

Características fisicoquímicas y poblaciones de bacterias de suelos cultivados con guayaba (*Psidium guajava*)

Laugeny Díaz-Borrego y Luz Marina Soto-Quintana*

Laboratorio de Microbiología Acuática, Departamento de Biología
Facultad Experimental de Ciencias, La Universidad del Zulia, Apartado Postal 526
Maracaibo, Venezuela

Recibido: 07-10-98 Aceptado: 09-11-99

Resumen

En este trabajo se determinó el efecto que ejercen algunos parámetros fisicoquímicos sobre la abundancia de bacterias heterotróficas aeróbicas en suelos cultivados con *Psidium guajava* (guayaba) y suelos control. Para ello se determinaron características fisicoquímicas de los suelos, tales como: granulometría, temperatura, pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo aprovechable, y bases intercambiables (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) así como el número de bacterias heterotróficas aeróbicas (UFC/g). El análisis estadístico de los resultados demostró que no se encontraron diferencias significativas para ambos suelos con relación a la mayoría de las características fisicoquímicas determinadas, lo cual puede explicarse porque en ambos suelos el aporte de materia orgánica y nutrientes es escaso y proviene principalmente de las plantas, por lo que las bacterias tienen que movilizarlos rápidamente. Sólo se encontraron diferencias significativas en la temperatura, pH, porcentaje de humedad y contenido de K^+ en los dos suelos ($p < 0,05$). Adicionalmente, el análisis de correlación múltiple explica en un 66,32% ($p < 0,01$) que las variaciones observadas en las UFC/g de ambos suelos son debidas a las variaciones en la temperatura, Na^+ y K^+ , siendo afectadas negativamente por la temperatura y positivamente por los niveles de Na^+ y K^+ .

Palabras clave: Bacterias; características fisicoquímicas; suelos.

Physicochemical characteristics and bacterial populations from cultivated soils with guava (*Psidium guajava*)

Abstract

In this research it was determined the effect to some physicochemical parameters on the abundance of aerobic heterotrophic bacterial populations in cultivated soils with *Psidium guajava* (guava) and control soils. In that respect, there were determined soils physicochemical characteristics, such as: granulometry, temperature, pH, humidity, electrical conductivity, organic matter, usable phosphate, and changeable bases (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , and Mg^{+2}), besides the amount of aerobic heterotrophic bacteria (UFC/g). The statistical analysis of the results dem-

* Autor para la correspondencia. E-mail: carluz@luz.ve

onstrated that there were no meaningful differences for both soils respect to most of the physicochemical characteristics determined, wich could be explained because in both soils the supplies of organic matter and nutrients was limited and meaningfully differences came from plants, so the bacteria had to move them rapidly. There were found meningful differences in temperature, pH, and percentage of humidity, in both soils ($p < 0.05$). In addition, the multiple correlation analysis explained in 66.32% ($p < 0.01$) the observed variations in the UFC/g of both soils which were due to temperature variations, Na^+ and K^+ , being negatively affected by the temperature and positively by the levels of Na^+ and K^+ .

Key words: Bacteria; physicochemical characteristics; soils.

Introducción

Las características fisicoquímicas del suelo determinan la naturaleza del medio en el cual se encuentran los microorganismos y afectan la composición de las comunidades microbianas, tanto cuantitativa como cualitativamente (1). Existe una relación directa entre el número y la función de los microorganismos presentes y algunos parámetros fisicoquímicos del suelo.

Las actividades de manejo del suelo determinan cambios en las propiedades físicas y químicas de los mismos y en consecuencia, en la composición de la microflora y microfauna que soportan. La práctica agrícola puede modificar el nivel de sustrato orgánico, la concentración de nutrientes, el pH, la aireación, humedad y temperatura necesarios para el crecimiento de los microorganismos (2-4).

Se ha observado que las actividades agrícolas pueden generar un aumento en el tamaño de la biomasa y en las actividades de microorganismos heterotróficos, celulolíticos, fijadores de nitrógeno y bacterias nitrificantes y desnitrificantes en los suelos cultivados; mientras que en los suelos en condiciones naturales, la estructura del suelo está menos perturbada y ocurre una concentración de microorganismos especialmente hacia la superficie del suelo en busca de condiciones fisicoquímicas favorables para su crecimiento (5).

