

EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE PREPARACIÓN DEL SUELO EN SECO EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa l.*)

EVALUATION OF DRY SOIL PREPARATION TECHNOLOGIES IN RICE CULTIVATION (*Oryza sativa l.*)

Benjamín Gabriel Gaskins Espinosa ^{1*}

¹ Ing. Profesor. Titular. Departamento de Mecanización. Facultad de Ingeniería. Universidad de Granma. Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2692-3677>. Correo: gaskin@udg.co.cu

Idalberto Macías Socarrás ²

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3512-7098>.

Antonio Luis Barrera Amat ³

³ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4827-6949>.

* Autor para correspondencia: gaskin@udg.co.cu

Resumen

La investigación se desarrolló en la cooperativa “Guillermo González” que está ubicada en La Juanita, carretera que une al municipio Bayamo con Manzanillo y Buey Arriba. El objetivo de la investigación fue evaluar la tecnología utilizada por la cooperativa en el cultivo del arroz, como resultado se obtuvo: la eliminación del 89,2 y 84,4 % de las malezas que se encontraban en el suelo antes de aplicar la tecnología T₁ y T₂ respectivamente en la campaña 2018-2019 y en la de 2019-2020 fue para T₁ de 90%, sin embargo en tratamientos T₂ fue de 95%, el tratamiento T₂ alcanzó los mayores valores porcentaje con 96,62 en rango de mayores de 100 a 50 mm, con fragmentos de suelo de 58,21 mm de diámetro como promedio, sin embargo en los agregados de suelo menores de 10 mm T₁, tienen un comportamiento similar a la anterior con la diferencia que en los porcentajes de agregados menores de 10 mm decrece T₂ en un 38,7 % y T₁ aumenta en un 6,7%, obteniendo el valor más alto de densidad T₁ con 1,45 Mg m⁻³ en la campaña 2018-2019, antes de la labranza para la profundidad de 0 a 10 y 10 a 20 cm, no arrojó diferencias significativas entre las áreas, obteniéndose el valor más alto de humedad en T₂ de 26,60 % y 25,27 % en las campañas 2018-2019 y 2019-2020 respectivamente, en cuanto a los rendimientos agrícolas no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con 3,68 t ha⁻¹ y 3,71 t ha⁻¹ para T₂ y T₁ respectivamente.

Palabras clave: tecnología; equipamiento; arroz; producción.

Abstract

The research was carried out in the cooperative "Guillermo González" which is located in La Juanita, a road that connects the Bayamo municipality with Manzanillo and Buey Arriba. The objective of the research was to evaluate the technology used by the cooperative in rice cultivation, as a result it was obtained: the elimination of 89,2 and 84,4% of the weeds that were in the soil before applying the T₁ technology and T₂ respectively in the 2018-2019 campaign and in the 2019-2020 campaign it was for T₁ of 90%, however in T₂ treatments it was 95%, the T₂ treatment reached the highest percentage values with 96.62 in the range of over 100 to 50 mm, with soil fragments of 58,21 mm diameter on average, however, in soil aggregates less than 10 mm T₁, they have a similar behavior to the previous one with the difference that in the percentages of aggregates smaller than 10 mm decreases T₂ by 38,7% and T₁ increases by 6.7%, obtaining the highest value of T₁ density with 1,45 Mg m⁻³ in the 2018-2019 campaign, before tillage for the depth from 0 to 10 and 10 to 20 cm, did not show significant differences between the areas, obtaining the most high humidity in T₂ of 26,60% and 25,27% in the 2018-2019 and 2019-2020 campaigns respectively, in terms of agricultural yields did not show significant differences between the treatments evaluated with 3.68 t ha⁻¹ and 3.71 t ha⁻¹ for T₂ and T₁ respectively.

Keywords: technology; equipment; rice; production.

Fecha de recibido: 03/12/2021

Fecha de aceptado: 25/02/2022

Fecha de publicado: 01/03/2022

Introducción

El Arroz (*O. sativa l.*), ocupa el segundo lugar después del trigo considerando la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como alimento, proporciona más caloría por hectárea que cualquier otro producto agrícola. Este cereal constituye la mitad de la dieta alimentaria de unos 1 600 millones de seres humanos y supone para otros 400 millones, entre la cuarta y la mitad de su alimentación (Brady et al., 2008).

No sólo la producción de arroz en cuanto a cantidad, satisface las grandes demandas del consumidor, pues hay que valorar, de manera importante, la calidad del producto elaborado. Un análisis inclinado hacia este lado, muestra resultados poco satisfactorios, pues por mucho, no se acerca a la diana de la necesidad, por amplio y coherente que haya sido el esfuerzo de hoy en día (Portales, 2017). La calidad del arroz se evalúa a partir de la calidad de molinería, la calidad nutricional y la calidad culinaria (Brady et al., 2008), (Portales, 2017). En el plano económico y comercial, la calidad industrial o de molinería ocupa un lugar importante, por encima de otras categorías de calidades, pues ella se acerca más a las exigencias y hábitos alimentarios de los consumidores (Quinteros Mamani, 2012).

(Chilibroste) indica que las labores que tradicionalmente se efectúan para preparar el suelo en el cultivo del arroz tienen varios defectos, entre los que se pueden mencionar:

- a) La falta de oportunidad en la ejecución de los trabajos;
- b) La mala calidad del control de malezas perennes; y
- c) La deficiente nivelación de los campos que ocasionan pérdidas de rendimiento.

Para reducir estas pérdidas de rendimiento se hace necesario cambiar el sistema de preparación de suelos por uno que mejore la calidad de los trabajos, reduzca el costo de producción y sea capaz de entregar ventajas al cultivo, principalmente en lo que se refiere a oportunidad de las labores, época de siembra, buen uso del agua de riego y conservación del suelo.

Cuba es un país importador de alimentos, la producción de granos principalmente, solo alcanza un 23% de las necesidades. Dentro de ellos el arroz es el alimento básico para la población y su consumo per cápita es uno de los más elevados de América Latina, proporcionando el 18% de las calorías totales consumidos en la dieta diaria (Chilibroste).

