

## AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

## CONSERVATION AGRICULTURE AND THE PHYSICAL PROPERTIES OF RICE SOILS

Alexander Miranda Caballero<sup>I\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4109-6868>

Calixto Domínguez Vento<sup>II</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-2112-5801>

Augusto Guilherme de Araújo<sup>III</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-5307-7472>

<sup>I</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba

✉ [alex@inca.edu.cu](mailto:alex@inca.edu.cu)

<sup>II</sup> Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Pinar del Río, Cuba

<sup>III</sup> Instituto Agronómico de Paraná, Paraná, Brasil

\*Autor para dirigir correspondencia: [alex@inca.edu.cu](mailto:alex@inca.edu.cu)

Clasificación JEL: 013, Q10, Q16

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10436025>

*Recibido:* 29/05/2023

*Aceptado:* 25/07/2023

### Resumen

En el sector agropecuario cubano, tanto en el modelo agrario convencional como en el actual modelo agrario encaminado hacia la sostenibilidad sobre bases agroecológicas, la gestión de la tecnología y la innovación asume la incorporación de resultados científico técnicos en calidad de componente básico para garantizar la seguridad alimentaria del país y el desarrollo sostenible. En este artículo, se presenta una revisión que permita convertir la Agricultura de Conservación en una alternativa viable en la mejora de los atributos físicos y químicos del suelo y puede ser una medida idónea para la adaptación y mitigación del cambio climático en agroecosistemas arroceros.

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

---

**Palabras clave:** Labranza cero, materia orgánica, densidad aparente, infiltración.

## Abstract

In the Cuban agricultural sector, both in the conventional agrarian model and in the current agrarian model aimed at sustainability on agroecological bases, the management of technology and innovation assumes the incorporation of scientific and technical results as a basic component to guarantee security food of the country and sustainable development. In this article, a review is presented that makes Conservation Agriculture a viable alternative for improving the physical and chemical attributes of the soil and can be an ideal measure for the adaptation and mitigation of climate change in agroecosystems.

**Keywords:** Zero tillage, organic matter, bulk density, infiltration.

## Introducción

El arroz, es el cereal más consumido en el mundo y el alimento más común en la dieta de los cubanos, con una demanda nacional de 700 000 t y un índice de consumo promedio superior a 70 kg por persona al año, que lo ubica como uno de los mayores consumidores de arroz del mundo. Sin embargo, la producción nacional solo garantiza el 40 % de esa demanda, por lo que el país necesita importar aproximadamente 400 000 t de arroz anualmente.<sup>1,2</sup>

A pesar de la importancia del cultivo del arroz para Cuba, este se cultiva en la mayor parte de las áreas de forma tradicional. El sistema tradicional se caracteriza por el uso de la grada de discos como herramienta fundamental para la labranza en seco, el empleo de ruedas y/o rodillos fanguadores en el caso de campos inundados y el riego mediante inundación permanente, lo que implica un elevado consumo de agua y contribuye a la degradación de los suelos. Además, requiere de mucho tiempo, grandes costos energéticos, económicos y ambientales.<sup>3,4</sup>

El cultivo del arroz utiliza alrededor del 30 % del total de agua demandada anualmente para el riego de los cultivos agrícolas en el país <sup>5</sup> y predomina la producción especializada <sup>6</sup>, la cual exige de un alto grado de mecanización, condicionada por las tecnologías de siembra basadas en la labranza tradicional y las grandes extensiones que se destinan para su explotación.<sup>7,8</sup>

Una alternativa viable puede ser la adopción de un sistema agrícola climáticamente inteligentes como la agricultura de conservación (AC). Con tal propósito ha sido adoptada como política del país una hoja de ruta <sup>9</sup> para la transición hacia prácticas de conservación que mejoren las propiedades físicas del suelo, con ahorro de agua y disminución de los gastos por explotación de la maquinaria agrícola, pero aún se tiene muy poca experiencia al respecto.

