



Propuesta de tecnología para la producción limpia del cultivo del arroz (*Oryza sativa*)

(Original)

Technology proposal for the clean production of rice (*Oryza sativa*) (Original)

Idenia Guerra Fuentes. Ingeniero en Procesos Agroindustriales. Centro de Trabajo y Estudio 10 de Octubre. Yara. Granma. Cuba. i.guerrafuentes940305@gmail.com 

Benjamín Gabriel Gaskins Espinosa. Ingeniero en Mecanización de la Producción Agropecuaria. Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Profesor Titular. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. bgaskine@udg.co.cu 

Recibido: 22-04-2024/Aceptado: 12-08-2024

Resumen

El arroz es considerado como el alimento básico en muchos países y culturas, así como el segundo cereal más cultivado, por lo que el alcanzar una mayor productividad con la menor afectación al medio ambiente posible, se constituye en una prioridad para la provincia Granma y para el país. Por la importancia del tema, se realizó la investigación en la Empresa Agroindustrial de Granos Fernando Echenique, perteneciente al municipio Río Cauto, provincia Granma, con el objetivo de proponer una tecnología de preparación ecológica de suelos para el cultivo del arroz. La tecnología de preparación de suelo en seco consistió en aradura con el tractor YTO 1804 y grada de 4 500 lb (2 073 kg) y dos pases del mismo agregado, uno perpendicular al otro. La tecnología propuesta permite la protección al cultivo del arroz, promueve el desarrollo sostenible y tiene un impacto positivo en el medio ambiente.

Palabras clave: preparación de suelo; producción limpia; *Oryza sativa*; cultivo del arroz.

Abstract

Rice is considered the staple food in many countries and cultures, as well as the second most cultivated cereal, so achieving higher productivity with the least possible impact on the environment is a priority for Granma province and for the country. Due to the importance of the subject, the research was carried out in the Agroindustrial Grain Enterprise Fernando Echenique, belonging to the municipality of Rio Cauto, Granma province, with the objective of proposing a technology of ecological soil preparation for rice cultivation. The dry soil preparation technology consisted of plowing with the YTO 1804 tractor and a 4 500 lb (2 073 kg) harrow and two passes of the same aggregate, one perpendicular to the other. The proposed technology allows the protection of the rice crop, promotes sustainable development and has a positive impact on the environment.

Keywords: soil preparation; clean production; *Oryza sativa*; rice cultivation.

Introducción

La semilla de la *Oryza sativa* es el conocido arroz perteneciente al Grupo I, el cual resulta un importante componente alimenticio para humanos y animales por su valor nutricional, su alto aporte calórico y, sobre todo, por su accesibilidad y economía (Stover et al., 2022). A nivel mundial, la producción de arroz se calcula en millones de toneladas, por lo que se hace necesario intencionar las investigaciones hacia el uso sostenible de los recursos que contribuyan a incrementar su producción desde una concientización hacia la protección del medio ambiente.

El incremento de los rendimientos se reconoce como uno de los primeros objetivos de los programas de mejora del cultivo. La tipología, calidad y preparación de los suelos son elementos determinantes para la siembra de este cereal. El tema ha sido abordado por investigadores nacionales y foráneos como Traba et al. (2021), Herrero et al. (2021), Peña (2022), Mesa y

Martínez (2022) y Fonseca y Quesada (2023). Los suelos que son sometidos a una preparación intensiva, sufren una rápida degradación de su fertilidad, con disminución en los cultivos implicados. Para Derpsch y Moriya (1998, citados por Quiróz & Ramírez, 2006): "Este problema se debe a la erosión y a la pérdida de la materia orgánica superficial "MOS", ocasionada por las prácticas de labranza convencional" (p. 76).

