

ARTÍCULO ORIGINAL

Valoración de diferentes sistemas de preparación del suelo con tracción mecánica y animal, sobre algunas propiedades físico-mecánicas edáfica, en la producción del boniato (*ipomea batatas* Lam)

*Appreciation of different tillage systems with mechanical and animal traction on some soil physical and mechanical properties, in the production of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam)*

M.Sc. Daniel Font Rodríguez. Dr.C. Pedro Antonio Rodríguez Fernández
Universidad de Oriente, Santiago de Cuba

RESUMEN: La investigación se desarrolló en la UBPC “40 Aniversario del Desembarco del Granma”, Empresa Hortícola Santiago, municipio Santiago de Cuba. El objetivo del presente trabajo fue, evaluar el efecto de cuatro sistemas de labranza del suelo: Laboreo tradicional con tracción mecánica (T1), Laboreo tradicional con tracción animal (T2), Laboreo mínimo multitarado 6 en 1 y surca con tracción animal (T3) y Laboreo mínimo surca con tracción animal (T4); sobre algunas propiedades físico-mecánicas y la producción del boniato (*Ipomea batatas* Lam) clon CEMSA 78-354 en un suelo clasificado como Fluvisol con textura loam arenoso en dos épocas de siembra, una en la campaña de frío comprendida de septiembre/2008 a febrero/2009 con una distancia de siembra de 0,90 m de camellón por 0,23 m de narigón; así como otra en la campaña de primavera comprendida de marzo-agosto/2010 con una distancia de siembra de 0,90 m por 0,30 m. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con los cuatro tratamientos antes referidos y cuatro réplicas. Los datos experimentales para cada variable respuesta, fueron sometidos a análisis de varianza de clasificación simple para muestras de igual tamaño y para docimar diferencias entre tratamiento se utilizó la Prueba de Tukey para $p= 1\%$. Los resultados revelaron que el sistema de laboreo mínimo (T3) conserva significativamente las propiedades físicas- mecánicas del suelo y con ello el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: laboreo tradicional, laboreo mínimo, propiedades físico-mecánicas

ABSTRACT: The investigation developed in the UBPC 40 Anniversary of the Granma's Landing itself, Empresa Hortícola James, municipality James of Cuba. The objective of present work was, evaluating the effect of four systems of cultivation of the ground: Traditional tilling with mechanical traction (T1), traditional Laboreo with animal traction (T2), minimal Laboreo plough 6 in 1 and plough with animal traction (T3) and the minimal Laboreo ploughs with animal traction (T4); On some physical mechanical properties and the production of the sweet potato (*Ipomea sweet potatoes* Lam) clone CEMSA 78-354 at a ground like textured Fluvisol classified sandy loam in two sowing times, one in the campaign of cold understood of Septiembre/2008 to Febrero/2009 with a distance of planting of 0,90 m of ridge for 0,23 m of big-nosed; As well as other in Marzo Agosto's vernal campaign understood/2010 with a distance of planting of 0,90 m for 0,30 m. the Aleatorizado with the four treatments used a design itself completely before referred and four replies. The experimental data for each variable answer, they were subdued to varianza's analysis of simple classification and multiple comparison of intervening stockings Tukey's test for $p 1\%$. aftermath revealed that the system of minimal tilling (T3) improves significantly the physical mechanical properties of the ground with it and the performance of cultivation.

Keywords: conventional tillage, minimum tillage, physical and mechanical properties

INTRODUCCIÓN

La labranza del suelo es crucial para el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos. Los beneficios de una buena labranza incluyen adecuada aireación para el desarrollo de las raíces, buen movimiento del agua en el suelo (infiltración, percolación y drenaje), adecuada regulación de la temperatura del suelo para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas, y adecuada retención de humedad para uso de éstas. Quizás el atributo más importante del suelo, que podría asegurar estos beneficios, es su espacio poroso (Aluko y Koolen, 2001).

Uno de los grandes inconvenientes de la intensificación de la agricultura es la degradación de las propiedades físicas de los suelos. Los agricultores que practican una agricultura intensiva son los primeros en sufrir los inconvenientes de suelos extremadamente compactados, en los que la porosidad de los mismos es un importante factor a la hora de evaluar y delimitar la alteración y degradación de su estructura (Alarcón, 2003).