Aunque los beneficios completos de la AC demoran varios años en manifestarse plenamente la práctica de miles de hectáreas en diferentes partes del mundo ha demostrado que los conceptos y principios de AC son de validez internacional. Su práctica a nivel local puede proporcionar con éxito una serie de beneficios de productividad, socioeconómicos y ambientales para los productores y la sociedad en general.<sup>10</sup>

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

---

En Cuba, no existe experiencia suficiente en la aceptación por parte de los productores agrícolas de la tecnología de AC y sus requerimientos técnicos, el objetivo de este artículo consiste en recopilar la información que permita convertir la AC en una alternativa viable en la mejora de los atributos físicos y químicos del suelo y puede ser una medida idónea para la adaptación y mitigación del cambio climático en agroecosistemas arroceros.

## **Materiales y Métodos**

La evaluación de la calidad del suelo es una herramienta eficaz para evaluar la sostenibilidad de las prácticas de manejo de suelo. Aunque, no se puede medir directamente, si es posible inferirla a través de indicadores de calidad (estáticos o dinámicos), con la medición de propiedades que se modifican por el uso del suelo y las prácticas de manejo como: la materia orgánica, la densidad aparente, la resistencia a la penetración, la porosidad y la infiltración. Las cuales están relacionadas con la productividad agrícola, el uso eficiente del agua y la salud del suelo.<sup>11, 12, 13</sup>

## **Resultados y discusión**

### ***Densidad aparente (Da)***

La *Da* del suelo, es la relación entre la masa de suelo seco y el volumen total ocupado por el mismo. Está asociada a factores como la textura, el contenido de materia orgánica, la porosidad y el tipo e intensidad de labranza, así como a los parámetros vinculados al flujo del agua (conductividad hidráulica e infiltración), y expresa el comportamiento de la compactación en el suelo, por lo que varios autores la reconocen como una de las propiedades más útiles para evaluar el efecto que los sistemas de cultivo producen en las condiciones físicas del suelo.<sup>14,15,16</sup>

### ***Porosidad total (Pt)***

La *Pt* del suelo se relaciona con la densidad aparente y está condicionada por, la textura, el estado de agregación, el contenido de materia orgánica y la humedad, factores todos ellos que no son ajenos al sistema de manejo o de labranza adoptado y a medida que aumenta la profundidad del suelo aumenta la *Da* y disminuye la *Pt*, pero la cuantía en que lo hace depende del tipo de suelo.<sup>3,14,15</sup>

### ***Resistencia a la penetración (RP)***

La *RP* es el conjunto de fuerzas desarrolladas por el suelo que se oponen a su deformación ante el crecimiento de órganos vegetales y se caracteriza a través del índice de cono. La *RP* depende de la textura, la densidad aparente, del contenido de materia orgánica y del contenido de humedad del suelo, por lo que constituye una herramienta apropiada para el diagnóstico de la condición física del suelo y se correlaciona significativamente con los sistemas de labranza.<sup>17,18</sup>

La *RP* aumenta a medida que el suelo se seca, hasta alcanzar un valor máximo que ocurre en niveles de humedad de 1 a 3 % en peso, siendo más marcado su incremento cuanto mayor es el contenido de arcilla y la *Da*.<sup>18,19</sup>

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

---

En el cultivo del arroz, se ha indicado que, para conservar el suelo en forma eficiente, se debe reducir el número de pasadas de la maquinaria agrícola sobre el terreno y una forma de minimizar el impacto de la labranza convencional es la utilización de métodos de labranza cero.<sup>3,7</sup> En cambio, estudios recientes en Argentina y Brasil, revelan que la AC basada en la cero labranza y la rotación del arroz con leguminosas, disminuye la resistencia mecánica del suelo a la penetración de raíces del arroz, lo que puede estar ligado al sistema radicular de esas plantas.<sup>20</sup>

## ***Infiltración***

La infiltración es una importante propiedad hidrodinámica del suelo, que describe el movimiento del agua desde la superficie del suelo hacia el interior del mismo bajo la acción de las fuerzas de gravedad y la atracción capilar entre el suelo y el agua. La velocidad con que ocurre este proceso, en relación con la velocidad de suministro del agua, determina la cantidad de humedad que puede almacenarse en la zona radicular del cultivo y condiciona en gran medida el proceso de redistribución de la humedad en el suelo, por lo que es de vital importancia para asegurar su rendimiento óptimo.<sup>14</sup>

Este es un proceso que está determinado en gran medida por la textura y otras características intrínsecas del medio, como la condición de humedad, la estabilidad de agregados, la porosidad, el contenido de materia orgánica y la densidad aparente, etc., factores interdependientes que varían con la labranza<sup>14</sup>. La infiltración es de las variables más sensibles a los cambios de manejo, por lo que constituye un indicador de calidad relevante, para reflejar los cambios ocurridos luego de cuatro años de manejo conservacionista.

En la práctica en todos los casos resulta deseable maximizar la infiltración, ya que el incremento reduce los riesgos de erosión y de inundación del terreno. Pero el exceso de labranza afecta la capacidad de infiltración de los suelos.<sup>14,21</sup>

## ***Efecto de la AC sobre la materia orgánica del suelo (MO)***

La *MO* es considerada el indicador principal de la calidad del suelo, debido a su influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. Estabiliza la estructura de los suelos, favorece la infiltración y actúa como esponja para almacenar el agua, así como mejora la *Da* y sirve de alimento para la vida del suelo. Además, es reserva de numerosos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y está estrechamente relacionada con el rendimiento de los cultivos.<sup>22,23</sup>

Cualquier sistema de producción agrícola que no agregue suficientes cantidades de *MO* y/o disminuya paulatinamente su contenido en el suelo por debajo del nivel adecuado, es inapropiado y tiene como consecuencia la degradación de los suelos. La cantidad de *MO* en el suelo depende de factores como la incorporación de nuevos restos orgánicos y su velocidad de oxidación, relacionados de forma directa con la textura del suelo, la aireación, humedad y factores climáticos, así como las prácticas de manejo del cultivo.<sup>3,14</sup>

Las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas para los cultivos se encuentran preferentemente en suelos con alto contenido de *MO*. En contraste, con el empleo de labranza cero se ha reportado un

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

---

incremento del nivel de *MO* del suelo, con respecto a la labranza tradicional, sobre todo en los primeros 10 cm del suelo.<sup>3,13</sup>

## Conclusiones

Las propiedades de los suelos antes mencionados, están asociados fundamentalmente a la labranza tradicional, la nivelación deficiente de los campos, el monocultivo y el cultivo en condiciones de inundación permanente del arroz. Sin embargo, las condiciones actuales de cambio climático aumentan las exigencias para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. En este contexto, la producción arrocera en Cuba debe adaptarse para proveer de alimentos a la población de manera sostenible y a la vez necesita, conservar y mejorar los suelos, hacer un uso más eficiente del agua y mitigar sus efectos en el medio ambiente mediante el empleo de la agricultura de conservación.

## Referencias bibliográficas

1. Reyes D. Del arroz en barco al arroz que cultivamos. Granma, Órgano Oficial del Comité Central del Partido Comunista de Cuba. Publicado el 10 de enero de 2019. [Consultado 15 mayo 2023] Disponible en: [https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/index.php%3Fopcion%3Dcom\\_content%26view%3Darticle%26id%3D457:del-arroz-en-barco-al-arroz-que-cultivamos%26catid%3D43%26showall%3D1%26Itemid%3D240%26jve%3D1552052037&ved=2ahUKEwjRtevekZ-DAXWmMlkFHdDEABoQFnoECA4QAQ&usg=AOvVaw0yVLK5wFd2smyAu9kqWS2n](https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/index.php%3Fopcion%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D457:del-arroz-en-barco-al-arroz-que-cultivamos%26catid%3D43%26showall%3D1%26Itemid%3D240%26jve%3D1552052037&ved=2ahUKEwjRtevekZ-DAXWmMlkFHdDEABoQFnoECA4QAQ&usg=AOvVaw0yVLK5wFd2smyAu9kqWS2n).
2. Gharsallah O, Rienzner M, Mayer A, Tkachenko D, Corsi S, Vuciterna R, Romani M, Ricciardelli A, Cadei E, Trevisan M, Lamastra L, Tediosi A, Voccia D and Facchi A (2023) Economic, environmental, and social sustainability of Alternate Wetting and Drying irrigation for rice in northern Italy. *Front. Water* 5:1213047. [Consultado 15 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1213047>.
3. Domínguez C, Díaz G, Domínguez D, Miranda A, Duarte C, Ruiz M, Rodríguez A, & Martin R. Influencia de la Agricultura de Conservación sobre propiedades del suelo bajo cultivo de arroz irrigado. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2020; 29(3): 75-83. [Consultado 15 mayo 2023] Disponible en: <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/rcta/article/view/1277>.
4. Ruiz SM, Muñoz HY, Polón PR. “Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial”, *Cultivos Tropicales*; 2016. [Consultado 15 mayo 2023] Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci\\_arttext%26pid%3DS0258-59362016000300020&ved=2ahUKEwiqtYS9\\_56DAXzllkEHcpMBkEQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw3AD8hflZXXvEuVYDcaCE8RI](http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0258-59362016000300020&ved=2ahUKEwiqtYS9_56DAXzllkEHcpMBkEQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw3AD8hflZXXvEuVYDcaCE8RI)
5. Herrera J, Hervis G, González F, Duarte C. Estudio sobre el balance hídrico del arroz en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2019; 9(3): 48-59. ISSN-2306-1545. [Consultado 18 mayo 2023] Disponible en: <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/1143>.
6. ONEI.: Anuario Estadístico de Cuba 2021. Inst. Oficina Nacional de Estadísticas e Información, La Habana, Cuba; 2022, 37p [Consultado 18 mayo 2023] Disponible en: <https://www.onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba-2022&ved=2ahUKEwiyu96tk5-DAXUhFlkFHVBmDBEQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw3O-bbB1L4hG3VbBOXXXD8H>.

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

---

7. Miranda A, y Domínguez C. Main Parameters that Affect the Quality of Mechanized Rice Harvesting in Cuba. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 2022; 6(3): 237-241. [Consultado 18 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2022.09.001.2022>.
8. Domínguez C, Díaz G, Miranda A, Duarte C, Rodríguez A, Araújo AG. Agricultura de Conservación: consideraciones para su adopción en agroecosistemas arroceros de Pinar del Rio. *Revista Ingeniería Agrícola*, [S.l.], mar. 2019; 9 (2); 51-59. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1103>.
9. MINAG.: “Hoja de Ruta” para el desarrollo y adopción de la Agricultura de Conservación en Cuba. La Habana, Cuba. 6 p. 2016.
10. Domínguez Vento, C., Miranda Caballero, A, Díaz López, G. Strategy for The Transition Towards Conservation Agriculture Practices in Rice Cultivation Systems in Cuba. *Eart & Envi Scie Res & Rev.* 2021; 4(2: 104-105. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.opastpublishers.com/open-access-articles/strategy-for-the-transition-towards-conservation-agriculture-practices-in-rice-cultivation-systems-in-cuba.pdf&ved=2ahUKewj6jizr\\_p6DAxVhmYkEHfcND7UQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw2N9DKTkAM\\_uhla-T-xthO3](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.opastpublishers.com/open-access-articles/strategy-for-the-transition-towards-conservation-agriculture-practices-in-rice-cultivation-systems-in-cuba.pdf&ved=2ahUKewj6jizr_p6DAxVhmYkEHfcND7UQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw2N9DKTkAM_uhla-T-xthO3).
11. Selau, F.; Camargo F.A.O; Marcolin E.; Veloso M.G.; Fernandes R.S.; Bayer C.: Notillage promotes C accumulation in soil and a slight increase in yield stability and profitability of rice in subtropical lowland ecosystems. *Soil Research.* 2022; 60: 601–609. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1071/SR21185>.
12. Haque ME, Bell RW, Jahiruddin M, Hossain MM, et al. Manual for Smallholders’ Conservation Agriculture in Rice-based Systems. Murdoch University; 2018. p. 108. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: <http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/41693>.
13. Soracco CG, Lozano LA, Villarreal R, Melani E, Sarli GO. Temporal variation of soil physical quality under conventional and no-till systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 2018; 42: e0170408. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170408>.
14. Herrera PJ, Martínez JA, Rodríguez A, Cid G. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la infiltración en suelos Ferralíticos Rojos, *Revista Ingeniería Agrícola*, 2017;7(4): 3-10, ISSN: 2306-1545. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: [https://javascript:void\(0\)](https://javascript:void(0)).
15. Issaka F, Zhang Z, Betancourt Y, Zhao Z, Amézquita E, Sheka Kanu AB, LI W, Acquatella J. Zero Tillage Improves Soil Properties, Reduces Nitrogen Loss and Increases Productivity in a Rice Farmland in Ghana. *Agronomy.* 2019; 9(10): 641. ISSN: 2073-4395. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy9100641>.
16. Cid G, López L, Herrera J, González F. Variación de la Densidad Aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 2021;11(2): 3-9. [Consultado 21 mayo 2023] Disponible en: <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/1358>.
17. Micucci FG, Taboada MA. Soil physical properties and soybean (*Glycine max*, Merrill) root abundance in conventionally-and zero-tilled soils in the humid Pampas of Argentina, *Soil and tillage research*, 2006;86(2): 152-162, ISSN: 0167-1987. [Consultado 22 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.004>.

