

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

ADMINISTRATION OF AGRICULTURAL MACHINERY FOR EFFICIENT MANAGEMENT AND MITIGATE CLIMATE CHANGE

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

Alexander Miranda Caballero ^{II}  <https://orcid.org/0000-0002-4109-6868>

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

Pedro Paneque Rondón ^{IV}  <http://orcid.org/0000-0003-1769-7927>

^I Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Pinar del Río, Cuba,

✉ esp-iagric@dlg.pri.minag.gob.cu

^{II} Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba, ✉ alex@inca.edu.cu

^{III} Consultor en Maquinaria para Agricultura de Conservación, Brasil.

^{IV} Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba. ✉ rcta@unah.edu.cu

✉ alex@inca.edu.cu

*Autor para dirigir correspondencia: alex@inca.edu.cu

Clasificación JEL: 013, Q10, Q16

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11000714>

Recibido: 29/12/2023

Aceptado: 24/03/2024

Resumen

La agricultura requiere la aplicación de medios mecanizados (herramientas, implementos y equipos) para lograr incrementar la producción de alimentos. Sin embargo, la mecanización agrícola puede provocar

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

efectos medioambientales desfavorables y contribuir a la degradación del suelo, por lo que la gestión eficiente de la maquinaria agrícola, constituye uno de los principales desafíos para garantizar el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria de la población mundial. En el artículo, se presentan algunos principios necesarios en la administración de la maquinaria agrícola en Cuba para una gestión eficiente y mitigar el cambio climático.

Palabras claves: agricultura, suelo, servicios de mecanización, gestión.

Abstract

Agriculture requires the application of mechanized means (tools, implements and equipment) to increase food production. However, agricultural mechanization can cause unfavorable environmental effects and contribute to soil degradation, which is why the efficient management of agricultural machinery constitutes one of the main challenges to guarantee sustainable development and food security for the world's population. In this work, the authors' criteria are presented on some necessary principles in the administration of agricultural machinery in Cuba for efficient management and mitigating climate change.

Keywords: agriculture, soil, mechanization services, management.

Introducción

El desarrollo de la agricultura está asociado al uso de máquinas y aperos agrícolas, pero las condiciones actuales de cambio climático, aumentan las exigencias para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Producir alimentos en el futuro, demandará adoptar tecnologías sostenibles que conduzcan a agroecosistemas más saludables,¹ por lo que se debe prestar mayor atención a las implicaciones del uso de la maquinaria agrícola en la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

Prácticas tradicionales como: la labranza intensiva, el fangueo, la nivelación deficiente de los campos, neumáticos con alta presión de inflado, labores agrícolas en campos fuera de sazón o tempero (suelo húmedo o saturado) y la estrategia no planificada de las labores de labranza, conocida como Tráfico Agrícola Aleatorio “RTF, por sus siglas en inglés”, causan compactación del suelo y propician su degradación,^{2,3} lo que incrementa la susceptibilidad de los agricultores a la variabilidad de los patrones climáticos.

De igual forma, el uso de implementos que rompen la estructura del suelo, invierten el prisma y generan elevadas compresiones sobre el suelo, así como la utilización de la aviación para la aplicación de productos químicos, degradan los servicios ecosistémicos (agroecosistemas) e implican un elevado impacto ambiental.^{3,4,5} No obstante, para mitigar los efectos negativos del cambio climático en el sector agrícola, beneficiar los servicios ecosistémicos y a la vez incrementar la producción de alimentos, es necesario realizar una correcta gestión de la maquinaria agrícola y los recursos disponibles. El objetivo

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

de este artículo consiste en analizar algunos principios necesarios para la administración eficiente de la maquinaria agrícola en Cuba y mitigar el cambio climático, con un enfoque de mecanización sostenible.

Materiales y métodos

En Cuba los servicios de maquinaria agrícola se organizan, fundamentalmente en unidades estatales de prestación de servicios, conocidas como Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos (UEBIST),⁶ pero su gestión no está orientada, a la implementación de medidas de adaptación al cambio climático y lograr la resiliencia del sistema productivo. Teniendo en cuenta, que la Estrategia Nacional Ambiental de Cuba para el 2021-2030,⁷ establece entre sus prioridades estratégicas: contrarrestar la degradación de los suelos, el uso racional de los recursos naturales y la disminución de los impactos ambientales, es necesario adecuar los servicios de maquinaria agrícola y perfeccionar su gestión sobre bases ambientales.

