

EVALUACION DE TRES SISTEMAS DE PREPARACION DEL SUELO PARA CUATRO MATERIALES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Harry O. Cataño A. *

Carlos A. Perez E. *

Alfonso Diaz D. **

COMPENDIO

Los objetivos del ensayo fueron comparar los efectos que tres sistemas de preparación del suelo causan en sus características físicas y en la productividad de la yuca, y realizar el balance energético del cultivo. Los niveles de preparación fueron: alto (arada con disco a 30 cm, dos rastrilladas a 15-20 cm, pulida a 15 cm y caballones de 0.30 m de altura y 1.0 m de distancia), medio (arada con cincles flexibles a 40 cm, rastrilladas y caballones) y bajo (caballones). El experimento se diseñó en parcelas divididas con 8 repeticiones. El nivel de preparación medio arrojó el mayor rendimiento (34.74 t/ha), seguido del alto (31.77 t/ha) y por último el sistema bajo de preparación (31.08 t/ha). El nivel medio de preparación fue el de mejor comportamiento tanto en el balance energético como en el análisis económico. Sin embargo, con el nivel bajo de preparación se logró la mayor eficiencia energética.

ABSTRACT

The objectives of the experiment were: to compare the effect of three land preparation systems on productivity of cassava crop as well as the effect on physical properties of the soil; and to compare the energy balance in cassava production. The systems studied were: high tillage level (one disc plow at 30 cm, two heavy harrow at 15-30 cm, one light disc harrow, levees at 1.0 m distance and 0.30 m height), medium tillage level (one chisel plow at 40 cm, one heavy disc harrow, levees), and low tillage level (levees). The experiment design was random blocks with eight replications. The highest yield was 34.74 t/ha on the medium tillage level system, next was 31.77 t/ha with high tillage level system and the lowest yield was 31.08 t/ha with the low tillage level system. The medium tillage level of this experiment gave the best land physical alternative for the crop under study. This conclusion is also valid from the energy and economical analysis; nevertheless, the low tillage level gave the best energy efficiency ratio.

* Estudiante de pre-grado. U. Nacional - Palmira.

** Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Palmira.

1. INTRODUCCION

La preparación de los suelos se considera como una operación agrícola básica, que en forma general pretende manejar sus características físicas. Sobre la intensidad de la labranza existen diferentes opiniones: desde los que sostienen que debe ser profunda y completa (Barley, Farrel y Greacen, 2; Burity, 3; Contreras, 4; FAO, 7; Kunju, 9; Longanatan, Ravikumar y Krishnamoorthy, 10; Tafur, 13), pasando por un sector intermedio que defiende una labranza reducida, hasta los que proponen un nivel bajo o labranza cero argumentando que el laboreo intensivo ha deteriorado los suelos tropicales y reducido la rentabilidad de los cultivos (Curiel y Velásquez, 5; Ehlers, 6; Nair, 11). Ajustar el número y la intensidad de los labores de preparación al mínimo compatible con buenos rendimientos, reduce los costos y gastos energéticos de la instalación de los cultivos.

Como en nuestro medio no se han realizado estudios en este campo, el ensayo tuvo como objetivos comparar los efectos de tres sistemas de preparación en las características físicas del suelo y en la productividad de la yuca, y realizar un balance energético del cultivo.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En el experimento, realizado en el CIAT, se utilizaron cuatro materiales promisorios de yuca (híbrido CM 321 - 188, híbrido HMC- 1, variedad MCOL 1684, híbrido CM- 489- 1) y tres sistemas de preparación: nivel alto o tratamiento 1 (arada con discos a 30 cm, dos rastrilladas a 15-20 cm, pulida a 15 cm y caballones de 30 cm de altura y a 1 m de distancia); nivel medio ó T₂ (arada con cinceles flexibles a 40 cm, rastrillada y caballones) y nivel bajo ó T₃ (caballones).

El experimento se diseñó en parcelas divididas (80 x 10 m) con ocho repeticiones. Los tratamientos, variable de mayor importancia, se colocaron en las parcelas principales y en las sub-parcelas el factor materiales de yuca. Las variables de respuesta fueron: rendimiento (producción, almidón y materia seca/ha) y características físicas del suelo.

La primera lectura del contenido de humedad, densidad aparente y porosidad total se realizó antes de la preparación del terreno, la segunda a los tres meses y se continuó haciendo mensualmente durante siete veces. La resistencia a la penetración se registró antes de la preparación y bi-mensualmente durante cinco oportunidades. Se efectuaron Anadeva y pruebas de Duncan y se ajustaron modelos de covarianza a cada una de las variables de respuesta, se establecieron correlaciones entre las características físicas.