En los últimos años, la producción de alimentos se ha direccionado hacia una reducción en el gasto de energía, agua e inversiones, así como hacia la disminución de la contaminación ambiental. Según Najjar y Álvarez (2007):

Esto en cierta medida puede contribuir a los siguientes logros: ahorro de energía; garantizar el uso adecuado de los recursos naturales; ampliar el aprovechamiento de las capacidades productivas; mejorar progresivamente la capacidad de producción y acelerar la introducción de los avances tecnológicos en la producción. (p. 25)

Para Franquet (2018):

El cultivo del arroz resulta especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático, en concreto durante episodios de escasez de agua o durante la crecida del nivel del mar. Sin embargo, al mismo tiempo, contribuye ligeramente al calentamiento global del planeta ya que es un emisor de gases de efecto invernadero (GEI). Los arrozales cultivados en campos inundados emiten pequeñas cantidades de metano, que tiene un potencial de calentamiento global hasta 25 veces superior al del CO₂. (p.32)

De ahí que revista extraordinaria importancia la aplicación de tecnologías para la producción limpia de los diferentes cultivos y, de forma particular, del arroz, objeto de la presente investigación. Se plantea, entonces, como objetivo de artículo proponer una variante de tecnología limpia para la producción arrocera, que limite las afectaciones que puedan ocurrir por

la utilización incorrecta de las máquinas agrícolas y que muestre su influencia positiva en los rendimientos y costos de producción.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Empresa Agroindustrial de Granos Fernando Echenique, perteneciente al municipio Río Cauto, provincia Granma. Se llevó a cabo en el período noviembre del 2023-febrero del 2024, en un área donde predominan los vertisoles profundos. El suelo objeto de estudio es el vertisol, la variedad INCA LP-7, con relieve llano y enyerbamiento ligero. La temperatura promedio, en los días de la investigación, osciló entre los 27 y los 30°C y la humedad relativa se mantuvo de 78 a 83 % según los datos recabados.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con tres réplicas y dos tratamientos (tecnología).

T1- un pase con el tractor YTO 1804 y grada de 4 500 lb (2 073 kg).

T2- dos pases, uno perpendicular al otro, con tractor YTO 1804 y grada de 4 500 lb (2 073 kg).

La propuesta es una variante de tecnología limpia (sin afectar al ambiente) para la producción arrocera, que reduzca las afectaciones que puedan ocurrir por la utilización incorrecta de las máquinas agrícolas y que muestre su influencia en los rendimientos y costos de producción, según el instructivo técnico del cultivo del arroz.

Las variables objeto de investigación estuvieron determinadas por algunos indicadores que, por el nivel de importancia que revisten y teniendo en cuenta la calidad de la labor, determinan la mayor influencia en el comportamiento del empleo del conjunto evaluado; ellos son:

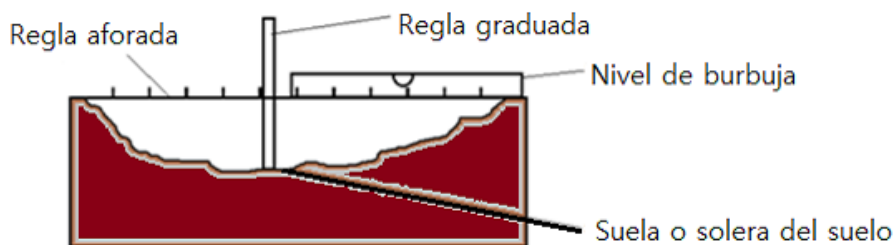
Profundidad de la preparación de suelos, m.

Grado de mullido del suelo, %.

Se siguieron los criterios de González (2005, citado por Gaskins et al., 2022) al proponer que:

(...) 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 1mm. 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 (Figura 1). 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. (pp. 61-62)

Figura 1. Determinación de la profundidad de trabajo



Fuente: Gaskins et al., 2022

Determinación del porcentaje de mullidos del suelo

Se determinó según la metodología propuesta por Rolston (2005, citado por Gaskins et al., 2022):

(...) 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 determina el porcentaje para cada diámetro:

$$P_{agr} = \frac{M_{>100}}{M_{total}} \cdot 100 \% ; \quad P_{agr} = \frac{M_{100 \text{ a } 50}}{M_{total}} \cdot 100 \% ; \quad P_{agr} = \frac{M_{50 \text{ a } 10}}{M_{total}} \cdot 100 \% ; \quad P_{agr} = \frac{M_{<10}}{M_{total}} \cdot 100 \%$$

Donde:

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

M >100 ; M >100 a 50 ; M 50 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.