En los últimos años, se ha tomado conciencia de que los factores que limitan la capacidad agroproductiva de los suelos se derivan del fenómeno de degradación física que han experimentado. Esta última es consecuencia de la aplicación de sistemas de manejo intensivo con tecnologías altamente productivas como la mecanización. El conocimiento de las propiedades físicas del suelo permite evaluar los efectos de actividades agrícolas fundamentales como la mecanización y el manejo adecuado para garantizar la conservación del suelo y el agua, especialmente desde el punto de vista de la sostenibilidad de este recurso (Ohep y Marcano, 2003).

La degradación del suelo provocado por el paso reiterado de las máquinas, hace que en los últimos años se esté produciendo un progresivo abandono del laboreo convencional a favor de técnicas en las que éste se reduzca o incluso se anule (Blanco, 2007).

Las tecnologías de labranza reducida presentan ventajas sobre las tradicionales, ya que permiten mejorar las propiedades físicas del suelo, reducen el número de labores, equipos mecánicos y fuerza humana necesarias para preparar el suelo, así como el consumo de combustible (Paneque y Soto, 2007). Sin embargo, la adopción de estas tecnologías de laboreo para el cultivo del boniato no ha merecido la debida atención por parte de los investigadores, mientras que los productores, por otro lado, siguen aferrándose a las tecnologías tradicionales de producción, mediante la combinación de la energía mecánica y con la tracción animal (Parra, 2009).

Según Leyva y Parra (2003), todos los aspectos relacionados anteriormente demuestran que la labranza tradicional es una tecnología obsoleta y su uso tendrá que ir disminuyendo en la medida en que se desarrollen nuevos sistemas de labranza, ya que impide el control de uno de los principales problemas de degradación de suelos existentes en Cuba.

Dada la importancia, complejidad y costo, la preparación de suelos requiere de la aplicación de tecnologías de laboreo mínimo, las cuales permiten reducir dicho costo y los plazos de ejecución, así como mejorar la conservación de los suelos.

Actualmente, se desarrollan en el mundo diferentes sistemas de laboreo basados en estos principios empleando diferentes combinaciones de órganos de trabajo, máquinas y aperos. En los últimos años se está generalizando la utilización de un sistema de laboreo mínimo basado en el empleo del escarificador con saetas, conocido como "Multiarado", el cual ha dado buenos resultados en suelos ligeros y medios en algunos cultivos (Leyva *et al.*, 2001).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de cuatro sistemas de labranza del suelo sobre algunas propiedades físico-mecánicas y la producción del boniato (*Ipomea batatas* Lam).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físico-mecánicas: Textura (arena, arcilla, limo), Densidad aparente ó densidad de volumen, Porosidad total.
- Determinar el rendimiento comercial.
- Evaluar el efecto económico de los tratamientos

MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca hortícola de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "40 Aniversario del Desembarco del Granma", perteneciente a la Empresa "Hortícola Santiago", municipio Santiago de Cuba, Consejo Popular "Abel Santamaría".

Se investigó en el cultivo del boniato (*Ipomea batatas* Lam) clon CEMSA 78-354, para lo cual se montaron dos experimentos, en la época de frío septiembre 2008 a febrero 2009, periodo óptimo, con una distancia de siembra de 0,90 m de camellón por 0,23 m de narigón; en la campaña de primavera comprendida de marzo a agosto 2010 periodo no óptimo con una distancia de siembra de 0,90 m por 0,30 m, plantadas sobre el camellón a una profundidad de 7-10 cm quedando enterradas las 2/3 partes de la semilla agrícola, el cultivo precedente fue Quimbombó (*Abelmoschus esculentus* L.) en ambas campañas.

El suelo donde se realizó la investigación aparece clasificado como Fluvisol según la Nueva Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, según Hernández (1999) y ONE (2006), que corresponde a un Fluvisol Haplic en el sistema internacional (WRB, 2006).

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro réplicas.

Tratamientos utilizados y métodos de trabajo

No.	Descripción
1	Laboreo tradicional con tracción mecánica
2	Laboreo tradicional con tracción animal
3	Laboreo mínimo con tracción animal multiarado 6 en 1 y surca
4	Laboreo mínimo con tracción animal surca

Textura

Se determinó según la técnica orientada por el MINAZ-INICA (1999) y consiste en la separación de las partículas mecánicas del suelo atendiendo a su tamaño, empleándose tamices metálicos

Arena. Son las partículas más gruesas que componen el suelo. Su tamaño máximo es de 2 mm.