En el presente trabajo se estudian algunas características fisicoquímicas y el nú-

mero de bacterias heterotróficas aeróbicas de suelos cultivados con guayaba (*Psidium guajava*) y se comparan con suelos control (no cultivados), con el propósito de caracterizarlos fisicoquímicamente y establecer las diferencias asociadas al manejo al que son sometidos para determinar cuáles son las variables fisicoquímicas del suelo que tienen mayor influencia sobre las bacterias aeróbicas heterotróficas que allí se encuentran.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Las muestras (problema y control) se tomaron de suelos cultivados con guayaba (*Psidium guajava*) y de suelos sin cultivar adyacentes, en la granja agrícola "La Guayaba", ubicada en el Municipio Jesús Enrique Lossada del Estado Zulia, Venezuela. Esta región presenta un clima semiárido, con una precipitación media anual de 437,1 mm, una evaporación media anual de 2469,0 mm, y una temperatura media anual de 28,6°C. La escasez de precipitaciones y el alto coeficiente de evapotranspiración hacen que esta región sea inadecuada para la actividad de agricultura (6).

El suelo control (no cultivado) presenta una vegetación escasa conformada principalmente por malezas entre las cuales se encuentran: *Portulaca* sp. (verdolaga) y *Cenchrus* spp. (cadillo). El suelo cultivado está sembrado con plantas de guayaba (*Psidium guajava*) de cinco años de longevidad.

Toma de muestras

Se realizaron tres muestreos intensivos durante el período de lluvias. Se tomaron un total de 32 muestras, veinte (20) correspondieron a los suelos cultivados y doce (12) a los suelos controles. La toma de las muestras se realizó al azar, tratando de cubrir la mayor área de estudio posible. Cada punto de muestreo fue limpiado con ayuda de una espátula para eliminar restos de maleza, guardando una distancia de un metro aproximadamente a partir del tronco de la planta a fin de evitar la rizósfera. Cada punto de muestreo se abordó con ayuda de un barrenador tomando los primeros 10 centímetros de profundidad (zona de mayor actividad biológica). Las muestras se colocaron individualmente en bolsas plásticas rotuladas y se mantuvieron refrigeradas en una cava con hielo. Posteriormente se trasladaron al laboratorio para ser procesadas inmediatamente.

Análisis fisicoquímico de los suelos

Previo al análisis de las características físicas y químicas del suelo (con excepción de porcentaje de humedad), las muestras se secaron al aire a temperatura ambiente durante de 48 horas y se tamizaron en un tamiz de malla 2 mm.

El análisis textural del suelo se realizó por el método del hidrómetro de Bouyoucos (7, 8). La temperatura se determinó en el campo con un termómetro de mercurio de apreciación 0,1°C. El pH se estimó por el método del potenciómetro. La determinación de la humedad del suelo se realizó por diferencia de peso entre la muestra de suelo natural y luego de secada a 110°C durante 24 horas o hasta alcanzar un peso constante (7, 9). La conductividad eléctrica se determinó con un puente de conductividad.

La materia orgánica del suelo se determinó mediante el método de Walkley y Black (10), y el porcentaje de nitrógeno orgánico se obtuvo a partir de los datos de materia orgánica (10). El fósforo aprovechable se deter-

minó empleando el método de Bray-Kurtz (8, 10).

La determinación de cationes intercambiables Na^+ y K^+ se realizó mediante el método modificado del Acetato de Amonio 1N, para hacer las extracciones de estos cationes los cuales fueron determinados por espectrofotometría de llama (Flamer Photometer 410 marca Corning); mientras que la determinación del Ca^{2+} y Mg^{2+} se llevó a cabo por colorimetría, realizando tres extracciones consecutivas con acetato de amonio 1N como agente extractante (10).

Análisis microbiológico

Para la cuantificación del número total de bacterias heterótrofas aeróbicas presentes en las muestras de suelo se utilizó el método de dilución en placa, hasta una dilución de 10^{-8} . Posteriormente se sembró 0,1 mL de cada dilución en placas de agar nutritivo (con doble concentración de agar), realizando un barrido con una espátula Drigalsky. Las placas se incubaron en condiciones aeróbicas por 24 a 48 horas a 30°C y las colonias crecidas se cuantificaron con un contador de colonias. Dicho procedimiento sirvió para calcular el número total de bacterias heterótrofas aeróbicas presentes en las muestras expresadas como Unidades Formadoras de Colonias por gramo de suelo (UFC/g) (11).

Todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron medidos por duplicado.

Análisis estadístico

Con el propósito de comparar los parámetros estudiados entre el suelo cultivado y el suelo control, se utilizó la prueba *t* de student. Las relaciones entre los parámetros medidos y el número de bacterias se analizaron mediante análisis de correlación simple (Pearson) y análisis de correlación múltiple.

Para la realización de dichos análisis se utilizaron los paquetes estadísticos: STA-

TISTIC (Statsoft) ver 3.0 y STATGRAPHICS ver 7.0.

Resultados

Características fisicoquímicas de los suelos

Los suelos cultivados estuvieron constituidos por 68,05% de arena, 15,52% de limo y 16,97% de arcilla; mientras que los suelos control estuvieron conformados por un 73,46% de arena, 10,57% de limo y 16,04% de arcilla.

Los valores máximos, mínimos y promedios de las restantes características fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas tanto para suelos cultivados como controles, se muestran en la Tabla 1.

Diferencias entre el suelo cultivado y el suelo control

En la Tabla 2 se presentan los valores del estadístico *t* obtenido para la Prueba de *t* de student.

El suelo cultivado y el suelo control mostraron diferencias altamente significativas únicamente con respecto a la temperatura, pH y porcentaje de humedad.

No se encontraron diferencias significativas en el número de bacterias heterotróficas aeróbicas entre los suelos estudiados.

Relación entre las diferentes características de los suelos

La Tabla 3 muestra los Índices de correlación de Pearson entre las diferentes variables, para ambos tipos de suelos.

Tabla 1
Características fisicoquímicas y biológicas encontradas en suelos cultivados con guayaba (*Psidium guajava*) y en los suelos control

Variable	Suelo Cultivado			Suelo Control		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Temperatura (°C)	28	38	31,35	33	47	39,18
pH	6,36	7,28	6,76	5,31	6,5	6,33
Humedad (%)	1,06	5,19	2,69	0,09	0,38	0,21
Conductividad (mS/cm)	0,05	0,16	0,08	0,02	0,48	0,10
Materia Orgánica (%)	0,13	0,68	0,40	0,22	1,18	0,49
Nitrógeno Orgánico (%)	0,006	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02
Fósforo Aprovechable (ppm)	0,95	14	2,48	0,95	12,5	3,85
Sodio (Na ⁺) Intercambiable (meq/100 g)	0,30	1,04	0,48	0,26	1,20	0,49
Potasio (K ⁺) Intercambiable (meq/100 g)	0,06	0,68	0,16	0,14	0,84	0,28
Ca ⁺⁺ Intercambiable (meq/100 g)	0,007	0,017	0,011	0,01	0,024	0,014
Mg ⁺⁺ Intercambiable (meq/100 g)	0,004	0,036	0,016	0,01	0,02	0,014
Bacterias (UFC/g)	4.10 ³	1.10 ⁶	4,2.10 ⁴	1,5.10 ³	4,9.10 ⁴	1,84.10 ⁴

ppm: partes por millón. meq/g: miliequivalentes por gramo de suelo. UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo de suelo.

Tabla 2
Valor del estadístico *t* (Prueba t-student) para diferentes características fisicoquímicas y microbiológicas obtenidas en suelos control y cultivados con guayaba

Variable	Valor de <i>t</i>	<i>p</i>
Temperatura	-5,9317	< 0,0001*
pH	3,65043	0,001*
Humedad	4,1469	< 0,0002*
Conductividad Eléctrica	-0,6777	0,503
Materia Orgánica	-0,9496	0,349
Fósforo Aprovechable	-0,9173	0,366
Sodio Intercambiable	-0,2310	0,819
Potasio Intercambiable	-1,9817	0,056
Calcio Intercambiable	-1,9961	0,055
Magnesio Intercambiable	0,8183	0,419
UFC/g	-1,0232	0,314

Valores de *p* < 0,001 muestran diferencias altamente significativas entre los dos suelos (señalados con * en la Tabla).

Tabla 3
Índices de correlación simple (Pearson) para el contraste de las variables estudiadas

Variable	pH	Hum.	Cond.	M.O.	P.A.	Na	K	Ca	Mg
Temp	- 0,61 **	- 0,67 **	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pH		0,49 **	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	- 0,56**	n.s.
Hum.			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cond.				0,64**	0,55 **	0,76 **	0,54 **	0,68**	n.s.
M.O.					n.s.	0,40 *	0,37 *	0,45**	n.s.
P. A.						0,47 **	0,43 *	0,35*	n.s.
Na							0,72 **	0,54**	n.s.
K								0,51**	n.s.
Ca									n.s.

