

# Evaluación de tres tipos de labranza en el cultivo de la papa (*Solannum tuberosum*)

Fecha de recepción: 04/03/2008

Fecha de aceptación: 06/06/2008

Marvin Villalobos Araya<sup>1</sup>

Isabel Guzmán Arias<sup>2</sup>

Cristian Zúñiga Pereira<sup>3</sup>

## Palabras clave

Producción de papa, labranza de suelo, infiltración, Cartago.

## Key words

Production of potato, tillage of soil, infiltration, Cartago.

## Resumen

El presente artículo revela los resultados obtenidos en un proyecto de investigación desarrollado para someter a evaluación la producción de papa utilizando diferentes tipos de labranza de suelo. Las localidades elegidas para la ejecución de la investigación son dos fincas ubicadas en la zona norte de Cartago, Costa Rica. Una de ellas se localiza en Llano Grande y la otra en Guarumos de Alvarado, cada una perteneciente a productores diferentes,

quienes estuvieron a cargo del manejo del cultivo durante todo el ciclo.

Para analizar la producción, se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres tratamientos correspondientes al método de labranza y tres repeticiones para cada uno de ellos. La unidad experimental estuvo constituida por una subparcela de 5 m x 5 m, ubicada en el centro de cada parcela de tratamiento. Se midió rendimiento en la producción de papa, y se obtuvo mayores valores en las parcelas preparadas con el implemento llamado “palín” o azada mecánica, presentándose en algunos casos diferencias significativas entre tratamientos al 5%.

Se determinó también la velocidad de infiltración para cada método de preparación del suelo, y se obtuvo mayores valores en las zonas preparadas con el “palín” o azada mecánica.

1. Master en Desarrollo integrado de regiones bajo riego, ingeniero agrícola, profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: *mvillalobos@itcr.ac.cr*
2. Master en educación técnica, ingeniera agrícola, profesora e investigadora de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: *iguzman@itcr.ac.cr*
3. Master en Agricultura tropical sostenible, ingeniero agrónomo, investigador de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: *czunigap@itcr.ac.cr*

## Abstract

The present article reveals the results obtained in a project of investigation developed to submit to evaluation the potato's production using different types of tillage of soil. The localities chosen for the execution of the investigation are two estates located in the zone North of Carthage, Costa Rica. One of them is located in Llano Grande and other one in Guarumos of Alvarado, each one belonging to different producers, who were at the expense of the managing of the culture during the whole cycle.

To analyze the production an experimental design was in use in complete blocks at random with three treatments corresponding to the method of tillage and three repetitions for each of them. The experimental unit was constituted by a subplot of 5 m x 5 m, located in the center of every plot of treatment. Yield measured up in the production of potato, obtaining major values in the plots prepared with the implement so called "palín" or mechanical hoe, appearing in some cases significant differences between treatments to 5%.

The speed of infiltration decided also for every method of preparation of the soil, managing to detect major values in the zones prepared with the palín or mechanical hoe.

## Introducción

### Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Agrícola, forma profesionales con conocimientos en ingeniería de suelos y aguas, así como en maquinaria y mecanización agrícola. En la actualidad, existe preocupación por disponer de alternativas productivas sostenibles, induciendo a cambios en los sistemas agrícolas y, dentro de ellos, en los sistemas de labranza, por su mayor acción sobre el recurso suelo (Dias, H. *et al.*, 2006). Una de las principales preocupaciones ha

sido la forma tradicional en que se llevan a cabo las labores de preparación de suelos para la siembra de los diferentes cultivos.

En la zona norte de Cartago, tradicionalmente se utilizan en la siembra de papa implementos para la labranza primaria como arado de discos o rastras rompedoras y posteriormente el rotador, para afinar el suelo. Estas prácticas hacen que en la mayoría de los casos se pulverice el suelo; así, cuando ocurren lluvias de altas intensidades, al estar el suelo suelto, se produce gran pérdida de este. Además, algunas operaciones relacionadas con el cultivo no se pueden evitar, tales como la siembra, operaciones de cultivo, fertilización, control de plagas y cosecha, las cuales, forzosamente, son intervenciones que llevan a la compactación del suelo (Friedrich, T. 1996).

