

# Medidas para reducir los impactos de la mecanización agrícola sobre el medio ambiente

## Measures to reduce the impacts of the agricultural mechanization on the environment



<https://cu-id.com/2177/v33n3e05>

 Arcadio Ríos-Hernández\*

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN:** La agricultura intensiva convencional, resultante del desarrollo tecnológico y social es el mayor degradador de aguas y ambientes agrícolas. La mecanización agrícola en general y el riego son los principales factores causantes de la degradación, por lo que debe utilizarse siempre con un sentido conservacionista y recuperador. Se han estado desarrollando diversos proyectos y programas de colaboración internacional relacionados con la protección medioambiental, entre cuyos objetivos se encuentra la investigación de los efectos de la mecanización agropecuaria sobre el medio ambiente, por lo cual se trazó como objetivo centrar los esfuerzos en realizar un estudio para determinar las posibles medidas para contrarrestar los aspectos negativos de esta influencia, como base para la fundamentación de nuevos proyectos de investigación y de colaboración internacional. Se emplearon las metodologías para la realización de los Diagnósticos Participativos, la cual comprendió la realización de encuestas, seminarios de discusión, análisis estadístico, con el uso de herramientas y programas de computación. Entre las principales conclusiones del estudio se encuentra la descripción de las posibles medidas encaminadas a reducir los impactos de la mecanización agropecuaria sobre el medio ambiente.

**Palabras clave:** agricultura, erosión, suelo, agua.

**ABSTRACT:** The conventional intensive agriculture, resultant of the technological and social development is the biggest degrader of waters and agricultural environments. The agricultural mechanization and the irrigation in general are the main causing factors of the degradation, for what should always be used with conservationist and recuperative technologies. Diverse projects and programs of international collaboration related with the protection of the environment have been carried out, among whose objectives are the research of the effects of the agricultural mechanization on the environment, reason why was taking as objective to center the efforts in carrying out a study to determine the possible measures to counteract the negative aspects of this influence, like basis for the elaboration of new research projects of international collaboration. For the study were used the methodologies for the realization of the Participative Diagnostics, which included the realization of surveys, discussion seminars and statistical analysis, with the use of computing tools and programs. Among the main conclusions of the study is the description of the possible measures guided to reduce the impacts of the agricultural mechanization on the environment.

**Keywords:** Agriculture, Erosion, Soil, Water.

### INTRODUCCIÓN

El reto científico en el desarrollo de la mecanización se vincula especialmente con el concepto moderno de tecnología apropiada (Caballero, 1999). Según Arana *et al.* (1999) la tecnología es un fenómeno social que surge y se despliega en un complejo sistema cultural, donde hay que tener en consideración los conocimientos, hábitos y valoraciones que cada sociedad impone por medio de rasgos singulares y universales. En nuestro país tenemos claro el concepto de que la mecanización de

la agricultura debe formar parte de una tecnología apropiada a nuestro contexto biofísico, económico, político y social. No se pueden ignorar la tradición del campesino, las características del desarrollo de cada región, las condiciones edafológicas, los imperativos económicos y sociales. Hacia la concatenación de estos factores ha ido encaminada las políticas que se han trazado en el campo de la mecanización de la agricultura, tanto con tractor como con tracción animal (Suárez y Ríos, 2018; Gaceta Oficial, 2020a; 2020b).

\*Autor para correspondencia: Arcadio Ríos-Hernández, e-mail: [arcadiorh1938@gmail.com](mailto:arcadiorh1938@gmail.com)

Recibido: 12/01/2024

Aceptado: 14/06/2024

El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.

Artículo bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La agricultura intensiva convencional, resultante del desarrollo tecnológico y social es el mayor degradador de aguas y ambientes agrícolas. En este tipo de agricultura, la mecanización agrícola en general y el riego son los principales factores causantes de la degradación (Domingo *et al.*, 2003).

La mecanización, desde su surgimiento hace milenios, ha traído cambios sustanciales: aumento de la productividad, mejora de las condiciones de trabajo, posibilidad de incremento de las producciones, etc., pero también ha conllevado efectos negativos. Todo tipo de maquinaria agrícola incide con acciones directas e indirectas sobre el medio ambiente de su entorno de aplicación y especialmente sobre el suelo, aunque también tiene efectos sobre el agua, el aire, los animales, los seres humanos y las obras de infraestructura. La maquinaria es indispensable, pero debe utilizarse siempre con un sentido conservacionista y recuperador.

Tampoco es posible renunciar a las ventajas del riego debido a que las tierras de regadío son varias veces más productivas que las de secano. En Cuba se destina al riego el 70 % de los recursos hídricos disponibles. No obstante, aún existe una vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria dada entre otros por el riesgo de sequía e inundaciones en los escenarios agrícolas (Enríquez, 1994).