Un aspecto importante dentro del proceso de gestión de la maquinaria agrícola es la selección de los medios mecanizados a adquirir. Los equipos e implementos que poseen las UEBIST en su mayoría son adquiridos teniendo en cuenta los costos (más baratos) y la productividad que logran los agregados o conjuntos mecanizados. Se estila comprar nuevas máquinas e implementos, bajo el impulso de una necesidad inmediata de compra o las oportunidades presentes para realizar una compra, sin tener en cuenta los principios racionales de su selección. Pero las decisiones incorrectas tomadas con respecto a la compra de maquinaria agrícola, teniendo en cuenta exclusivamente efectos económicos, pueden tener efectos medioambientales desfavorables.⁸ Esto puede provocar un aumento de la contaminación del medio ambiente, un gran consumo de portadores energéticos, degradación del suelo y un mayor consumo de fertilizantes y productos fitosanitarios.⁹

Resultados y Discusión

Considerando que la maquinaria agrícola mal seleccionada o mal aplicada puede dañar, en lugar de mejorar, los recursos ambientales, especialmente los suelos.¹⁰⁻¹⁶ Internacionalmente, como una nueva visión estratégica global para la gestión de los servicios de maquinaria agrícola, se ha difundido el concepto de “mecanización sostenible”. Según Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y African Union Commission (AUC)¹⁷ la mecanización sostenible considera aspectos tecnológicos, económicos, sociales, ambientales y culturales, para garantizar que las actividades y tareas se completen de manera efectiva y eficiente.

En este sentido, la gestión de los servicios de maquinaria agrícola en Cuba, con un enfoque de mecanización sostenible, implica la necesidad de adoptar nuevos criterios para la formulación de estrategias y políticas de mecanización, como por ejemplo (criterio de los autores):

- Fiscalizar y regular la fabricación, importación y uso de los equipos e implementos que no contribuyen a la conservación del suelo, así como a mitigar el cambio climático.

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

- Introducir incentivos financieros y asistencia técnica para ayudar a los productores que apliquen prácticas agrícolas para potenciar servicios ecosistémicos y disminuir impactos ambientales. Resultados de investigaciones recientes en EEUU ¹⁸ indican que los incentivos financieros son beneficiosos para ganar el interés de los agricultores, pero lo más importante, es que proporcionaron las capacidades financieras para participar en prácticas de producción innovadoras que de otro modo serían inalcanzables.
- Bonificar por el uso de maquinaria más respetuosa con el medio ambiente y penalizar el empleo de maquinaria inapropiada, con altos niveles de emisión de gases contaminantes.
- Incorporar nuevas formas de organización y prestación de servicios de mecanización agrícola, como una oportunidad de negocio viable para el sector privado, como las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes).
- Estimular la mecanización agrícola a pequeña escala, orientada al uso de implementos multipropósito, acoplables a tractores de baja potencia. Equipos e implementos pequeños adaptados a las condiciones de los pequeños agricultores pueden ser opciones más ventajosas, en cuanto a lo económico y preservar la salud del suelo.
- Crear mecanismos de financiación para facilitar la adquisición de maquinaria y equipo por parte de los pequeños agricultores.

También es necesario continuar con el desarrollo de capacidades para garantizar que la toma de decisiones y la planificación, se base en información científica sobre las condiciones del agroecosistema, sus bienes y servicios, así como en las amenazas e implicaciones económicas asociadas a los efectos del cambio climático. No obstante, la gestión de la maquinaria agrícola debe estar dirigida a la satisfacción de los requisitos y demandas de los agricultores, que constituyen los principales usuarios de los servicios de mecanización.

Por su parte, los agricultores como máximos responsables del manejo de los agroecosistemas, necesitan pasar por un proceso de aprendizaje, que les permita aumentar la productividad agrícola de forma amigable con el medio ambiente, sobre la base de la conservación, la restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres. Además, deben concientizar la importancia de implementar medidas de adaptación al cambio climático como (Criterio de los autores):

- La aplicación de principios de agricultura de conservación para el mejoramiento y conservación de los suelos, incluye: el mínimo disturbio del suelo, la rotación de cultivos y mantener permanente el suelo cubierto con restos de cosecha o cubiertas vegetales.
- El uso de implementos que interactúan con el suelo en forma vertical sin voltearlo.
- Reducir el número de pases de la maquinaria durante las labores agrícolas.
- La nivelación de los campos para una mayor eficiencia del uso del agua empleando la técnica de riego superficial.
- Usar neumáticos con baja presión de inflado, neumáticos de alta flotación o sistemas de orugas de caucho que pueden brindar más tracción y menos presión sobre el suelo.