Limo. Su tamaño es intermedio, de 50 μm .

Arcilla. Es la partícula más fina que compone el suelo. Su tamaño máximo es de 2 μm .

Determinación de la densidad aparente o densidad de volumen

Para la determinación de la densidad aparente o densidad de volumen se utilizó el método de cilindros cortantes y de volumen constante, de relación diámetro/altura mayor a 1 (Schoenholtz *et al.*, 2001) con los cuales se tomaron las muestras en el campo y realizando el siguiente procedimiento:

- Se tomaron 5 muestras por cada profundidad de suelo (en este caso fueron de 0–10 cm y 10–20 cm) respectivamente, en puntos situados en bandera inglesa en cada parcela experimental.
- Se procedió al secado de las muestras mediante una estufa a una temperatura de 105°C por espacio de 72 h, determinándose su masa utilizando una balanza con valor de división no mayor que 0,1 g, con intervalos de 2 h hasta obtener valores constantes de las masas en los recipientes.

La densidad aparente del suelo se calculó a través de la expresión

$$Da = \frac{\overline{Gn}}{Vc}$$

donde:

Da – Densidad Aparente del suelo, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;

Gn – Masa de la muestra del suelo después de secada, g;

Vc – Volumen del cilindro para la toma de muestras, cm^3 .

Determinación de la porosidad total

La determinación de la porosidad total está dada por la relación que existe entre la densidad aparente y la densidad real del suelo expresada en porcentaje, la cual puede obtenerse a través de la expresión.

$$Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100\%$$

Rendimiento comercial, $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$

Se pesaron todos los tubérculos del área experimental, considerando la sumatoria de todas las cosechas. Se empleó una balanza comercial.

Análisis estadístico de los datos experimentales

Los datos particulares obtenidos para cada variable respuesta y experimento, fueron evaluados estadísticamente me-

diante análisis de varianza de clasificación simple para muestras de igual tamaño y para docimar diferencias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey para $p=1\%$. En todos los casos se emplearon programas profesionales computarizados, según Hintzc (2001).

Valoración económica de los resultados

Para determinar el efecto económico de los tratamientos se emplearon los indicadores recomendados por la Facultad de Economía y Contabilidad de la Universidad de Oriente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se puede mejorar fácilmente (Singer y Erwing, 2001). Dentro de estas propiedades se encuentran la textura, porosidad, etc., que son afectadas por sistemas inadecuados de labranza, y tienen que ver con el comportamiento volumétrico del suelo, propiedades íntimamente ligadas a la estructura del suelo.

Textura

La textura es uno de los elementos más importantes del suelo por la estrecha relación que guarda con muchas propiedades físico-químicas, razón por la cual incide determinantemente en la fertilidad del suelo (Cairo y Fundora, 2007; Rodríguez, 2011).

Tabla 1. Composición textural del suelo investigado

Componente	Datos en%		
	Antes de la labranza	Después de la labranza	
	0-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Arena	49,5	48,4	51,6
Limo	45,9	45,5	41,7
Arcilla	3,3	6,7	8,4

La textura es una propiedad poco variable en el tiempo. En el área experimental, debido a que los manejos evaluados se ubicaron con topografía uniforme y adyacente entre sí, las condiciones del clima fueron similares para ambos experimentos, el suelo presentó el mismo perfil con texturas francas, lo cual indica una morfología del perfil similar, de acuerdo con la composición textural del suelo se clasifica como un loam arenoso, este tipo de suelo es muy poroso, bien aireado y absorbe el agua con mucha facilidades (Cairo y Fundora, 2007).

En los manejos con uso agrícolas, los contenidos de arcillas fueron bajos (menores del 20%), lo cual unido al alto contenido del limo (alrededor del 50%), en este tipo de suelo predominó la fracción arenosa debido a que con el uso agrícola las partículas de limo y arcillas se erosionan más fácilmente al no existir cobertura vegetal.

El predominio de la fracción más gruesa sobre el resto de las fracciones es una de las características típicas de estos suelos, clasificados como Loam arenosos; sin embargo, después de la labranza se producen ligeros cambios texturales localizados

sobre todo en la superficie del suelo, disminuyendo la fracción de arcilla, que es lixiviada hacia las capas inferiores, resultados similares obtuvieron León *et al.* (2005) al caracterizar un suelo de similares características físico- mecánicas.