(Garrido, 1985) plantea que el suelo, a pesar de que constituye un elemento integrador en el establecimiento de los paradigmas para la conservación del medio ambiente, presenta siempre algún nivel de degradación. Aunque este deterioro no se puede atribuir totalmente al manejo intensivo e indiscriminado del suelo, sí se puede asegurar que un alto porcentaje se debe a prácticas inadecuadas de labranza.

Partiendo de lo antes expuesto se define como objetivo: Evaluar las tecnologías de preparación del suelo en seco en el cultivo del arroz en la Cooperativa “Guillermo González”.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Cooperativa “Guillermo González” está ubicada en La Juanita, carretera que une al municipio Bayamo con Manzanillo y Buey Arriba, en el km 7 aproximadamente, la misma pertenece al Consejo Popular William Soler Ledea. Posee un área total de aproximadamente 1950 ha^{-1} , de las cuales cultivables 390 ha^{-1} . Predominan los vertisoles, profundos, el suelo objeto de estudio es el vertisol bajo la variedad INCA LP-7 con relieve llano y grado de enyerbamiento ligero. En las campañas de frío 2018-2019 y 2019-2020 (noviembre-febrero). La tecnología utilizada fue:

- **Aradura:** YTO 1804 y arado A 10 000
- **Gradeo:** YTO 1804 y grada de 4 500 lb (2 073 kg) tres pasos y dos pasos para T₁ y T₂ respectivamente.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 6 réplicas y dos tratamientos (Tecnología).

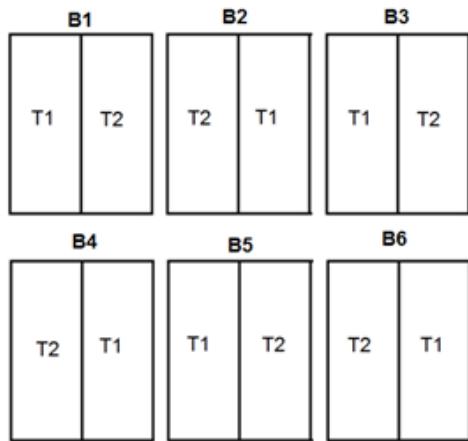


Figura 1. Esquema del diseño experimental.

Las variables objeto de investigación estuvieron determinadas por algunos indicadores que por su nivel de importancia revisten la mayor influencia en el comportamiento del empleo de los conjuntos evaluados, teniendo en cuenta la calidad de la labor:

Índices de calidad de la labor

- Profundidad de la preparación de suelos, m.
- Grado de mullido del suelo, %.
- Porcentaje de malezas eliminadas, %.
- Densidad y humedad del suelo, antes y después de la labor, $Mg\ m^{-3}$ y %,
- Coeficiente de aprovechamiento de la velocidad de trabajo del agregado y coeficiente de aprovechamiento del ancho de trabajo
- Rendimiento del cultivo, t.

Metodología para determinar la profundidad de la labor de preparación de suelo

La determinación de la preparación de suelos reviste gran importancia, pues nos permite valorar la calidad de la tecnología de utilizada y el empleo adecuado de los conjuntos agrícolas que se establecen para la realización de la misma, y que respondan a garantizar las exigencias agrotécnicas del cultivo empleado (Gómez et al., 1999) y (González-Cueto et al., 2017).

Para González (González, 2005) el indicador de calidad de la preparación de suelo, se determina colocando sobre el suelo labrado una regla de madera de 2 m de longitud, con precisión de 1 mm. La nivelación de la regla para evitar desviaciones se realizó utilizando un nivel de burbuja en la parte superior extrema de la misma. A esta regla se realizaron divisiones cada 10 cm para medir en cada punto la profundidad de la labor, con una regla plástica graduada de 60 cm de longitud y con precisión de 1 mm, se retiró el suelo debajo de la regla hasta llegar al fondo del suelo preparado y dejándola apoyada en los extremos utilizando para cada una

de las variantes tecnológicas empleadas por la CCSF (Figura 2). Las observaciones arrojaron el perfil del suelo labrado por la tecnología objeto de estudio. Se realizaron 25 repeticiones con intervalo de medición de 5 m en la diagonal de la parcela y a partir de 10 m de las cabeceras, en ambos sentidos de trabajo.

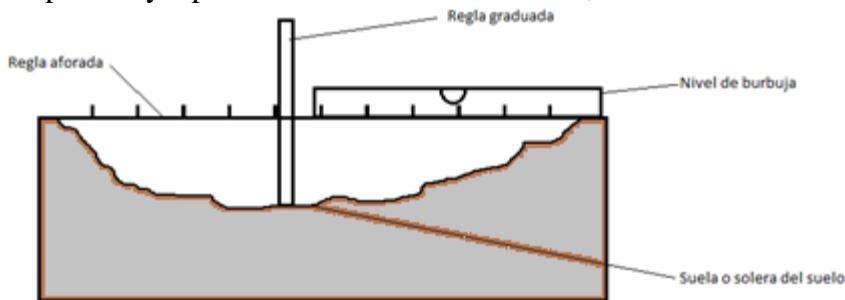


Figura 2. Determinación de la profundidad de trabajo.

Determinación del porcentaje de mullidos del suelo

Se determinó según la metodología propuesta por (Rolston, 2005) para lo cual se tamizó el suelo ya labrado contenido en un metro cuadrado mediante un juego de tamices en orden descendente de 100; 50; y 10 mm de diámetro, realizando 3 mediciones según la diagonal de cada parcela experimental, determinando la masa de suelo retenido en cada tamiz y con un balanza China de marca Portable Electronic Scale con una precisión de 0,01 g, y mediante las ecuaciones que se muestran a continuación se determinan el porcentaje para cada diámetro:

$$P_{agr} = \frac{M_{>100}}{M_{total}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

$$P_{agr} = \frac{M_{100 \text{ a } 50}}{M_{total}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

$$P_{agr} = \frac{M_{50 \text{ a } 10}}{M_{total}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

$$P_{agr} = \frac{M_{<10}}{M_{total}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

Donde:

P_{agr} : Porcentaje de mullido del suelo para los diferentes diámetros de los tamices (%);

$M_{>100}$; $M_{100 \text{ a } 50}$; $M_{50 \text{ a } 10}$; $M_{<10}$ —Masa de suelo (kg) retenida en los tamices de Ø 100; 50; 10 mm respectivamente.