Según Alvarado (2004), las prácticas de mecanización tienen el objetivo de preparar el suelo para lograr las condiciones idóneas para el desarrollo del cultivo. No obstante, existen prácticas inadecuadas que se deben minimizar; en este sentido, se propone esta investigación como un insumo en la búsqueda de sistemas de labrar la tierra que propicien una mejor infiltración de agua en el suelo, una mejor aireación y, por consiguiente, mejores rendimientos en el cultivo.

### Definición del problema

Los sistemas tradicionales de labranza para siembra de papa consiste, la mayoría de las veces, en usar el arado de disco, la rastra y rotada del terreno. En algunos casos se utilizan hasta dos veces la rastra de discos. "Aunque se dice que la preparación del suelo mejora su estructura física, paradójicamente cuanto más se trabaja el suelo, más se destruye su estructura porosa. El pie de arado y la compactación se debe al uso de arados y rastras. Al afectar la infiltración del agua y la aireación, la compactación limita el desarrollo vegetativo y el rendimiento" (Centro de

*esta investigación como un insumo en la búsqueda de sistemas de labrar la tierra que propicien una mejor infiltración de agua en el suelo, una mejor aireación y, por consiguiente, mejores rendimientos en el cultivo.*

Bachillerato Tecnológico Agropecuario, México. 2006). Un problema adicional es que el suelo queda muy pulverizado sobre la superficie, lo cual hace que al tener intensidades de precipitación altas, se produzca escorrentía y, por consiguiente, erosión del suelo. Todo este suelo erosionado es depositado en los cauces naturales que desembocan finalmente en la represa hidroeléctrica de Cachí, con los problemas de manejo ambiental que esto representa. El usar otras formas de labranza haría que se conserve el suelo, se mantenga la fertilidad y se reduzcan los impactos en el medio ambiente.

### Objetivo general

- Valorar diferentes métodos de preparación del suelo en el cultivo de la papa.

### Objetivos específicos

- Determinar la velocidad de infiltración de ese suelo antes de la labranza y después de cada preparación, según los implementos utilizados.
- Observar el desarrollo de la planta en cada uno de los tratamientos.
- Evaluar la producción utilizando como variables la cantidad y la calidad del tubérculo.

### Metodología

El proyecto consta de un ciclo de cultivo en dos fincas diferentes. Durante los meses de marzo a agosto de 2006, se llevó a cabo el ciclo en la finca de Llano Grande, y durante los meses de diciembre del 2006 a junio del 2007 se procedió con el ciclo en la finca de Guarumos de Alvarado. En ambos casos, la primera etapa del proyecto consistió en la delimitación del área de ensayo con la utilización de un GPS.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones para cada uno de ellos. La unidad experimental

estuvo constituida por una subparcela de 5 m x 5 m, ubicada en el centro de cada tratamiento. El diseño experimental respondió al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + e_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = corresponde a la variable de respuesta

$\mu$  = media general de los tratamientos

$B_i$  = efecto del bloque

$T_j$  = efecto de los tratamientos

$e_{ij}$  = corresponde al error experimental

En el caso de la finca de Llano Grande, el tratamiento 1 (T1) correspondió al tipo de mecanización utilizado tradicionalmente por el productor; es decir, utilizando una pasada de arado de disco a una profundidad de 25 cm y una pasada de rastra afinadora; para efectos de diseño, este corresponde al testigo absoluto. El tratamiento 2 (T2) estuvo constituido por una pasada de "palín" o azada mecánica a una profundidad de 30 cm. El tratamiento 3 (T3) lo conformó el uso de una pasada del subsolador a una profundidad en promedio de 65 cm más una pasada de vibrorrastra.

Para la finca ubicada en Guarumos de Alvarado, en el tratamiento 1 (T1) se utilizó el vibroarado, a una profundidad de 25 cm. En el tratamiento 2 (T2) se utilizó un arado de cincel, a una profundidad de 35 cm. Finalmente, en el tratamiento 3 (T3), se usó una pasada de "palín" o azada mecánica a 30 cm de profundidad.

La caracterización de las áreas de ensayo estuvo fundamentada en la realización de pruebas de infiltración de agua en el suelo en cada uno de los tratamientos posterior a la mecanización. Se llevó a cabo un análisis químico del suelo al final de la cosecha en ambas fincas, con el fin de determinar los elementos presentes en cada parcela y así valorar la homogeneidad de estos.

