

# Impacto ambiental de tratamientos herbicidas preemergentes para el control de malezas en caña de azúcar



## Environmental Impact of the Pre-Emergent Herbicide Treatments for the Weeds Control in Sugarcane

<https://cu-id.com/2284/v14n4e05>

Dailin Rodríguez-Tassé\*, René Nivardo Barbosa-García, Yaquelin Puchades-Izaguirre

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN:** En Cuba, la presencia de malezas en las plantaciones comerciales de caña de azúcar es la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas, y el uso continuo e indiscriminado de productos herbicidas puede constituir un riesgo ambiental. El objetivo de este trabajo fue determinar el impacto ambiental de 12 tratamientos herbicidas preemergentes para el control de malezas utilizados en áreas de producción comercial de la Unidad Básica de Producción Cañera “Romana VII” perteneciente a la Empresas Agroindustrial Azucarera “América Libre” de la provincia Santiago de Cuba. Para evaluar los niveles de riesgo ambiental de los herbicidas preemergentes, primero se calculó la distribución del ingrediente activo en el suelo y luego se determinó el coeficiente de impacto ambiental de los productos y de campo. Los resultados mostraron que el 61,5% de los tratamientos evaluados presentaron un nivel de riesgo ambiental Bajo, el 30,8% Muy Bajo y el 7,7% Medio, lo que permitió una mejor selección de los herbicidas preemergentes a aplicar y contrarrestar los posibles efectos sobre el medio ambiente.

**Palabras clave:** coeficiente, control químico, producto, rendimiento agrícola.

**ABSTRACT:** In Cuba, weeds presence in sugarcane commercial plantations is the second cause of low agricultural yields and the continuous and indiscriminate use of herbicide products can constitute an environmental risk. The objective of this work was to determine the environmental impact of 12 pre-emergent herbicide treatments for weeds control used in commercial production areas of the Basic Sugar Cane Production Unit “Romana VII” belonging to the Sugar Agroindustrial Companies “América Libre” of the province Santiago de Cuba. To assess the environmental risk levels of the pre-emergent herbicides, the distribution of the active ingredient in the soil was first calculated and then the product and field environmental impact coefficient were determined. The results showed that 61.5% of the evaluated treatments present a Low environmental risk level, 30.8% Very Low and 7.7% Medium, which allowed a better selection of pre-emergent herbicides to be applied and counteract the possible effects on the environment.

**Keywords:** Coefficient, Chemical Control, Product, Agricultural Yield.

### INTRODUCCIÓN

El control de arvenses en caña de azúcar debe iniciar inmediatamente después de la plantación o la cosecha, para evitar la reducción de los rendimientos agrícolas (Arboleda, 2019). Con el paso del tiempo ha evolucionado desde la eliminación manual y el uso de implementos rústicos, hasta el empleo de máquinas y herbicidas. Aunque existen varios métodos, el control químico constituye una práctica indispensable, dado por las extensas áreas de cultivo, la insuficiente mano de obra y el elevado costo de las labores manuales (Naranjo et al., 2020).

La aplicación de herbicidas en preemergencia resulta una acción sabia, eficiente y económica, pero el uso continuo e indiscriminado de estos puede producir daños al medio ambiente. Estimar los impactos ambientales, es tener la oportunidad de identificar, evitar y minimizar efectos indeseables producto de cualquier actividad humana, que luego será costoso modificarlos. En este contexto, una de las posibilidades es el uso de índices de evaluación de impacto ambiental que permiten evaluar el riesgo de las prácticas abordadas (Polanco et al., 2019).

\*Autora para correspondencia: Dailin Rodríguez-Tassé, e-mail: [dailin.rodriguez@inicas.azcuba.cu](mailto:dailin.rodriguez@inicas.azcuba.cu)

Recibido: 12/12/2023

Aceptado: 10/09/2024

Los herbicidas a aplicar generalmente se seleccionan en función de su eficacia o costo, casi nunca se tiene en cuenta su impacto al ambiental. Es por eso que, con el fin de aumentar la sostenibilidad de las estrategias de manejo de malezas y tratamientos herbicidas, el proceso de toma de decisiones debe considerar el posible impacto ambiental que conllevan las diferentes alternativas tecnológicas usadas a tal fin. Se logra así, comparar los diferentes programas de manejo y seleccionar los productos más ambientalmente racionales (Jáquez et al., 2022).