M_{total} - masa total de la muestra.

Determinación de la densidad y humedad gravimétrica del suelo

La densidad aparente o volumétrica (Da), se determinó con ayuda de un cilindro de 120 cm³ de volumen según plantea Schoenholtz (Schoenholtz et al., 2000), tomando 25 muestras de suelo a las profundidades (0 a 10 cm) y (10 a 20 cm) en dos momentos diferentes, antes de la labranza, después de la labranza, para un total

de 150 muestras, las cuales fueron secadas en una estufa a una temperatura de 105°C durante 72 h, determinándose su masa en una balanza digital con valor de división 0,1 g, con intervalos de 2h hasta obtener valores constantes de las masas en los recipientes. Permitiendo determinar la humedad gravimétrica del suelo por diferencia de masa de la muestra húmeda con la seca. Este estudio se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Provincia de Gramma, ubicada en el municipio Bayamo.

La densidad aparente del suelo se calculará a través de la expresión (5):

$$D_a = \frac{G_n}{V_c} \quad (5)$$

Donde:

Da: Densidad aparente del suelo, en Mg·m⁻³.

G_n: Masa de la muestra del suelo después de secado, en Mg.

V_c: Volumen del cilindro, en m³.

Metodología para determinar el ancho de trabajo real del conjunto y su coeficiente de aprovechamiento

El ancho de trabajo real se determinó colocando dos soportes de madera y desde el fondo del talud del primer y el último surco, utilizando una cinta métrica de 50 m con grado de precisión de 1 mm, se efectuó la lectura, tomando en cuenta la distancia en línea recta comprendida entre las huellas dejadas por los órganos (disco) en el pase de trabajo. Se realizaron las repeticiones con intervalo de medición de 5 m en la diagonal de la parcela y a partir de 25 m de las cabeceras, en ambos sentidos de trabajo del conjunto, según el método de movimiento de ida y vuelta (Mendoza et al., 2020).

El comportamiento de este indicador se estableció a través del coeficiente ξ_B , el cual se calculó a través de la siguiente relación planteada por (JROBOSTOV, 1977); (Ortiz-Rodríguez et al., 2017).

$$\xi_B = \frac{B_r}{B_c} \quad (6)$$

Donde:

ξ_B : Coeficiente de aprovechamiento del ancho de trabajo;

Br: Ancho de trabajo real, m;

Bc: Ancho de trabajo constructivo según manual de explotación, m.

Metodología para la determinación de la velocidad de trabajo del conjunto

La velocidad del conjunto es algo primordial para la evaluación tecnológica explotativa de un conjunto. La velocidad de movimiento real durante el trabajo del conjunto (V_{tr}), también se diferencia de la teórica (V_t), debido al patinaje de los propulsores del tractor, a las irregularidades de la frecuencia de rotación del cigüeñal producto a la variación de la carga, al cambio de velocidades, y al movimiento sinuoso, aspecto este en el que coinciden en sus estudios (JROBOSTOV, 1977); (Ortiz-Rodríguez et al., 2017).

La velocidad real del conjunto se determinó utilizando dos balizas, midiendo con una cinta métrica de 50 m y grado de precisión de 1 mm, la distancia en línea recta de 100 m a lo largo de la parcela y dividiéndolo entre el tiempo empleado en recorrerla por el conjunto, auxiliándose de un cronómetro digital de precisión 1s, tomando como referencia los propulsores del tractor al pasar por las balizas delimitadoras de la distancia establecida. Se realizaron las repeticiones para ambos sentidos de trabajo del conjunto a partir de 25 m de las cabeceras en la diagonal de la parcela (Santana et al., 1999).

La velocidad de trabajo real se calculó por la siguiente relación planteada por (JROBOSTOV, 1977); (Ortiz-Rodríguez et al., 2017).

$$V_{tr} = 3,6 \cdot \frac{L}{T} \quad (7)$$

Donde:

V_{tr} : velocidad de trabajo real, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$;

L: longitud del campo o parcela, m;

T: tiempo que recorre esa longitud, s.

Para determinar el grado de aprovechamiento de la velocidad se estableció el coeficiente ξV , el cual se calculó a través de la siguiente relación:

$$\xi_V = \frac{V_{tr}}{V_t} \quad (8)$$

Donde:

ξV : Coeficiente de aprovechamiento de la velocidad;

V_{tr} : Velocidad de trabajo real, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$;

V_t : Velocidad de trabajo teórica, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Determinación del rendimiento agrícola del cultivo

Para la determinación del rendimiento del cultivo se procedió a confeccionar un marco de madera de 1 m^2 . En el área de investigación de forma aleatoria se tomaron 5 muestra en cada una de las parcelas o bloques, para ello se tiró el marco y donde cayó se cosecharon todas las espigas que quedaban dentro del marco (1 m^2) y las espigas contiguas que caían dentro de éste. Se trillaron dándole golpes contra un tanque y colocando una manta para recolectar panículas (granos), posteriormente se colocaron en una balanza electrónica de 10 g de precisión para determinar la masa de cada una de las observaciones. Posteriormente se promedió la masa de las observaciones para obtener una media de los resultados y con esa media se multiplica por el área de la investigación y se obtiene los rendimientos agrícolas aproximados (Hoyos Garcés et al., 1999); (SILVEIRA, 1982).

