

Valoración de algunos grupos funcionales microbianos en parcelas de cítricos en periodo de reconversión*

Ma. Julia GARCÍA**, Marcia MEDINA**, Gladys del VALLIN*** y Ana C. VELAZCO**

ABSTRACT. In general, citriculture under reconversion is in areas that have been heavily exploited (high-input technologies) with the ultimate aim of obtaining large yields and high fruit quality. As a result, soil fertility is lost, acidity increases and there is a considerable loss of organic matter, reduction of structure stability and a decrease of soil macro- and microorganisms which are responsible for making organic matter available. Therefore, deterioration of the edaphic system sets in. In this paper, some structural groups of important microorganisms are assessed (total heterotrophic and phosphorus-solubilizing microorganisms, actinomycetes, total fungi, ammonium-yielding, cellulolytic and nitrogen-fixing microorganisms) in a citriculture of a commercial stock of *Citrus* (*C. sinensis* (L.) Osbeck grafted on *C. aurantium* L.) after 23 years of cultural exploitation. Starting in 1999, parcels for reconversion were established and in 2000 and 2001 assessments of microorganisms were carried out. Functional groups were assessed using conventional lab culture techniques and microbiological counting. Results show that functional groups kept adequate values for plantation parcels and there was an increase (10^3) in phosphorus-solubilizing microorganisms compared to the first counting. This could be due to an increase in organic matter and applications of biofertilizers having phosphorus-solubilizing microorganisms, which contribute to rise levels of soluble phosphorus in the soil. According to these results, it is predicted that, from a microbiological standpoint, functional groups have a favorable influence on the recovering of soil biological activity.

KEYWORD. Functional groups, edaphic microbiota, reconversión.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el recurso natural esencial que interactúa con las comunidades de plantas, animales y microorganismos (Pimental *et al.*, 1992), por lo que constituye un recurso crítico para el mantenimiento de cualquier ecosistema que se pretenda manejar con efectividad, de ahí la necesidad de su inclusión en cualquier discusión relacionada con la sostenibilidad (Papendick y Parr, 1992).

La calidad del suelo puede definirse como su capacidad para funcionar de una forma deseable para la producción de cultivos y animales saludables, resistir la erosión y minimizar los impactos ambientales (Parr *et al.*, 1992). Esta se mide a partir de los componentes físicos, químicos y biológicos que lo forman y sus interacciones (Kennedy y Smith, 1995). Hasta hace pocos años, el mayor énfasis en las investigaciones sobre la calidad del suelo se basaba en sus características físicas y químicas, (Arshad y Coen, 1992), debido a que la evaluación de la fracción biológica resulta mucho más compleja de cuantificar, tanto por los recursos necesarios, como por la interpretación de los resultados que se obtengan en dicha evaluación.

No obstante, las investigaciones sobre los aspectos microbianos que condicionan la calidad del suelo se incrementaron a partir de la pasada década (Hatfiel y Stewart, 1994; Turco *et al.*, 1994), sobre la base de que resulta imperativo lograr un aumento de nuestros conocimientos, acerca de la microbiología del suelo, como parte del manejo sostenible de los sistemas agrícolas, ya que resulta muy probable que los nutrientes son factores limitantes en los diferentes tipos de suelos y que tales factores pueden cambiar con el tiempo (Aldén *et al.*, 2001).

Generalmente, las plantaciones de cítricos en reconversión provienen de áreas que han sido sometidas a una explotación intensiva (tecnologías de altos insumos) con el fin de elevar los rendimientos y la calidad comercial. Debido a ello, ocurre

una pérdida de la fertilidad de los suelos, por lo que se manifiesta entre otros factores limitantes, una elevada acidez, considerable pérdida de la materia orgánica, reducción de su estabilidad estructural, así como de los microorganismos del suelo, que actúan en la transformación de la materia orgánica, todo lo cual demuestra que existe un gran deterioro del sistema edáfico.