Para comparar diferentes herbicidas o programas de manejo de las malezas se puede utilizar el coeficiente de impacto ambiental (EIQ), que considera algunas propiedades físicas y químicas de los plaguicidas y también aspectos relacionados con la ecotoxicología y efectos sobre la salud humana. Es un modelo desarrollado por el Programa de manejo integrado de plagas de la Universidad de Cornell, a través de un valor numérico y dimensional (Eshenaur et al., 2020).

Además de la eficacia de control frente a determinada especie de maleza y del costo de cada herbicida, la elección del producto debe considerar el posible riesgo ambiental que conlleva cada tratamiento. El objetivo del trabajo fue clasificar los niveles de riesgo ambiental de los herbicidas preemergentes según su coeficiente de impacto ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se estableció un experimento en áreas de producción comercial de la Unidad Básica de Producción Cañera “Romana VII” perteneciente a la Empresas Agroindustrial Azucarera “América Libre” de la provincia Santiago de Cuba. Para determinar el impacto ambiental se seleccionaron 12 tratamientos herbicidas preemergentes recomendados por el servicio de control integral de malezas para el control de malezas.

La [Tabla 1](#) muestra los tratamientos seleccionados, se consideró un testigo absoluto (sin aplicación de herbicidas) y un testigo estándar (tradicional) Merlín GD 75.

Para la clasificación de los niveles de riesgo ambiental de los herbicidas preemergentes según su coeficiente de impacto ambiental primero se determinó la distribución del ingrediente activo en el suelo, a través del calculó la cantidad de sustancia de acción efectiva en el control de arvenses que llega al suelo, a partir de: (i) el porcentaje del ingrediente activo de cada herbicida evaluado y (ii) la dosis que debe ser aplicada, [Taylor \(2020\)](#), con la fórmula:

$$CIA = \text{porcentaje de ingrediente Activo} \cdot \text{dosis de aplicación}$$

Para el cálculo del coeficiente de impacto ambiental, se determinó el EIQ correspondiente a los productos y EIQ de campo y se utilizó la metodología descrita por [Kovach et al. \(1992\)](#).

La fórmula para determinar el valor del EIQ para cada plaguicida es el promedio de tres componentes: el riesgo para el trabajador agrícola, para el consumidor y ecológico. Los factores que forman parte de cada tipo de riesgos se obtuvieron de la ficha técnica de cada producto evaluado.

$$\frac{EIQ}{\text{producto}} = \frac{(EIQ \text{ trabajador} + EIQ \text{ consumidor} + EIQ \text{ ecológico})}{3}$$

donde:

$$EIQ \text{ trabajador} = C \cdot [(DT \cdot 5) + (DT \cdot P)]$$

$$EIQ \text{ consumidor} = \left[ \left( C \cdot \frac{(S + P)}{2} \cdot SY \right) + (L) \right]$$

**TABLA 1.** Tratamientos evaluados

| No. | Tratamiento                     | Ingrediente activo                  | Dosis (kg ó L ha <sup>-1</sup> ) |
|-----|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1   | Testigo absoluto                | ----                                | -                                |
| 2   | Merlín GD 75 (testigo estándar) | Isoxafluotole                       | 0,200                            |
| 3   | Unipix GD 70                    | Imazapic                            | 0,200                            |
| 4   | Hexazinona LS 25                | Hexazinona                          | 3,0                              |
| 5   | Hexazinona LS 25                | Hexazinona                          | 3,5                              |
| 6   | Hexazinona LS 25                | Hexazinona                          | 4,0                              |
| 7   | Merlín Total SC 60              | Isoxafluotole + Indaziflan          | 0,250                            |
| 8   | Merlín GD 75 + Hexazinona LS 25 | Isoxafluotole + Hexazinona          | 0,120 + 2,0                      |
| 9   | Mayoral LS 35                   | Imazapic + Imazapyr                 | 0,5                              |
| 10  | Palmero GD 75                   | Isoxafluotole                       | 0,230                            |
| 11  | Palmero GD 75 + Mayoral LS 35   | Isoxafluotole + Imazapic + Imazapyr | 0,115 + 0,25                     |
| 12  | Merlín GD 75 + Mayoral LS 35    | Isoxafluotole + Imazapic + Imazapyr | 0,115 + 0,25                     |

$$EIQ_{ecológico} = (F \cdot R) + \left( D \cdot \frac{(S + P)}{2} \cdot 3 \right) + (Z \cdot P \cdot 3) + (B \cdot P \cdot 5)$$

siendo:

DT = toxicidad dérmica, C = toxicidad crónica, SY = sistemicidad, F = toxicidad para los peces, L = potencial de lixiviación, R = potencial de pérdida superficial (escorrentía), D = toxicidad para aves, S = suelo vida media, Z = toxicidad para abejas, B = toxicidad para los artrópodos benéficos, P = vida media en la superficie de la planta.

El cálculo del EIQ de campo se obtuvo de la información del porcentaje de ingrediente activo del producto o concentración (que puede variar según la presentación comercial) y la dosis aplicada en el lote según la fórmula:

$$\frac{EIQ_{campo}}{EIQ_{productor}} = \frac{EIQ}{productor} \cdot (\text{porcentaje de ingrediente Activo (i.a) dosis de aplicación})$$

Dónde: % de Ingrediente Activo (i.a) \* dosis de aplicación = CIA

En el caso de tratamientos compuestos por mezclas de dos o más activos se sumaron los EIQ de campo de cada uno.

La comparación del impacto ambiental se realizó con el valor del coeficiente de impacto ambiental de campo de cada herbicida. Según [Kovach et al. \(1992\)](#) recomiendan no comparar los valores base de EIQ, ya

que el impacto depende de la dosis y el porcentaje de ingrediente activo (i.a).

La clasificación de los niveles de riesgo ambiental se realizó según lo propuesto por [Stewart et al. \(2011\)](#), donde a mayores valores numéricos del índice, mayor es el impacto ambiental, [Tabla 2](#).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Clasificación de los niveles de riesgo ambiental de los herbicidas preemergentes según su coeficiente de impacto ambiental

#### Distribución del ingrediente activo (i.a) en el suelo

La cantidad de sustancia de acción efectiva en el control de arvenses que llega al suelo por hectárea es pequeña, en algunos casos por los bajos porcentajes de ingredientes activos y en otros por la baja dosis que se aplica ([Tabla 4](#)). Las menores cantidades la presentaron Unipix GD 70 seguido de Merlín GD 75, Merlín Total SC 60, Palmero GD 75, Mayoral LS 35 y la mezcla de estos dos últimos.

Las mayores cantidades de ingrediente activo que llegan al suelo se presentaron en los tratamientos de Hexazinona y sus diferentes dosis, seguidos de la mezcla de este producto con Merlín GD 75. El mayor valor obtenido (CIA=1,0) es el equivalente a 0,1 g del producto/m<sup>2</sup>, lo que ejemplifica la baja cantidad que llega al suelo. [Barrantes \(2022\)](#) explica que el ingrediente activo en un herbicida es el componente del producto con acción letal que causa la muerte de las malezas, en ocasiones constituyen la menor parte de todo el producto.

**TABLA 2.** Clasificación del riesgo ambiental

| Clasificación del riesgo ambiental | Valores EIQ campo |
|------------------------------------|-------------------|
| Muy bajo                           | < 5               |
| Bajo                               | <20               |
| Medio                              | <45               |
| Alto                               | >=45              |