Resultados y discusión

Resultados de la determinación del porcentaje de malezas eliminadas

Partiendo de la metodología propuesta, se realizaron las mediciones correspondientes para determinar el porcentaje de malezas eliminadas, después de ordenados y procesadas las observaciones realizadas en cada uno de los bloques objeto de investigación. Está arrojó que en el tratamiento (T_1) se eliminó el 89,2 % de las malezas que se encontraban en el suelo antes de aplicar la tecnología en lo fundamental esto se debe a que en este bloque se aplicó un pase de grada más, lo que trae como consecuencia mayor mullido del suelo y por ende se eliminan más las malezas, a los 15 días se observó mayor cantidad de malezas, esto se corrobora con lo planteado por Silveira (1988), que plantea que los órganos de disco proliferan más las malezas y está estrechamente relacionada con la cantidad de pasos de grada, sin embargo en el tratamiento 2, este valor fue del 84,4 %. Considerando ambos valores de positivos.

En la campaña de frío 2019-2020, se observó un comportamiento similar en dos tratamientos, pero con la diferencia que el tratamiento T_1 fue de un 90%, sin embargo el tratamiento T_2 fue de un 95% superior a la campaña anterior en un 6,1 y 11,11% para T_1 y T_2 respectivamente, esto se debe a que al existir menor malezas existió un mayor control de estas.

Resultados de la determinación de la profundidad de la labor de preparación de suelos

Una vez ordenados los datos se confeccionó el figura 3, del mismo se observa, que en la labor quedan crestas, debido a la acción del disco, pero la misma se encuentra por debajo de lo planteado por (SILVEIRA, 1982), que es de 0,5 de la profundidad (9,25 cm), y resultó ser de 1,4 cm. En ambos bloques tuvieron un comportamiento similar las irregularidades del fondo del suelo, lográndose menor profundidad en T_1 con un valor promedio de 0,185 m, y en T_2 de 0,197 m, en ambos casos, se encuentra por debajo de lo establecido para este cultivo de 20 cm de profundidad.

La diferencia de profundidad de trabajo en la tecnología T_1 con respecto a T_2 , es que a medida que aumenta la cantidad de pasos con la grada, estos van compactando el suelo debido a la acción del disco, es necesario aclarar que los discos de las gradas al igual que los arados en su diseño, se le hace un radio de curvatura para que el disco penetre en el suelo y provoque la inversión del prisma de suelo mediante esta acción, pero tiene como inconveniente que este se apoya en la zona de abajo del disco, es decir en la zona del fondo del surco y compacta el suelo, por lo que recomendamos dar un pase de tiller para disminuir el efecto de los disco.

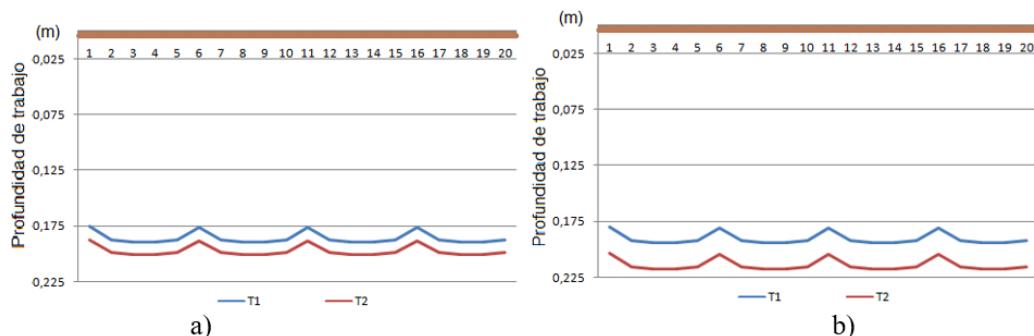


Figura 3. Perfil de la suela o solera del suelo después de labrado (**a**) 2018-2019; **(b)** 2019-2020).

Sin embargo en la campaña 2019-2020, se observa que las tecnologías objeto de estudio alcanzan valores de 0,19 y 0,213 m para la T₁ y T₂ respectivamente, superando esta última a T₁ en un 10,7%; con respecto a la campaña anterior T₁ solo logra superar la profundidad de trabajo en un 2,6%, sin embargo T₂ la supera en un 7,5%, es esta campaña solo T₂ cumple con los requisitos agrotécnicos del cultivo de 0,2 m de profundidad de trabajo.

Resultados de la determinación del porcentaje de mullidos del suelo

En la tabla 1 y figura 4, se muestran los porcentajes de los agregados o fragmentos de suelos según las categorías establecidas en la metodología propuesta con las tecnologías objeto de estudio, en las dos tecnologías evaluadas, encontrándose diferencia significativa, entre los tratamientos para $p<0,10$ según el prueba LSD (menor diferencia significativa), en el cual en el T₂ alcanzó los mayores valores porcentaje con 96,62 en rango de mayores de 100 a 50 mm, con fragmentos de suelo de 58,21 mm de diámetro como promedio, sin embargo en los agregados de suelo menores de 10 mm T₁ supera en un 61,29 % a los observados por (T₂), con un porcentaje de 37,4.

Es necesario afirmar que los diámetros de los agregados comprendidos entre 100 y 50 mm, son considerados de aceptable para el desarrollo y crecimiento del cultivo, ya que proporciona una mejor aireación y circulación de grandes volúmenes de agua, así como mayor retención de humedad en el suelo. Aunque (Hoyos Garcés et al., 1999) estima que con fragmentos de 10 mm de diámetro, se puede alcanzar un buen crecimiento del cultivo. Aspecto este que contradice lo planteado por (Serrano et al., 2017) los cuales indican que fragmentos menores de 10 mm diámetro son considerados erosivamente peligrosos, ya que menores de 0,5 mm de diámetro dificultan la circulación; (Socarrás Armenteros et al., 2019); plantean que el 90 porciento de suelos deben de estar sobre los 50 mm de diámetro.

Tabla 1. Resultados del porcentaje de mullido del suelo.