Al inicio durante este período, casi siempre disminuyen los rendimientos, debido a que los árboles están adaptados a recibir los nutrientes de los fertilizantes químicos con alta concentración y solubilidad, por lo que en este proceso deben ser asimilados del suelo y de los productos orgánicos cuya transformación es más lenta. En el tiempo que dura la reconversión, se recupera paulatinamente la fertilidad biológica del suelo, para que las plantas tomen de éste y de los fertilizantes orgánicos los nutrientes necesarios, para su desarrollo y lograr alcanzar su estabilidad productiva.

El objetivo del presente trabajo es demostrar la recuperación de la fertilidad biológica del suelo y la calidad de la fruta a través de la evaluación de los principales grupos funcionales microbianos del suelo, en parcelas cítricas, durante el período de reconversión.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en áreas pertenecientes a la Empresa de Cítricos "Ceiba del Agua," en La Habana, se realizaron dos evaluaciones, a partir del segundo año del período de reconversión (2000), y la segunda se realizó en el 2001, en cuatro parcelas seleccionadas (28, 29, 30, y 32). El suelo de las áreas evaluadas corresponde a un Ferralítico Rojo compactado equivalente a un Oxisol, según FAO-UNESCO, (Hernández *et al.*, 1999), de fertilidad natural P_3K_3 , (Muñiz, 1990), pH ligeramente ácido, altos contenidos de fósforo y potasio asimilable, adecuadas concentraciones de materia orgánica y magnesio, según se aprecia en la Tabla 1.

*Manuscrito aprobado en Septiembre del 2002.

**Instituto de Ecología y Sistemática, A. P. 8029, C. P. 10800, La Habana, Cuba.

*** Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical Ave. 7ma. e/ 30 y 32. Playa. La Habana, Cuba.

Tabla 1. Características químicas del suelo.

Prof. (cm)	pH (KCl)	MO (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Fertilidad
			mg .kg ⁻¹	mg .kg ⁻¹	Cmol ⁺ . kg ⁻¹	
0-30	5.9	3.8	36.42	24.92	6.86	P ₃ K ₃

En 50 hectáreas de naranja Valencia late (*Citrus sinensi* L Osbek) injertadas sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) de 23 años de explotación con altos insumos, en 1999 se inició el proceso de reconversión. Al comienzo del proceso las plantaciones promediaban un rendimiento de 20.82 t ha⁻¹, y presentaban buen estado nutricional, así como un contenido satisfactorio de nitrógeno (2.32 %), fósforo (0.15 %) y potasio (0.78 %).

Durante el período, la ocurrencia de precipitaciones totales, logró satisfacer el abastecimiento del cultivo, pero su distribución no fue la más adecuada, ya que no se cubrían las necesidades hídricas, en los períodos de mayor demanda (floración, cuajado y crecimiento del fruto). Al inicio del proceso el área fue inspeccionada y certificada por la Empresa BIOINSPECTA, con vistas a la producción de jugo simple orgánico para su comercialización en la Unión Europea. La fertilización orgánica orientada fue de 10 t ha⁻¹ de compost, y la aplicación de 40 L ha⁻¹ de *Azotobacter* (50 % foliar y 50 % al suelo) y 20 L ha⁻¹ de un fosfolubilizador (Fosforina), como biofertilizantes. En los dos primeros años no se fertilizó el área, por dificultades en la producción de compost, en el segundo año se aplicó *Azotobacter* y Fosforina y en el 2002 se aplicaron además, las 10 t ha⁻¹ de compost (base cachaza y estiércol) y se realizó la aspersión foliar de sulfato de zinc y manganeso a razón de 4 Kg ha⁻¹.

Como parte del Plan de Conversión establecido y para estudiar el aporte de nutrientes se intercalaron en algunas calles leguminosas forrajeras (*Clitorea ternatea* L. y *Stilosanthes guianensis* CIAT-184 var. *robusta*-Mannetje) y se evaluó su comportamiento. Además, se sembró debajo de algunos árboles, *Arachis pintoii* (actualmente en desarrollo). Se dejaron cortinas naturales y se sembraron frutales, en un 7% del área para incrementar la biodiversidad en el ecosistema.