**TABLA 4.** Cantidades de ingrediente activo (i.a) que llega al suelo

| No. | Tratamiento                     | % de i.a    | Dosis kg ó L ha <sup>-1</sup> | CIA  |
|-----|---------------------------------|-------------|-------------------------------|------|
| 1   | Testigo absoluto                | --          | --                            |      |
| 2   | Merlín GD 75                    | 0,75        | 0,2                           | 0,15 |
| 3   | Unipix GD 70                    | 0,7         | 0,2                           | 0,14 |
| 4   | Hexazinona LS 25                | 0,25        | 3                             | 0,75 |
| 5   | Hexazinona LS 25                | 0,25        | 3,5                           | 0,88 |
| 6   | Hexazinona LS 25                | 0,25        | 4                             | 1,00 |
| 7   | Merlín Total SC 60              | 0,6         | 0,25                          | 0,15 |
| 8   | Merlín GD 75 + Hexazinona LS 25 | 0,75 + 0,25 | 0,120 + 2,0                   | 0,59 |
| 9   | Mayoral LS 35                   | 0,35        | 0,5                           | 0,18 |
| 10  | Palmero GD 75                   | 0,75        | 0,23                          | 0,17 |
| 11  | Palmero GD 75 + Mayoral LS 35   | 0,75 + 0,35 | 0,115 + 0,25                  | 0,17 |
| 12  | Merlín GD 75 + Mayoral LS 35    | 0,75 + 0,35 | 0,115 + 0,25                  | 0,17 |

Rodríguez et al. (2020), al evaluar la distribución del producto herbicida Mayoral LS 35 en el suelo, evidenciaron que solo llega al suelo 0,140 a 0,175 L de ingrediente activo por hectárea. Al ser muy baja las cantidades de ingrediente activo depositado en el suelo por hectárea existe poco riesgo de que estos herbicidas lleguen a la cosecha y al producto final, el azúcar. El riesgo potencial de daño al ambiente de un herbicida depende de los factores de exposición o variables de uso en campo como es porcentaje de ingrediente activo, en la formulación, la dosis y el número de aplicaciones (Vargas et al., 2019).

Rodríguez et al. (2020), plantearon que el riesgo de la retención del Mayoral en las cosechas, suelos y su incorporación a la cadena de alimentos es mínima. Como no es posible medir correctamente y distribuir con uniformidad en el campo esas cantidades diminutas lo que se hace es acondicionar esos productos para su empleo en una formulación que pueda ser utilizada bien de forma directa o dispersa en el agua.

Campos (2018) planteó que para contrarrestar el impacto ambiental y de salud deben complementarse con una serie de acciones. Dentro de ellas se incluye el mejoramiento de los sistemas de prevención durante el control de malezas. Se debe reducir el uso de herbicidas mediante prácticas relacionadas a la agricultura orgánica y prohibición de productos con ingredientes activos altamente tóxicos, que representan un peligro para el ambiente y la salud.

### Coefficiente de impacto ambiental (EIQ) de cada herbicida y EIQ de campo

El coeficiente de impacto ambiental de los tratamientos de herbicidas aplicados y el valor de uso de campo mostró que 61,5% de los tratamientos evaluados están comprendidos en el nivel de riesgo Bajo, 30,8% riesgo Muy bajo y 7,7% riesgo Medio según Stewart et al. (2011), (Tabla 5). Es importante disponer de herramientas que permitan valorar los riesgos de la aplicación de los herbicidas, apoyándose en indicadores sencillos y así brindar información para minimizar el uso de estos productos (Montico et al., 2014).

Los productos Unipix GD 70, seguido de Merlín GD 75 y Palmero GD 75, muestran los niveles de riesgo ambiental (EIQ del producto) más bajo, todos en la categoría de Muy bajo. Los valores de clasificación de uso de campo del EIQ para Merlín GD 75 + Hexazinona LS 25 (24,8) fueron los más altos comparados con el resto de los herbicidas aplicados, y se clasifica dentro de la categoría de riesgo Medio por presentar valores menores de 45.

Con la determinación de EIQ se puede cuantificar el impacto ambiental del uso de los herbicidas aplicados en caña de azúcar. La utilización de esta herramienta permite evaluar el impacto ambiental de los tratamientos empleados en los agro ecosistemas (Carrizo et al., 2015). Además, permite cuantificar el impacto ambiental del uso de productos químicos, admite comparar el efecto de los plaguicidas utilizados en diferentes estrategias de manejo y define las de menor impacto (Mendoza et al., 2014).

Una vez determinado los indicadores de impacto ambiental se puede estimar el riesgo que los productos pueden ocasionar al medio ambiente. Al emplear este método los agricultores obtienen el resultado de combinar los efectos ambientales y la eficacia del producto. De esta manera, se facilita el proceso de toma de decisiones, se anticipan los impactos negativos o positivos de determinados sistemas de manejo y permite seleccionar las alternativas más amigables con el medio ambiente (Fernández, 2021).