Lamentablemente, muchas de las acciones mecanizadas son negativas, algunas muy negativas. Esto se debe a que la capa de suelo aprovechable en las labores agrícolas es de escasos centímetros de profundidad y cualquier tecnología inadecuada o mal empleada puede dañar su fertilidad. Esta capa se forma por la acción natural en un proceso que dura siglos e incluso milenios, y puede destruirse en un período increíblemente breve. Pero no siempre la mecanización actúa de forma negativa. Con medios mecanizados se pueden mejorar las condiciones del entorno. Por ejemplo, recuperar los suelos, facilitar el drenaje, disminuir la salinidad. El uso de fuentes renovables o no convencionales de energía trae también efectos positivos.

Varias instituciones cubanas de investigación, entre ellas el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), han estado participando en proyectos de colaboración internacional relacionados con la protección del medio ambiente y adaptación a los efectos del cambio climático, entre ellas el proyecto “Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local” Basal (2023) y el “Programa de Asociación de País”, apoyados por agencias de las Naciones Unidas, en especial el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Algunos de los trabajos realizados en el marco de la participación del IAgric en estos proyectos de

colaboración internacional tuvieron como objetivo la investigación de nuevas tecnologías de mecanización y riego, el estudio de los efectos de la mecanización agropecuaria sobre el medio ambiente, por lo cual se decidió centrar los esfuerzos en realizar un estudio para determinar las posibles medidas para contrarrestar los aspectos negativos de esta influencia, como base para la fundamentación de nuevos proyectos de investigación y de colaboración internacional.

Existe una política estatal respecto al mejor uso de la maquinaria agrícola, el riego y el drenaje, recogida, entre otros documentos, en el Decreto Ley y su Reglamento relativos a garantizar la protección, conservación, mejoramiento y manejo sostenible de los suelos, del medio ambiente y el uso racional del agua (Gaceta Oficial, 2020a).

Es objetivo del presente trabajo mostrar los principales resultados del estudio, especialmente en lo que se refiere a las posibles medidas encaminadas a reducir los impactos de la mecanización agropecuaria sobre el medio ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se emplearon en lo fundamental las metodologías propuestas por [Águila \(2000\)](#); [Díaz y Guerrero \(2007\)](#); [Carballo y Pérez \(2011\)](#) para evaluar el impacto de la maquinaria agrícola sobre los recursos naturales del medio ambiente, especialmente en lo que se refiere a la selección de los aspectos fundamentales de incidencia a considerar.

Para los diagnósticos participativos la metodología comprendió la realización de encuestas, seminarios de discusión, análisis estadístico, con el uso de herramientas y programas de computación. Los diagnósticos tuvieron en cuenta los siguientes objetivos: Identificación de las afectaciones producidas por la maquinaria agrícola sobre el suelo; efectos negativos del riego mecanizado; uso de la tracción animal; contaminación debida a la mecanización; y uso de la energía en las labores agrícola mecanizadas. En todos estos aspectos se discutieron las posibles medidas para contrarrestar las afectaciones. Estas actividades de diagnóstico se efectuaron con la participación de especialistas, técnicos, obreros, profesores, investigadores, estudiantes y dirigentes de la actividad de mecanización.

Se recopiló también información sobre el tema (trabajos publicados, trabajos presentados en eventos científicos, informes de investigaciones, leyes, resoluciones, políticas institucionales, etc.) sobre la influencia de la mecanización de la agricultura en los aspectos medioambientales. Estas informaciones constituyen la base para definir opciones para perfeccionar la estrategia y políticas sobre el medio ambiente y la mecanización.

## RESULTADOS

### Reducción de la erosión hídrica y eólica

La erosión del suelo se manifiesta fundamentalmente en el arrastre de la capa superficial fértil por acción del viento, la lluvia y el riego. El efecto del viento es menos notorio, pero nunca despreciable, sobre todo en épocas de sequía en terrenos de poca cohesión. La erosión hídrica es evidente en los suelos en pendiente, pero también se presenta en suelos relativamente llanos en períodos lluviosos o por la acción del riego. La capacidad y acción erosiva de cada sistema de riego es distinta. El riego por goteo es el sistema idóneo a la hora de minimizar los procesos erosivos inducidos, dado que no se produce arrastre o golpeo de partículas del suelo. En un riego por aspersión la erosión y la compactación se producen fundamentalmente por la energía del impacto del agua sobre el suelo y la afectación dependerá principalmente del tamaño y la velocidad de caída de las gotas. El riego por desplazamiento del agua por los surcos es el más negativo de todos, debido al alto consumo de agua y al arrastre de las partículas superficiales, las de mayor contenido de materia orgánica. Cuando el suelo está excesivamente mullido o permanece largo tiempo en este estado, el arrastre superficial por las aguas de lluvia o de riego, así como por el viento, produce daños a veces irreparables (Ríos, 2021).