Inicialmente, se realizó un análisis agroquímico del suelo y durante dos años (2000 y 2001) se realizaron determinaciones

de algunos grupos fisiológicos principales de la microbiota edáfica, presentes en parcelas en periodo de reconversión, ya que del total de parcelas evaluadas, se seleccionaron cuatro (28, 29, 30 y 32) para realizar el análisis microbiológico en los dos años señalados anteriormente. En el caso de la parcela 29 en la segunda evaluación realizada, se analizaron dos áreas, una de las cuales se encontraba sembrada con leguminosas.

Los muestreos foliares se realizaron en hojas de terminales fructíferas, de 7 meses de edad (Chapman, 1968) y se determinó el porcentaje de N, P, K, Ca, Mg, así como los microelementos (Zn, Mn, Cu y Fe) MINAG,1985. Anualmente, a partir del mes de enero hasta la cosecha, se realizó la toma de muestras de frutas para la determinación de la calidad externa e interna (Peso, % jugo, Sólidos solubles totales, % de acidez y ratio) por las técnicas del MINAG, 1985. La cosecha se realizó en el mes de marzo cuando el jugo alcanzó las especificaciones de calidad exigidas por el cliente.

Para el análisis microbiológico, se tomaron muestras de suelos hasta 10 cm de profundidad cercanas a la rizosfera de las plantas. Para determinar la humedad las muestras fueron secadas hasta peso seco constante a 70°C. Las determinaciones microbiológicas se realizaron mediante la técnica de las diluciones seriadas cuantitativas, desde la dilución 10⁻¹, hasta 10⁻¹⁰, a partir de 1 g de suelo. Para la determinación de los heterótrofos totales (microbiota total) y de los microorganismos presentes en los grupos funcionales objetos de estudio, se emplearon los medios selectivos (Tabla 2), y la siembra se realizó a través de los métodos microbiológicos convencionales.

La cuantificación en los medios sólidos se realizó por el método del conteo de viables y en el caso de los semi-sólidos y líquidos se empleó el Método del Número más Probable (MNP). Se sembraron para cada grupo funcional, tres réplicas por cada dilución, los datos se procesaron por los métodos estadísticos de análisis de varianza de clasificación simple y en aquellas variables donde hubo significación se les sometió a la prueba de comparación de medias, según el Test de Rangos Múltiples de Duncan.

Tabla 2. Grupos fisiológicos microbianos estudiados. Leyenda: (1) Herrera Guirola (1985), (2) Pochón y Tardieux (1962), (3) Watanabe y Barraquio (1979), (4) Pikovskaya (1948).

Grupo Fisiológico	Selectividad	Medio de Cultivo	Condiciones de cultivo		
			pH	Temp (°C)	Tiempo de incubación (h)
Bacterias Heterótrofas Totales	Heterotrofia	Agar Nutriente	7.0	37	48
Hongos Totales	Heterotrofia	Czapek (1)	5.5	37	72
Actinomicetos Totales	Heterotrofia	Agar Caseína-Almidón (2)	7.0	37	72
Celulolíticos aerobios Totales	Celulosis	Medio de celulolíticos (2)	6.5	30	96-240
Diazótrofos Totales	Diazotrofia	Watanabe (3)	6.8-7.2	37	120-168
Solubilizadores de Fósforo Inorgánico	Fosfo-solubilización	Pikovskaya (4)	7.0	30	72

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 3 y 4 se muestran los resultados obtenidos en la primera y segunda evaluación, en la cual los valores más elevados de los heterótrofos totales (microbiota total) se observaron en las parcelas 29, 30 y 28, la parcela 32 presentó valores inferiores al resto de las evaluadas. Comparando estos resultados con la segunda evaluación realizada se observa una disminución en la población microbiana presente, sobre todo en la parcela 30, comparada con la anterior evaluación de esta parcela que fue muy superior a estos resultados, esto puede deberse a la época del año (seca), si se tiene en cuenta las pocas precipitaciones ocurridas en la zona, en ese periodo, por lo que puede existir una tendencia a la disminución de las poblaciones en estudio. No obstante los valores obtenidos en ambas evaluaciones, están acordes con los índices que se obtienen para parcelas en cultivo, (Velazco, 2001).