En el caso de los tratamientos donde se aplicó la Hexazinona, en la medida que aumenta la dosis a aplicar, se incrementa el riesgo ambiental. Al ser el EIQ un cociente, en la medida que la dosis del producto aumente, su valor final también lo hará, es decir el efecto ambiental está influenciado por la dosis empleada y no por el producto, lo que se traduce en que un buen o mal manejo de malezas pueden generar mayores o menores efectos ambientales (Agboyi et al., 2015).

Al calcular el coeficiente del impacto ambiental se logró identificar los herbicidas que ejercen el mayor impacto ambiental negativo en los sitios en estudio. Araujo et al. (2020) plantearon que el EIQ permitió estimar, categorizar y evaluar el nivel de peligro y riesgo de uso en campo de los plaguicidas utilizados.

**TABLA 5.** Coeficiente de Impacto Ambiental y EIQ de campo de cada tratamiento herbicida aplicado

| No. | Tratamiento                     | EIQ   | CIA  | EIQ de campo | Nivel de riesgo |
|-----|---------------------------------|-------|------|--------------|-----------------|
| 1   | Testigo absoluto                | --    | --   | --           |                 |
| 2   | Merlín GD 75                    | 24    | 0,15 | 3,6          | Muy bajo        |
| 3   | Unipix GD 70                    | 21,2  | 0,14 | 3,0          | Muy bajo        |
| 4   | Hexazinona LS 25                | 18    | 0,75 | 13,5         | Bajo            |
| 5   | Hexazinona LS 25                | 18    | 0,88 | 15,8         | Bajo            |
| 6   | Hexazinona LS 25                | 18    | 1,00 | 18,0         | Bajo            |
| 7   | Merlín Total SC 60              | 39,5  | 0,15 | 5,9          | Bajo            |
| 8   | Merlín GD 75 + Hexazinona LS 25 | 42    | 0,59 | 24,8         | Medio           |
| 9   | Mayoral LS 35                   | 43,5  | 0,18 | 7,6          | Bajo            |
| 10  | Palmero GD 75                   | 24    | 0,17 | 4,1          | Muy bajo        |
| 11  | Palmero GD 75 + Mayoral LS 35   | 45,75 | 0,17 | 7,9          | Bajo            |
| 12  | Merlín GD 75 + Mayoral LS 35    | 45,75 | 0,17 | 7,9          | Bajo            |

Este valor puede servir como una línea base, para evaluar y comparar los logros de las estrategias propensas a reducir los riegos de los plaguicidas en la producción de diferentes cultivos.

En México, se cuantificó y comparó el impacto ambiental de los plaguicidas para mejorar las estrategias de control fitosanitario en el cultivo de chile. El impacto ambiental por plaguicidas, en la producción de frutales en Gran Bretaña, disminuyó un 21%, de 1991 a 2008, y concluyó que esta disminución se logró por la sustitución de sustancias tóxicas por productos más benignos (Cross, 2013).

La evaluación del riesgo ambiental de los tratamientos herbicidas preemergentes aplicados en la caña de azúcar en las diferentes localidades, permitió identificar los herbicidas con más bajo riesgo ambiental dentro de los que se encuentran Unipix GD 70, Merlín GD 75, Palmero GD 75, Mayoral LS 35, Merlín Total SC 60, hay que señalar que el Unipix GD 70 es el de menor riesgo ambiental, pero presentó síntomas fitotóxicos más marcados (clorosis), pero que no se traducen en reducción de rendimiento, en una de las localidades de estudio.

Los tratamientos de Merlín GD 75 + Hexazinona LS 25 fueron los de mayor riesgo ambiental con una categoría de riesgo medio. De esta forma se logró obtener más criterios para lograr una mejor selección de los herbicidas preemergentes a aplicar y contrarrestar los posibles efectos al ambiente. En México, Vargas et al. (2019), encontraron un manejo incorrecto de plaguicidas altamente peligrosos para la salud humana y el medio ambiente, destacaron la necesidad de fomentar la práctica de alternativas de control fitosanitario, que disminuyan el empleo de estos productos en Melón.