### Reducción de los daños producidos por el mal drenaje

Tenemos que hablar siempre de riego y drenaje inseparablemente. En las áreas afectadas por sobrehumedecimiento la introducción del drenaje agrícola ha permitido convertir lugares improductivos en zonas de altos rendimientos, tanto por su efecto sobre los excesos de humedad como por su acción en el combate de salinidad (Zamora & Chaterlán, 2003). El drenaje se favorece con diversas acciones mecanizadas: construcción de canales, zanjas, desvíos, nivelación, alisamiento, subsolación, etc. Entre las medidas más importantes están el drenaje de las aguas de riego, pues si no se eliminan adecuadamente, se produce una gradual salinización del suelo como resultado de la evaporación.

### Laboreo en pendientes

Cuba es un país con un alto porcentaje de terrenos en zonas montañosas o de relieve ondulado. En estas condiciones se deben utilizar tecnologías de laboreo y medidas antierosivas que conserven la capa fértil superficial. En esas áreas son preferibles los cultivos permanentes como el café, el cacao y especies forestales, pues no requieren remover la tierra para su sostenimiento. Pero en los casos en que se siembran otros cultivos de ciclo corto, el laboreo debe hacerse si

es posible con implementos de corte horizontal o con arados convencionales, siempre roturando siguiendo curvas de nivel. En zonas de pendiente es muy importante evitar el excesivo laboreo. Si se emplean implementos de vertedera, la capa de suelo se debe invertir hacia arriba de la pendiente, nunca en sentido contrario. La mecanización con implementos sencillos puede ser muy útil en la creación de tranques de agua, zanjas de desvío del drenaje y otras medidas.

### Conservación del enraizamiento

En este sentido son muy útiles las tecnologías de corte horizontal, que conservan en gran parte el enraizamiento de las hierbas y otras plantas a la vez que hacen que éstas perezcan. Con ello se mantiene una determinada cohesión de esta capa evitando la erosión.

### La actividad forestal y la erosión

En primer lugar, el desmonte contribuye a dejar el suelo descubierto facilitando la erosión. Pero además debe considerarse que la actividad de acopio forestal contribuye a formar senderos y caminos descubiertos en los que el arrastre de los maderos produce también una cierta remoción superficial que es rápidamente atacada por el agua de escurrimiento, efecto que es muy dañino en zonas montañosas y de pendiente elevada.

### Reducción de la salinización

Este tipo de afectación puede producirse debido a: utilización de agua de riego con niveles altos de sales; salinización de zonas aguas abajo por riego sobre terrenos que poseen rocas salinas; elevación del nivel freático (debido a un exceso de riego) y posteriores procesos de evapotranspiración. La mejor acción para evitar la salinidad es un uso racional del agua de riego, evitando la sobreexplotación de las cuencas acuíferas subterráneas y de otros recursos hidráulicos. Entre las acciones mecanizadas para evitar o combatir la salinización se encuentran: confección de zanjas de drenaje para mejorar el lavado del terreno; confección de barreras para evitar la penetración de aguas procedentes del mar o de zonas limítrofes ya salinizadas, entre otras.

### Reducción de la compactación del suelo

La presión sobre el suelo se debe fundamentalmente al peso de los equipos agrícolas (tractores, combinadas, implementos, carretas, animales, etc.), que pasan sobre el mismo. El efecto se manifiesta en la compactación de las capas superficiales, lo cual hace que se reduzca la infiltración del agua y se entorpezca la penetración de las raíces (Folger, 2022). Las acciones para evitar o reducir la compactación pueden ser las siguientes:

### Uso de medios de mecanización más ligeros

La tendencia mundial en los últimos decenios ha sido la introducción masiva de equipos agrícolas que son cada vez más potentes y pesados, con máquinas, remolques y otros agregados de gran capacidad que representan una alta productividad en las labores. Mientras que un tractor de 40-50 cv tiene una masa de unas 3 t, los de 300 cv pueden alcanzar las 12 t y aún más. En muchos países se usan tractores aún más pesados. A ello habría que sumar el peso de las máquinas o implementos que se le acoplan. Los tractores más potentes y pesados son convenientes para grandes extensiones; sin embargo, la enorme mayoría de nuestras explotaciones agrícolas están formadas por fincas y otras unidades productivas pequeñas, por lo que resultan más económicos los tractores de baja y media potencia, cuyo menor peso reduce la compactación, así como de la tracción animal en los casos que resulta económico y posible.