Teniendo en cuenta que los microorganismos heterótrofos poseen gran diversidad metabólica, son capaces de utilizar gran variedad de substratos y pueden realizar diversas funciones fundamentales en el suelo, por lo cual las variaciones numéricas en las poblaciones pueden estar dadas por los cambios en la actividad biológica del mismo.

Los resultados obtenidos con los microorganismos solubilizadores de fósforo en la primera evaluación arrojaron que se encontraron presentes en el orden de ($\times 10^2$), pero sin

diferencias significativas entre las parcelas estudiadas, sin embargo ya en la segunda, los mayores valores se alcanzaron en las parcelas 28, 29 con y sin leguminosas, en el orden de 10^4 . Con relación a los resultados obtenidos en la anterior evaluación, donde los mismos se encontraban deprimidos, en la segunda evaluación se observa un aumento de la presencia de estos microorganismos, lo que conlleva a inferir que la actividad solubilizadora se ha incrementado por el aumento de la materia orgánica en el suelo, así como puede existir un aumento del fósforo solubilizado por estos microorganismos, debido fundamentalmente a la aplicación del biofertilizante compuesto por microorganismos solubilizadores de fósforo (Fosforina), además de la aplicación de otros métodos de agricultura orgánica, realizados en las parcelas estudiadas.

Debido a que el fósforo constituye el segundo elemento esencial para el desarrollo vegetal (Bielecki, 1973) y es uno de los más importantes entre las características químicas del suelo por su papel en la transferencia de energía (Goldstein, 1986), este grupo microbiano juega un papel esencial para el aporte de este nutriente a las plantas. Se conoce también que la actividad microbiana es un factor fundamental en el ciclo del fósforo orgánico (Stewart y Sharpley, 1987; Stewart y Tiessen, 1987) y se ha detectado un amplio rango de microorganismos que son capaces de solubilizar el fósforo presente en los suelos (bacterias, hongos, actinomicetos, etc).

Tabla 3. Valores promedios de las poblaciones de grupos funcionales estudiados en parcelas de reconversión, expresados en UFC/g suelo seco, (logx).

Año	Parcelas	Microbiota Total (10^7)	Solub. Fósforo (10^2)	Actinomicetos (10^6)	Hongos Totales (10^4)	Amonificantes (10^4)	Celulolíticos (10^4)	Fijadores de Nitrógeno (10^4)
2000	I	8.55 a [^]	2.52 c	7.83 a	4.73 b	5.36 a	4.48 b	5.87 a
	II	8.70 a	2.32 c	7.64 a	5.79 a	5.13 a	4.45 b	5.87 a
	III	6.76 bc	2.57 c	6.59 b	4.85 b	5.96 a	4.88 a	5.36 ab
		(10^6)	(10^4)	(10^5)				
2001	I	6.90 b	5.61 a	6.40 b	5.33 ab	5.17 a	5.64 a	5.9 a
	II	5.45 d	3.77 b	4.41 c	3.0 c	3.41 bc	4.65 b	4.27 b
	III	6.34 c	3.53 b	4.28 c	3.0 c	4.66 ab	4.24 b	4.18 b
	EE	0.1755*	0.2484*	0.1618*	0.2456*	0.273*	0.1983*	0.1654*

[^] Medias con letras diferentes dentro de una misma columna, difieren significativamente a $P < 0.05$ por medio de una prueba de Duncan. EE error estándar de las medias). I, II y III – corresponden a las parcelas 28, 30 y 32 respectivamente.

Tabla 4. Valores promedios de las poblaciones de grupos funcionales estudiados en parcelas de reconversión con manejo agroecológico, expresados en UFC/g suelo seco, (logx).