Para el balance energético se tuvieron en cuenta los siguientes componentes invertidos en el cultivo: energía humana (1900 kilocalorías/jornada), mecánica (39 020 kiloj/l de Diesel n. 2-D y 34 560 kiloj/l de gasolina), productos agroquímicos (50 kiloj/kg).

La energía producida se estimó considerando que un kg de material comestible contiene 1 220 kilocalorías. Se calcularon la proporción de eficiencia (rendimiento en kiloj/energía invertida en el cultivo) y el poder adquisitivo energético (rendimiento/valor del cultivo). Para determinar la rentabilidad de los sistemas de preparación se tuvieron en cuenta como costos de producción el arrendamiento de la tierra, alquiler de maquinaria, mano de obra e interés sobre el capital.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto de los tratamientos en el rendimiento.

El anadeva muestra diferencias significativas al 5 o/o entre la producción de los tratamientos y la prueba de Duncan los distribuye en 2 grupos: el tratamiento 2 (34.74 t/ha) y los tratamientos 1 y 3 (31.77 y 31.08 t/ha respectivamente). La producción de almidón y materia seca no presenta diferencias significativas entre tratamientos.

El tratamiento 2 presentó los mejores resultados tanto en producción como en los factores de calidad (almidón y materia seca por hectárea), lo que indica que proporcionó las mejores condiciones para una mayor producción. Este tratamiento se caracteriza por dar al suelo una preparación profunda y mínima, buscando remover lo menos posible (FAO, 7; INTA, 8) además, ofrece el mayor perfil preparado.

3.2. Efecto de los tratamientos sobre la densidad aparente y la porosidad.

La densidad aparente, cuya lectura inicial fue de 1.18 (T_2 y T_3) y 1.19 g/cm^3 , presentó una tendencia ascendente durante el transcurso del cultivo (fig. 1), pero sólo se encuentran diferencias significativas a partir del sexto mes, lo que sugiere que en un principio los sistemas de preparación afectan de manera similar esta variable. Ninguno de los tratamientos llegó a superar el valor de la densidad aparente máxima por encima del cual las raíces no penetran, 1.75 y 1.49 g/cm^3 en suelos arenosos y arcillosos (Veihmeyer, 15).

Durante el ensayo el tratamiento 2 presentó el más alto porcentaje de porosidad y arrojó la mayor producción.

3.3. Penetrabilidad a 15 cm.

La penetrabilidad es descendente desde la preparación hasta la edad 4 (fig. 2), debido a la acción de los implementos que al aflojar el suelo incrementan la aireación y producción de raíces, y vuelve a descender levemente del octavo al décimo mes, debido posiblemente a que las raíces al desarrollarse ejercen fuerzas en todas las direcciones perdiendo compactación el suelo.

Las diferencias entre tratamientos de la variable corregida son altamente significativas durante los primeros meses y vuelven a serlo cuando incrementa la humedad del suelo.

En los primeros meses, el sistema de preparación que menos alteró el suelo (T_3), presenta los más altos valores de resistencia a la penetración.

Al incrementarse la humedad T_1 presentó el mayor valor de penetrabilidad, debido a que la acción de los implementos afectó la estructura del suelo reduciendo el tamaño de los agregados, incrementando la susceptibilidad del suelo al encostramiento y a la compactación por acción del agua.

3.4. Penetrabilidad a 30 cm.

En la edad 2 se presentan diferencias altamente significativas entre tratamientos (fig 3), coincidiendo con los valores más altos de humedad del suelo durante el ensayo (27 o/o); en la edad 4 las diferencias siguen siendo significativas al 5 o/o (18 o/o de humedad).

Las variaciones en la resistencia a la penetración en las capas inferiores dependen en gran parte de los cambios en el contenido de humedad del suelo (Tafur, 13).

Hasta este momento el tratamiento 3 presenta los valores más altos de penetrabilidad debido posiblemente a que no alteró mucho las condiciones de penetración (6.04 kg/cm^2).

En la edad 6 las pruebas de Duncan coloca a T_2 y T_3 en un solo grupo con valores significativamente inferiores a T_1 , posiblemente porque la arada con discos incrementó los valores de penetrabilidad (Tafur, 13).