El resultado de este estudio permitió evaluar, comparar y clasificar los riesgos ambientales de los herbicidas preemergentes aplicados en caña de azúcar. Los indicadores utilizados permitieron seleccionar los tratamientos con mejor comportamiento ambiental y de esa forma, realizar una planificación más sustentable de las aplicaciones.

### CONCLUSIONES

- El 61,5% de los tratamientos evaluados presentan un nivel de riesgo ambiental Bajo, el 30,8% Muy Bajo y el 7,7% Medio.
- Los tratamientos Merlín GD 75 (0,200 kg/ha<sup>-1</sup>), Unipix GD 70 (0,200 kg/ha<sup>-1</sup>) y Palmero GD 75 (0,230 kg/ha<sup>-1</sup>) presentan niveles de riesgo ambiental muy bajo, mientras, la aplicación de Hexazinona LS 25 (4,0; 3,5 y 3,0 L/ha<sup>-1</sup>), Mayoral LS 25 (0,5 L/ha<sup>-1</sup>), Merlín Total SC 60 (0,25 kg/ha<sup>-1</sup>), Palmero GD 75 + Mayoral LS 25 (0,115 kg/ha<sup>-1</sup> + 0,25 L/ha<sup>-1</sup>) y Merlín GD 75 + Mayoral LS 25 (0,115 kg/ha<sup>-1</sup> + 0,25 L/ha<sup>-1</sup>) muestran niveles bajo, la combinación Merlín

GD 75 + Hexazinona LS 25 (0,120 kg/ha<sup>-1</sup> + 2,0 L/ha<sup>-1</sup>) mostró nivel medio, lo que demuestra la sostenibilidad ambiental del empleo de los tratamientos herbicidas evaluados.

- El análisis del riesgo ambiental permitió realizar una mejor selección de los herbicidas preemergentes a aplicar y contrarrestar los posibles efectos al ambiente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agboyi, L. K., Djade, K. M., Ahadji, D. K. M., Ketoh, G. K., Nuto, Y., & Glitho, I. A. (2015). Vegetable production in Togo and potential impact of pesticide use practices on the environment. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(2), 723-736, ISSN: 1997-342X.
- Araújo, R., Marinho, A., & Sobrinho, R. (2020). Seletividade de herbicidas aplicados, emergência, na fase de estabelecimento da cana-de-açúcar. *Scientific Electronic Archives*, 13(6), DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/1362020968>.
- Arboleda, J. (2019). *Evaluación de mezclas de herbicidas post-emergentes y su relación de costos en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) Variedad CC 934418*. [Trabajo de grado en la modalidad de Proyecto aplicado. Para optar al título de agronomía]. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA. Programa de Agronomía.
- Barrantes, A. (2022). Ingredientes activos en plaguici. *Revista electrónica Tecnosoluciones. Eurofins*, 5. <https://tecnosolucionescr.net/blog/617-ingredientes-activos-en-plaguicidas>
- Campos, M. A. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería la Vanguardia*, 6(2), 40-47, ISSN: 2308-7838.
- Carrizo, A., Carrasco, F., Aybar, S., Leiva, S., & Matías, A. (2015). *Estimación del Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) en diferentes estrategias fitosanitarias en sistemas de pequeños productores de Nopal, como una herramienta hacia la transición agroecológica en Catamarca, Argentina*. ISBN: 978-950-34-1265-7.
- Cross, P. (2013). Pesticide hazard trends in orchard fruit production in Great Britain from 1992 to 2008: A time-series analysis. *Pest management science*, 69(6), 768-774, ISSN: 1526-498X, Publisher: Wiley Online Library.
- Eshenaur, B., Grant, J., Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (2020). Environmental Impact Quotient: "A method to measure the environmental impact of pesticides." *New York state integrated pest management program, cornell cooperative extension, Cornell University, 1992-2*. <https://nysipm.cornell.edu/eiq/how-cite-eiq/04/07/2021>

