

ÍNDICE DE CALIDAD Y SALUD DE SUELOS PARA PLANTACIONES BANANERAS EN CUATRO PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Eduardo Delgado¹, Franklin Rosales², Javier Trejos³, Mario Villalobos³ y Luis Pocasangre²

RESUMEN

La productividad de las plantaciones bananeras en varios países de América Latina y el Caribe ha mostrado disminuciones considerables durante la última década lo cual se ha asociado a un deterioro de factores físicos, químicos y biológicos del suelo. Este trabajo tuvo como objetivo construir un índice matemático para describir la calidad y salud de estos suelos, indicando los factores más críticos en la producción. Sesenta y seis indicadores fueron medidos en 38 fincas bananeras seleccionadas con diferentes grados de producción en Costa Rica, República Dominicana, Panamá y Venezuela. El análisis discriminante global para todos los países indicó que las variables explicativas de la discriminación son bastante diferentes entre los países por lo que se procedió a definir los índices de calidad y salud en forma individual. Se identificaron 17 indicadores para Costa Rica, 13 para Panamá, 11 para Venezuela y 22 para República Dominicana, estos últimos divididos en 11 sistemas de producción orgánica y 11 de producción convencional. Asimismo, se determinó que los indicadores seleccionados son confiables para diferenciar sectores de alta y baja productividad de las fincas.

Palabras clave adicionales: Bananos, física de suelos, química de suelos, biología de suelos

ABSTRACT

An index of soil quality and health for banana plantations in four countries of Latin America and the Caribbean

The productivity of banana plantations in several Latin America and Caribbean countries has shown significant declines over the past decade which has been associated with a deterioration of physical, chemical and biological soil factors. This study aimed to construct a mathematical index to describe the quality and health of these soils, indicating the most critical factors in production. Sixty-six indicators were measured in 38 selected banana farms with different levels of production in Costa Rica, Dominican Republic, Panama and Venezuela. Discriminant analysis for all of the countries indicated that the explanatory variables of discrimination are quite different among the countries, so we proceeded to define individually the quality and health indices. Seventeen indicators were identified for Costa Rica, 13 for Panama, 11 for Venezuela and 22 from Dominican Republic; the latter divided in 11 indicators for organic and 11 for conventional production. It was also determined that the selected indicators are reliable for distinguishing areas of high and low productivity in the farms.

Additional key words: Banana, soil physics, soil chemistry, soil biology

INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo puede definirse como su capacidad para funcionar (SSSA, 1994). En forma más amplia se utiliza el término salud del suelo para indicar la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vital para mantener la productividad biológica, promoviendo la calidad ambiental (Doran y Zeiss, 2000). Ambos conceptos han ido evolucionando, y al término de calidad se le han agregado nuevos atributos tales

como sostenibilidad y calidad ambiental (Roming et al., 1995; Karlen et al., 1997). Los indicadores de calidad del suelo son propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden ser medidas cualitativa o cuantitativamente y que proveen información acerca de qué tan adecuadamente un suelo funciona, de modo que los mejores indicadores serán aquellas propiedades que influyan significativamente sobre la capacidad del suelo para proveer su función (Carter et al., 1997).

De acuerdo a Pattison et al. (2004) los métodos

Recibido: Junio 27, 2008

Aceptado: Septiembre 15, 2009

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Apdo. 131. Barinas. Venezuela. e-mail: edelgado@inia.gob.ve

² Bioversity International. Oficina Costa Rica. e-mail: bioversity-costarica@cgiar.org

³ CIMPA, Universidad de Costa Rica. e-mail: jtrejos@cariari.ucr.ac.cr

utilizados para medir el potencial productivo de un suelo para el cultivo de banano se basan principalmente en el estudio de las propiedades físicas y químicas, y de las relaciones con algunas características especiales como la topografía y las condiciones climáticas. Sin embargo, estos métodos poco consideran el estado de la salud del suelo y no son suficientes para explicar las complejas interacciones del suelo y su rizósfera. Es generalmente aceptado que la producción agrícola convencional provoca un decrecimiento de la calidad del suelo, especialmente en su relación con la producción.

A pesar de la aplicación de técnicas e insumos de alto costo, en las plantaciones comerciales de banano en América Latina y el Caribe se ha registrado en los últimos diez años una reducción considerable en la productividad, debido al cambio y deterioro acelerado de los factores físicos, químicos y biológicos del suelo (Serrano, 2005). Se tiene evidencia de la relación directa entre la reducción de la productividad y la pérdida de la calidad y salud del suelo, por el impacto adverso del sistema convencional de producción (Gauggel et al., 2005). Rosales et al. (2008) señalaron que el cultivo intensivo del banano ha provocado cambios sustanciales en este ambiente, tales como la disminución de la biodiversidad, pérdida del recurso suelo por erosión, y desequilibrios entre sus componentes. Por su parte, Serrano (2005) indicó que la alta carga de desechos de polietileno en las plantaciones bananeras, el uso intensivo de biocidas y la aplicación de dosis excesivas de fertilizantes han contribuido al deterioro de los suelos.

La productividad en algunos países de América Latina y el Caribe, por ejemplo, Panamá y Costa Rica han mostrado oscilaciones considerables durante la última década (FAO, 2007) Existe evidencia de que las caídas de producción están asociadas a un agotamiento de los suelos (Rosales et al., 2008). Por el contrario, la producción bananera en Venezuela y República Dominicana, caracterizada por una mayor utilización de sistemas de producción orgánica o de menos uso de insumos químicos, ha mantenido cierta estabilidad durante los últimos diez años (Rosales et al., 2008).

El monitoreo de la calidad y salud del suelo bananero, permitiría a los productores de banano caracterizar los factores críticos más importantes de su suelo e identificar las mejores prácticas de

manejo para evitar su deterioro o para recuperar la salud perdida hasta donde sea posible. La descripción del estado actual de la salud del suelo y su ulterior evolución, constituye la base de información necesaria para comprender las causas y dinámica del proceso de deterioro y para diseñar innovaciones tecnológicas alternativas.

El objetivo principal de este trabajo se basó en la construcción de un índice matemático para describir la calidad y salud de suelos bananeros, indicando los factores más críticos en la producción de las fincas estudiadas, mediante la selección de indicadores de características físicas, químicas y biológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectó información de 38 fincas procedentes de Costa Rica, República Dominicana, Panamá y Venezuela (Cuadro 1), las cuales disponían de datos históricos de manejo y producción con un mínimo de tres años, y se evaluaron 66 indicadores del suelo agrupados en indicadores físicos (profundidad efectiva, textura, % arena, % limo, % arcilla, resistencia tangencial, resistencia a la penetración, densidad aparente, densidad partículas, infiltración, porosidad); químicos (pH, Al, acidez intercambiable, Ca, Mg, K, suma cationes, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, % sat K, % sat Ca, P, Fe, Cu, Zn, Mn, % MO, % Al y Fe, % fosfatos, % sat bases); nematodos (peso de raíz total; peso de raíz funcional; *Radopholus similis*; *Helicotylenchus multincintus*; fitonematodos totales; % de fitonematodos; nematodos de vida libre; total de nematodos; % nematodos de vida libre); hongos y poblaciones totales (número de aislados *Trichoderma*; *Fusarium*; otros hongos; total de hongos aislados; total hongos purificados; bacterias; actinomicetos y hongos); microartrópodos (número de individuos; número de familias) biomasa microbiana (valores en mg C·100 g⁻¹ suelo seco a 105 °C; flujo de C en flujo-C/factor 0,45; fumigados y no fumigados); respiración microbiana (mg 100 g⁻¹ ·10 días⁻¹); sistema radical (peso radical; longitud radical; área; diámetro; volumen; índice de necrosis) e indicadores de producción (circunferencia planta madre, número de manos/racimo y altura del hijo). La producción se estimó en base a las variables agronómicas de número de manos, circunferencia del pseudotallo de la madre y altura del hijo de sucesión, aplicando la metodología de Rosales et al. (2008).

Cada finca fue dividida en dos sectores basados en la categorización de los sitios dada por el productor (sitios de buena y pobre producción), la cual fue evaluada mediante un análisis en componentes principales. Así mismo, se realizaron discriminaciones en las dos clases usando el método de Fisher (Saporta, 1980).

De esta forma, el proceso de construcción del índice consistió en dos secciones. La primera, o prediagnóstico, tuvo por finalidad obtener el

historial de la finca, basado en las entrevistas con los productores, colección de información secundaria y verificación *in situ* de la situación productiva de la finca a través de la aplicación de indicadores de producción. La segunda sección fue el diagnóstico propiamente dicho, en el cual se usaron minicalicatas como medio para la obtención de los datos de campo, aplicando y midiendo todos los indicadores para el estudio de la parte física, química y biológica del suelo.

Cuadro 1. Fincas bananeras muestreadas en cuatro países para la elaboración del índice de calidad y salud de los suelos (siglas entre paréntesis)

Costa Rica	Panamá	República Dominicana		Venezuela
		Orgánicas	Convencionales	
Calinda (CAL)	Margarita (MR)	Máximo Blanco (MB)	Rafael Castillo (RC)	Banaoro1 (B1)
Las Juntas (JUN)	Los Angeles (LA)	Fco. Madera (FM)	Alejandro Berges (AB)	Banaoro2 (B2)
Cartagena (CRT)	Mango (MG)	Rosa Ferreira (RF)	Angel Regalado (AR)	Kambuca1 (K1)
San Pablo (PAB)	Balsas (BL)	Finca Fernández (FF)	Cerro Gordo (CG)	Kambuca2 (K2)
El Esfuerzo (ESF)	Palo Blanco (PB)	Finca Rainieri (FR)		Punta Larga1 (P1)
Palo Verde (VER)	Higuito (HG)	Julio Peña (JP)		Punta Larga2 (P2)
	Caoba (CB)	Darío Vargas (DV)		San Mateo (SM)
	Jagua (JG)	Finca Palo Verde (PV)		Señor Paz (SP)
	Javillo (JV)			Señor Charles (SC)
	San Antonio (SA)			
	Santa Cecilia (SC)			

Una vez terminado el prediagnóstico y ubicados los sitios de muestreo, se procedió a ejecutar el diagnóstico. Cada sitio tuvo un tamaño aproximado de 4 ha y en cada una de las áreas se delimitaron cuatro parcelas de 1000 m² (aproximadamente 20 x 50 m cada una) donde se calculó la densidad poblacional y luego se identificaron 20 plantas de las últimas tres cintas cercanas a cosecha para la determinación de los parámetros de producción; para un total de 80 plantas en las 4 ha. A las plantas seleccionadas se les tomaron datos de altura de planta, circunferencia del pseudotallo de la planta madre y número de manos; que son los indicadores de la producción. En cada una de las áreas identificadas, se abrieron cuatro minicalicatas (una por hectárea), cada una con una dimensión de 60 x 60 cm.

Finalizado el diagnóstico los datos colectados fueron organizados y analizados usando una metodología integradora (Figura 1). La selección de los indicadores más significativos se hizo, en primer lugar, con base en regresiones lineales, utilizando la producción como indicador a explicar. Seguidamente, se realizó un análisis en componentes principales (ACP) con el objetivo de

describir las principales correlaciones entre variables y sitios de muestreo.

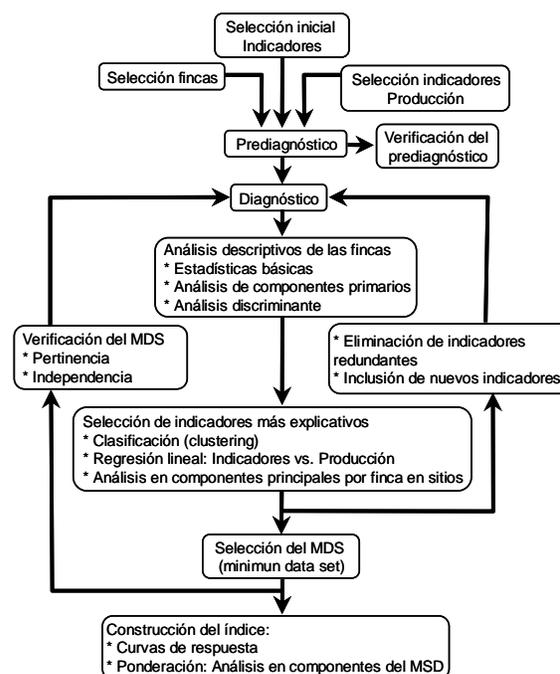


Figura 1. Proceso de diseño, prueba y selección de indicadores

Con estos indicadores se hicieron pruebas de pertinencia para reevaluar el poder explicativo de los indicadores seleccionados, de completud para evaluar que todas las clases estuvieran bien representadas con base en una clasificación automática del tipo análisis de conglomerados (Diday et al., 1982), y de independencia de los indicadores mediante el examen de la matriz de correlaciones, para evitar redundancias. De esta forma, se obtuvo un conjunto mínimo de datos (CMD).

Cada indicador del CMD entró al índice matemático con un peso y una curva de respuesta. El peso fue estimado a partir de la importancia del indicador correspondiente en las primeras componentes principales del análisis con las variables del CMD. Por su parte, la curva de respuesta se construyó mediante contrastes con los rangos observados en los datos. Así, se obtuvo un índice para describir la calidad del suelo para cada país a partir de un grupo de indicadores.

Para la construcción del índice se consideró un índice de tipo aditivo (Andrews et. al., 2004):

$$Indice = \sum_{i=1}^K peso_i f_i(x_i)$$

donde K es el número de indicadores en el MDS, $peso_i$ es el peso del indicador i , f_i es la curva de respuesta que corresponde al indicador i , y x_i es el valor del indicador i del lugar que se quiere evaluar. Es decir, para cada valor de los indicadores x_1, x_2, \dots, x_K del MDS el índice tiene un valor entre 0 y 1, interpretándose el 1 como la mejor calidad y salud de dicho suelo.

Para determinar la curva de respuesta se evaluaron los tipos de curva logística, campana y asintótica (Wolfram, 1996). Las curvas de respuesta indicaron el comportamiento del indicador, considerándose muy buen comportamiento si el valor era cercano 1 y muy malo para valores cercanos a 0 (Cuadro 2).

Debido a que los indicadores presentes en el CMD de cada país tuvieron diferente contribución al poder explicativo de las variables de producción, se determinó esta contribución mediante la comunalidad de cada indicador (Joliffe, 2004), es decir, la suma de las correlaciones al cuadrado con los componentes principales con varianza mayor que 1. Esta comunalidad, normalizada entre la suma de las comunalidades, fue usada como ponderación del

indicador respectivo en la construcción del índice.

Cuadro 2. Valoración del índice de calidad y salud de suelo bananero

Valor del indicador	Interpretación
0 y 0,1	Pobre
0,1 y 0,35	Regular
0,35 y 0,65	Bien
0,65 y 0,85	Muy bien
0,85 y 1,0	Excelente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto el análisis en componentes principales de la categorización de los sitios de buena y pobre producción, el cual mostró inercias superiores al 90 % en el primer componente principal, como la prueba de Fisher (Saporta, 1980) indicaron que fue acertada la clasificación inicial dada por el productor y que sirvió de base para la construcción del índice. Asimismo, la revisión de los indicadores que formaron el CMD mediante análisis de conglomerados, o clasificación automática, y examen de la matriz de correlaciones mostró la pertinencia de las variables escogidas, así como su independencia.

Por otra parte, se encontró que las variables explicativas de la discriminación (circunferencia de la madre, altura del hijo, número de manos) son bastante diferentes de país a país, por lo que no hubo consenso explicativo para todos ellos ya que los rangos de valores difieren significativamente dependiendo de cada país. Por esto, se procedió a definir los índices de calidad y salud individualmente por país, dada la imposibilidad de desarrollar un índice general. Además, debido a las notables diferencias en los valores entre las fincas orgánicas y las fincas convencionales en República Dominicana, en este país se consideró apropiado subdividir el análisis entre estos dos tipos de fincas.

En el Cuadro 3 se presenta el tipo de curva y el valor de los coeficientes para cada uno de los indicadores presentes en los CMD. Los índices muestran valores entre 0 y 1, interpretándose el 1 como la mejor calidad y salud de dicho suelo, lo que permitió constatar que la aplicación de éstos sobre los datos observados efectivamente discriminó los sitios buenos de los sitios pobres.

La ponderación mediante la comunalidad (Joliffe, 2004) de cada indicador presente en el

CMD mostró los diferentes grados de contribución de cada país en la construcción del índice (Cuadro 4). Se identificaron 17 indicadores para Costa Rica, 13 indicadores para Panamá, 11 indicadores para sistemas de producción orgánica y 11 de producción convencional para República Dominicana, y 11 para Venezuela.

Dado que una alta comunalidad demuestra que

el indicador es importante para el análisis del país respectivo, se deduce que entre los indicadores más importantes para Costa Rica se pueden mencionar pH, L-bat y PhosRet, para Panamá IndMiner, MO y % arena, para República Dominicana orgánica Ca y % arena, para República Dominicana convencional RM-Total, y para Venezuela Cu.

Cuadro 3. Tipos de curva de respuesta y valores de los coeficientes por indicador seleccionado para todos los países en estudio

Indicador	Media	Coeficientes		Tipo de curva
		m	b	
pH	6	0,094	1,456	Campana
EA	0,75	-40	0,500	Cúbica decreciente
Ca	15	0,303	-4,551	Logística decreciente
Mg	4,15	0,04080	1,456	Campana
K	0,8	122.368	1,456	Campana
Cu	3,5	0,09440	1,456	Campana
Ca/K	21	0,00200	1,456	Campana
% arena	45	0,0000478	1,456	Campana
Water-infil	10,5	0,001	1,456	Campana
Pen-res	0,2	-20,22900	1,456	Logística decreciente
MO	2	3	-6,069	Logística creciente
RM-Total	350	0,01	-3,540	Logística creciente
IndMiner	0,6	298.751	1,456	Campana
BiomasaMO	5,5	1	-3,338	Logística creciente
PR	35	0,3034	10,620	Logística creciente
RT	105,0	0,101	-10,620	Logística creciente
L-Rad.s	6000	0,0000000000	0,500	Logística decreciente
NVL-tot	145	0,101	-1,467	Logística creciente
NVL-bacter	15	0,3034	-4,551	Logística creciente
% fitonem	65	-0,303	19,723	Logística decreciente
Hel.m	625.000	-0,006000	3,448	Logística decreciente
Trichod	5	2	-7,586	Logística creciente
Ot-fung	4,5	1,011000	-4,552	Logística creciente
MA-tot-anim	115.000	0,0430000	-4,985	Logística creciente
MA-tot-fam	7	0,759	-5,310	Logística creciente

EA: acidez intercambiable; **Ca-Mg-K-P-Cu:** contenidos de calcio, magnesio, potasio, fósforo y cobre, respectivamente; **PhosRet:** retención de fósforo; **Water-inf:** infiltración de agua; **Pen-res:** resistencia a la penetración; **MO:** materia orgánica; **RM-Total:** respiración microbiana total; **IndMiner:** índice de mineralización; **BiomasaMO:** biomasa de materia orgánica; **PR:** peso radical; **RT:** Raíz total; **L-Rads:** total *Radopholus similis*; **NVL-tot:** total nemátodos vida libre; **NVLgen:** géneros de nemátodos de vida libre; **NVL-bacter:** total nemátodos de vida libre bacteriófagos; **% fitonem:** porcentaje de fitonemátodos; **NVLfuNAP:** nemátodos de vida libre fungívoros y no asociados a plantas; **Hel.m:** total *Helicotylenchus multicinctus*; **L-bat:** total bacterias; **Trichod:** población de *Trichoderma*; **% Trichod:** porcentaje de *Trichoderma*; **L-fung:** total hongos; **Fusar:** total *Fusarium*; **Ot-fun:** otros hongos; **MA-tot-anim:** total microartrópodos; **MA-tot-fam:** total familias microartrópodos

En el Cuadro 5 se muestra el valor calculado del índice de calidad y salud de los suelos para el CMD en cada finca. Se observa que en la gran mayoría de los casos, los mayores valores del índice correspondieron a los sectores de las fincas

clasificadas como de buena producción, lo cual demuestra la confiabilidad del índice para discriminar entre zonas de alta y baja productividad en las plantaciones bananeras. En los casos en que los índices no lograron contrastar

los sitios buenos de los sitios pobres podría atribuirse a que en esas fincas los indicadores seleccionados no eran tan contrastantes para lograr una diferenciación precisa como en otras fincas.

Cuadro 4. Ponderaciones de los indicadores para Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Venezuela

Indicador	Costa Rica		Panamá		República Dominicana				Venezuela	
	Comun.	Peso %	Comun.	Peso %	Orgánica		Convencional		Comun.	Peso %
					Comun.	Peso %	Comun.	Peso %		
pH	0,858	7,70	0,806	8,1	0,756	10,60	0,861	9,90	0,486	6,30
EA	0,689	6,20	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	0,693	7,0	0,812	11,40	-	-	-	-
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	0,783	10,20
P	0,633	5,70	-	-	-	-	-	-	-	-
PhosRet	0,825	7,40	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-	-	0,666	6,7	-	-	0,824	9,50	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	0,814	9,40	0,886	11,50
Ca/Mg	-	-	-	-	0,786	7,00	-	-	-	-
Ca/K	0,786	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/K	0,663	5,90	-	-	-	-	-	-	-	-
% arena	-	-	0,848	8,5	0,835	11,70	0,918	10,60	0,782	10,20
Porosity	0,676	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Water-inf	0,477	4,30	-	-	0,513	7,20	-	-	-	-
Pen-res	0,791	9,10	-	-	-	-	-	-	0,809	10,60
MO	-	-	0,872	8,8	0,786	11,00	-	-	-	-
RM-Total	-	-	0,772	7,8	0,662	9,30	0,863	10,00	0,602	7,90
IndMiner	0,567	5,10	0,898	9,0	-	-	0,851	9,80	-	-
BiomasaMO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,590	7,70
PR	0,664	5,90	-	-	-	-	-	-	0,712	9,30
RT	-	-	0,672	6,8	0,582	8,20	0,794	9,20	-	-
L-Rad.s	0,551	4,90	0,772	7,8	-	-	-	-	-	-
NVL-tot	-	-	0,689	6,9	-	-	-	-	0,822	10,70
NVLbacter	-	-	-	-	-	-	-	-	0,820	10,70
NVLgen	0,756	6,80	-	-	-	-	-	-	-	-
NVLfuNAP	0,306	2,70	-	-	-	-	-	-	-	-
% fitonem	0,783	7,00	0,758	7,6	-	-	-	-	-	-
Hel.m	-	-	-	-	0,388	5,40	0,751	8,70	-	-
L-bact	0,853	7,60	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichod	-	-	0,700	7,0	-	-	-	-	-	-
% Trichod	-	-	-	-	-	-	-	-	0,379	4,90
Fusar	-	-	-	-	0,605	8,50	-	-	-	-
L-fung	0,653	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-
Ot-fung	-	-	-	-	0,401	5,60	0,536	6,20	-	-
MA-tot-anim	0,462	4,10	-	-	-	-	0,657	7,60	-	-
MA-tot-fam	-	-	0,804	8,1	-	-	-	-	-	-
	11	100	9,949	100	7	100	9	100	8	100

Comun.: Comunalidad

La confiabilidad del índice se muestra, a manera de ejemplo, para la finca Margarita de Panamá (MR) ya que al aplicarlo se obtuvo un valor de 0,55 para el sitio bueno (MRb) y 0,37

para el sitio pobre (MRp). Al discriminar por indicador, la Figura 2 muestra que para el sitio bueno se tiene un resultado de *Muy bien* en pH, % arena y respiración microbiana; *Bastante bien* en

potasio, total de raíces, nemátodos de vida libre, fitonemátodos (%) y población de *Trichoderma*; *Regular* en *Radopholus similis*; y *Mal* en calcio, índice de mineralización y MO.

Cuadro 5. Índice de calidad y salud de los suelos por país y finca

Costa Rica	Índice	Panamá	Índice
CALb	0,61	MRb	0,55
CALp	0,53	MRp	0,37
JUNb	0,52	LAB	0,47
JUNp	0,51	LAp	0,45
CRTb	0,62	MGb	0,64
CRTp	0,61	MGp	0,50
PABb	0,52	BLb	0,56
PABp	0,53	BLp	0,44
ESFb	0,63	PBb	0,56
ESFp	0,53	PBp	0,59
VERb	0,72	HGb	0,47
VERp	0,62	HGp	0,46
<hr/>			
Rep. Dominicana			
Orgánica			
	Índice		
MBb	0,56	JGb	0,64
MBp	0,32	JGp	0,60
FMb	0,50	JVb	0,51
FMp	0,46	JVp	0,57
RFb	0,26	SAb	0,44
RFp	0,29	SAP	0,37
FFb	0,58	SCb	0,72
FFp	0,52	SCp	0,52
FRb	0,62		
FRp	0,42	Venezuela	Índice
JPb	0,51	B1b	0,71
JPp	0,55	B1p	0,63
DVb	0,51	B2b	0,67
DVp	0,42	B2p	0,71
PVb	0,53	K1b	0,64
PVp	0,37	K1p	0,68
		K2b	0,58
		K2p	0,41
		P1b	0,29
Rep. Dominicana		P1p	0,43
Convencional	Índice	P2b	0,4
RCb	0,61	P2p	0,36
RCp	0,56	SMb	0,74
ABb	0,57	SMp	0,44
ABp	0,40	SPb	0,74
ARb	0,55	SPp	0,35
ARp	0,45	SCb	0,69
CGb	0,60	SCp	0,67
CGp	0,44		

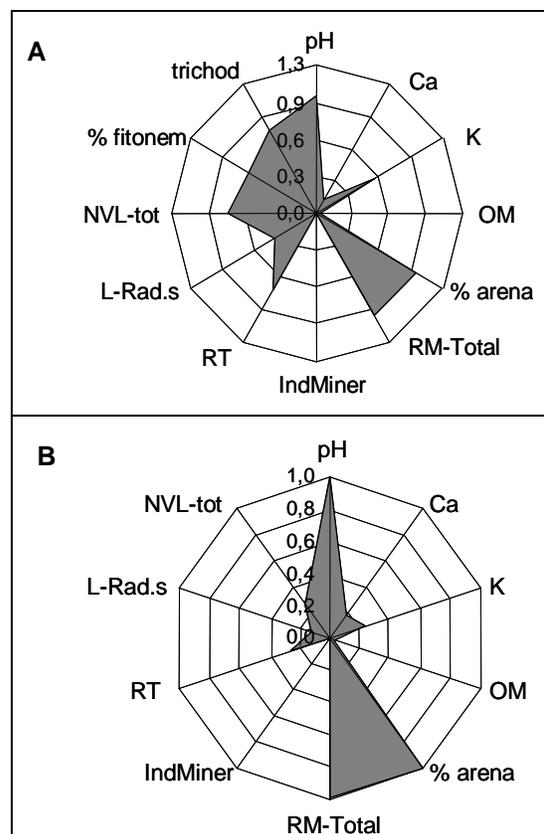


Figura 2. Representación radial de la calidad y salud de suelo del sector bueno (A) y pobre (B) de la finca Margarita (MR) en Panamá

CONCLUSIONES

Se encontró que las variables explicativas de la discriminación (circunferencia de la madre, altura del hijo, número de manos) son bastante diferentes de país a país y no hubo consenso explicativo para todos ellos. Los análisis preliminares de correlaciones indicaron que los rangos de valores difieren significativamente dependiendo de cada país por lo que se definieron los índices de calidad y salud individualmente por país, dada la imposibilidad de desarrollar un índice general. Además, debido a las notables diferencias en los valores entre las fincas orgánicas y las fincas convencionales en República Dominicana, en este país se subdividió el análisis entre estos dos tipos de fincas.

El índice de calidad y salud de suelos bananeros desarrollado para cada uno de los países participantes estuvo basado en los indicadores químicos, físicos y biológicos más representativos de las condiciones propias de cada

uno de los sistemas de producción estudiados. No se encontraron indicadores globales que pudieran aplicarse a todos los sistemas de producción de manera específica, ya que varían de acuerdo a las condiciones de cada país y localidad.

Se identificaron 17 indicadores para Costa Rica, 13 indicadores para Panamá, 11 indicadores para sistemas de producción orgánica y 11 de producción convencional para República Dominicana y 11 para Venezuela. Los indicadores seleccionados son confiables para diferenciar sectores buenos y pobres de las fincas.

AGRADECIMIENTO

A las instituciones y personal técnico-científico de: Bioversity International, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); Corporación Bananera Nacional (CORBANA), Costa Rica; Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela; Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), Panamá, y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), República Dominicana. A FONTAGRO por su apoyo financiero. A la Universidad de Costa Rica por la colaboración de su personal en las Facultades de Matemáticas, Biología y Agronomía.

LITERATURA CITADA

- Andrews, S.S., D.L. Karlen y C.A. Cambardella. 2004. The Soil Management Assessment Framework: a Quantitative Soil Quality Evaluation Method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1945-1962.
- Carter, M.R., E.G. Gregorich, D.W. Anderson, J.W. Doran, H.H. Janzen y F.J. Pierce. 1997. Concepts of soil quality and their significance. *In: Gregorich y Carter (eds.) Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health.* Elsevier. Amsterdam. pp. 1-20.
- Diday, E., J. Lemaire, J. Pouget y F. Testu. 1982. *Éléments d'Analyse des Données.* Dunod. Paris.
- Doran, J.W. y M.R. Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.
- FAO.2007. Top production plantains. <http://faostat.fao.org/site/> (consulta del 5/4/10).
- Gauggel, C.A., F. Sierra y A. Arévalo. 2005. The problems of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. *In: Turner y Rosales (eds.). Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management.* INIBAP, Montpellier. pp. 13-22.
- Joliffe, I.T. 2004. *Principal Component Analysis.* Springer. New York
- Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Haeris y G.F. Schumann. 1997. Soil quality and framework for evaluation. *Soil Sciences Society of America Journal* 61: 4-10.
- Pattison, T., K. Badcock, S. Lindsay, A. Armour, R. Velupillai, P. Moody, L. Smith, L. Gullino y J. Cobon. 2004. Banana root and soil health project-field workbook. Dept. Primary and Fisheries. Queensland, Australia. 15 p.
- Roming, D.E., M.J. Garlynd, R.F. Harris y K. McSweeney. 1995. How farmers assess soil health and quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 50: 229-236.
- Rosales, F.E., L.E. Pocasangre, J. Trejos, E. Serrano y W. Peña. 2008. Guía de diagnóstico de la calidad y salud de suelos. *In: E. Rosales (ed.) Bioversity International, Montpellier.* 79 p.
- Saporta, G. 1980. *Théorie et Méthdes de la Statistique.* Technip, Paris.
- Serrano, E. 2005. Relationship between functional root content and banana yield in Costa Rica. *In: Turner y Rosales (eds.). Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management.* INIBAP, Montpellier. pp. 142-148.
- SSSA. 1994. *Soil Science Education: Philosophy and Perspectives.* Soil Science Society of America (SSSA). Special publication 7. Madison, Wi. (s/n)
- Wolfram, S. 1996. *The Mathematical Book.* Cambridge University Press, Cambridge.