*El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones para cada uno de ellos.*

La finca ubicada en Llano Grande de Cartago se preparó el 24 de marzo de 2006; se sembró el 14 de abril de 2006, con papa de la variedad granola. La cosecha se inició el 22 de agosto de 2006.

En la finca ubicada en Guarumos de Alvarado, se preparó el terreno el 27 de diciembre de 2006 y se sembró el 12 de enero de 2007 con la variedad granola; se cosechó el 7 de junio de 2007.

El manejo agronómico del cultivo para cada finca fue el mismo que utiliza tradicionalmente cada uno de los dos productores para todos los tratamientos.

Para cada uno de las subparcelas se determinó la producción total, así como las calidades primera y segunda.

Se realizó un análisis de varianza, para los efectos significativos se utilizaron pruebas de diferenciación de medias de Duncan.

## Resultados

### Finca en Llano Grande

Esta finca se encuentra ubicada entre las latitudes 9° 65' y 9° 66' y las longitudes 83° 55' 30" y 83° 56' 30". Las tierras se

clasifican según su capacidad de uso como clase VII.

El área total del ensayo es de 3,3620 hectáreas y las áreas de cada uno de los tratamientos y las repeticiones son aproximadamente de 0,373 ha; la unidad experimental de muestreo en cada tratamiento fue del mismo tamaño (25 m<sup>2</sup>).

La textura de los suelos donde se llevó a cabo la siembra es franco arenoso, determinada por el método de Bouyoucos.

De las pruebas de infiltración que se llevaron a cabo en cada uno de los tratamientos, se obtuvieron las siguientes ecuaciones de infiltración instantánea:

Tratamiento 1:  $I_i = 31,098 \times t^{-0,27}$   
*tradicional (arado + rastra)*

Tratamiento 2:  $I_i = 40,128 \times t^{-0,56}$  *palín*

Tratamiento 3:  $I_i = 35,0328 \times t^{-0,36}$   
*subsoladora + vibrorrastra*

donde los valores de  $I_i$  están en cm/h y el tiempo en minutos.

La figura 1 muestra la tendencia de cada una de las ecuaciones de infiltración instantánea.

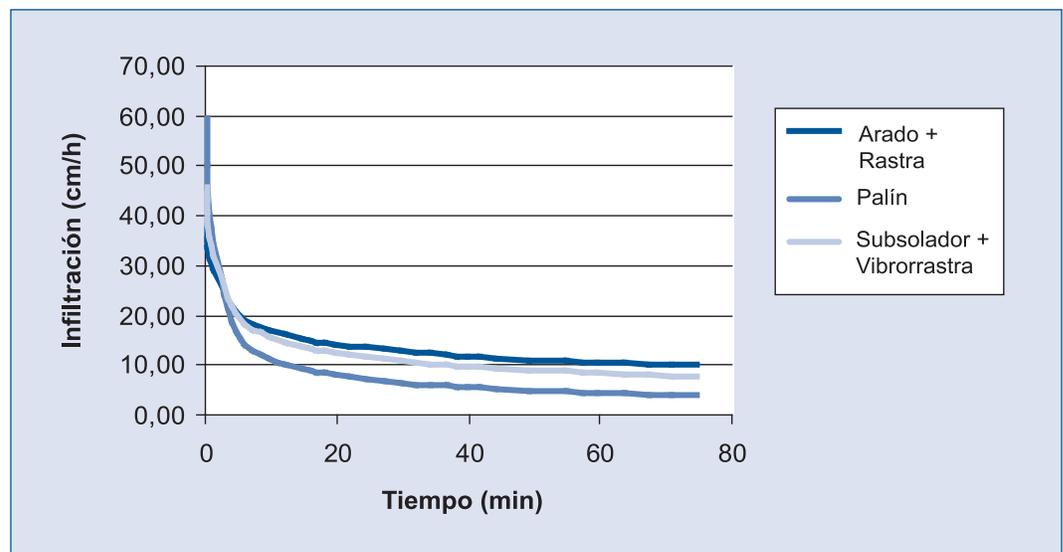


Figura 1. Pruebas de infiltración en cada tratamiento (Llano Grande).