Año	Parcelas	Microbiota Total	Solub. de Fósforo	Actinomicetos	Hongos Totales	Amonificantes	Celulolíticos	Fijadores de Nitrógeno
2000	IV	8.79 a [^]	2.0 c	6.71 a	4.26 c	5.2 a	5.76 a	5.33
2001	IV-1	6.03 c	5.0 a	6.4 b	5.43 a	4.01 b	5.04 b	5.44
	IV-2	7.81 b	4.72 b	6.23 c	4.56 b	3.89 b	5.04 b	5.49
	EE	0.577*	0.6816*	0.099*	0.2469*	0.28*	0.1705*	0.338 ns

[^] Medias con letras diferentes dentro de una misma columna, difieren significativamente a $P < 0.05$ por medio de una prueba de Duncan. EE error estándar de las medias). IV- parcela 29, IV-1 Parcela sin leguminosa; IV-2 sembrada con leguminosas.

En cuanto a los actinomicetos, los valores más elevados se encontraron en las cuatro parcelas en estudio, en la primera evaluación, en el orden de 10^6 , sin embargo los valores obtenidos en el 2001 fueron menores que en la anterior, pero este comportamiento es adecuado para suelos cultivados. Los actinomicetos son microorganismos del suelo y numéricamente menos dominantes que otras poblaciones microbianas, pero más numerosas que las poblaciones fúngicas, dichos microorganismos han recibido una atención especial, debido a sus diversas funciones en los suelos relacionados con la descomposición de la materia orgánica, su contribución a la estructura, a través del ligamiento de sus hifas con las partículas del suelo y por la producción de antibióticos (Pereira, 2002). Numerosos estudios se han realizado para cuantificar las poblaciones de actinomicetos, Martínez y Chang, (1983) en los principales tipos de suelos de Cuba, en dos variantes: suelos cultivados y suelos sin cultivar, determinaron que este grupo representa entre el 3% y el 12% del total de microorganismos, siendo más abundantes en los suelos ligeros con características físicas favorables y un contenido de materia orgánica superior al 2%.

Los hongos totales evaluados en las tres parcelas 30, 32 y 28, presentaron valores superiores, comparado con la segunda evaluación, no obstante estos valores se obtuvieron, en el orden de 10^4 aunque fueron menores, son adecuados para parcelas cultivadas en este tipo de suelo. Sin embargo los resultados que se presentan en la Tabla 4 reflejan un incremento de estos microorganismos en las parcelas 29-1 y 29-2, con relación a dicha parcela evaluada en el 2000. Los hongos, como microorganismos heterotróficos, coexisten en el suelo con otros microorganismos, con los cuales compiten por el consumo de nutrientes liberados de los residuos de plantas, excretas y restos de animales, subsisten también gracias a otros microorganismos a través del micoparasitismo y de los exudados de las raíces (Barber y Lynch, 1977).

En cuanto a los amonificantes se observaron en el orden de 10^4 en las dos evaluaciones realizadas sin diferencias significativas entre parcelas, con excepción de que el menor valor se observó en la parcela 30, en la segunda evaluación, donde los mayores valores se encontraron en las parcelas 28 y 32. En cuanto a la evaluación de la parcela 29 (Tabla 4), los resultados obtenidos fueron superiores en el 2000, no así en el 2001 que se observa una ligera disminución en las dos parcelas, esto puede deberse al antagonismo que se puede provocar entre los diferentes grupos funcionales presentes en el suelo rizósferico. Estos resultados son adecuados por el manejo orgánico realizado a las parcelas estudiadas en periodo de reconversión.

Los valores de los microorganismos celulolíticos se encontraron en el orden de (10^4), siendo las parcelas 32 y la

29 (primera evaluación), así como la 28 en la segunda evaluación, las que presentaron mayores valores. Estos valores reflejan una actividad celulolítica adecuada por la presencia de hojarasca en el suelo, así como por el manejo orgánico realizado, este funcionamiento será superior en dependencia del tipo de cultivo o ecosistema que se evalúe. En suelos boscosos cubanos se han determinado alta incidencia de este grupo microbiano sobre la descomposición de la hojarasca en el suelo, Rodríguez *et al.* (1988). Así como en la rizosfera, los microorganismos celulolíticos juegan un papel fundamental en el proceso de degradación biológica de materiales celulósicos (Bayer y Lamed, 1992; Leschine, 1995; Tomme *et al.*, 1995).