El tratamiento 2 a partir de la edad 4 presentó menores valores ya que la subsolación incrementa el drenaje y aumenta la penetrabilidad (Tafur, 13). A partir del sexto mes no se pudieron seguir realizando las lecturas.

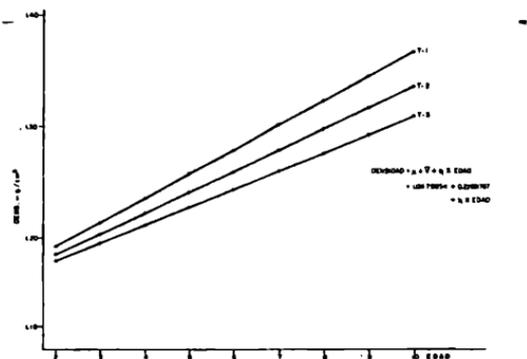


FIG. 1. - Comportamiento de la densidad óptica, penetración en función del tiempo.

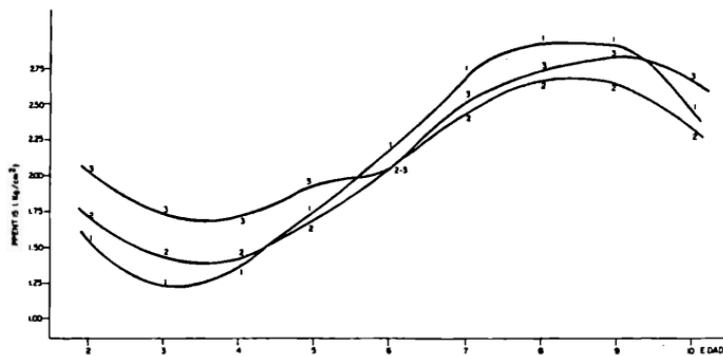


FIG. 2. - Tendencia de la resistencia a la penetración Co a 15cm en función del tiempo.

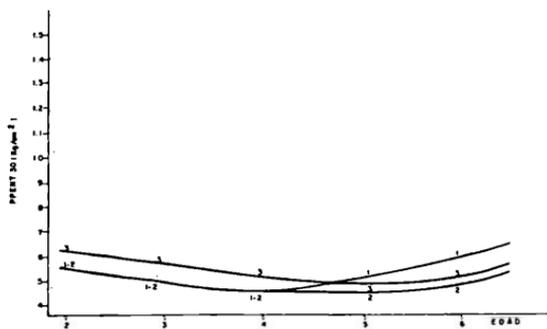


FIG. 3. - Tendencia de la resistencia a la penetración Co a 30cm en función del tiempo.

3.5. Correlaciones de penetrabilidad con otras variables.

La penetrabilidad a 15 cm no tiene correlación significativa con el contenido de humedad del suelo en ninguno de los tratamientos, indicando que la resistencia a la penetración se debe principalmente a las operaciones de preparación, como lo confirma la presencia de correlaciones altamente significativas entre la resistencia a la penetración a 15 y 30 cm (exceptuando el tratamiento 3 en el cual no se efectuó ninguna labor mecánica a 30 cm).

En las capas inferiores del suelo (20 - 30 cm) las variaciones de la resistencia a la penetración dependen, en gran parte de los cambios en el contenido de humedad, mientras que en la capa superficial (0 - 15 cm) los cambios se atribuyen al pisoteo humano (Tafur, 13).

En la resistencia a la penetración a 30 cm diferentes factores afectan la variable, y éstos dependen del tipo de preparación; así por ejemplo: en T₁ los cambios se debieron a la humedad ($r = 0.46^{**}$), a las operaciones mecánicas (r con la penetración a 15 cm = 0.74^{**}) y en otros ensayos se ha encontrado que cuando las raíces crecen a través de horizontes que carecen de amplios canales, comprimen y deforman el suelo tangencialmente incidiendo en los cambios de la resistencia a la preparación (Barley, Farrell y Greacen, 2; Tafur, 13).

En el tratamiento 2 la resistencia a la penetración a 30 cm estaría afectada por las operaciones mecánicas de preparación (coeficiente de correlación con penetración a 15 cm = 0.34^{**}) y posiblemente por el crecimiento de las raíces. La humedad no estaría actuando en este caso ($r=0.01$ N.S). Este resultado se explica porque en T₁ el suelo queda más disturbado que en T₂ y el contenido de humedad gravimétrica tendrá mayores efectos sobre la resistencia a la penetración que en un suelo que presente una estructura más estable.