### Uso de neumáticos más anchos

Los neumáticos estrechos producen una mayor presión específica sobre el suelo que los llamados neumáticos de balón, que tienen una amplia superficie de apoyo. En un tractor de clase traccional 1,4 t, el empleo de neumáticos 9-42, propios para cultivos en marcos estrechos, produce una presión específica sobre el suelo de 1,06 kg/cm<sup>2</sup>. Si se emplean neumáticos más anchos, como los 15-30, la presión específica sería de 0,73 kg/cm<sup>2</sup>. Un tractor moderno de 22 toneladas dotado de neumáticos anchos sólo ejerce una presión de 0,6 kg/cm<sup>2</sup> sobre el suelo, mientras que un tractor de 3 toneladas y 75 CV construido en la década de 1970 aplica una presión mucho mayor, de 1,5 kg/cm<sup>2</sup> ([Newsletters, 2021](#)).

### Uso de neumáticos dobles o esteras

Otra vía para reducir la presión específica sobre el suelo es el uso de neumáticos en pares, tanto en las ruedas traseras como en las delanteras. Con ellos también se incrementa la fuerza de agarre, aprovechando más racionalmente la potencia del tractor. El uso de neumáticos dobles reduce la presión específica a la mitad, alcanzando valores menores de 0,5 kg/cm<sup>2</sup>, similares a los de los tractores sobre esteras. Los tractores con rodaje de esteras ejercen una menor presión sobre el suelo. Por ejemplo, el nuevo John Deere de cuatro bandas de esteras 8RX tiene una enorme huella de 4,6 m<sup>2</sup>, por lo que la presión de la superficie de contacto es muy baja con sólo 0,4 kg/cm<sup>2</sup> ([John Deere, 2021](#)).

### Reducción del patinaje

Cuando los neumáticos están desgastados se incrementa el patinaje, que es también una causa importante de compactación del suelo. Los neumáticos

grandes y las esteras tienen una mayor huella (mayor superficie de apoyo) por lo que, además de reducir la compactación en las capas más profundas del suelo, tienen menor resistencia al rodamiento, lo que significa un menor consumo de combustible y, por tanto, menos emisiones de CO<sub>2</sub>. Las pruebas han demostrado que el consumo de combustible puede reducirse de este modo en un 10 %; por lo que este innovador concepto de conducción puede contribuir activamente a la protección del medio ambiente ([John Deere, 2021](#); [Newsletters, 2021](#)).

### Reducción de la cantidad de labores

En muchas tecnologías productivas en uso se manifiesta la tendencia a realizar una cantidad excesiva de labores que representan pases sucesivos sobre el mismo terreno. Por ejemplo, la preparación tradicional de suelos a veces comprende la roturación, uno o dos cruces, varios pases de grada, tiller y otras labores de acondicionamiento. Lo mismo ocurre con el cultivo, la aplicación de fertilizantes, de productos químicos, de cosecha, de traslado de productos. Es evidente que a menor número de labores, menores son los daños. Hay varios métodos para lograrlo. En primer lugar, mediante el uso de implementos adecuados que permitan la roturación y mullición en un mínimo de pases.

### Uso de implementos combinados

También debe generalizarse el empleo de máquinas o implementos combinados que en uno o dos pases dejan listos el terreno, pues simultanean varias labores como roturación, destrucción de los terrones, mullición y alisamiento, o también la mullición y acondicionamiento final combinados con el surcado y la siembra.

### Labranza mínima

Se entiende por labranza mínima o mínimo laboreo la realización del laboreo con una cantidad muy reducida de labores, esencialmente una o dos. Esto puede lograrse especialmente en cultivos que se plantan inmediatamente después de la cosecha de papas y otros tubérculos o raíces, cuando el suelo queda con un grado de mullición adecuado. La agricultura de conservación se basa en reducir o eliminar la labranza del suelo, para lo cual se requieren de máquinas que permitan plantar semillas y aplicar el fertilizante a través de la capa de residuos vegetales que se mantiene de forma permanente ([FAO, 2022](#)).

### Laboreo localizado

A veces no es necesaria la preparación de toda la superficie del suelo. Basta con hacerlo en la franja que realmente se va a sembrar o la que requiere de



acciones de cultivo. Esto es normal en la plantación de frutales, pero también puede lograrse en otros cultivos.

### **Efectos negativos del laboreo con inversión del suelo**

La acción más característica en el laboreo es el fraccionamiento de la capa de suelo para producir un lecho adecuado para el desarrollo de las plantas: buena aireación, facilidad de infiltración del agua y poca resistencia a la penetración de las raíces. Esto puede realizarse con o sin mezcla de las capas del suelo. El laboreo (aradura o cultivo) con arados de discos o de vertedera produce el corte de una capa (o prisma) de suelo que inmediatamente se invierte, por lo que la capa superficial, la más fértil, pasa hacia abajo. Esto es completamente negativo por múltiples factores, especialmente porque la descomposición de la materia orgánica no debe producirse por enterramiento, pues con ello pierde una parte sustancial de sus nutrientes. Además, se entierran las semillas depositadas en la superficie, contribuyendo a la propagación de las malas hierbas (Milanés, 2009).