Para los fijadores de nitrógeno los valores obtenidos en la primera evaluación fueron superiores, sin diferencias significativas entre parcelas, (Tabla 3), sin embargo en la segunda evaluación la parcela 28 reflejó un comportamiento superior al resto de las estudiadas. En cuanto a la valoración realizada en la parcela 29 (Tabla 4) tanto en el 2000 como en el 2001, a pesar que no se reflejan diferencias significativas, existe una tendencia al aumento de los valores sobre todo en aquella parcela (29.2) que se encontraba sembrada con leguminosas, lo que se infiere que se produce un incremento de la actividad nitrofixadora por parte de los microorganismos asociados a este cultivo. Si se tiene en cuenta que el proceso de fijación biológica del nitrógeno consiste en la reducción del dinitrógeno a amonio por mediación de la enzima nitrogenasa presente en estos microorganismos, y este evento proporciona una fuente importante de nitrógeno para los cultivos, (Socolow, 1999).

Los resultados de los análisis foliares se muestran en la Tabla 5, en la misma puede apreciarse que los valores son más bajos en comparación con los obtenidos al inicio de la conversión. En el año 2001, el nitrógeno y el manganeso se encontraban en el límite inferior de satisfactorio, el fósforo, potasio, calcio y magnesio adecuados, el zinc bajo y se hallaron valores bajos de cobre y adecuados de hierro, éste último característico de estos suelos. Esto pudiera deberse en primer lugar, por la respuesta a la aplicación de los biofertilizantes, que pueden producir un efecto estimulador en las plantas y en el funcionamiento de los microorganismos, sobre todo de los principales grupos fisiológicos estudiados, los cuales representan algunos de los indicadores biológicos presentes en la biota edáfica, que influyen en la calidad y recuperación del suelo; si se tiene en cuenta que durante dos años no habían recibido ningún tipo de fertilización, lo cuál no resulta suficiente para lograr rendimientos más elevados. Por otra parte, se deduce que para rendimientos tan bajos no fue necesario consumir la reserva de estos nutrientes.

Tabla 5. Concentraciones foliares de la naranja Valencia en parcelas en reconversión.

N %	P %	K %	Mg %	Ca %	Zn	Mn	Fe	Cu
					Ppm			
2001								
2.17	0.12	1.12	0.33	4.88	20.09	28.25	209.98	11.84
2002								
1.69	0.10	0.82	0.28	4.80	26.78	26.76	132.52	14.26

Durante el año 2002, el volumen de producción se elevó alrededor de 90 t, con relación al anterior (todavía bajos) y las plantas que aún no tenían cubiertas sus necesidades nutricionales tuvieron que emplear mayor cantidad de nutrientes en la producción, por lo que las concentraciones foliares se redujeron considerablemente, sobre todo en el caso del nitrógeno, el fósforo y el potasio. Después de la aplicación de los microelementos se incrementó ligeramente el zinc (que se elevó al rango de satisfactorio) y se produjo una ligera reducción del manganeso (dentro del mismo rango). Se elevó ligeramente el cobre y se redujo el hierro, aunque todavía se encuentra en la categoría de suficiente. Por lo que se infiere que esta desnutrición de las plantaciones pudo haber ocasionado un intenso ataque de hormigas cortadoras de hojas, que durante los primeros años produjeron una defoliación en los árboles, lo cual comenzó a controlarse a partir del año 2002 con la aplicación del medio biológico *Beauveria bassiana*.