El rendimiento presentó el mejor resultado en el tratamiento 2 porque el aumento de la resistencia a la penetración puede disminuir la productividad de un cultivo por reducción de la proliferación de raíces, del diámetro de los haces vasculares y del transporte de productos (White, 16).

3.6. Conservación de la humedad del suelo.

Solo se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos en las épocas de baja humedad (fig.4). En el mes 7, cuando se registraron los mayores valores de humedad, se presentaron problemas de encharcamiento en T₃ y, en menor proporción, en T₁; sin embargo, no se encon-

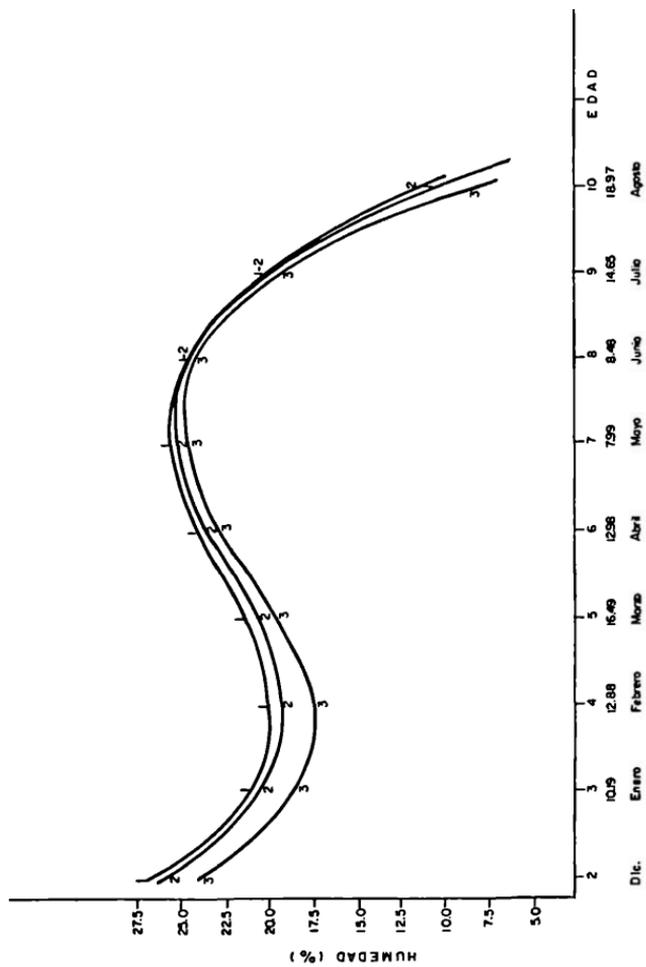


FIG. 4. - Tendencia general de la humedad a través del tiempo.

traron raíces podridas.

3.7. Balance energético.

El tratamiento 1 requirió 17.88 o/o más energía invertida en el cultivo que T_2 (1 023 912.50 Vs 840 765.85 kcal/ha), y 52.98 o/o más que T_3 (481 357.72 kcal/ha), y éste último demandó 42.74 o/o menos que T_2 .

El tratamiento 2 produjo 8.55 o/o más energía que T_1 (42 389 089 Vs 38 762 238 kcal/ha) y 10.54 o/o más que T_3 (37 918 898 kcal/ha), el cual proporcionó 2.17 o/o menos energía que T_1 .

El balance energético final presenta a T_2 con el mayor valor (41 548 323 kcal/ha), 9.17 o/o más que T_1 (37 738 325 kcal/ha) y 9.89 o/o más que T_3 . El nivel de preparación bajo presentó el menor valor (37 437 540 kcal/ha), 0.79 o/o menos que T_1 .

El mayor valor del coeficiente de proporción de eficiencia ($E = 78.77$) correspondió a T_3 , seguido por T_2 (50.17) y T_1 (37.85). Respecto al poder adquisitivo energético, T_2 presentó el mayor valor ($EPP = 2 592.9$), seguido por T_3 (2 570.6) y T_1 (2 251.4).

3.8. Consideraciones económicas.

El nivel alto de preparación arroja ingresos brutos superiores al T_3 (\$ 127 080 Vs \$ 124 320), pero el último es más rentable pues el ingreso neto es superior en \$ 7 565 (\$ 62 609 Vs \$ 55 044). Con el nivel medio de preparación se obtuvieron los ingresos más altos (bruto = \$ 138 960, neto = \$ 70 561). El tratamiento 2 es 22 o/o más rentable que T_1 y 11.27 o/o más que T_3 , y este último es 12.08 o/o más rentable que T_1 .