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

- El uso de Tecnología de Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS), vinculado con Sistemas de Información Geográfica (GIS) para la agricultura de precisión.
- Sistemas de tráfico agrícola controlado para concentrar la compactación del suelo en un área más pequeña del campo.
- Realizar subsolación o labor de escarificado en suelos con problemas de compactación.
- Evitar realizar actividades terrestres con la maquinaria agrícola cuando el suelo está húmedo o saturado, teniendo en cuenta que es más propenso a la deformación bajo estas condiciones.
- Balancear el peso del tractor para lograr disminuir el peso sin perjudicar la tracción y aumentar el área de contacto de los rodajes.³
- Utilizar preferentemente equipos ligeros que producen un menor efecto de compactación sobre el suelo, en comparación con los equipos pesados en igual número de pases de trabajo.¹⁹
- Impulsar el uso de tractores eléctricos en la agricultura a pequeña escala.
- Emplear cosechadoras con la capacidad distribuir los restos de cosecha de manera uniforme en todo el ancho de labor de la máquina.
- Dejar los rastrojos en trozos grandes y realizar el corte a una altura ≥ 20 cm.
- Utilizar máquinas de siembra directa que pueda maniobrar en condiciones de suelo sin labranza y residuos en la superficie del suelo.²⁰

Por otro lado, el uso de la mecanización puede ser un elemento importante para contrarrestar los costos de las actividades agrícolas y la escasez de mano de obra, resultantes de emigración (rural a urbana e internacional) y el envejecimiento poblacional, pero la eficiencia y durabilidad del parque de maquinaria depende sobre todo del modo en que se emplee. Para que un tractor pueda desarrollar todo su potencial productivo, reducir la mano de obra, mejorar el tiempo de las operaciones, aplicar insumos costosos de manera precisa y eficiente, y crear valor agregado, debe estar incorporado al equipo o implemento correcto. Igualmente, debe existir una adecuada relación tractor implementos, por lo que se deben seleccionar adecuadamente los agregados, sus indicadores de trabajo y consumo, e incrementar al máximo la carga de trabajo, para de este modo disminuir los gastos fijos específicos y con ello los costos de trabajo.

En la actualidad, la industria de la maquinaria agrícola produce una amplia gama de equipos y soluciones avanzadas que respaldan la agricultura sostenible, al tiempo que protegen el medio ambiente y generan valor económico y social.²¹ Sin embargo, es vital que los agricultores dispongan de las tecnologías, medios técnicos y el conocimiento que les permitan accionar con eficiencia.

Conclusiones

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

La gestión de la maquinaria agrícola necesita de estrategias nacionales orientadas a apoyar la gestión sostenible de la maquinaria agrícola y que los usuarios de los servicios de mecanización aprendan nuevas prácticas de preparación de suelo y cultivo, enfocadas en el manejo sostenible de tierras y aplicación de principios de agricultura de conservación que contribuyan a detener la degradación de los suelos.

Referencias bibliográficas

1. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Incentives for Ecosystem Services: Supporting the transition to Sustainable Food Systems. 2022; I4702E/1/05.15. [Consultado 10 octubre 2023] Disponible en: <http://www.fao.org/in-action/incentives-for-ecosystem-services/en/ or contact us at IES-info@fao.org>.
2. Gasso V, Sorensen CAG, Oudshoorn FW, y Green O. Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts, Eur. J. Agron. 2013; 2013; 48: 66–73. [Consultado 10 octubre 2023] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.02.002>.
3. Gómez C, Villagra MK, Solorzano QM. La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria), Revista Tecnología en Marcha. 2018; 31(1): 167-177. [Consultado 12 octubre 2023] Disponible en: <https://doir.org/10.18845/tm.v31i1.3506>.
4. Lima AG, Piketty MG, Coudel E, Messad S, and Le C. Co-production of ecosystem services through agricultural practices: perception of stakeholders supporting smallholders in the Brazilian Amazon. Cahiers Agricultures. 2021; 30, 20. [Consultado 12 octubre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1051/cagri/2021006>.
5. Jayaraman S, and Dalal RC. No-till farming: prospects, challenges – productivity, soil health, and ecosystem services. Soil Research. 2022; 60 (5–6): 435–441. [Consultado 12 octubre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1071/SR22119>.
6. Suárez J, Ríos A, Linares E. Unidades Integrales de Servicios Técnicos de Maquinaria Agrícola. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2011; 20 (2): 15-19, E-ISSN: 2071-0054. [Consultado 15 octubre 2023] Disponible en: https://rcta.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/784/html&ved=2ahUKEwi6ur3R_VgdaXv3SjABHaAPaBoQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw0ElwTnrRV_Qq0KFlz2rY3u.
7. CITMA. “Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente”. La Estrategia Nacional Ambiental de Cuba para el 2021-2030. Gobierno de la República de Cuba. La Habana, 2020; 11-17 p. [Consultado 15 octubre 2023] Disponible en: <https://rccd.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/485/488&ved=2ahUKEwjly-GI086DAxVwk2oFHVDTCsYQFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw2wfJZi2gI7zviZpRidTKcZ>.
8. Cupial M and Kowalczyk Z. Optimization of Selection of the Machinery Park in Sustainable Agriculture. Sustainability. 2020; 12, 1380. [Consultado 15 octubre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12041380>.
9. Yezekyan T, Marinello F, Armentano G, Sartori L. Analysis of cost and performances of agricultural machinery: Reference model for sprayers. Agron. Res. 2018; 16: 604–614. [Consultado 15 octubre 2023] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15159/AR.18.049>.
10. Díaz G, Ruiz M, Cabrera J. Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.), Cultivos Tropicales. 2009;

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

- 30(3): 40-46. [Consultado 15 octubre 2023] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280577936_Modificaciones_a_las_propiedades_fisicas_d_el_suelo_por_la_accion_de_diferentes_practiclas_productivas_para_cultivar_arroz_Oryza_sativa_L_&ved=2ahUKEwjN_77ezM6DAxWEIqGoFHfOaAaIQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw2HgBYnLJ_Q5p2htaGw-p_me.
11. Domínguez C, Díaz G, Domínguez D, Miranda A, Duarte C., Ruiz M, Rodríguez A., and Martin R. Influence of Conservation Agriculture on soil properties under irrigated rice cultivation. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2020; 29(3): 75-83. ISSN: 1010-2760. [Consultado 16 octubre 2023] Disponible en: <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/rcta/article/view/1277>.
 12. Rodríguez A., Arcia J., Martínez J.A., Domínguez C., Herrera J., Miranda A. Influence of Conservation Agriculture on Some Physical Properties of a Red Ferralitic Soil. *International Journal of Food Science and Agriculture*. 2022; 6(3): 320-326. [Consultado 16 octubre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2022.09.012>.
 13. Leyva S. L., Masaguer A., Baldoquin A. Effect of tillage systems on Luvisols dedicated to pasture production. *Pastos y Forrajes*. 2014; 37(4): 408-412. [Consultado 15 octubre 2023] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81>
 14. León P, Castro I, Álvarez A, Grau JC. Soil tillage Conventional method. Four aspects that characterize it. *Ciencia Universitaria*. 2018; 16(1). [Consultado 17 octubre 2023] Disponible en: <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/ACUNAH/article/view/1038>.
 15. MINAG. Hoja de Ruta para el desarrollo y adopción de la Agricultura de Conservación en Cuba. La Habana, Cuba. 2016; 6 p. [Consultado 17 octubre 2023] Disponible en: https://www.fao.org/3/i6750es/i6750es.pdf&ved=2ahUKEwjzuiu30c6DAXUqomoFHdEgDQoQFn_oECBEQAQ&usg=AOvVaw3cH_BNPR1eFBZPK0b5ZX9W.
 16. Sims B, Kahan D, Mpagalile J, Hilmi M, Santos S. Hire services as a business enterprise a training manual for small-scale mechanization service providers. Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Maize and Wheat Improvement Center Rome. 2018; 125 p. ISBN 978-92-5-130513-3. [Consultado 18 octubre 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/10883/19537>.
 17. FAO and AUC “Food and Agriculture Organization of the United Nations and African Union Commission”. Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa – Synopsis. Addis Ababa. 2019; 28 p. [Consultado 18 octubre 2023] Disponible en: <https://reliefweb.int/attachments/c7334dae-11fc-3c48-a0ba-f310ba7b45dc/ca1136en.pdf>.
 18. Linder TJ, Wallen KE, Manley SW, and Osborne D.. Rice producer enrollment and retention in a USDA regional conservation partnership program in the southern United States. *Journal of Soil and Water Conservation*; 2023. [Consultado 21 octubre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.2489/jswc.2023.00027>.
 19. Jorajuria D. y Draghi L. “Sobre compactación del suelo agrícola parte I: influencia diferencial del peso y del número de pasadas”, *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient*. 2000; 4(3): 445–452. [Consultado 21 octubre 2023] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000300022>.
 20. Domínguez C, Guilherme de Araújo A, Miranda A, Díaz G, Rodríguez A. Machinery for direct sowing of rice in agricultural conditions. *International Journal of Food Science and Agriculture*.

ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

2021; 5 (3): 471-481. [Consultado 21 octubre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2021.09.018>.

21. CEMA. “European Agricultural Machinery Industry Association”. The role of agricultural machinery in decarbonising agriculture. Brussels, April 2022; 24 p. [Consultado 21 octubre 2023] Disponible en: <http://www.cema-agri.org/>.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no presentar conflictos de intereses

Contribución de los autores

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