Análisis y discusión de los resultados

Díaz (2020, citado por Reyes, 2020) expuso que la proyección en cuanto a la producción de arroz 2019-2030 (en 11 años):

Se deben producir en el país 5 769 800 toneladas, que al precio de compra en el mercado mundial, aprobado en el Programa de Desarrollo Integral del Arroz (520 usd por tonelada), representa 3 000 296 000 usd en sustitución de importaciones. El costo real de producción en el país es de 1 840 566 200 usd (319 usd por tonelada), dejando un efecto

positivo (ahorro) de 1 159 729 800 usd. Como promedio anual se dejaría de gastar más de 105 400 000 mil usd. En el costo se incluye la amortización y la sostenibilidad», afirmó el directivo.

Según datos del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 2023), para el pasado año el país se propuso producir 538 000 toneladas de arroz para el consumo, las cuales debían ascender a 650 000 toneladas en 2030, según estableció el Programa de Desarrollo Integral del Arroz. Ello permitiría ahorrar aproximadamente 3 000 millones de dólares estadounidenses en importaciones de este producto.

El arroz constituye un alimento significativo en Cuba; ampliar la superficie cultivada en el arroz es una vía para elevar los niveles de producción. Sin embargo, la utilización de nuevas tierras debe contemplar el traslado del cereal al lugar más próximo para el procesamiento industrial, o crear una nueva infraestructura en pos de este fin. Como resultado se deben dirigir, de forma interconectadas, el sistema de acciones para lograr un ascenso en los rendimientos productivos arroceros, cuyo impacto debe verse reflejado en un incremento de la producción nacional y en una disminución paulatina en las cantidades a adquirir en el mercado internacional (Pérez & Penichet, 2014, p.139).

Inicialmente en el cultivo del arroz se aplicaban cuatro tecnologías de preparación: seco, seco desinfección, seco fangueo y fangueo doblaje (Ruiz et al., 2005). El MINAGRI (1999, citado por Ruiz et al., 2005) reconoce que:

El Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA) propuso una nueva tecnología de preparación de suelos para aquellos campos que una vez cosechados permanecían un tiempo en barbecho; a esta tecnología se le denominó Fangueo Directo, donde el agua también está presente desde el inicio del proceso de preparación. (p. 3)

Para García et al. (2002, citados por Lazo, 2012):

Teniendo en cuenta que el período de siembra del arroz abarca tanto la época seca como la de lluvia, es necesario aplicar tecnologías de preparación de suelos para ambas condiciones; además se presentan diferentes condiciones en los suelos como son desordenes nutrimentales, mezclas varietales, especies de malezas y salinidad que requieren labores específicas dentro de las tecnologías de preparación de suelos. (p. 7)

A continuación, siguiendo los criterios de Ruiz et al. (2005), se argumenta por qué se emplean diferentes tecnologías:

Preparación del suelo en seco: se realiza fundamentalmente en el período seco del año y es la tecnología recomendada para los suelos arenosos (ligeros); el agua no interviene en el proceso.

Seco desinfección: es una variante de la tecnología anterior, específica para la desinfección de los campos que presentan mezclas varietales, fundamentalmente de arroces rojos; el agua interviene al concluir la preparación. (p.3)

Esta puede utilizarse para sembrar, en la época lluviosa, áreas de suelos ligeros que no admiten el fangueo. En esta tecnología, además de las labores de preparación del suelo seco y después de levantar los diques, se aplican uno o dos riegos para favorecer la germinación de las mezclas y malezas, las cuales posteriormente son controladas con aplicaciones de herbicida total. La siembra del arroz se realiza a voleo sobre el suelo anegado.

