil Organisms*, ed. J. DOEKSEN & V. VAN DER DRIFT, North-Holland Publ. Comp., Amsterdam 1963.
- MÜLLER, A. & SCHWARTZ, W.: Über das Vorkommen von Mikroorganismen in Salzlagerstätten (Geomikrobiologische Untersuchungen III). — *Z. dt. geol. Ges.*, **105**, 789—802, Hannover 1953.
- NEHRKORN, A. & SCHWARTZ, W.: Untersuchungen über Lebensgemeinschaften halophiler Mikroorganismen. I. Mikroorganismen aus Salzseen der kalifornischen Wüstengebiete und aus einer Natriumchlorid-Sole. — *Z. allg. Mikrobiol.*, **1**, 121—141, Berlin 1961.
- POCHON, J. & TARDIEUX, P.: Techniques d'analyse en microbiologie du sol. — En: Collection "Techniques de base", Édition de la Tourelle, St. Mandé (Seine) 1962.
- PUGH, G. J.: The fungal flora of tidal mud-flats. — En: *The Ecology of Soil Fungi*, ed. PARKINSON, D. & WAID, J. S., Hazell, Watson and Viney, Liverpool 1960.
- RAASVELT, H. C. & TOMIC, A.: Lagunas colombianas. Contribución a la geomorfología de la costa del Mar Caribe con algunas observaciones sobre las Bocas de Ceniza. — *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas. Fís. Nat.*, **10**, 175—198, Bogotá 1958.
- SCHNETTER, M. L.: Observaciones ecológicas en la Isla de Salamanca (Depto. del Magdalena, Colombia). — *Caldasia*, **10**, 299—315, Bogotá 1969.
- STEINER, M.: Zur Ökologie der Salzmarschen der nordöstlichen Vereinigten Staaten von Nordamerika. — *Jb. wiss. Bot.*, **81**, 94—202, Leipzig 1934.
- STEUING, L.: Pflanzenökologisches Praktikum. — P. Parey Verlag, Berlin-Hamburg 1965.
- *Soil Flora: Studies of the Number and Activity of Microorganisms in Woodland Soils.* — En: *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*, ed. D. E. REICHEL, 131—146, Springer-Verlag, Heidelberg—New York 1970.
- UNGER, H.: Der Zellulosetest, eine Methode zur Ermittlung der zellulolytischen Aktivität des Bodens in Freilandversuchen. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.*, **91**, 44—52, Weinheim (Bergstr.) 1960.
- ZOBELL, C. E. & FELTHAM, C. B.: The Bacterial Flora of a Marine Mud Flat as an Ecological Factor. — *Ecology*, **23**, 69—78, Durham 1942.

Dirección de la autora:

Prof. Dr. L. STEUBING, Lehrstuhl Botanik II, Botanisches Institut, Senckenbergstraße 17—21, D-6300 Giessen, Alemania.