Tratamientos	Mayor de 100 mm	100 a 50 mm	50 a 10 mm	Menores de 10 mm	P-valor
T ₁ (%)	5,67 ^a	8,82 ^a	48,11 ^a	37,4 ^a	0,000
T ₂ (%)	13,22 ^b	65,21 ^b	18,19 ^b	3,38 ^b	

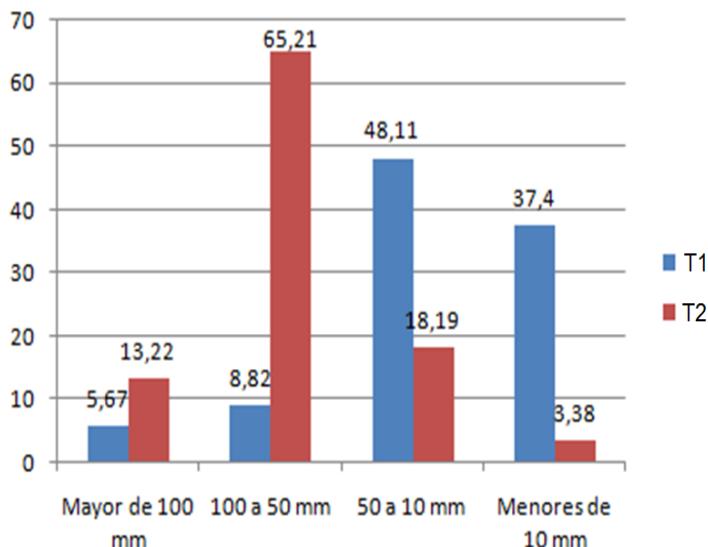


Figura 4. Resultados del porcentaje de mullido del suelo.

A continuación se muestran los resultados de la campaña 2019-2020, tabla 2 y figura 5.

Tabla 2. Resultados del porcentaje de mullido del suelo campaña 2019-2020.

Tratamientos	Mayor de 100 mm	100 a 50 mm	50 a 10 mm	Menores de 10 mm	P-valor
T ₁ (%)	4,22 ^a	7,62 ^a	48,05 ^a	40,11 ^a	
T ₂ (%)	14,33 ^b	66,5 ^b	17,04 ^b	2,13 ^b	0,000

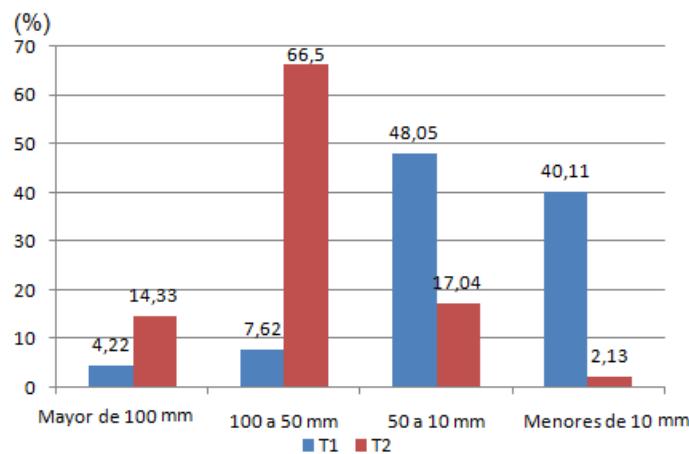


Figura 5. Resultados del porcentaje de mullido del suelo (campaña 2019-2020).

La tabla 2 y figura 5, muestran los resultados obtenidos en la campaña 2019-2020, como se observan tienen un comportamiento similar a la anterior con la diferencia que en los porcentajes de agregados menores de 10 mm decrece T₂ en un 38,7 % y T₁ aumenta en un 6,7% con respecto a la campaña, aspecto este muy positivo para el caso de T₂ y negativo para T₁ pues aumenta la posibilidad de erosión del suelo por partículas altamente erosivas, lo cual coincide con lo planteado por (Socarrás Armenteros et al., 2019); (Serrano et al., 2017).

Resultados de la determinación de la densidad y humedad del suelo

En la tabla 3 se muestran los resultados de las variables densidad aparente y humedad del suelo, los valores medio de la densidad del suelo durante dos momentos antes y después de aplicada la tecnología objeto de evaluación, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos para $p<0,10$ según prueba de LSD (menor diferencia significativa) con prueba de Fisher. Antes de la labranza para la profundidad de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm, no arrojó diferencias significativas para los dos tratamientos evaluados, donde T₁ obtuvo el valor más alto de densidad con $1,45 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ en la campaña 2018-2019. Además, para la profundidad de 10 a 20 cm, con valores de $1,48 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ para T₁ y de $1,47 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ para el tratamiento T₂ antes de aplicar las tecnologías propuestas.

Sin embargo, si existe diferencia significativa entre los niveles evaluado (0-10 y 10 a 20 cm) de profundidad para las áreas donde se seleccionaron para cada tecnología en cuestión; estos valores se encuentran por debajo de los obtenidos por Brady (Brady et al., 2008) $1,51 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, pero se encuentran dentro del rango de densidad de $1,1$ a $1,5 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ estudiado por SRI Global Inc (Nota, 2015) y en la mayoría de los arcillosos de Cuba por (Socarrás Armenteros et al., 2019).

Tabla 3. Resultados de la densidad aparente del suelo antes y después de la preparación de suelos (2018 - 2019 y 2019 - 2020).