### **Laboreo con corte horizontal**

Esta es la tecnología más conveniente, pues no se mezclan las capas del suelo ni se entierran las semillas, favoreciendo la descomposición de la materia orgánica y reduciendo el enyerbamiento. El implemento más representativo que funciona bajo este principio es el multirado, que es un nuevo equipo de labranza conservacionista, de patente cubana, con saetas que roturan el suelo en sentido horizontal y que tienen un ángulo de incidencia que contribuye a la fracturación de la capa roturada. Una ventaja adicional de este tipo de implementos es que reduce casi en la mitad el consumo de fuerza de tracción para anchos de trabajo semejantes, comparado con los arados de vertedera o de discos tradicionales.

### **Reducción del plazo entre la cosecha y la siembra**

Si se permite que un suelo quede mucho tiempo sin sembrarse después de la cosecha de un producto, se produce enyerbamiento y es necesario contrarrestarlo con labores adicionales de aradura o aplicación de productos herbicidas.

### **Incremento del uso de la tracción animal**

La tracción animal y las labores manuales son las tecnologías menos agresivas para el suelo. Pero por desgracia la escasa productividad y el alto consumo de fuerza de trabajo de estos sistemas mecanizados o escasamente mecanizados han traído como consecuencia un elevado grado de tractorización, incluso en amplias zonas de los países menos industrializados.

En Cuba más del 30 % de las labores agrícolas mecanizadas se hacen actualmente con tracción animal, de ahí su importancia. Con el empleo de animales de trabajo se ahorra combustible, maquinaria cara y compleja y sus componentes y recursos para mantenimiento y reparación.

Este es un aspecto muy importante en el aspecto ecológico, pero también lo es el hecho de que, como hemos analizado anteriormente, el tractor y la demás maquinaria afectan sensiblemente las características físicas y mecánicas del suelo, contribuyendo a su degradación. Los animales de trabajo y sus medios de mecanización para el laboreo (roturación, mullido, cultivo, transporte, etc.) no producen compactación. Sus efectos son mínimos si se les compara con el tractor, los remolques, el camión y otros equipos pesados de arrastre o autopropulsados (Ríos, 2004).

### **Evitar afectaciones a la flora y la fauna**

Durante el proceso de implantación de un sistema mecanizado (de un cultivo, de un sistema de riego, de una explotación ganadera, etc.) la fauna y la flora pueden verse afectadas por la eliminación de la vegetación natural, de las barreras arbóreas y de otros enclaves de vegetación. Igualmente, la realización de zanjas y movimientos de tierra tiene un efecto directo provocando mortandad de la fauna, eliminación de nichos de reproducción y pérdidas de vías de paso. Las áreas bajo riego sufren una modificación en su microclima, con la consecuente selección de las especies mejor adaptadas a las nuevas condiciones. Como consecuencia de ello se produce también la disminución y cambio en la distribución de las poblaciones, desaparición de unas especies e introducción de otras (Zamora y Chaterlán, 2003; Arana et al., 1999).

### **Reducción de la contaminación por residuales**

Los talleres de reparaciones, de mantenimiento, las herrerías y otras instalaciones similares son una parte sustancial de la mecanización agropecuaria. Parecería que su efecto es mínimo sobre el entorno, pero no es así. En los talleres, especialmente los de servicio y mantenimiento, se producen varios tipos de residuales. Los más importantes son los vinculados a hidrocarburos: grasas, aceites y combustibles. El agua procedente del lavado de los tractores, máquinas e implementos es generalmente el vehículo que porta estos residuales y que, si no hay medidas especiales, va a parar al manto freático o a vías fluviales o de drenaje. En estas condiciones es necesaria la colocación de trampas de grasa, barreras de contención y otras medidas. Se deben tener especiales medidas de protección y cuidado con los productos químicos residuales del lavado de máquinas asperjadoras, fertilizadoras y otras. También pueden producirse escapes accidentales de materias

contaminantes como son los combustibles, los ácidos de baterías, etc.

### Contaminación por desechos ferrosos o no ferrosos

Todos los talleres producen desechos. Entre estos tenemos: piezas y partes de rechazo, maquinaria y piezas inservibles, virutas procedentes del maquinado de metales, etc. Todo esto se conoce generalmente con el nombre genérico de chatarra. Cuan do ésta se vierte indiscriminadamente en las zonas aledañas a los talleres producimos varios tipos de daños al entorno. En primer lugar, se desaprovechan materiales reciclables y de alto valor. En segundo lugar, los terrenos contaminados con hierros y otros materiales similares están afectados para la mecanización. En tercer lugar, algunos materiales son muy nocivos, como el plomo procedente de las baterías desechadas.