- Fernández, A. O. (2021). *Impacto ambiental del control de malezas en Maíz Choclero (Zea mays L.) en la provincia de Cutervo-Cajamarca, 2017* [Tesis presentada para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10355>
- Jáquez, M. S. V., Pérez, S. G., Márquez, L. M. A., & Pérez, V. G. (2022). Impactos económicos y ambientales de los plaguicidas en cultivos de maíz, alfalfa y nogal en Durango, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38, 219-233, ISSN: 0188-4999, DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.54169>, Publisher: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York Lifes and Sciences Bulletin. N° 139*, ISSN: 0362-0069, Publisher: Cornell University.
- Mendoza, G., Sánchez, J., & Becerra, V. (2014). *Impacto ambiental de tres estrategias fitosanitarias para el control de Lobesia botrana*. 37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV, 05009. Mendoza, Argentina: EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/oivconf/201405009>
- Montico, S., Alfonso, M. J., & Berardi, J. (2014). Impacto y riesgo ambiental del uso de pesticidas en cultivos de la cuenca del Arroyo Ludueña, Santa Fe. *Cuadernos del Curiham*, 20, ISSN: 1514-2906, Publisher: Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales (CURIHAM).
- Naranjo, L. S., Obrador, O. J. J., García, L. E., Valdez, B. A., & Domínguez, R. V. I. (2020). Arvenses en un suelo cultivado con caña de azúcar con fertilización mineral y abono verde. *Polibotánica*, 50, 119-135, ISSN: 1405-2768, Publisher: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Polibotánica no.50 México jul.2020 Epub 25-Nov-2020.
- Polanco, R. A. G., Magaña, C. T. V., Cetz, L. J., & Quintal, L. R. (2019). Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. *Centro Agrícola*, 46(2), 72-83, ISSN: 0253-5785, Publisher: 1977, Editorial Feijóo.
- Rodríguez, T. D., Barbosa, G. N. R., Puchades, I. Y., Rodríguez, R. R., & García, P. A. (2020). Efectividad de Mayoral® y Merlín Total® aplicados con el sistema Cosecho-Aplico®, combinado con la Fertilización en caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 47(3), 14-22, ISSN: 0253-5785, Publisher: 1977, Editorial Feijóo.
- Stewart, C. L., Nurse, R. E., Van, E. L. L., Vyn, V. R. J., & Sikkema, P. H. (2011). Weed control, environmental impact, and economics of weed management strategies in glyphosate-resistant soybean. *Weed Technology*, 25(4), 535-541, ISSN: 0890-037X, Publisher: Cambridge University Press.
- Taylor, M. D. (2020). *Pesticide rate and dosage calculations* (Georgia Pest Management Handbook —2020, Commercial Edition. UGA Extension Special Bulletin, Vol. 28). UGA Extension Special Bulletin.
- Vargas, G. G., Alvarez, R. V. de P., Guigón, L. C., Cano, R. P., & García, C. M. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. *CienciaUAT*, 13(2), 113-127, ISSN: 2007-7858, Publisher: Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Dailín Rodríguez-Tassé, MSc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390.

René Nivardo Barbosa-García, MSc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: [rene.barbosa@inicas.azcuba.cu](mailto:rene.barbosa@inicas.azcuba.cu).

Yaquelin Puchades-Izaguirre, Dr.C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: [yaquelin.puchades@inicas.azcuba.cu](mailto:yaquelin.puchades@inicas.azcuba.cu).

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

**CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES:** **Conceptualización:** D. Rodríguez Tassé y René Nivardo Barbosa García. **Curación de datos:** D. Rodríguez Tassé y Yaquelin Puchades Izaguirre. **Análisis formal:** D. Rodríguez Tassé y René Nivardo Barbosa García. **Captación de fondos:** René Nivardo Barbosa García. **Investigación:** D. Rodríguez Tassé, René Nivardo Barbosa García y Yaquelin Puchades Izaguirre. **Metodología:** D. Rodríguez Tassé. **Administración de proyectos:** D. Rodríguez Tassé. **Recursos:** D. Rodríguez Tassé. **Supervisión:** D. Rodríguez Tassé. **Visualización:** René Nivardo Barbosa García. **Redacción - borrador original:** D. Rodríguez Tassé. **Redacción - revisión y edición:** Yaquelin Puchades Izaguirre y René Nivardo Barbosa García.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

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