4. CONCLUSIONES

- 4.1. La mayor producción se obtuvo en el nivel de preparación medio (34.74 t/ha), seguido por el nivel alto (31.77 t/ha) y por último el nivel de preparación bajo (31.08 t/ha).
- 4.2. Los sistemas de preparación afectaron en la misma proporción la densidad aparente y la porosidad en los primeros 5 meses, pero a partir de esta edad se presentaron diferencias, que aumentaron con la edad del cultivo. En el nivel medio de preparación se presentaron los valores menos variables de densidad aparente y porosidad.
- 4.3. La resistencia a la penetración del suelo a 15 y 30 cm presentó valores

excelentes, sin embargo se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, que coinciden con altos valores de humedad del suelo.

- 4.4. Entre tratamientos las diferencias en el contenido de humedad resultaron mayores en los 6 primeros meses. Los contenidos de humedad del nivel medio de preparación fueron los que menos variaron durante el ensayo.
- 4.5. El tratamiento 2 produjo el mayor valor de kilocalorías seguido por T₁ y T₃. En cuanto al poder adquisitivo energético (EPP), el nivel medio de preparación es el más aconsejable, pues por cada peso invertido se obtienen 2 592.96 kilojoules, seguido por T₃ (2 570.6) y por último el nivel alto de preparación (2251.41).
- 4.6. El nivel medio de preparación es 22 o/o más rentable que el nivel alto y 11.27 o/o más que el nivel bajo.

5. BIBLIOGRAFIA

1. ALLMARAS, R. R. ; EMYWELL, R. E. and HOLT, R. F. Plow layer porosity and surface roughness from tillage as affected by initial porosity and soil moisture of tillage time. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 31: 550 - 556. 1967.
2. BARLEY, K. P. ; FARREL, D. A. and GREACEN, E. L. The influence of soil strength on the penetration of a loam by plant roots. *Aust J. Soil Res.* 3: 69 - 79. 1965.
3. BURITY, H. A. Evaluación agronómica del manejo de la vegetación previo a la siembra para los sistemas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y yuca asociada con frijol (*Phaseolus vulgaris* L), Tesis Mag. Sci. Turrialba, IICA, 1.979. 135 p.
4. CONTRERAS, C. J. El cultivo de la yuca en la zona central de Veracruz. Ciudad de México, Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas del Golfo Centro. Circular CIA No. 65, 1978.
5. CURIEL, N. E. y VELASQUEZ, E. I. Técnicas para la producción de yuca. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Región Oriental. 1977. 52 p.
6. EHLERS, W. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Sci.* 119 : 242 - 249. 1975.

7. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Conservación de suelo para los países en desarrollo. Roma, Boletín No. 30.
8. INSTITUTO NICARAGUENSE DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. Cultivemos yuca. Managua, 1977. 5 p.
9. KUNJU, U. N. You cant count on tapioca. Intensive Agriculture. 13 (1): 5 - 7. 1975.
10. LONGANATAN, S.; RAVIKUMAR, V. and KRISHNAMOORTHY, K. K. Studies on the conjoint effect of tillage and soil amendments on the yield of tapioca and physical properties of soils Madras Agric. J. 62 (5): 248 - 252. 1975.
11. NAIR, G. M. Improved cultural practices of cassava. En: Cassava production technology. Trirandrum, Central Tuber Crops Research Institute, 1978.
12. PHILLIPS, S. H. and YOUNG, H. M. No tillage farming. Milwaukee, Reinams, 1978. pp: 18 - 28.
13. TAFUR, N, J. Efecto de varios sistemas de producción agrícola sobre la resistencia mecánica de los suelos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, IICA, 1977. 317 p.
14. TORO, J. C. and COCK, J. H. Recomendaciones sobre el cultivo de la yuca para alcohol carburante en Colombia. En: Simposio Colombiano sobre alcohol carburante. Cali, C.I. A.T, 1980.
15. VEIHMEYER, F. J. Evapotranspiración. En: Hand book of zero tillage experiments. J. Agric. Sci. 18: 247 - 261. 1970.
16. WHITE, E. M. Effect on plant growth of constricting forces applied to the upper part of root. En: Agronomy abstracts annual meeting American Society of Agronomy. Kloxville, 1975.