Antes tratamientos		Profundidad		P<valor
		0 a 10 cm ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	10 a 20 cm ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	
2018-2019	T ₁	1,45 ^{aa}	1,48 ^{ab}	0,000
	T ₂	1,44 ^{aa}	1,47 ^{ab}	
2019-2020	T ₁	1,44 ^{aa}	1,46 ^{ab}	0,000
	T ₂	1,43 ^{aa}	1,45 ^{ab}	
Después tratamientos		Profundidad		
		0 a 10 cm ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	10 a 20 cm ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	
2018-2019	T ₁	1,34 ^{aa}	1,38 ^{ab}	0,000
	T ₂	1,32 ^{ba}	1,35 ^{bb}	
2019-2020	T ₁	1,35 ^{aa}	1,37 ^{ab}	0,000
	T ₂	1,33 ^{ba}	1,36 ^{bb}	

Después de la labranza, se encontraron diferencias significativas en los niveles de 0 a 10 y 10 a 20 cm para un mismo tratamiento y entre tratamiento (Tecnología), donde T₁ obtuvo los valores más altos en los dos niveles evaluados, con valores de 1,34; y 1,38 Mg·m⁻³ en la campaña 2018-2019 respectivamente y de 1,35 y 1,37 Mg·m⁻³ para la campaña 2019-2020, con relación a los obtenidos por T₂, producto a un mayor mullido del suelo, debido a que T₁ cuenta con un pase más de grada que T₂, debido a que a mayor pase de grada mayor compactación como ya se ha explicado anteriormente. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre una campaña y otra para una misma tecnología.

En cuanto al contenido de humedad en el suelo, no se observó diferencia significativa, entre los tratamientos para $p<0,1$, con prueba de LSD. Antes de la labranza para las profundidades de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm, donde T₂ obtuvo el más alto valor de humedad de 23,54^a %, seguida de T₁ con 20,32^b %; y de 25,39^a y 26,60^a % respectivamente en la campaña 2018-2019, estos valores de humedad son considerados de buenos para la labranza, ya que para los suelos arcillosos una humedad por encima del 30%, según Uphoff (Uphoff, 2015) ocasiona una fuerte compactación y dificulta las operaciones de labranza. Por otro lado, la campaña 2019-2020, la humedad del suelo tuvo un comportamiento similar a la campaña anterior, con valores de 24,35^a % para T₂, seguida de T₁ con 21,42^b % para el nivel de (0 a 10 cm); y en el nivel de 10 a 20 cm, con valores de humedad de 25,11^a y 25,27^a % para T₁ y T₂, respectivamente.

Después de la labranza del suelo, se observó que la humedad del suelo disminuyó por el efecto de la preparación de suelo, y al realizar el análisis de varianza de clasificación simple por el método de mínima diferencia significativa (LSD), arrojó que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados y niveles de profundidad, para lo cual (T₁) logró los valores más bajos de humedad en las diferentes profundidades (0 a 10 y 10 a 20), tomando un valor promedio (0 a 20) de 17,54 %, estando por debajo en un 5,9 % de T₂ (18,64 %). En el tratamiento T₁, influyó en la disminución del porcentaje de humedad del suelo el mullido excesivo del suelo producto al número de labores realizadas que voltearon y pulverizaron el suelo, dejándolo en pequeños fragmentos, que conllevó a la evaporación de la humedad de inmediato, por la incidencia de las radiaciones solares y el aire.

Resultados de la determinación del ancho de trabajo real del conjunto y su coeficiente de aprovechamiento

Un parámetro importante a tener en cuenta en el trabajo del conjunto, es el valor que arroje el ancho de trabajo del apero durante la ejecución de la labor, expresado su comportamiento a través del coeficiente de aprovechamiento del ancho de trabajo (ξ_B), pues incide considerablemente en la productividad del agregado, debido a que existe una relación proporcional entre este y la productividad del agregado.

En la figura 6, aparecen reflejados los valores que arrojó el coeficiente de aprovechamiento del ancho de trabajo de los conjuntos evaluados, como se puede apreciar la tecnología objeto de investigación, muestra el comportamiento del coeficiente de aprovechamiento de este indicador con un valor de 0,94 y un ancho de trabajo de 2,72 m para el caso del agredo formado por el tractor YTO y la grada catalogado de bueno, no obstante, esta máquina tiene un ancho constructivo de 2,9 m, por lo que se deja de utilizar 0,18 m en cada

pasada en la tecnología T₁. Sin embargo para el caso de T₂ fue de 0,97 y ancho de trabajo de 2,84 m, superior a T₁ por un 4,2% en los dos casos se encuentra dentro del rango planteado por (Garrido, 1985), el cual plantea que para estos agregados es de 0,9 a 1 y en caso excepcionales hasta 1,2. En ambos caso influyó el método de movimientos utilizados por el operador y la inexperiencia del mismo, pues el tractor es de nueva introducción en la agricultura y todavía no existe dominio de las potencialidades de este.

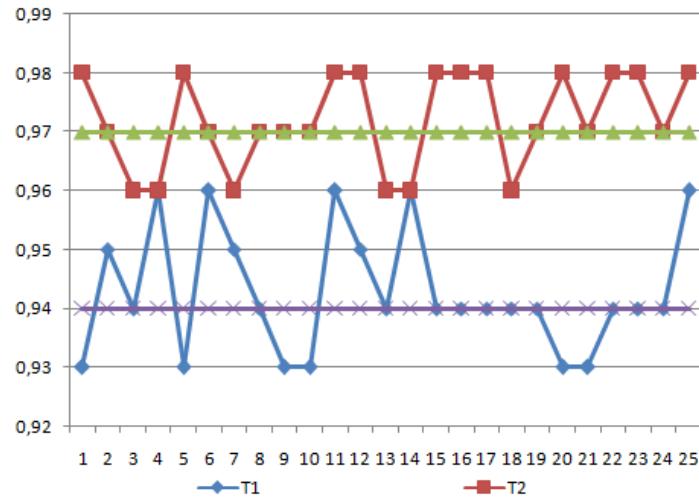


Figura 6. Comportamiento del aprovechamiento del ancho de trabajo.

Resultados de la determinación de la velocidad de trabajo real del conjunto y su coeficiente de aprovechamiento

Según la velocidad de trabajo del conjunto durante la ejecución de la labor, su comportamiento, expresado a través del valor del coeficiente de aprovechamiento de la velocidad (ξ_V), va a incidir de forma directa en la productividad.

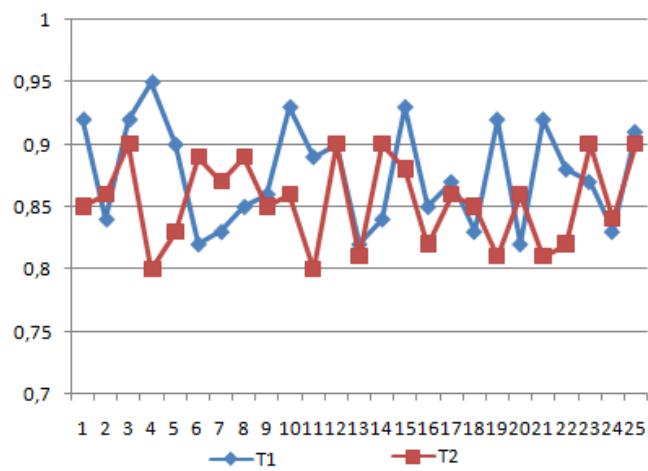


Figura 7. Comportamiento del aprovechamiento de la velocidad de trabajo.

Los resultados de este indicador, reflejados en el figura 7, mostrando un comportamiento adecuado con un valor del coeficiente de aprovechamiento de la velocidad de 0,87 y una velocidad promedio de $4,14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ para T₁ y de 0,85 y $4,34 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ para T₂, en ello incidió fundamentalmente el no mantener una velocidad estable durante el desplazamiento. Los resultados obtenidos son superiores a los obtenidos por Caballero [2] de 0,83, pero utilizando un conjunto formado por el tractor MTZ-50 con grada de 220 lb con una velocidad de trabajo promedio de $3,54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y un coeficiente de $0,98 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, al igual que los obtenidos por ; (González-Cueto et al., 2017); (YOG & Rochester, 1989).

Resultados del rendimiento agrícola del cultivo

Una vez procesados los datos obtenidos de las observaciones del rendimiento del cultivo se confeccionó la figura 8, del mismo se observa, que para el caso de la tecnología tuvo como promedio un rendimiento agrícola de $3,68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y para el caso de T₂ de $3,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, al realizar la comparación de las medias por la prueba de mínima diferencia significativa no arroja diferencia significativa para la campaña 2018-2019, sin embargo en la tecnología T₁ existe un mayor gasto por tener un pase de grada más, por otro lado, se degrada más el suelo debido al efecto negativo (mullido excesivo) de los órganos de discos sobre el suelo. Además, cuando se compara una campaña con otra se observa que en la campaña 2019-2020, existe un incremento de 1,8% para T₁ y de 4,3% para T₂, lo que se evidencia que el cambio en la tecnología de preparación de suelo provoca un incremento en los rendimientos, lo cual es beneficioso para el suelo y para los trabajadores por los ingresos obtenidos.

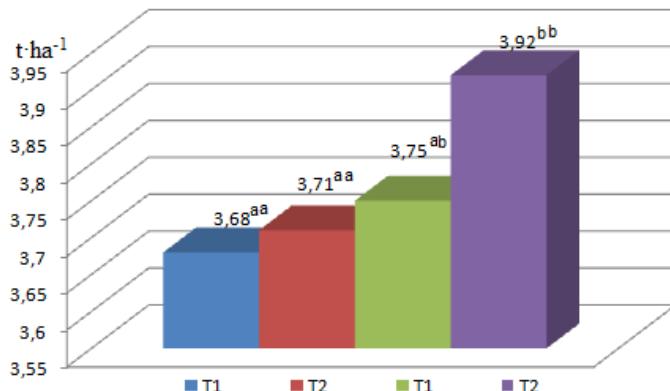


Figura 8. Resultado del rendimiento agrícola del cultivo.

Nota: El primer supra índice, es la comparación entre las dos tecnologías en una misma campaña y el segundo supra índice es con la campaña siguiente pero la misma tecnología.

Conclusiones

Se eliminó el 89,2 y 84,4 % de las malezas que se encontraban en el suelo antes de aplicar la tecnología T₁ y T₂ respectivamente en la campaña 2018-2019 y en la de 2019-2020 fue para T₁ de 90%, sin embargo en tratamiento T₂ fue de 95%, superior a la campaña anterior en un 6,1 y 11,11% para T₁ y T₂ respectivamente y en la campaña 2019-2020, alcanzan valores de 0,19 y 0,213 m para la T₁ y T₂ respectivamente.

El tratamiento T₂ alcanzó los mayores valores porcentaje con 96,62 en rango de mayores de 100 a 50 mm, con fragmentos de suelo de 58,21 mm de diámetro como promedio, sin embargo en los agregados de suelo menores de 10 mm T₁ supera en un 61,29 % a los observados por (T₂), con un porcentaje de 37,4 y en la campaña 2019-2020, tienen un comportamiento similar a la anterior con la diferencia de que en los porcentajes de agregados menores de 10 mm decrece T₂ en un 38,7 % y T₁ aumenta en un 6,7%

No existe diferencia significativa entre los tratamientos en los niveles evaluados (0 a 10 y 10 a 20 cm) antes de la labranza en las campañas evaluadas, obteniendo el valor más alto de densidad T₁ con 1,45·Mg m⁻³ en la campaña 2018-2019.

Después de la labranza, se encontraron diferencias significativas en los niveles de 0 a 10 y 10 a 20 cm para un mismo tratamiento y entre tratamiento (Tecnología), donde T₁ obtuvo los valores más altos en los dos niveles evaluados, con valores de 1,34; y 1,38 Mg·m⁻³ en la campaña 2018-2019 respectivamente y de 1,35 y 1,37 Mg·m⁻³ para la campaña 2019-2020.

Antes de la labranza para la profundidad de 0 a 10 y 10 a 20 cm, no arrojó diferencias significativas entre las áreas, obteniéndose el valor más alto de humedad en T₂ de 26,60 % y 25,27 % en las campañas 2018-2019 y 2019-2020 respectivamente.