Seco fangueo: su objetivo es acondicionar el suelo para la siembra en la época lluviosa. En esta tecnología, además de algunas labores de preparación del suelo seco y después del levantamiento de diques, se anega el terreno, se fanguea y posteriormente se siembra en la época de lluvia.

Fangueo directo: para la siembra en áreas donde haya transcurrido un período más largo desde la cosecha, caracterizado el campo por compactación del suelo y enyerbamiento. En esta tecnología se utilizará la grada integral como primera labor.

Fangueo doblaje: Su objetivo es incorporar los restos de cultivo, borrar los rastros que dejaron los equipos en la cosecha y crear condiciones para la germinación. Con esta tecnología se prepara el suelo, después de concluida la cosecha del arroz en la época de lluvia, para realizar una segunda siembra en el mismo año. Según Ruiz et al. (2005) se emplea en los campos a preparar que estén recién cosechados.

Argumentación de la tecnología de preparación de suelos en seco

En la tabla 1 se refleja la propuesta con seis labores, que disminuyen para evitar las partículas menores a 10 mm, las cuales provocan la erosión eólica e hídrica de los suelos. Por ello debe evitarse su obtención durante la preparación de suelos, aún más cuando se preparan los suelos con órganos de discos, ya que tienen tendencia a generarlas.

Tabla 1. Tecnología de preparación de suelos propuesta para el cultivo del arroz

No.	Labores	Fuente energética	Aperos
1	Romper diques	Tractor de 20 kN	Rompe diques
2	Rotura	Tractor de 20 kN	Grada de discos 2 073 kg
3	Mullido	Tractor de 20 kN	Grada de discos 2 073 kg
4	Alisamiento	Tractor de 20 kN	LandPlane
5	Compactación	Tractor de 20 kN	Rodillo acanalado
6	Levantar diques	Tractor de 20 kN	Diqueadora

Fuente: elaboración propia.

Franquet (2018) considera que:

El éxito y la eficiencia de esta nueva práctica depende, en gran medida, de las condiciones del suelo (textura, estructura, porosidad, permeabilidad, profundidad y

contenido de materia orgánica). Hay que hacer constar, al respecto, que no toda la superficie del suelo es susceptible de aprovechar esta nueva técnica de cultivo, que quedaría restringido a aquellas zonas de capa freática más profunda y de fácil drenaje, en las que menos puede afectar el ascenso por capilaridad de la salinidad (...) No obstante, también se han observado rendimientos aceptables en terrenos propensos a su salinización, incluso próximos al mar, tomando las medidas oportunas en cuanto al manejo del agua dulce. En cualquier caso, el mapa de salinización del suelo del área arrocera debería definir el ámbito geofísico o territorial de implantación de esta modalidad de cultivo. (p.31)

Se coincide con este autor en reconocer, dentro de las ventajas que ofrece esta tecnología, las siguientes:

- es mecanizable,
- reduce el uso de agua y los ataques de diversa avifauna acuícola;
- permite una mayor facilidad de los tratamientos;
- facilita la obtención de cosechas más tempranas;
- posibilita, de mejor forma, el control las malezas con la aplicación de herbicidas de preemergencia, la disminución de las labores de vigilancia del cultivo (entradas y salidas de agua a la parcela, retirada de algas y restos flotantes de cosecha, etc.) y el combate eficaz a la plaga;
- se reducen significativamente las emisiones de gas metano (CH₄), las que contribuyen al calentamiento global.

• Según Franquet (2018):

La práctica de la siembra en seco no debe generalizarse a todas las situaciones edáficas.

Las tierras menos aptas son las de suelos arenosos que, por su mayor permeabilidad tienen

también mayor riesgo de recibir filtraciones laterales de aguas con sales procedentes de las tierras contiguas sembradas sobre láminas de agua por el sistema tradicional. Por ello, resulta recomendable anticipar, en la medida de lo posible, la fecha de la siembra en seco antes de que se inunden los campos por el método convencional, así como evitar sembrar parcelas aisladas rodeadas de tierras inundadas. (pp. 49-50)

Se consideran insuficientes las evaluaciones publicadas que abordan el caso del arroz, donde se analice si el sistema que nos ocupa permite alcanzar rendimientos iguales o mayores que la técnica de inundación.

Conclusiones

1. Es posible implementar la tecnología de preparación de suelos del arroz sin que exista un efecto negativo sobre el medio ambiente y el cultivo.
2. La tecnología propuesta permite la protección del suelo en cultivo del arroz, con un desarrollo sostenible y un impacto positivo sobre el medio ambiente.

Referencias bibliográficas

- Fonseca, C. L. & Quesada, R. L. (2023). Estudio de la asistencia técnica a las cosechadoras para arroz en el municipio de Yara. *Revista Granmense de Desarrollo Local, REDEL*, 7(2)
<https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/4018/9517>
- Franquet, J. M. (2018). *El nuevo sistema de siembra en seco del arroz*. Comunitat de Regants – Sindicat Agrícola de l'Ebre.
<https://iestpelmilagro.edu.pe/biblioteca/files/original/c1e420415d2df56efc9897c797b4d91f.pdf>
- Gaskins, B. G., Macías, I. & Barrera, A. L. (2022). Evaluación de tecnologías de preparación del suelo en seco en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Científica Arbitrada*

Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 4(1).

<https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/download/28/76>

Herrero, F. S., López, I. & Queipo, O. (2021). Comparación del rendimiento de cultivo de arroz entre las tecnologías en seco y seco fangueo. *Universidad & Ciencia*, 10(3), 161–169.

<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/1641>

Lazo, Y. (2012). *Comportamiento de dos tecnologías y densidades de siembra directa en el cultivo de arroz de aniego*. [Tesis de grado, Universidad de Sancti Spíritus].

<https://dspace.uniss.edu.cu/bitstream/handle/123456789/5062/Trabajo%20Completo%20Yoandy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mesa, J. R. & Martínez, E. (2022). Efecto de Me-UCF sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*), variedad Perla de Cuba en el municipio Abreus. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 101-108.

<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/546>

Ministerio de la Agricultura. (MINAG). (2023). *Cultivo de arroz. Comentario HHC*.

<https://cubayeconomia.blogspot.com/2023/03/minag-cultivo-de-arroz-comentario-hhc.html>

Najar, C. & Álvarez, J. (2007). Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz. *Industrial Data*, 10(1).

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81610105.pdf>

Peña, R. R. (2022). *Uso de nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento del cultivo de arroz en la zona de Los Ríos*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo].

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13256>

- Pérez, M. & Penichet, M. A. (2014). Los rendimientos arroceros en Cuba: propuesta de un sistema de acciones. *Economía y Desarrollo*, 152(2), 138-154.
- Quiróz, R. & Ramírez, C. (2006). Evaluación financiera de la fertilización nitrogenada del cultivo de arroz en siembra directa sobre rastrojos. *Agronomía Costarricense*, 30(1), 75-85. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43630107>
- Reyes, A. (2020, junio 30). Retos y realidades de la producción arroceros en Cuba. *Periódico Granma*. <https://www.granma.cu/cuba/2020-06-30/retos-y-realidades-de-la-produccion-arrocera-en-cuba-30-06-2020-00-06-45>
- Ruiz, M., Díaz, G. & Polón, R. (2005). Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 26(2), 45-52. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215934008.pdf>
- Stover, P. J., Field, M. S., Brawley, H. N., Angelin, B., Iversen, P. O. & Frühbeck, G. (2022). Nutrition and stem cell integrity in aging. *Journal of Internal Medicine*, 292(4), 587-603. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35633146/>
- Traba, O., Rodríguez, S., Peña, L. R. & Caballero, L. (2021). Evaluación del rendimiento agrícola del cultivar IACUBA-41 en tres campañas de cosecha de arroz en Granma. *Revista Granmense de Desarrollo Local, REDEL*, 5(3). <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/2703/5295>