En la Tabla 6, se presentan los resultados de los análisis de calidad de la naranja en los dos años de cosecha, en el área en reconversión y se comparan con los obtenidos en los campos colindantes que están sometidos a tecnologías de producción convencional. Como puede observarse, en los dos años, la fruta obtenida cumplió con las especificaciones de calidad del cliente, él que evaluó el jugo de excelente, aunque los sólidos solubles de esta región (por sus condiciones edafoclimáticas) son más bajos que en el resto de las regiones cítricas del país y el comportamiento de la acidez es más elevado. No obstante, en ambos años los índices de calidad de la fruta producida de forma convencional fueron inferiores a los de las plantaciones que se encuentran en el proceso de reconversión.

Aunque de forma preliminar se puede observar un decrecimiento en la actividad microbiana de algunos grupos funcionales evaluados, sin embargo se debe considerar de forma general, que la actividad biológica del suelo tiende a la recuperación, debido al incremento de las poblaciones de microorganismos solubilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno, los cuales aportan estos nutrientes considerados esenciales a través de la solubilización y la fijación de los mismos, contribuyendo de manera favorable al mantenimiento de las plantaciones cítricas. Estos grupos funcionales están caracterizados por la actividad fisiológica específica que desempeñan en el funcionamiento microbiológico del ecosistema, al estar relacionados fundamentalmente, con el manejo orgánico de estas parcelas, lo que conlleva a la obtención de mejores índices en los rendimientos, en la calidad de la fruta, así como en el mejoramiento de la fertilidad biológica del sistema edáfico en periodo de reconversión.

Tabla 6. Calidad de la naranja Valencia en las áreas en reconversión.

Peso (g)	% Jugo	% Acidez	% SST*	Ratio
Año 2001				
230.30	50.58	0.69	11.52	17.06
Año 2002				
222.17	54.13	0.58	12.30	21.34
Especificaciones de Calidad del cliente				
-			11	15-18
Fruta convencional -2002				
207.70	51.10	0.70	11.00	15.70

*SST- Sólidos Solubles Totales.

CONCLUSIONES

- ◆ Se produce una disminución en los heterótrofos totales y en los actinomicetos, en el tercer año de reconversión.
- ◆ Se mantienen con un comportamiento similar en los años evaluados los hongos totales, los amonificantes y los celulolíticos.
- ◆ Se observa un aumento de los microorganismos solubilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno, en las parcelas con manejo orgánico.
- ◆ Se observó que la reducción de los rendimientos ha sido motivada por la desnutrición de las plantaciones y la escasez de lluvias en los periodos de mayor demanda para el cultivo.
- ◆ Se obtuvo una fruta superior a la convencional con un jugo de excelente calidad.

RECOMENDACIONES

Sería recomendable continuar los estudios de los diferentes grupos funcionales de microorganismos presentes en las parcelas en reconversión estudiadas y de esta forma valorar la recuperación biológica que se va realizando en el ecosistema edáfico afectado.

REFERENCIAS

- Arshad M. A. y G. M. Cohen. 1992. Characterization of soil quality, physical and chemical criteria. *Ann. J. Alternative Agric.* 7, 25-31.
- Aldén, L., F. Demoling y E. Bååth. 2001. Rapid Method of Determining Factors Limiting Bacterial Growth in Soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(4): 1830-1838.
- Barver D.A. y J. M. Lynch. 1977. Microbial growth in the rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.* 9:305-308.
- Bayer E. A. y R. Lamed. 1992. The cellulose paradox: pollutant par excellence and or a reclaimable natural resource? *Biodegradation* 3, 171-188.
- Bielecki R. L. 1973. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Ann. Rev. Plant Physiol* 24: 225-252.
- Chapman, H. D. 1968. The mineral nutrition of citrus. *The Citrus Industry*. Berkeley; Univ. California. V: II. P 127-289.
- Goldstein A. H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: Historical perspective and future prospects. *American Journal of Alternative Agriculture*, Vol. 1, No. 2, 51-57.
- Hatfield J. L. y B. A. Stewart. 1994. Soil Biology. Effects on Soil Quality. *Adv. Soil Sci. Levns*. Publishers, Boca Raton, 169 p.
- Hernández A., J. M. Pérez, D. B. Infante, L. R. Ramos, E. C. Díaz et al. (1999): *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos. MINAGRI. La Habana, Cuba, 64 pp.
- Herrera A. L. 1985. *Manual de Medios de Cultivo*. Edit. Científico-Técnica, La Habana, p 154.
- Kennedy A. C. y K. L. Smith. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant and Soil*

- 170: 75-86.
- Leschine S. B. 1995. Cellulose degradation in anaerobic environments. *Ann. Rev. Microbiol.* 8, 237-299.
- Martínez A. e I. Chang. 1983. Características biológicas de los principales suelos de Cuba. III. Hongos y actinomicetos. *Ciencias de la Agricultura.* No. 15, 59-71.
- Ministerio de la Agricultura, 1985. *Manual de Interpretación de los índices físicos, químicos y morfológicos de los suelos cubanos.* Dirección General de Suelos y Fertilizantes. MINAG. Editorial Científico Técnica. La Habana p.136.
- Muñiz, O. 1990. *Registro de fertilidad de los suelos.* En: Instituto de Investigaciones de Suelos. La Habana, 10pp.
- Norma Cubana, 1993. *Frutas y vegetales naturales. Frutos Cítricos.* Especificaciones. NC.77.97. La Habana, 6p.
- Parr J. F., Papendick R. I., S. B. Hornick y R. E. Meyer. 1992. Soil quality, attributes and relationships and/o alternative and sustainable agriculture. *Am. J. Alternative Agriculture* 7, 2-3.
- Papendick R. I. y J. F. Parr. 1992. Soil quality. The key to a sustainable agriculture. *Am. J. Alternative Agriculture* 7,2-3.
- Pereira C. J. 2002. Populações de Actinomicetos como componentes da comunidade bacteriana nos solos. Actinomicetos–Streptomyces. Internet Resources Center, Brazil.
- Pikovskaya R. I. 1948. Mobilization of phosphorus in soil connection with vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya*, 17:362 p.
- Pimental D, U. Stachow, D. A. Takacs, H. W. Brubaker, A. R. Dumás, J. J. Menney, J. A. S. O'Neil, D. E. Ousi y D. B. Carzílias. 1992. Conserving biological diversity in agricultural forestry systems. *BioScience* 42, 354-362.
- Pochon J. y P. Tardeaux. 1962. Techniques en microbiologie du sol. En: *Tourelle* (ed).
- Rodríguez M. E., N. Ricardo y L. Menéndez. 1988. Descomposición de la necromasa en el ecosistema. En : *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba.* Proyecto MAB N^o 1, 1974 – 1987. Eds. R. A. Herrera, L. Menéndez, M. E. Rodríguez y E. E. García, Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba, Cap.25, 518 – 558.
- Socolow R.H. 1999. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon. *Proc Natl Acad Sci USA* 96: 6001–6008
- Stewart J. W. B. y A. N. Sharpley. 1987. *Controls on dynamics of soil and fertilizer phosphorus and sulfur.* In: R.F. Follett y col. (Eds) Soil fertility and organic matter as critical component of production system. SSSA Spec. Publ. 19, p 101-121, SSSA, Madison, WI.
- Stewart J. W. B. y H. Tiessen. 1987. Dynamics of soil organic phosphorus. *Biochemistry* 4:41-60.
- Tomme P., R. A. J. Warren y N. R. Gilkes. 1995. Cellulose hydrolysis by bacteria and fungi. *Adv Microb Physiol* 37, 1-81.
- Turco R. F., A. C. Kennedy y M. D. Jawson. 1994. *Microbial indicators of soil quality.* In Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Eds. J. W. Docan, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek y B. A. Stewart, pp 73-90, American Society of Agronomy Special Publication # 35. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Velazco A. 2001. Utilización de *Azospirillum brasilense* en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) sobre un suelo hidromórfico gley de la provincia de Pinar del Río. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, Cuba.
- Watanabe I. y W. L. Barraquío. 1979. Low levels of fixed nitrogen required for isolation of free living organism from rice roots. *Nature* (227): 565-566.