**Correlación altamente significativa ($p < 0,01$). *Correlación significativa ($p < 0,05$). n.s. Correlación no significativa ($p > 0,05$).

Entre las correlaciones altamente significativas, los mayores valores de *r* se encontraron entre la temperatura y la humedad ($r = 0,67$), entre la conductividad y el sodio ($r = 0,76$), entre la conductividad y el calcio ($r = 0,68$) y entre el sodio y el potasio ($r = 0,72$).

Relación entre el número de bacterias heterotróficas y los parámetros fisicoquímicos del suelo

El análisis de correlación múltiple demostró que las variaciones obtenidas en el número de UFC/g pueden ser explicadas en un 66,32% por las variaciones observadas

en factores como: la temperatura, el contenido de sodio y el contenido de potasio; siendo éste un modelo altamente significativo ($p < 0,01$).

Dicha correlación se representa a través de la siguiente ecuación:

$$\text{UFC/g} = 1,51 \times 10^5 - 1,201 \times 10^4 (T) + 3,226 \times 10^5 (\text{Na}^+) + 9,18 \times 10^5 (\text{K}^+) + 72360,39$$

En esta ecuación, el primer valor corresponde a una constante; los coeficientes indican el nivel en el que afecta cada parámetro a la variable dependiente (UFC/g) y el signo delante del coeficiente indica si el parámetro ejerce un efecto positivo o negativo sobre dicha variable dependiente. El último valor mostrado en la ecuación corresponde al error.

Discusión

Características fisicoquímicas de los suelos

Con base en los porcentajes de limo, arena y arcilla encontrados, los suelos estudiados se pueden clasificar como suelos franco-arenosos (10). El porcentaje de arena encontrado para ambos suelos fue mayor que el resto de las partículas, lo cual puede condicionar en este tipo de suelo, una mayor tasa en el ciclaje de nutrientes, y una baja capacidad de retención de agua (12, 13).

La temperatura de los suelos tiene gran influencia sobre la actividad microbiana afectando la tasa de reacción fisiológica del suelo, tales como volumen, presión, potencial redox, difusión de gases y tensión superficial, formación y meteorización de los suelos. En este caso, la temperatura de estos suelos puede considerarse alta con respecto a la temperatura óptima reportada para la mayoría de los microorganismos heterotróficos aeróbicos. Para las bacterias mesófilas, temperaturas superiores de 45°C son limitantes para su metabolismo. Antía

(3) reporta temperaturas de 17°C para suelos cultivados de la región de Falcón, las cuales comparativamente son muy bajas.

Los valores de pH encontrados en este estudio señalan que estos suelos pueden considerarse de ácidos a neutros y no limitantes para soportar vida microbiana. Antía (3) reporta valores de 7,71 característicos de suelos limosos neutro-alcalinos.

La presencia de agua en la superficie del suelo es importante no sólo por las necesidades de las plantas sino porque el agua transporta nutrientes esenciales además de controlar la aireación y la temperatura (14). En este estudio el porcentaje de humedad es bajo en comparación con los valores reportados por otros autores (3, 15)

El nivel de materia orgánica obtenido para ambos suelos fue muy bajo de acuerdo a la clasificación de Walkley y Black (10). El bajo contenido de materia orgánica en los suelos estudiados podría atribuirse a diferentes factores. La textura del suelo, por ejemplo, contribuye a este hecho, ya que se ha establecido que los suelos arenosos retienen menos materia orgánica que los suelos arcillosos. Asimismo, la remoción de materia orgánica de las capas más superficiales del suelo causada por la erosión influye en la disminución de los niveles de la misma, además, la redistribución de la materia orgánica por acción de la erosión del viento o el agua, ejercen un gran impacto sobre la misma (16).

El aporte de materia orgánica fácilmente putrescible para ambos suelos es muy bajo por lo que los microorganismos inmediatamente mineralizan la materia orgánica remanente.

Los valores de conductividad eléctrica obtenidos para ambos suelos fueron bajos tomando como referencia lo señalado por Black y colaboradores (10), lo cual a la vez tendrá influencia sobre la concentración de los cationes.