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS ARROCEROS

---

18. Afzalnia S, Zabihi J. Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage, *Soil and Tillage Research*, 2014;137: 1-6, ISSN: 0167-1987. [Consultado 22 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.11.003>.
19. Abassi MK, Rasool G. Effects of different land-use types on soil quality in the hilly area of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir *Acta Agriculture Scandnavica: Section B, Soil y Plant Science*, 2005;55(3): 8. [Consultado 22 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09064710510008720>.
20. Botta GF, Tolón BA, Lastra BX, Hidalgo R, Rivero D, Agnes D. Alternatives for handling rice (*Oryza sativa* L.) straw to favor its decomposition in direct sowing systems and their incidence on soil compaction. *Geoderma*, 2015;239:213-222. [Consultado 23 mayo 2023] Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.10.021>.
21. Jat HS, Datta A, Sharma PC, Kumar V, Yadav AK, Choudhary M, et al.: Assessing soil properties and nutrient availability under conservation agriculture practices in a reclaimed sodic soil in cereal-based systems of North-West India, *Archives of Agronomy and Soil Science*, ;(4): 531-545. [Consultado 23 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1359415>.
22. Zheng H, Tang X, Wei J, Xu H, Zou Y, Tang Q. Effect of No-Tillage Management on Soil Organic Matter and Net Greenhouse Gas Fluxes in a Rice-Oilseed Rape Cropping System. *Agriculture*. 2022; 12, 918. [Consultado 23 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture12070918>.
23. Shahid MF, Iqbal M, Akhtar J, Farooq M. Residual effect of cover crops and conservation tillage on soil physical properties and wheat yield grown after direct seeded rice. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2020; 24: 1265–1272 [Consultado 23 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1558>.
24. Miranda A. Impacto de la tecnología de trasplante mecanizado de arroz. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 2020; 4(3): 334–349. [Consultado 23 mayo 2023] Disponible en: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/143>
25. Domínguez C, Miranda A, Guilherme de Araújo A, Díaz G, Rodríguez. Adopción de innovaciones tecnológicas para la agricultura de conservación en el cultivo del arroz en Cuba. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 2021; 5(2): e167. [Consultado 23 mayo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5512589>

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no presentar conflictos de intereses

## Contribución de los autores

- Alexander Miranda Caballero: Conceptualización, análisis formal, metodología, supervisión, redacción, revisión y edición del trabajo final.
- Calixto Domínguez Vento: Conceptualización, investigación, metodología, redacción del borrador, validación, visualización, redacción, revisión y edición del trabajo final.
- Augusto Guilherme de Araújo: Metodología, supervisión, visualización, redacción, revisión