Densidad aparente, g·cm⁻³

En la Tabla 2 se muestra el efecto de los tratamientos ensayados sobre la Densidad aparente. En la misma se aprecia, que con el laboreo mínimo multiarado 6 en 1 surca (Tratamiento 3) se obtuvo la mayor media, la cual supera estadísticamente al resto de los tratamientos tanto en el período óptimo como no óptimo en ambas profundidades, con excepción del tratamiento 2 (laboreo tradicional con tracción animal) de 10-20 cm.

Por su parte, la menor media correspondió al laboreo tradicional con tracción mecánica (Tratamiento 1), el cual fue superado estadísticamente por los demás tratamientos, excepto para el período no óptimo a la profundidad de 10-20 cm en el tratamiento 4 (laboreo mínimo surca).

En los tratamientos 1 y 2 por el exceso de labores, la mayor disminución fue en T1, lo cual parece ser debido al disturbio del suelo generado por el arado de discos, que corta e invierte el prisma provocando mayor aireación y por lo tanto, la actividad microbiana se intensifica y oxida la materia orgánica, la cual disminuye por oxidación biológica, finalmente se realizó la mayor mullición de la capa superficial, incluyendo dos pases

de grada de discos para finalizar el laboreo; por el contrario en T2 el fraccionamiento es menor por la acción del arado de vertedera, al igual que en T4, no siendo así en T3 debido a que el multiarado rompe y fragmenta el suelo al levantarlo con las saetas pero sin invertirlo, reduciendo la densidad aparente, corroborado por Cadena y Gaytán (2004), según datos reportados al estudiar tales sistemas de preparación en un suelo loam arenoso. Los valores obtenidos en todos los tratamientos para este indicador de Densidad aparente, coinciden con los planteados por Driessen *et al.* (2001) quienes consideran adecuados estos valores de 0,6-1,2 g·cm⁻³ para un Fluvisol, como es el caso del investigado.

Los cambios fueron más notorios en los primeros 10 cm, asociado con el efecto de uso, causado probablemente por aumento de la densidad aparente, los suelos sometidos a labranza reducida o labranza mínima presentan mayor densidad aparente, en comparación con la labranza convencional.

Los resultados obtenidos en general confirmaron, que en el sistema de labranza convencional, o aquellos en los cuales se realiza un elevado número de labores el suelo mostró la tendencia a regresar a su estado inicial más rápidamente que en los sistemas de labranza mínima, en los cuales se producen agregados de suelo de mayor tamaño. Estas deficiencias del laboreo tradicional han sido señaladas por Cadena y Gaytán (2004); Parra (2009).

Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre la Densidad aparente, g·cm⁻³

No.	Tratamientos Descripción	0-10 cm		10-20 cm	
		Período óptimo	Período no óptimo	Período óptimo	Período no óptimo
1	Laboreo tradicional con tracción mecánica	1,1398 D	1,1563 C	1,1596 D	1,1756 C
2	Laboreo tradicional con tracción animal	1,1682 C	1,1894 B	1,1839 B	1,2050 AB
3	Laboreo mínimo multiarado 6 en 1 y surca	1,2083 A	1,2200 A	1,2095 A	1,2200 A
4	Laboreo mínimo surca	1,1881 B	1,2050 AB	1,1789 C	1,1931 BC
	ES Media	0,00025	4,000555	0,00025	4,0001231
	CV (%)	0,0802	1,5269	0,0904	1,3771
	Tukey	0,0009	0,021	0,0009	0,0190

Letras iguales para ($p < 0,01$) no difieren estadísticamente

Porosidad total, %

La porosidad es una propiedad que guarda mucha relación con la humedad y el contenido de aire del suelo, ya que los poros determinan hasta el 50% del volumen del suelo (Warrick, 2002).

Antes del laboreo se realizó un muestreo aleatorio de toda el área experimental obteniéndose datos comprendidos desde 50,84, 51,81, 50,21, 51,41%.

Los resultados de la porosidad total están recogidos en la Tabla 3, encontrándose diferencias estadísticas entre los tratamientos. El T1 fue el de mayor media en ambos períodos experimentales con diferencia para el resto de los tratamientos excepto T4 para el período no óptimo, que resultó ser también el de mayor media. El T2 y T3 fueron estadísticamente iguales para ambas épocas, al igual que el tratamiento T4 para el período óptimo en la profundidad de 10-20 cm., la menor

media se obtuvo en T4 para uno y otro período investigativo a la profundidad de 0-10 cm.