### Otros contaminantes

En los talleres se producen también otras acciones contaminantes del entorno: entre ellas tenemos el ruido, el polvo, los gases de escape de motores, los arcos eléctricos de soldadura, los ácidos de baterías, etc. Actualmente, el mercado ya cuenta con tractores y otras máquinas que permiten la reducción del consumo de combustible, disminuyendo costos y emisiones ([Infoagro, 2023](#)). Un avance que ya se está experimentando es el uso de tractores accionados por baterías eléctricas.

### Otras acciones mecanizadas para mejorar la calidad del suelo

El aumento de la velocidad de mineralización de la materia orgánica, junto con la disminución del aporte vegetal da lugar a suelos pobres en elementos orgánicos. Es importante la incorporación de diversos tipos de materia orgánica. En las áreas agrícolas la materia orgánica fundamental procede de los restos vegetales producto de la cosecha, de abono verde producido antes de la roturación o de aportes externos (estiércol o humus de lombriz). Generalmente el producto se distribuye por esparcimiento superficial y se incorpora durante la roturación o con pases de grada. Los abonos verdes constituyen una alter nativa de gran interés y perspectivas en nuestro país como abono verde. Las leguminosas fijan el nitrógeno al suelo y pueden aportar más del 60 % de los requerimientos de nitrógeno del suelo, en el rango de 80 kg de nitrógeno por hectárea ([Ríos, 2021](#)).

### Uso racional del combustible

El uso racional de los tractores y sus agregados en los procesos agrícolas constituye el mayor potencial de ahorro de combustible y de disminución de la contaminación ([Herrera et al., 2011](#)). Entre las fuentes energéticas convencionales más utilizadas en

los procesos mecanizados de la agricultura tenemos los combustibles líquidos (gasolina, diesel y otros derivados del petróleo), gaseosos (gas metano) y sólidos (carbón mineral, carbón de leña, madera), así como la electricidad. Todas estas fuentes de energía proceden de la combustión de sustancias orgánicas o minerales y producen gases que contaminan la atmósfera, produciendo acciones muy indeseables como el llamado efecto invernadero y el daño a la capa de ozono, entre otras.

En la mecanización agropecuaria la reducción del consumo de combustible lograrse por diferentes vías: el uso de motores más eficientes, el empleo de tecnologías de laboreo mínimo, una correcta correspondencia entre las fuentes energéticas y las máquinas o implementos que se le agregan, la utilización de la tracción animal en las labores que resulte posible desde el punto de vista técnico y económico, la electrificación, etc.

Toda disminución en el consumo de combustible equivale a una acción favorable desde el punto de vista medioambiental. En Cuba más del 60 % de los tractores tienen más de 20 años de explotación. El uso de esa técnica con desgastes provoca índices de consumo de combustible de hasta 1,5 L/h mayor en las mismas condiciones de trabajo utilizando tractores modernos. La renovación del parque de tractores puede disminuir el consumo de combustible hasta un 20 % manteniendo el mismo nivel de actividad. Un estudio realizado en la Universidad Agraria de La Habana [Herrera et al. \(2011\)](#), permitió determinar que la reducción 3 500 L en el año en el consumo de combustible diesel, por concepto de un uso racional de la maquinaria agrícola evitaría emisiones de contaminantes de 28 kg de Nox que provocan lluvias acidas; de 2,1 kg de CO<sub>2</sub> dañinos a la atmósfera; de 10 451 kg de CO que aumentan el efecto invernadero; y de 0,42 kg de hidrocarburos y 1,39 kg de SO<sub>2</sub>, que provocan las lluvias acidas.

### Ahorro de energía eléctrica

A pesar de que una gran parte de los equipos motorizados agrícolas (tractores, combinadas, máquinas de riego, etc.) se mueven accionadas por motores de combustión interna, el empleo de la energía eléctrica es imprescindible en labores industriales y de servicio como es el caso de los talleres de reparación y de mantenimiento, almacenes, etc. A nivel mundial el ahorro de energía eléctrica es una de las mayores contribuciones que se puede hacer a la protección del medio, pues las plantas generadoras son por lo regular altamente contaminantes. Es por ello que también deben potenciarse las acciones para la utilización de fuentes no convencionales de energía. También los ahorros de electricidad pueden ser por medio de los acomodos de carga, el empleo de luminarias de poco gasto, la ampliación de la iluminación natural en naves y talleres por el uso de

tejas translúcidas, etc. También tenerse en cuenta que la electrificación resulta conveniente en los casos que se sustituyen motores diesel o de gasolina altamente gastadores por motores eléctricos, como es el caso de los equipos de riego (Ríos, 2021).