Se alcanza un coeficiente de aprovechamiento del ancho de trabajo de 0,94 y 0,97 para T₁ y T₂ respectivamente, superior a T₁ en un 4,2%. Se logra un coeficiente de aprovechamiento de la velocidad de trabajo de 0,87 y una velocidad promedio de 4,14 km·h⁻¹ para T₁ y de 0,85 y 4,34 km·h⁻¹ para T₂.

En los rendimientos agrícolas no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con 3,68 t·ha⁻¹ y 3,71 t·ha⁻¹ para T₂ y T₁ respectivamente, sin embargo para la campaña 2019-2020 existe un incremento de 1,8% para T₁ y de 4,3% para T₂. En el tratamiento T₁ se consumen 254,98 L de combustible más que T₂ para preparar 13, 42 ha.

Referencias

- Brady, N. C., Weil, R. R., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils* (Vol. 13). Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. <https://unicenter.pt/sites/default/files/webform/cv/pdf-the-nature-and-properties-of-soils-14th-edition-nyle-c-brady-ray-r-weil-pdf-download-free-book-0c7163b.pdf>
- Chilibroste, P. INIA se vincula y articula. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/11788300108152630.pdf>
- Garrido, J. (1985). Explotación del parque de maquinaria I parte. *Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 95p.*
- Gómez, J., Giráldez, J., Pastor, M., & Fereres, E. (1999). Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil and tillage research, 52(3-4), 167-175.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198799000781>

- González-Cueto, O., Machado-Trujillo, N., González-Álvarez, J. A., Acevedo-Pérez, M., Acevedo-Darias, M., & Herrera-Suárez, M. (2017). Evaluación tecnológica, de explotación y económica del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1), 49-54. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAGric/article/viewFile/513/514>
- González, L. (2005). Algunas reflexiones para el manejo sostenible de los suelos afectados por salinidad. *Agricultura Orgánica de Cuba (Gramma)*, 5-7. http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202005_1/03%20Reflexiones%20manejo%20de%20suelos.pdf
- Hoyos Garcés, P., Collazos, E. A., Thomas, R., Vera, R., & Molina, D. (1999). Effect the land use system in aggregate size distribution of soil from the eastern plains of Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 29(1), 61-65.
- JROBOSTOV, S. (1977). Explotación del parque de tractores y máquinas, 552pp. *Editorial MIR, Moscú, URSS*.
- Mendoza, A. S., López, A. G., Marrero, V. M. T., Agüero, J. M., Okawa, R. C., Alonso, J. A. V., & Díaz, S. R. (2020). Utilización de Sistemas Satelitales para la nivelación de campos arroceros. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2), 59-67. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256009/586263256009.pdf>
- Nota, E. E. (2015). SICA, El Sistema Intensificado de Cultivo de Arroz: Menos Puede Ser Más. https://assets.echocommunity.org/publication_issue/657c15d0-4b85-4499-a13e-06cbfdbdfa26/es/tn-82-sica-el-sistema-intensificado-de-cultivo-de-arroz-menos-puede-ser-mas.pdf
- Ortiz-Rodríguez, A. E., Parra-Serrano, L. R., & Vázquez-Milanés, H. B. (2017). EVALUACIÓN DE INDICADORES TECNOLÓGICOS Y DE EXPLOTACIÓN DE LOS CONJUNTOS DE MÁQUINAS UTILIZADOS EN DOS TECNOLOGÍAS PARA LA LABRANZA DEL CULTIVO DE TOMATE (SOLANUM LYCOPERSICUM L)(Original). *Redel. Revista granmense de Desarrollo Local*, 1(2), 103-114. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/download/451/741>
- Portales, A. C. (2017). Empleo de herramientas de computación para determinar los gastos de explotación en preparación de suelo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4), 20-24. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAGric/article/download/714/714>
- Quinteros Mamani, R. V. (2012). *Evaluación de semilla de seis variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) irradiadas con tres dosis de rayos gamma cobalto 60 (Co-60) en condiciones controladas* <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/8019/T-1680.pdf?sequence=1>
- [Record #7512 is using a reference type undefined in this output style.]
- Santana, M., Fuentes, J., Benítez, L., Coca, J., Córdoba, R., Hernández, S., Arcia, J., Hernández, J., Hernández, I., & Socarrás, D. (1999). Principios Básicos para la aplicación de tecnologías de preparación de suelos en el marco de una agricultura conservacionista y sostenible, 77pp. *Ed. INICA-MI NAZ-IIMA-CNCA, La Habana, Cuba*.
- Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H., & Burger, J. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest ecology and management*, 138(1-3), 335-356. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.3081&rep=rep1&type=pdf>

- Serrano, L. R. P., Martos, J. L. H., & Renedo, V. S.-G. (2017). Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un Fluvisol y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos. *Universidad & Ciencia*, 6(1), 65-81.
<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/download/438/1074>
- SILVEIRA, R. (1982). Teoría y cálculo de máquinas agrícolas. *Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba*, 358-363.
- Socarrás Armenteros, Y., Hernández Jiménez, A., Terry Alfonso, E., González Cañizares, P. J., Sánchez Iznaga, Á. L., & Delgado Cabrera, O. (2019). Cambios en las propiedades morfológicas de suelos pardos sialíticos sometidos a diferentes manejos agrícolas en Cuba. *Idesia (Arica)*, 37(3), 47-53.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292019000300047&script=sci_arttext&tlang=en
- Uphoff, N. (2015). *SISTEMA DE INTENSIFICACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ (SRI)*. Obtenido de http://www.infoagro.net/sites/default/files/migrated_documents/http://sri.cals.cornell.edu/spanish/IICA_SRI_Preguntas_Frecuentesz_Uphoff042916.pdf
- YOG, K., & Rochester, E. (1989). Variation of runoff characteristics under conservation tillage systems. *Transactions of the ASAE*, 32(5), 1625-1630. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=31201>