En el caso de T1, el efecto de arado es desagregar el suelo, causando el predominio de agregados pequeños e incremento de la microporosidad, y al mismo tiempo disminuir la macroporosidad restringiendo la aireación del suelo. Los agregados resultantes del primer paso del arado de discos se rompen con un segundo pase del equipo en dirección diferente de la inicial a manera de grada, lo que provoca desagregación e incremento en la microporosidad, disminuyendo la infiltración y el intercambio gaseoso. Además, puede incrementar, al momento de la labranza, la porosidad y la aireación, lo que concuerda con lo planteado por León (2003); Rodríguez (2011); quienes reportan comportamientos similares para este indicador.

El caso contrario ocurre en T2 y T4 donde el suelo es volteado con la vertedera, sin causar fraccionamiento de los agregados resultantes, por lo que los valores obtenidos en la experiencia coinciden con lo planteado por Napoleón *et al.* (2008).

A pesar que el T3 no ha sido el de mayor media estadística,

puede considerarse como la que mejor conserva las propiedades del suelo, pues este tipo de laboreo no desorganiza los estratos o capas que se han formado durante la génesis natural del suelo, ya que no invierte el prisma, y sin embargo aumenta significativamente la porosidad del suelo, descompacta, incrementa la formación de agregados y poros.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre la Porosidad total %

No.	Tratamientos Descripción	0-10 cm		10-20 cm	
		Período óptimo	Período no óptimo	Período óptimo	Período no óptimo
1	Laboreo tradicional con tracción mecánica	54,0400 a	52,4012 a	52,6700 a	51,4300 a
2	Laboreo tradicional con tracción animal	51,3200 b	50,8600 b	51,0800 b	50,2100 b
3	Laboreo mínimo multiarado 6 en 1 y surca	50,6900 b	50,4000 b	50,5600 b	50,4100 b
4	Laboreo mínimo surca	50,2900 c	50,2100 c	51,4900 b	51,1025 a
	ES Media	4,001340	0,195156	0,051349	0,185361
	CV (%)	0,3206	1,5316	0,3995	1,4591
	Tukey	0,1902	0,8977	0,2362	0,8527

Letras iguales para ($p < 0,01$) no difieren estadísticamente

La labor de aradura puede ser profunda, porque no mezcla los estratos, para que el suelo esté en condiciones de aireación y alta porosidad, tenga una estructura con agregados que permitan el fácil acceso de las raíces a los nutrientes, y otras propiedades favorables al desarrollo de las plantas, tal y como señalaron Servadio *et al.* (2001); Cadena y Gaytán (2004); Suárez *et al.* (2005); Castillo (2009); Gil (2009); Parra (2009).

El aumento observado en forma gradual a partir de los 10 cm de profundidad en T4 por la acción del arado de vertedera pudiera estar asociado al peso de las capas superiores, pues las partículas más finas, producto a la fuerza de gravedad migran hacia las capas más profundas por un rompimiento de la porosidad estructural.

Rendimiento comercial, t·ha⁻¹

En la actualidad los rendimientos del boniato no superan las 12 t·ha⁻¹ y la mayor parte de las veces no llegan ni a 6 t·ha⁻¹, generalmente como consecuencia de la aplicación de una práctica agrícola deficiente o el ataque del *Cylas fornicarius var. elegantulus* (Tetuán) entre otras causas (López *et al.*, 1995).

TABLA 4. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento comercial, t·ha⁻¹

No.	Tratamientos Descripción	Período óptimo	Período no óptimo
1	Laboreo tradicional con tracción mecánica	9,3285 d	10,5285 c
2	Laboreo tradicional con tracción animal	9,6945 c	11,5410 b
3	Laboreo mínimo multiarado 6 en 1 y surca	10,8945 a	14,4675 a
4	Laboreo mínimo surca	9,8490 b	11,5860 b
	ES Media	1,0012916	6,000591662
	CV (%)	1,3629	0,7351
	Tukey	0,0462	0,0301

Letras iguales para ($p < 0,01$) no difieren estadísticamente

En la Tabla 4 aparecen los resultados del rendimiento para cada tratamiento, existiendo diferencias significativas entre ellos, apreciándose un aceptable incremento del rendimiento del cultivo, y que la plantación en el periodo no óptimo (primavera) obtuvo el mayor rendimiento para T3, la cual fue la mayor media para ambos periodos experimentales, superando estadísticamente al resto de los tratamientos, seguido por el T4 que se comportó estadísticamente igual para ambas épocas de siembra, similar comportamiento estadístico lo tuvo T2 para

el periodo no óptimo y la de menor media estadística fue el T1 para ambas épocas de siembra.

Para el caso del T3 la acción del multiarado de no invertir el prisma de suelo conservó considerablemente las propiedades físico-mecánicas del suelo, seguido por el T4 y T2, para el primer caso mediante la labor de vertedera y grada, y para el segundo por el trabajo del arado de vertedera en la labor de surca. El mayor rendimiento correspondió a la tecnología de laboreo mínimo T3 (multiarado 6 en 1 y surca con tracción animal) siendo superior

a los demás tratamientos con incrementos de 9,30-20%; 11-20%; 14-27% con respecto a T4, T2, T1; respectivamente para ambos periodos experimentales, correspondiendo al menor valor a la tecnología tradicional con tracción mecánica.

Los resultados alcanzados en T3 (10,8945 y 14,4675 t·ha⁻¹) es apenas el 30% de las potencialidades de rendimiento del cultivo: 43 a 48 t·ha⁻¹, (INIVIT-ACTAF, 2007), superior en un 108-144% al mínimo establecido por el Ministerio de la Agricultura en Cuba: 10 t·ha⁻¹ (MINAG, 2001) y de 171 a 228% a la media de Cuba en los últimos años (Morales *et al.*, 2003; Rodríguez y Casanova, 2005), un 234% en el período óptimo y 313% al período no óptimo con respecto al rendimiento promedio en la provincia Santiago de Cuba en los últimos años (MINAG, 2011; ONE, 2010), un 279% en el período óptimo y 373% al período

no óptimo superior a los mejores resultados alcanzados con la tecnología tradicional en la Empresa y en el área donde fue realizada la investigación; respectivamente (Pérez, 2008), los restantes tratamientos fueron inferiores a este valor.

Lo anterior permite aseverar lo planteado por Morales *et al.* (2003) quienes señalaron, que uno de los objetivos principales del programa de mejoramiento es, la obtención de clones que se adapten bien a las condiciones de primavera y produzcan todo el año, dada la importancia de este cultivo para la rotación con otros que sólo se desarrollan en la época de frío (período seco).

Valoración económica

En las Tabla 5 se expresa el comportamiento de los indicadores económicos para ambos periodos de siembra.

TABLA 5. Comportamiento de los indicadores económicos para ambos periodos experimentales (seca u óptimo y lluvia o no óptimo)

T	Seca	LLuvia	Óptimo	No. óptimo	Óptimo	No. óptimo	Óptimo	No. óptimo	Óptimo	No. óptimo	Óptimo	No. óptimo
	CP, peso/ha	CP, peso/ha	G, peso/ha	G, peso/ha	R, %	R, %	Cv, peso	Cv, peso	Cu, peso	Cu, peso	B/C	B/C
1	2 152.37	2 102.16	2 172.93	2 990.64	100.96	142,2	0.50	0.41	0.66	0.54	1.01	1.42
2	2 064.81	2 014.64	2 194.59	3 049.16	106.29	151,3	0.48	0.39	0.64	0.52	1.06	1.51
3	1 998.52	1 948.31	2 788.28	4 411.00	139.51	226,4	0.42	0.30	0.55	0.40	1.40	2.26
4	1 965.12	1 914.91	2 122.78	4 227.90	108.02	220,7	0.48	0.41	0.63	0.55	1.08	2.20

Simbología: T (Tratamientos), Cv (Costo por peso), CP (Costo de Producción), Cu (Costo unitario), G (Ganancia Total), B/C (Beneficio-Costo), R (Rentabilidad).

Los resultados finales que se lograron en esta investigación están en consonancia directa con la valoración económica, después de analizar los resultados de los tratamientos aplicados al cultivo y relacionarlo con sus principales indicadores productivos.

Al analizar el comportamiento de los indicadores económicos se infiere que, a medida que disminuyen las labores de preparación del suelo, a la par se reducen los gastos por este concepto.

Los resultados arrojaron que para los dos periodos experimentales después de la valoración realizada, el tratamiento 3 (multiarado 6 en 1 y surca con tracción animal) logró el mayor valor de la producción donde se obtuvieron las mayores ganancias, lo que confirma que cuando se aplica la tecnología de laboreo mínimo en la preparación de suelo, se logra un menor efecto detrimental sobre el suelo y una menor cantidad de viajes sobre el campo, dando como resultado ahorros sustanciales en los costos variables, en comparación con las operaciones convencionales entre un 40 y 50%. Además, permite reducir sustancialmente los procesos degradativos del medio ambiente, tales como compactación, erosión, pérdida de la materia orgánica, emisión de gases tóxicos, el consumo energético hasta un 80% en comparación con los métodos convencionales.

CONCLUSIONES

- El sistema de laboreo mínimo (T3) mejora significativamente las propiedades físicas- mecánicas del suelo, seguido del (T4) respecto al tradicional (T1) y (T2), lo cual favorece el desarrollo del cultivo investigado.
- El rendimiento del cultivo fue superior en el sistema de laboreo mínimo con multiarado 6 en 1 y surca (T3), siendo mayor que los demás tratamientos, con incrementos de 9,30-20%; 11-20%; 14-27% con respecto a (T4), (T2), (T1); respectivamente, correspondiendo al menor valor a la tecnología tradicional con tracción mecánica.
- El sistema de laboreo mínimo con multiarado 6 en 1 y surca (T3) presentó el mejor resultado, obteniendo el mayor rendimiento total, menor gasto y a su vez las ganancias totales son superiores 2788.28 peso/ha y 4 411.00 peso/ha para ambos periodos; respectivamente, mostrando un índice de rentabilidad de 139,51 y 226,4%, el indicador costo por peso se redujo 0.42 y 0.30 peso, al igual que el costo unitario 0.55 y 0.40 peso y la relación beneficio costo fue mayor 1.40 y 2.26.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN V, A.: *Departamento Producción Agraria (Área Edafología y Química Agrícola) – ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. España, [en línea] 2003, Disponible en: www.infoAgro.com. [Consulta 22 febrero 2009].*
- ALUKO, O. B & J. KOOLEN: "Dynamics and characteristics of pore space changes during the crumbling on drying of structured agricultural soils", *Soil & Tillage Research*. 58: 45-54, 2001.

- BLANCO, G.: "Maquinaria y equipos para laboreo mínimo y convencional", *Vida Rural*, 253: 68-73, 2007.
- CAIRO, P y O. FUNDORA: *Edafología*, pp. 153-188, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2007.
- CADENA, Z. M. y T. GAYTÁN: "Desempeño de implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo", México, *Agraria Nueva Época*. Año I. 1(3): 2004.
- CASTILLO, P.: *El estudio del suelo como recurso natural renovable*, Organización de Estados Iberoamericanos, Para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Panamá, 2009.
- DRIESSEN, P.; J. DECKERS & O. SPAARGAREN: *Lecture notes on the major soils of the world*. FAO, Roma, 2001.
- GIL, C. R.: *El Comportamiento Físico-Funcional de los Suelos. Algunos criterios para la cuantificación y diagnóstico del comportamiento estructural del suelo, y su relación con la dinámica del agua y la producción de los cultivos*, Instituto de Suelos, INTA Cautelar, Buenos Aires, Argentina, 2009.
- HERNÁNDEZ, J. A.: *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*, 65pp., Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 1999.
- HINTZC, J.: *NCSS y PASS. Number cruncher statistical systems*. Kaysville, Utah, [en línea] 2001, Disponible en: www.NCSS.com [Consulta 22 febrero 2009].
- INIVIT-ACTAF: *Instructivo Técnico del cultivo del Boniato*, 10pp., Biblioteca ACTAF, La Habana, Cuba, 2007.
- LEÓN, A. R.: *Manual edafológico de campo*, 205pp., 2a. Ed. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana, México, 2003.
- LEÓN, Q. G.; R. HERNÁNDEZ; V. PEÑA; M. RIVEROL y C. BERNAL: "Efectos de los sistemas de manejo sobre el estado físico de un suelo pardo grisáceo (Inseptisol) del Escambray", *Centro Agrícola*, 32(1): 28-45, 2005.
- LEYVA, O. Y L.R. PARRA: *Multilabradoradora UDG 3,2 para el laboreo mínimo y atenciones culturales en Caña de azúcar y otras plantaciones en hileras*, MES, La Habana, Cuba, 2003.
- LEYVA, O; A. FIGUEREDO; L.R. PARRA y T. ARCIA: "Laboreo mínimo y desarrollo del sistema radical de la caña de azúcar", *Revista ATAC* 1: 2001.
- LÓPEZ, M.; E. VÁZQUEZ y R. LÓPEZ: *Raíces y Tubérculos*, 312pp., Segunda Edición, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1995.
- MINAG: *Informe anual sobre siembra, producción y rendimiento en el cultivo del boniato*, Sub-Delegación Cultivos Varios, Santiago de Cuba, 2011.
- MINAZ-INICA: *Manual de procedimientos para los laboratorios de física de suelos*, pp. 1-20, Ed. MINAZ, La Habana, Cuba, 1999.
- MORALES, T.; M. LIMA; N. MAZA; L. MORALES; M. CASTELLÓN; M. HERNÁNDEZ; J. GONZÁLEZ; D. RODRÍGUEZ; H. FUENTES; M. RIVERA; P. LAGO y J. GARCÍA: *Nuevos clones de boniato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) en la agricultura cubana*, Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara, Cuba, Año. 30. No. 3. 2003.
- NAPOLEÓN, B.; M. GUILLERMO; N. SANDRO; CH. OSCAR y M. RAMÍREZ: *Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas y la pérdida de suelo en la rotación papa-pastos en áreas de ladera en una región alto andina de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. SEDE PALMIRA [en línea] 2008, Disponible en: <http://goliath.ecnext.com/coms/Efecto-de-cuatro-metodos>. [Consulta: 18 febrero 2009].
- OHEP, C. A. y F. MARCANO: "Relaciones entre algunas propiedades físicas del suelo y la producción", *Venesuelos*, 2(1): 10-14, 2003.
- ONE: *Clasificación genética de los suelos de Cuba*, Oficina Nacional de Estadística, La Habana, Cuba, 2006.
- ONE: *Anuario*, Oficina Nacional de Estadísticas, Santiago de Cuba, 2010.
- PANEQUE, R. P. y D. SOTO: "Costo energético de las labores de preparación de suelos en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4): 17-21, 2007.
- PARRA, S. L.: *Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un Fluvisol y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)*, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2009.
- PÉREZ, G. A.: *Producción de boniato (ipomea batatas Lam)*, Administrador UBPC 40 Aniversario del Desembarco del Granma, Santiago de Cuba, (comunicación personal), 2008.
- RODRÍGUEZ DEL SOL, D. y H. CASANOVA: *El cultivo del boniato (Ipomea batatas) clones, tecnologías y su impacto en la agricultura cubana. XV Forum. Villa Clara. [en línea] 2005, Disponible en: http://www.forum.villaclara.cu/ponencias/trabajo/17*. [Consulta 15 abril 2009].
- RODRÍGUEZ, F. P.: *Material de Estudio sobre Ciencias del Suelo*, 187pp., Ed. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2011.
- SERVADIO, P.; A. MARSILI; M. PAGLIAI; S. PELLEGRINI & N. VIGNOZZI: "Effects on some clay soil qualities following the passage of rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy", *Soil & Tillage Research*, 61: 143-155, 2001.
- SINGER, M. & J. ERWING: *Soil quality*, pp. 271-298, In: *Handbook of Soil Science*, Chapter 11(ed. Sumner, M. E), CRC Press, Boca Raton, Florida. 2001.
- SUÁREZ, J.; A. RÍOS y P. SOTTO: "El tractor y la tracción animal" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 40-43, 2005.
- SCHOENHOLTZ, S. H.; H. VAN & A. BURGER: "A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities", *Forest Ecology and Management*, 138: 335-356, 2001.
- WARRICK, W.: *Soil physics companion*, 389pp., CRC PRESS, Washington D.C., USA, 2002.
- World reference base for soil resources. (WRB)*. Rome: [en línea] 2002, Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/newkey.stm>. [Consulta: 12 febrero 2008].

Recibido: 07 de octubre de 2011 / **Aprobado:** 22 de diciembre de 2012

Daniel Font Rodríguez, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba; Correo electrónico: dfont@agr.uo.edu.cu