La relación MO:N es de 10:0,5, lo cual se explica si se considera que la determina-

ción del porcentaje de nitrógeno orgánico toma como los resultados obtenidos del porcentaje de materia orgánica.

La relación C:N fue más variable; para los suelos cultivados se obtuvo, una relación C:N de 12:1 y para el suelo control una relación 16:1, los cuales están dentro de los rangos establecidos en la literatura (1).

Los niveles de fósforo encontrados en ambos suelos fueron muy bajos. La escasez del fósforo puede atribuirse a que este elemento esté siendo utilizado constantemente por las plantas y los microorganismos en forma de fitina (inositol hexafosfato) y otros derivados, haciendo que su permanencia en el suelo sea muy corta (17).

Los trabajos llevados a cabo por Terán y colaboradores (18) en cultivos de guayaba en la región zuliana demostraron que 10 Kg de fruta extraen 20 g de nitrógeno, y aseguran que el 46% del nitrógeno contenido en el fertilizante añadido, es consumido rápidamente por la planta y disminuye por tanto, el contenido de nitrógeno en los suelos cultivados.

En este estudio se obtuvo una relación C:N:P en los suelos cultivados de 12: 1: 0,001, mientras que para el suelo control fue de 16: 1: 0,001; por lo tanto, ambos suelos, pueden catalogarse como suelos erosionados, donde la concentración de fósforo para ambos es 700 veces menor que el contenido de nitrógeno orgánico (19). La erosión suscitada en estos suelos, es un factor que influye drásticamente en la disminución del contenido de fósforo, especialmente si se considera que un gran aporte del mismo proviene del fosfato de las rocas (20). Adicionalmente, las demandas de fósforo por las plantaciones de guayaba son muy elevadas. Se requiere de 2,3 g de fósforo para producir aproximadamente 10 Kg de fruta (18), lo cual agota rápidamente las fuentes de este elemento en el suelo.

En líneas generales, para ambos suelos se encontró una relación $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$

Ca^{2+} . Sin embargo, hay que señalar que todos estos cationes estuvieron en concentraciones muy bajas con respecto a lo que debe esperarse en suelos cultivados. Este efecto se refleja asimismo en una baja conductividad eléctrica y en la poca capacidad amortiguadora de éstos suelos que eventualmente pueden ser muy sensibles a fluctuaciones en el pH.

Diferencias entre los parámetros fisicoquímicos de ambos suelos

Temperatura: La mayor temperatura del suelo control puede atribuirse a que en el suelo cultivado, los residuos de plantas que cubren la superficie del suelo ejercen un efecto de barrera que reduce la acción de las radiaciones solares que calientan directamente el suelo (14).

pH: Los valores de pH en el suelo cultivado pueden explicarse si se considera que estos suelos son continuamente regados y el agua percola en el suelo lavando los nutrientes y reemplazándolos por elementos asociados a la acidez (6, 13). Adicionalmente hay que tomar en cuenta que estos son suelos altamente erosionados y con bajo contenido de calcio, por lo que su capacidad amortiguadora para soportar variaciones en el pH está severamente limitada.

Porcentaje de humedad: La diferencia con respecto al porcentaje en la humedad encontradas entre ambos suelos puede ser atribuida a que en el suelo cultivado, las prácticas de riego artificial aumentan la humedad en comparación con el suelo control. A esto puede añadirse el efecto de protección que ejerce el dosel de los árboles de guayaba que protegen de los aumentos de temperatura y reducen la evaporación.

Diferencias en el número de bacterias heterotróficas aeróbicas entre los suelos estudiados

No se encontraron diferencias significativas entre el número de UFC/g de los suelos estudiados, debido probablemente a

que desde el punto de vista fisicoquímico ambos suelos son similares y con ello los hábitats de las bacterias deben ser semejantes. Se ha señalado que diferencias en el contenido de materia orgánica y/o de nutrientes, pueden condicionar diferencias en el número de bacterias heterotróficas aeróbicas (5), sin embargo, en este estudio al no haberse detectado diferencias estadísticamente significativas entre ambos suelos con respecto a las características antes mencionadas, no es raro que tampoco existan diferencias en cuanto al número de bacterias.

Relación entre las características fisicoquímicas de los suelos

Temperatura vs porcentaje de humedad: La correlación estadística inversa entre estas dos variables ($r = -0,67$; $p < 0,001$) puede explicarse porque las altas temperaturas evaporan el agua del suelo, por lo que su contenido disminuye drásticamente.

Materia orgánica vs conductividad eléctrica: La correlación encontrada entre la materia orgánica y la conductividad eléctrica ($r = 0,64$; $p < 0,01$) puede explicarse debido a que algunos iones que se encuentran unidos a la materia orgánica del suelo una vez mineralizada sea responsable de incrementar la conductividad eléctrica en los mismos.

Conductividad eléctrica vs sodio y calcio: La correlación estadística entre la conductividad eléctrica y contenido de sodio y de calcio ($r = 0,76$; $p < 0,01$ y $r = 0,68$; $p < 0,01$ respectivamente) se debe a que, el sodio es la base cambiante que se encuentra en mayor concentración en los suelos estudiados, y la que probablemente forma la mayor parte de las sales contenidas en el suelo. Con respecto al calcio, esta correlación puede deberse a que el calcio es uno de los nutrientes que forma parte de las sales del suelo y que es responsable de incrementar el pH, lo que causa a la vez un aumento en la conductividad eléctrica de los mismos.

Sodio vs potasio: La correlación estadística positiva entre las concentraciones de sodio y potasio en ambos suelos ($r = 0,72$; $p < 0,01$), puede explicarse por el hecho de que estos dos metales son los responsables de mantener el equilibrio sodio-potasio en la célula, por lo que las plantas y los microorganismos necesitan de la presencia de éstos para regular la concentración de solutos entre el espacio intra y extracelular (21). Esta relación también podría explicarse, porque estos son los elementos que se encuentran en mayor concentración en relación al calcio y al magnesio; por lo que éstos pudieran estar formando parte de compuestos orgánicos e inorgánicos, a partir de los cuales son obtenidos por las bacterias.

Relación entre el número de bacterias heterotróficas y los parámetros fisicoquímicos del suelo

Es sabido que las altas temperaturas tienen efectos perjudiciales en las reacciones fisiológicas de los microorganismos, especialmente por el estrés hídrico, el cual puede ocasionar una disminución en la actividad enzimática de la microbiota (21), por lo que se presume que las bacterias que habitan en los suelos estudiados se ven afectadas por las altas temperaturas (28 a 47°C) que se dan en los mismos. Esto trae como consecuencia una disminución en la abundancia bacteriana en los suelos estudiados. La correlación estadística positiva obtenida entre las UFC/g y el contenido de sodio (obtenida del análisis de correlación múltiple) se debe a que el sodio que se encuentra formando parte del suelo proveniente de las rocas o de la descomposición de las plantas está siendo utilizado intensivamente por la microflora en vista de la carencia de materia orgánica y otros nutrientes que se suscita en estos ambientes, dada las condiciones climáticas de la zona en estudio y a la continua erosión del suelo (6, 13), y esta misma proposición pudiera explicar la correlación altamente significativa que se evidenció entre los niveles de potasio en el suelo y las UFC/g. De igual manera, la relación esta-

blecida entre las UFC/g y el potasio podría deberse a que posiblemente en el suelo existan grupos bacterianos capaces de degradar feldspatos (compuestos minerales ricos en potasio), que deben ser tomados por las bacterias a través de enzimas extracelulares (1, 22).

Adicionalmente, la relación positiva de las UFC/g con el contenido de sodio y potasio puede deberse también al intercambio de estos elementos en las membranas celulares, con la finalidad de mediar el paso de los solutos desde el compartimiento extracelular hasta el intracelular, el cual es indispensable para la regulación osmótica de las células.

Conclusiones

Las condiciones climáticas de la zona, altas temperaturas, escasas precipitaciones y elevadas evaporaciones aunadas a la textura franco-arenosa de los suelos estudiados, inducen a una rápida movilización de materia orgánica y nutrientes por parte de la microbiota; lo cual se refleja en los bajos niveles de materia orgánica y otros nutrientes encontrados en este trabajo para los suelos cultivados con guayaba y controles.

En los suelos estudiados, el aporte de materia orgánica al suelo proviene principalmente por la descomposición de las plantas, ya que en el suelo cultivado las actividades de manejo agrícola referentes a la fertilización fueron muy esporádicas (cada 4 a 6 meses), por lo que existe una gran similitud con el suelo control.

Dada la gran semejanza encontrada en ambos suelos desde el punto de vista fisicoquímico y en las UFC/g de suelo, podría pensarse en la presencia de un nivel freático que pudiera estar lavando materia orgánica y nutrientes desde el suelo cultivado hasta el control.