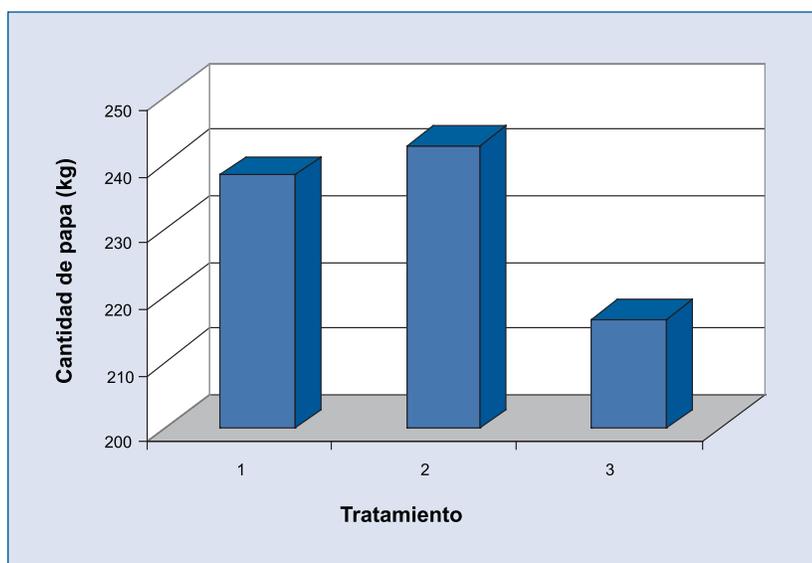
El Cuadro 1 muestra la cantidad de papa que se obtuvo en cada una de las unidades de muestreo, tanto de primera como de segunda calidad.

La figura 2 muestra en forma gráfica la cantidad total de papa cosechada, la cual fue cuantificada dentro de las parcelas de

muestreo para cada tratamiento. Cada una de estas parcelas de muestreo contó con un área de 25 m<sup>2</sup>. Esto significa que al haber tres repeticiones de cada tratamiento, las cantidades de papa cosechadas en cada uno de ellos corresponden a un área de 75 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 1.** Producción de papa según tratamiento (Llano Grande)

Bloque	Tratamiento	Primera (kg)	Segunda (kg)	Total (kg)
1	1	81,5	8,5	90,0
1	2	56,0	10,5	66,5
1	3	62,5	11,0	73,5
2	1	73,0	7,0	80,0
2	2	76,0	8,5	84,5
2	3	75,5	11,0	86,5
3	1	63,0	5,0	68,0
3	2	84,0	7,5	91,5
3	3	49,0	7,5	56,5
Total		620,5	76,5	697,0



**Figura 2.** Cantidad de papa cosechada para cada tratamiento (Llano Grande).

### Finca en Guarumos de Alvarado

La finca se encuentra ubicada entre las latitudes 9° 82' y 9° 93' y longitudes de 83° 51' y 83° 54'. El área total del ensayo fue de 8 100 m<sup>2</sup>, (0,81 ha), las áreas de cada uno de los tratamientos y las repeticiones son iguales, de 900 m<sup>2</sup> (0,09 ha); la unidad experimental de muestreo en cada tratamiento fue del mismo tamaño (25 m<sup>2</sup>).

La textura del suelo donde se sembró el cultivo es franco-arcillo-arenosa, determinada por el método de Bouyoucos.

Para el terreno sin preparar, así como para cada uno de los tratamientos, se obtuvieron las siguientes ecuaciones de infiltración instantánea:

Antes de mecanizar:  $I_i = 17,66 \times t^{-0,31}$

Tratamiento 1:  $I_i = 25,23 \times t^{-0,29}$  vibrocultor

Tratamiento 2:  $I_i = 25,07 \times t^{-0,21}$  arado de cincel

Tratamiento 3:  $I_i = 83,60 \times t^{-0,22}$  palin o azada mecánica

donde los valores de  $I_i$  están en cm/h y el tiempo en minutos

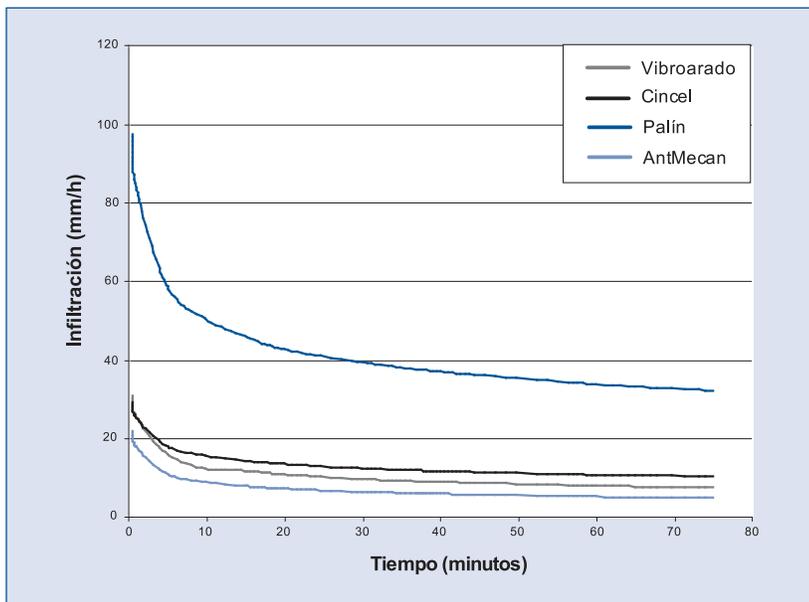


Figura 3. Pruebas de infiltración en cada tratamiento (Guarumos de Alvarado).

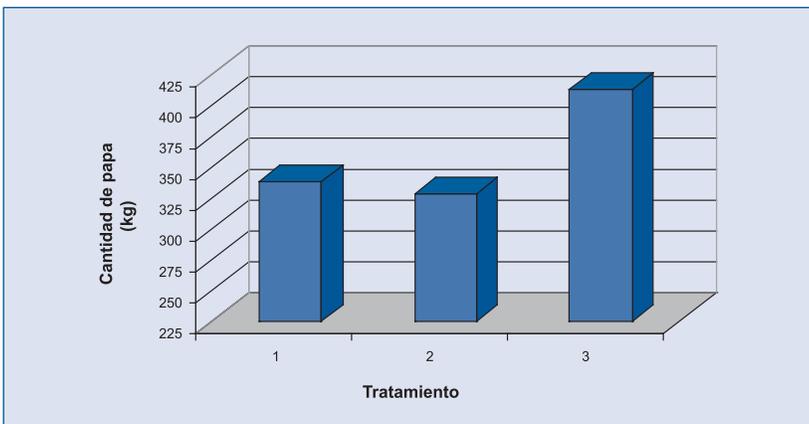


Figura 4. Cantidad de papa cosechada para cada tratamiento (Guarumos, Alvarado).

De las pruebas de infiltración que se llevaron a cabo en cada uno de los tratamientos y del terreno sin preparar, se obtuvieron las tendencias mostradas en la figura 3.

El Cuadro 2 muestra la cantidad de papa que se obtuvo en cada una de las unidades de muestreo, tanto de primera como de segunda calidad.

La figura 4 muestra la cantidad total de papa cosechada, la cual fue cuantificada dentro de las parcelas de muestreo para cada tratamiento. Cada una de estas parcelas de muestreo contó con un área de 25 m<sup>2</sup>. Esto significa que al haber tres repeticiones de cada tratamiento, las cantidades de papa cosechadas en cada uno de ellos corresponden a un área de 75 m<sup>2</sup>.

## Análisis de resultados

### Finca en Llano Grande

A partir de las ecuaciones de infiltración instantánea, se observa que ocurre una mayor velocidad de infiltración en el T2 (palín), seguido posteriormente del T3 (subsolador + vibrorrastra) y por último se encuentra el T1 (arado de disco + rastra).

Lo anterior indica que el “palín” favorece la absorción de suelo ante mayor cantidad de agua caída por precipitación; en consecuencia, se da menor probabilidad de escorrentía superficial y menor erosión en el suelo. Además, rompe la capa de suelo compactada que se forma producto de usar siempre la labranza tradicional.

Al usar también el subsolador se favorece el romper esa capa dura y de ahí los resultados de que mejore la infiltración de agua en el suelo.

El hecho de que se dé una buena infiltración de agua es además favorable porque garantiza una mejor condición de humedad en el suelo, que beneficia el desarrollo del cultivo, además de que permite un drenaje más adecuado en el subsuelo.

**Cuadro 2. Producción de papa según tratamiento (Guarumos, Alvarado)**

Bloque	Tratamiento	Primera (kg)	Segunda (kg)	Total (kg)
1	1	100,40	13,80	114,20
1	2	92,70	16,50	109,20
1	3	116,48	17,75	134,23
2	1	105,30	14,34	119,64
2	2	89,50	13,08	102,58
2	3	118,15	15,48	133,63
3	1	94,03	10,80	104,83
3	2	105,40	11,26	116,66
3	3	130,19	15,60	145,79
Total		952,15	128,61	1080,76

*..el uso del “palín” favorece la absorción de suelo ante mayor cantidad de agua caída por precipitación...*

No se observó gran diferencia en cuanto al crecimiento del cultivo a los dos meses de siembra; es decir, el cultivo se comportó durante el crecimiento de forma similar.

La mayor producción se obtuvo con el T2; es decir, el uso del “palín”, seguido por el T1 (arado + rastra tradicional) y en menor producción el T3 (subsolador + vibrorrastra).

Las producciones totales por cada uno de los tratamientos corresponden al área total de muestreo de 75 m<sup>2</sup>; si se extrapola la producción a una hectárea, se obtendrían los valores mostrados en el cuadro 3. (Villalobos, M. *et al.*, 2006)

**Cuadro 3. Producción en kg/ha para cada tratamiento (Llano Grande)**

Tratamiento	Producción (kg/ha)
1	31 733
2	32 333
3	28 867

Si se comparan estos datos de producción con el promedio del país en general, de acuerdo con los datos suministrados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, el cual es de 26 000 kg/ha, se observa en todos los casos una producción superior al promedio.

En relación con el análisis estadístico para determinar si se produjeron diferencias significativas, tanto en segunda y primera calidad; así como en la producción total, se tiene:

Para papa de segunda calidad existen diferencias significativas entre tratamientos al 5% y en primera calidad no se determinaron diferencias estadísticas entre tratamientos.

En cuanto a la papa de segunda calidad, se demuestra que el tratamiento con el palín y el tratamiento de subsolador más la rastra son los que presentan las mejores producciones. Para este caso en particular el análisis de varianza mostró diferencias significativas al 5%, en donde los T2

*... en la finca de Llano Grande el T2, constituido por el "palín", es el que presenta los mejores resultados en cuanto a la producción...*

y T3 difieren estadísticamente del T1, aunque no difieren entre ellos. De esta forma y para este ensayo en particular, los tratamientos que corresponden al palín (T2) y al subsolador más la rastra (T3) presentan los mismos rendimientos sin poder cuantificar los efectos que tiene cada uno de ellos en la conservación del suelo bajo las condiciones evaluadas. Aunque sí se determinó que para estos tratamientos la infiltración de agua, según las curvas de infiltración, aumentó.

Para la papa de primera calidad, el análisis de varianza no encontró diferencias significativas para los tres tratamientos; sin embargo, las tendencias mostraron que el T1 (arado más rastra) fue el que obtuvo mayor producción (80,53 kg) seguido por el tratamiento con palín (79,31 kg), el cual se encuentra muy cercano al T1. Por último, el tratamiento 3 con una producción de 62,33 kg fue el que presentó los menores rendimientos y las mayores diferencias con respecto a los otros dos tratamientos.

Para el total de papa producida, a pesar de la no existencia de diferencias significativas al 5%, nuevamente se demuestra que en la producción total el T2, constituido por el "palín", es el que presenta los mejores resultados en cuanto a producción (89,2 kg) seguido muy cerca por el T1 (arado más rastra) (88,10 kg) y por último el tratamiento constituido por el subsolador más la vibrorrastra (72,17 kg). Estos resultados muestran que el palín es un método de labranza que debe ser más estudiado, incorporando otras variables para lograr fundamentar los resultados aquí obtenidos; de esta forma, se recomienda evaluar pérdidas de suelo para cada tratamiento, densidad aparente, resistencia al corte etc, a través del tiempo, para determinar los efectos reales que tiene cada tipo de mecanización sobre la conservación del suelo y la producción.

El análisis químico del suelo revela que son suelos andisoles, con deficiencias de calcio, magnesio, potasio y en algunos

casos zinc. Presentan arcilla alófana, la cual fija el fósforo, pero en el análisis muestra alto contenido de fósforo. No se sabe cuánto de ese fósforo está fijado y cuanto está soluble. Los suelos presentan alto contenido de hierro, lo que puede producir oxidación de raíces y generar bloqueos con otros elementos.

### **Finca en Guarumos de Alvarado**

Al analizar las ecuaciones de infiltración instantánea obtenidas, ocurre una mayor velocidad de infiltración en el T3 ("palín"), seguido posteriormente del T2 (arado de cincel) y por último se encuentra el T1 (vibroarado).

Al igual que en la finca de Llano Grande, se obtuvieron velocidades de infiltración mayores donde se usó el "palín" que en los otros tratamientos. Si las velocidades de infiltración son mayores que la absorción de agua por el suelo y hay una menor probabilidad de que se produzca escurrimiento superficial y por consiguiente erosión del suelo, el hecho de que las velocidades de infiltración sean mayores que en los otros tratamientos tiene que ver con la forma de "reventarse" el suelo, ya que el "palín" provoca un mejor agrietamiento del suelo en las capas inferiores. Además, el "palín" hace que se rompa la capa de suelo compactado que se forma cuando se prepara el suelo a una misma profundidad.

El arado de cincel penetra a mayor profundidad que el vibroarado, de ahí el resultado de que en el suelo se dé mayor velocidad de infiltración cuando se usa el arado de cincel en comparación con el vibroarado.

Es evidente que las velocidades de infiltración aumentan con cualquier preparación de suelo que se realice en comparación con el suelo que no se ha preparado.

Al darse velocidades de infiltración alta en el suelo, hace que se favorezca el

movimiento interno del agua, evitándose problemas de drenaje.

Un suelo bien preparado hasta la profundidad radicular va a permitir que se dé una mejor aireación y por consiguiente se favorezca el desarrollo radicular para un mejor aprovechamiento de agua y nutrientes.

No hay gran diferencia en cuanto al crecimiento del cultivo a los dos meses de siembra; es decir, el cultivo se comportó durante el crecimiento de forma similar.

Se puede concluir que la mayor producción se obtuvo con el T3; es decir, el uso del “palín”, seguido por el T1 (vibroarado) y en menor producción el T2 (arado de cincel).

Las producciones totales por cada uno de los tratamientos son para el área total de muestreo de 75 m<sup>2</sup>; si se extrapola la producción a una hectárea, se obtendría los valores mostrados en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Producción en kg/ha para cada tratamiento (Guarumos de Alvarado)**

Tratamiento	Producción (kg/ha)
1	45 156
2	43 792
3	55 153

Si se comparan estas producciones con las obtenidas en el ensayo llevado a cabo en la finca de Llano Grande, se puede ver que son superiores, y el caso del uso del “palín” que, en ambos ensayos fue la mayor producción, se obtuvo un 41% más en el ensayo llevado a cabo en San Rafael de Irazú. Estas diferencias se pueden deber al manejo del cultivo que llevó a cabo cada productor, no teniéndose control en la investigación de este parámetro. En este caso en particular, la producción fue prácticamente el doble del promedio de

producción por hectárea que se tiene en el país de 26 000 kg/ha.

En relación con el análisis estadístico para determinar si se produjeron diferencias significativas, tanto en segunda y primera calidad; así como en la producción total, se tiene:

Para papa de segunda calidad, no se determinaron diferencias significativas entre tratamientos al 5%. El análisis estadístico llevado a cabo para papa de primera calidad, determinó diferencias significativas entre tratamientos al 5%.

El análisis estadístico para el total de papa arrojó diferencias estadísticas entre tratamientos al 5%.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas al 5% para la variable peso de papa de segunda calidad; sin embargo, las tendencias muestran que el T3 (palín) es el que presentó los mejores resultados por unidad experimental (16,28 kg). El segundo tratamiento en producción fue el arado cincel (13,61 kg) y por último el vibroarado con una producción de 12,98 kg, aun cuando estos no difieren entre sí.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas al 5% para la variable papa de primera calidad; para este caso en particular, el T3 (palín) fue el que presentó los mejores resultados, alcanzando un promedio de 121,6 kg por parcela evaluada, superando, de esta forma, el T1 (vibroarado), el cual produjo 99,91 kg, y al T2 (arado cincel 95,87 kg), los cuales no difieren estadísticamente entre ellos. Es importante señalar que el modelo utilizado presentó un ajuste de 0,84, lo que indica que las variables evaluadas están explicadas en un 84% por el modelo utilizado; es decir, presenta muy buen ajuste.

Estas diferencias significativas se deben posiblemente a la mejor preparación del suelo que se tiene con el uso del “palín”, ya que como se discutió se alcanzan mejores velocidades de infiltración, se

rompe el piso de arado y hay una mejor aireación del suelo.

Para el caso de la variable peso total de la producción, la cual incluye la suma de la papa de segunda calidad más la papa primera calidad, mostró diferencias significativas al 5%, en la cual el efecto del tratamiento manifiesta diferencias debido a los distintos tipos de mecanización. La prueba de Duncan mostró que el T3 (“palín”) es el que presentó la mayor producción de todos, alcanzando un promedio de 137 kg por parcela, seguido del T1 (vibroarado), que alcanzó un peso de 112,89, y por último el arado cincel, el cual produjo un total de 109,48 kg/ parcela. Es importante señalar que para estos dos últimos tratamientos la prueba de diferenciación de medias no manifestó diferencias significativas al 5%.

Del análisis químico del suelo, se puede decir que es del mismo origen que el de la finca de Llano Grande; es decir, son suelos de origen andisol, con deficiencias de calcio, magnesio, potasio, y en algunos casos, zinc.

## Conclusiones

De todos los tratamientos que se usaron tanto en la finca de Llano Grande como en la de Guarumos de Alvarado, cuando se llevaron a cabo las pruebas de infiltración, se obtuvieron velocidades mayores cuando se preparó con “palín”. Además, siempre se obtuvieron también mayores producciones con este implemento de labranza. Lo anterior reafirma las ventajas de preparar con el “palín”, ya que se rompe el piso de arado que se forma comúnmente cuando se prepara a una misma profundidad y con implementos tradicionales, como arado de disco y rastra.

El aumento de las velocidades de infiltración tiene la ventaja de que hay un menor tiempo para que el agua se concentre en la superficie del suelo y empiece a escurrir, evitando, de esta

forma, que se de arrastre de la capa arable. Por otro lado, al aumentar la infiltración se está aprovechando que se tenga una mejor humedad en el subsuelo, lo cual complementado con una mejor preparación en las capas inferiores, da una mejor aireación y condiciones apropiadas para el desarrollo radicular y por consiguiente aprovechamiento de los nutrimentos.

## Recomendaciones

Es importante para futuras investigaciones tomar en cuenta la evaluación de otras variables que no se pudieron medir aquí, tales como resistencia a la penetración en el suelo, según el tipo de preparación de suelo que se realice.

También se debe cuantificar la pérdida de suelo que se produce, según el tipo de preparación de suelo, mediante el uso de parcelas de escurrimiento.

Otro parámetro por tomar en cuenta es la eficiencia en el uso de la maquinaria según cada forma de preparación que se utilice, y costos de estos tratamientos.

Lo anterior se puede llevar a cabo para otros cultivos que también son representativos de la zona, tal como zanahoria, cebolla y hortalizas, ya que la forma de mecanización puede ser diferente para cada cultivo.

## Bibliografía

- Alvarado, A. 2004. Maquinaria y mecanización agrícola. EUNED, San José, Costa Rica. 570 pp.
- Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N.º 7. 2006 Labranza de conservación Departamento de Producción y Experimentación. Morelia, México Consultado 6 feb. 2008. Disponible en: <http://www.cbta7.edu.mx/SubPlaneacion/Produccion/Labranza.htm>
- Días, H.; Soza, E; Agnes, D; Génova, L. 2006. Efecto de los sistemas de labranza en el proceso de infiltración del agua en el suelo y su importancia hidrológica. Buenos Aires, Argentina. Consultado: 6 feb. 2008

*De todos los tratamientos que se usaron tanto en la finca de Llano Grande como en la de Guarumos de Alvarado, cuando se llevaron a cabo las pruebas de infiltración, se obtuvieron velocidades mayores cuando se preparó con “palín”.*

Disponible en: <http://www.fi.uba.ar/escuelas/ig/Contribuciones%20Noviembre%202006.pdf#page=37>

Friedrich, T. 1996 Desde la Conservación de Suelo a una Agricultura Conservacionista El papel de la ingeniería agrícola en este proceso. FAO. Consultado: 6 feb. 2008 Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGS/agse/erosio.htm>

Villalobos, M. *et al.*, 2006. Informe de avance de proyecto Evaluación de la producción de papa con tres tipos de labranza de suelo en la zona norte de Cartago. Vicerrectoría de Investigación y Extensión. ITCR. Cartago, Costa Rica. 14 pp.