### Uso de energías renovables

La producción de biogás para su empleo doméstico o en instalaciones de procesamiento o beneficio de productos agrícolas contribuye al ahorro de otros combustibles. Esta tecnología tiene un efecto beneficioso también por el hecho de que se evita que los residuales orgánicos, fundamentalmente excretas de las vaquerías, pasen al manto freático o a las fuentes fluviales, a la vez que se produce un fertilizante de alto valor para la producción agrícola. También evita la propagación de organismos patógenos presentes en las excretas.

En los trabajos relacionados con la mecanización agropecuaria, el correcto aprovechamiento de la energía solar tiene un notable impacto ecológico y ambiental pues es un recurso renovable, no contaminante y económico. La utilidad de la energía solar hay que verla desde tres aspectos: su empleo para generación de energía electro voltaica, como fuente de iluminación y como fuente de calor. El uso de paneles de celdas fotoeléctricas para generar corriente directa es una opción para la alimentación de cercas eléctricas en explotaciones ganaderas y para otros diversos usos domésticos y productivos en la agricultura.

También resulta importante el aprovechamiento de la energía calorífica del sol en el secado de productos agrícolas, el calentamiento de agua y otros usos. En los talleres de maquinaria agrícola, almacenes y otras naves e instalaciones agropecuarias se puede ahorrar una parte sustancial de la energía empleada en la iluminación mediante el empleo de tejas translúcidas y otras medidas de desbloqueo de la luz solar.

Aunque nuestro país no se caracteriza por la predominancia de vientos fuertes sostenidos, la energía eólica es ampliamente utilizada para mover los molinos de viento para extracción de agua en zonas apartadas, método que cobra mayor importancia aún con la tendencia climática actual hacia períodos de sequía cada vez más prolongada. También puede utilizarse este tipo de molinos en la producción de electricidad.

La energía hidráulica representa también una fuente energética no contaminante y muy económica. Como ejemplos de su utilización en la mecanización de la agricultura tenemos la generación de electricidad (minihidroeléctricas), los tranques de corrientes fluviales o de las lluvias para el riego superficial y otros usos, los arietes hidráulicos para elevar agua, etc. El agua es uno de nuestros principales recursos naturales, con la desventaja de que a diferencia del

suelo y del aire, su disponibilidad es cíclica y casi siempre deficitaria. Su uso en las labores agrícolas en el campo o para necesidades industriales debe limitarse a lo imprescindible (Minag-Cuba, 2002).

### CONCLUSIONES

En el estudio se determinaron los factores que inciden sobre el medio ambiente en la esfera de la mecanización agropecuaria, y las medidas a tomar para minimizar sus efectos negativos como contribución a la protección de los recursos y del medio ambiente.

Los factores negativos que se han analizado sirven como base para la elaboración de los proyectos de investigación relacionados con la mecanización agropecuaria para que los daños que se producen sean los mínimos usando tecnologías adecuadas, conservacionistas, regeneradoras y mejoradoras de la calidad del suelo, del aire, del agua.

### RECOMENDACIONES

Incrementar la educación ambiental en el ámbito de la mecanización agropecuaria, con acciones dirigidas a la adquisición y generación de conocimientos, al desarrollo de hábitos, habilidades, cambios de comportamientos y formación de valores hacia nuevas formas de relación de los seres humanos con la naturaleza.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁGUILA, A.E.: *Contribución al desarrollo de una metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental en proyectos agropecuarios*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, La Habana, Cuba, 139 p., 2000.
- ARANA ERCILLA, M.; VALDÉS ESPINOSA, R.; COLECTIVO DE AUTORES GEST: "Tecnología apropiada: concepción para una cultura", *Grupo de Estudios Sociales de la Tecnología. Tecnología y sociedad. La Habana: Félix Varela, : 79-92, 1999.*
- BASAL: . *Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local / Enviromental Bases for the local food sustainability*, Inst. United Nations Development Program (UNDP). Available in: <http://undp.org.es/cuba/publications/>. Up-to-date, 2023, La Habana, Cuba, 2023.
- CABALLERO, J.R.: *Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local / The technical scientific development and the interrelation society-nature*, Ed. Félix Varela, Collective of Authors, Tecnología y Sociedad. ed., La Habana, Cuba, 414 p., 1999, ISBN: 959-258-075-8.
- CARBALLO, N.; PÉREZ, J.N.: *Metodología para evaluar el impacto de las máquinas agrícolas sobre el recurso natural suelo utilizando el método de*