El análisis de correlación múltiple entre las UFC/g de suelo y las propiedades fisicoquímicas de los suelos cultivados y con-

troles, estableció un modelo altamente significativo ($p < 0,01$), el cual explica que las variaciones encontradas en las UFC/g de suelo se debieron a su vez en las variaciones observadas en la temperatura y los niveles de sodio y potasio; siendo afectadas negativamente por la temperatura y positivamente por la concentración de estos cationes intercambiables.

Agradecimientos

Los autores dan un especial agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia por el financiamiento de esta investigación. A Luis Fernández, J.J. Moreno y Juan Fuenmayor, por la asesoría en la realización de los análisis fisicoquímicos. Agradecimiento muy especial a José Dupontt por su invaluable colaboración en las labores de campo así como en la recolección y tratamiento de las muestras.

Referencias Bibliográficas

1. ALEXANDER M. *Introducción a la Microbiología del Suelo*, 2^{da} Edición, AGT. Editor, S.A, México, pp. 191, 1980.
2. GRAND C.A., LAFOND G.P. *Can J Soil Sci* 74:301-306, 1994.
3. ANTIA A. Estudio Ecológico de las Comunidades Microbianas heterotróficas de un suelo en condiciones naturales y sometido a manejo agrícola. (Tesis para optar al título de Doctor en Ecología), Universidad Central de Venezuela, Caracas (Venezuela), pp. 196, 1995.
4. BIEDERBECK V.O., CAMPBELL C.A., HUNTER J.H. *Can J Soil Sci* 77:309-316, 1997.
5. ROPER M.M., GUPTA V.V.S.R. *Aust J Soil Res* 33: 321-339, 1995.
6. EWE J.J., MADRIZ A. *Zonas de Vida de Venezuela*, Editorial Sucre, Caracas (Venezuela), pp. 54-63, 1968.
7. PRIMO Y.E.P., CARRASCO D.J.M. *Química Agrícola I. Suelos y Fertilizantes*, Editorial Sucre, Caracas (Venezuela), pp. 125-130, 1968.

- tes, Editorial Alhambra, S.A, España, pp. 472, 1973.
8. JACKSON M.L. **Análisis Químico de Suelos**, 3ª edición, Ediciones Omega, S.A, España, pp. 662, 1976.
 9. GAVANDE S.A. **Física de Suelos, Principios y Aplicaciones**, Editorial Limusa, S.A, México, 1979.
 10. BLACK C.A., EVANS D.D., WHITE J.L., ENSMIGER L.E (ed). **Methods of Soil Analysis Chemical and Microbial Properties**, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin (USA), pp. 1535, 1966.
 11. HARRIGAN W.F., McCANCE M.E. **Métodos de Laboratorio en Microbiología**, Editorial Academia, España, pp. 10,22,23,67, 1966.
 12. BALABANE M. **Eur J Soil Sci** 47: 285-291, 1996.
 13. RAO I.M., ZEIGLER R.S., VERA R., SARKARUNG S. **BioScience** 43(7): 454-465, 1993.
 14. DREGNE H. **Soil of arid regions**, Elsevier Scientific Publishing, pp. 275, 1976.
 15. CASANOVA E. **Introducción a la Ciencia del Suelo**, Ediciones de la UCV, Caracas (Venezuela), pp. 393, 1991.
 16. GREGORICH E.G., CARTER M.R., ANGERS D.A., MONREAL C.M., ELLERT B.H. **Can J Soil Sci** 74: 367-385, 1994.
 17. HOLDFORD I.C. **Aust J Soil Res** 35:227-239, 1997.
 18. TERÁN L., MELÉNDEZ I., AGUILAR L., ACUÑA J., URDANETA M. **Rev Fac Agron (LUZ)** 13: 363-370, 1996.
 19. PAUL E.A., CLARK F.E. **Soil Microbiol Bioch**, Academic Press Inc, California (USA), pp. 273, 1989.
 20. NEWMAN E.J. **J Ecol** 83: 713-726, 1995.
 21. STARK J.M., FIRESTONE M.K. **Appl Env Microbiol**: 218-221, 1995.
 22. GIULIETTI A.M., SILVA H.J., SEGOVIA R., ERIOLA R. **Rev Lat-Amer Microbiol** 24:9397, 1982.