- análisis del ciclo de vida / Methodology to evaluate the impact of the agricultural machines on the resource natural soil using the method of analysis of the cycle of life*, Inst. Universidad de Holguín, Cuba, Holguín, Cuba, 8 p., 2011.
- DÍAZ, R.N.; GUERRERO, J.N.: “Metodología para evaluar el impacto de la maquinaria agrícola sobre los recursos naturales del medio ambiente”, *Ciencias Holguín*, 13(2): 1-12, 2007, ISSN: 1027-2127.
- DOMINGO, J.M.; ALFARO, A.; LÓPEZ, P.; SÁNCHEZ, O.I.: *Los problemas ambientales y la evaluación de impacto ambiental. Materiales para la docencia / The environmental problems and the evaluation of environmental impact*, Ed. Apuntes de Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de Huelva, Colección “Materiales para la docencia”, México, 190 p., 2003.
- ENRÍQUEZ, L.J.: *The question of food security in Cuban socialism*, Ed. Exploratory essays (USA), Universidad of California, at Berkeley, USA, 1994.
- FAO: *La maquinaria agrícola debe evolucionar junto a la agricultura sostenible / The agricultural machinery should evolve next to the sustainable agriculture*, Inst. FAO, Rome, Italy, Available in: <http://fao.org/news/story>, Rome, Italy, 2022.
- FOLGER, T.: *maquinaria agrícola, cada vez más pesada, está aplastando los suelos agrícolas / The agricultural machinery, more and more heavy, is squashing the agricultural soils*, Inst. National Geographic Society. USA, USA, 5 p., 2022.
- GACETA OFICIAL: *Decreto-Ley 2/2019. De la mecanización, el riego, el drenaje agrícola y el abasto de agua a los animales / On the mechanization, the irrigation, the agricultural drainage and the supply of water to the animals. (GOC-2020-762-O83)*, Inst. Consejo de Estado de la República de Cuba, La Habana, Cuba, 2020a.
- GACETA OFICIAL: *Decreto-Ley 2/2019. De la mecanización, el riego, el drenaje agrícola y el abasto de agua a los animales / On the mechanization, the irrigation, the agricultural drainage and the supply of water to the animals. (GOC-2020-762-O83)*, Inst. Consejo de Estado de la República de Cuba, La Habana, Cuba, 2020b.
- HERRERA, P.M.I.; TOLEDO, A.; GARCÍA, F.M.P.: “Elementos de gestión en el uso del parque de tractores”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 20-24, 2011, ISSN: 2071-0054.
- INFOAGRO: *La relación de la maquinaria con el medio ambiente / The relationship of the machinery with the environment. Agri-nova Science*, Inst. Infoagro Systems, S.L. Spain, Spain, 4 p., 2023.
- JOHN DEERE: *Maquinaria agrícola más segura, eficiente y respetuosa con el medio ambiente / Agricultural machinery more sure, efficient and respectful with the environment*, [en línea], Inst. John Deere Company, USA, 2021, Disponible en: [www.Interempresas.net/Agricola/Articulos/352599](http://www.Interempresas.net/Agricola/Articulos/352599).
- MILANÉS, Y.: “Influencia de la mecanización agrícola en la contaminación ambiental”, *Universidad de Granma, Bayamo, Cuba* [en], 2009.
- MINAG-CUBA: *Estrategia del desarrollo de la mecanización agropecuaria / Strategy for the development of the agricultural mechanization*, Inst. Ministerio de la Agricultura, IIMA, La Habana, Cuba, La Habana, Cuba, 50 p., 2002.
- NEWSLETTERS: *La contribución de la maquinaria agrícola al equilibrio entre economía y ecología / The contribution of the agricultural machinery to the balance between economy and ecology*, Inst. Newsletter Agrícola. Redacción Interempresas, USA, USA, 2021.
- RÍOS, A.: *Aspectos que inciden sobre el medio ambiente en la mecanización agropecuaria / Aspects that impact on the environment in the agricultural mechanization*, Ed. Infoiima. In digital format. Havana, Cuba, second ed., La Habana, Cuba, 2021.
- RÍOS, H.R.: *Mecanización con tracción animal / Mechanization with animal traction*, Ed. ACTAF, Filial Habana, La Habana, Cuba, 2004, ISBN: 959-246-129-5.
- SUÁREZ, L.J.; RÍOS, H.A.: “Políticas para el desarrollo de la mecanización agropecuaria en Cuba.”, *Ingeniería Agrícola*, 8(1), 2018, ISSN: 2306-1545.
- ZAMORA, H.E.; CHATERLÁN, D.Y.: “Estrategia ambiental de riego y drenaje para la seguridad alimentaria en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias (Cuba)*, 12(3), 2003, ISSN: 1010-2760.

Arcadio Ríos-Hernández, Doctor in Technical Sciences. Senior Researcher. Agricultural Engineering Research Institute / Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Carretera Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba.