

Estado actual de la resistencia de plantas a herbicidas: casos detectados en la República Dominicana

Francisco Jiménez¹ y Jesús Rosario¹

Abstract

Agricultural production increase and sustainability is closely associated with the technology, however improper use could negatively impact this agricultural activity. Within this, the weed control is a very important activity due to financial loss goes from 25 to 30% in developing countries, reduce the quality of the product and reduce the value of land. The method of chemical control is the most widely used due to its versatility, however improper use may lead to increased resistance of species that were once easily controlled at field dose recommended. Of course, when this happens; a new individual is incorporated into the ecosystem (resistant biotype), increasing the cost and reducing the alternatives to control. Worldwide, 461 resistance cases (species x action site) have been registered in 24 species (144 dicots and monocots 103), in 22 of the 25 known action sites on 157 different herbicides. Resistances have been reported in 86 crops, 66 countries, and the most important crops (Wheat, Maize, Rice and Soja). United States and Europe lead the resistance case. Central America and the Caribbean, have confirmed resistance in five countries and six species. In the Dominican Republic, recent studies found glyphosate resistance in *Parthenium hysterophorus* biotypes and natural tolerance in *Phaseolus lathyroides*. Given the passive attitude to this situation and the impacts arising from these, it is urgent to unify the efforts to establish a monitoring system for early detection and management of the phenomenon.

Key words: coffee, variety, quality.

Resumen

El aumento de la producción y la sostenibilidad agrícola está estrechamente asociado a la tecnología, sin embargo su uso inadecuado pudiera impactar negativamente esta actividad agrícola. Dentro de esta, el control de las malezas constituye una actividad de suma importancia, ya que provocan pérdidas económicas entre 25 y 30% en países sub desarrollados, disminuyen la calidad del producto y reducen el valor de la tierra. El método de control químico es el más utilizado por su versatilidad, sin embargo el uso inadecuado pudiera derivar en resistencia de especies que antes eran fácilmente controlables a la dosis de campo recomendada. Evidentemente, cuando esto ocurre, un nuevo individuo ha sido incorporado al ecosistema (biotipo resistente), aumentando el costo y la reducción de alternativas de control. A nivel mundial se han registrado 461 casos resistencia (especie x sitio de acción), en 24 especies (144 dicotiledóneas y 103 monocotiledóneas), desarrollando resistencia en 22 de los 25 sitios de acción conocidos, en 157 herbicidas diferentes. Reportada resistencia en 86 cultivos en 66 países, mayormente reportados trigo, maíz, arroz y soya, encabezando. Estados Unidos y Europa, encabezan la mayor cantidad. Centro América y el Caribe, se han confirmado resistencia en cinco países y seis especies (Heap, 2014). En la República Dominicana, estudios recientes detectaron resistencia a glifosato en biotipos de *Parthenium hysterophorus* y *Phaseolus lathyroides* con tolerancia natural. Dada la actitud pasiva con respecto a esta situación y los impactos que derivan de estas, se hace urgente unificar sus esfuerzos para establecer un sistema de vigilancia para la detección temprana y manejo del fenómeno.

Palabras clave: Café, variedad, calidad, taza.

INTRODUCCIÓN

Resistencia de plantas a herbicidas

El uso de moléculas de herbicida con capacidad para controlar especies de malas hierbas en la agricultura se inició con la introducción de las auxinas sintéticas (2,4-D y MCPA), en el año 1946, mostrando un control eficaz y económico, principalmente en malas hierbas de hojas anchas. Este novedoso método de control de las malas hierbas impulsó las investigaciones de nuevas moléculas herbicidas.

La masificación en el uso de herbicida en la agricultura, así como las aplicaciones sucesivas de estas moléculas y con el mismo sitio de acción facilitó el surgimiento de biotipos de malezas que sobrevivían a la dosis de campo recomendada debido a la presión de selección impuesta por el herbicida, impactando negativamente la flora de especies de malas hierbas y su manejo en la agricultura. El primer caso de resistencia a herbicida (auxina sintética ó 2,4-D), se reportó en el 1957, Figura 1, sin embargo no fue hasta 1970 cuando se documentó la especie *Senecio vulgaris* con resistencia a las triazinas (Ryan 1970).

¹ Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). fjimenez23@hotmail.com

Determinadas especies de plantas cultivadas, y también de malas hierbas, son capaces de vivir y crecer a las dosis recomendadas de aplicación agrícola del herbicida, aunque puedan ser controladas a dosis varias veces superiores. Este tipo de respuesta se conoce generalmente como tolerancia natural y ha sido definida por la HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) de Estados Unidos de América, como la habilidad/aptitud heredable de una especie vegetal a sobrevivir y reproducirse después de un tratamiento herbicida. A diferencia de las plantas tolerantes, las resistentes suelen sobrevivir no sólo a las dosis de aplicación agrícola del herbicida sino a otras bastante superiores (De Prado *et al.* 1996).

Reacciones de la planta a los herbicidas

Las plantas pueden desarrollar reacciones de tolerancia o resistencia ante la aplicación de la molécula herbicida, mediante diferentes mecanismos de resistencia. Los mismos están asociados a procesos fisiológicos y estructurales de la superficie foliar en las plantas. Los mecanismos de resistencia más comunes están relacionados a:

- **Pérdida de afinidad con el sitio de acción del herbicida.**

Este mecanismo de resistencia es debido a una o varias mutaciones en la secuencia aminoacídica del sitio primario de acción que pueden resultar en una pérdida de afinidad entre la molécula herbicida y el sitio de acción.

- **Metabolización del herbicida a sustancias no tóxicas.**

En los procesos de detoxificación metabólica las moléculas tóxicas son metabolizadas a compuestos inocuos o menos tóxicos, las plantas resistentes son capaces de degradar el herbicida antes de llegar al sitio de acción del herbicida.

- **Reducción de la concentración del herbicida en el sitio de acción.**

Estas bajas concentraciones pueden ser debido a una reducción en la penetración, absorción o translocación o por la existencia de fenómenos de secuestro en orgánulos celulares más o menos translocables.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA RESISTENCIA

A nivel mundial

Al momento, se han reportado 461 casos únicos (especie por sitio de acción) de biotipos resistentes a herbicidas a nivel mundial, Figura 1, con 24 especies (144 dicotiledóneas y 103 monocotiledóneas). Las malezas han desarrollado resistencia a 22 de los 25 sitios de

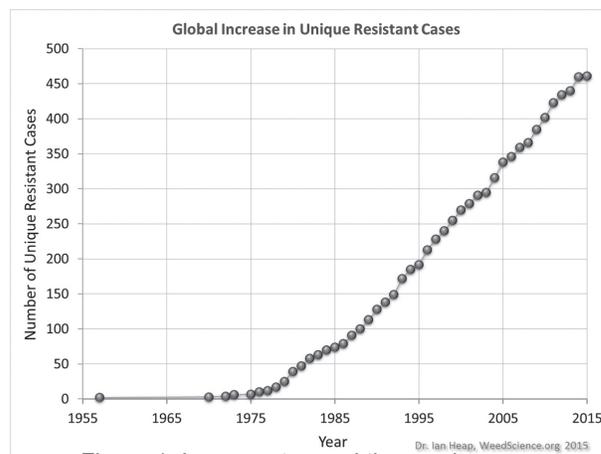


Figura 1. Incremento en el tiempo de casos únicos de resistencia

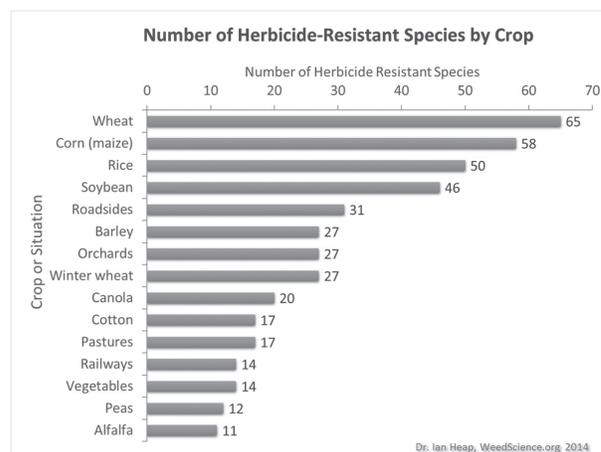


Figura 2. Número de especies malezas resistentes por cultivo.

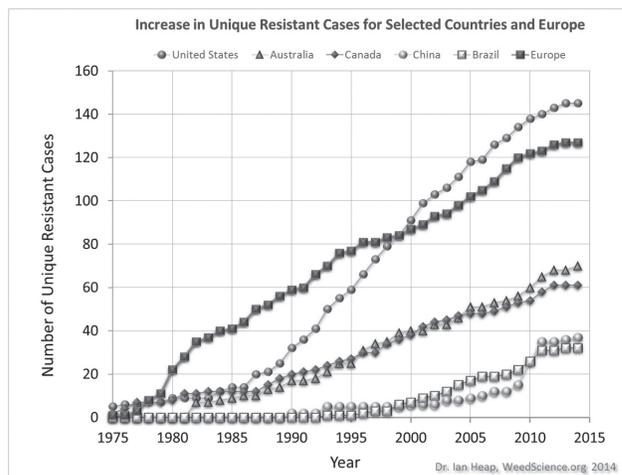


Figura 3. Incremento de casos de resistencia por países y Europa.

acción conocidos en 157 herbicidas diferentes (Heap 2015). Sostiene el mismo autor que se han reportado en 86 cultivos en 66 países, siendo los cultivos de trigo, maíz, arroz y soya, los de mayor número de especies resistentes, Figura 2. En Estados Unidos y Europa, los países con los mayores casos de resistencia registrados, Figura 3.

Estados Unidos y Europa son los líderes mundiales en el fomento de los cultivos resistentes a herbicidas, con la mayor superficie utilizada para la producción de cultivos resistentes a herbicidas, como los cultivos transgénico o genéticamente modificado (GM) y los obtenidos por mutación, como es el caso de los utilizados por el sistema Clearfield. Los datos mostrados en la Figura 3, indican que la resistencia está asociada a la forma intensiva de explotación en la agricultura, al uso continuo de una misma molécula por largo período de tiempo y con un

mismo sitio de acción. Esto representa una amenaza en la agricultura debido al flujo de genes de resistencia de estos cultivos a especies que son emparentadas con el cultivo, como es el caso de arrocillos indeseables (rojo, flechú, no me tope, etc.) y en trigo *Aegilops cylindrica* Host, la cual constituye un problema en la producción de trigo de invierno en Estados Unidos de América. La transferencia potencial a través del flujo de genes puede llevar a la creación de super malezas.

En Centro América y el Caribe

En Centro América y el Caribe, se han confirmado resistencia en cinco países y seis especies, según la Tabla 1 (Heap 2015). En la República Dominicana, estudios de resistencia realizados comprobaron la presencia de biotipos de *Parthenium hysterophorus* L. resistentes a glifosato, y *Phaseolus lathyroides* L. con tolerancia na-

Tabla 1. Relación de malezas resistentes y grupos químicos de los herbicidas confirmada en Centro América y el Caribe.

Países	Especies resistentes	Resistentes a herbicidas inhibidores de:
Guatemala	<i>Echinochloa sp</i>	ACCasa
Honduras	<i>Echinochloa sp</i>	ACCasa
Nicaragua	<i>Echinochloa sp</i>	ACCasa
Panamá	<i>Echinochloa sp</i>	ACCasa
México	<i>Phalaris minor</i>	ACCasa
	<i>Phalaris paradoxa</i>	ACCasa
	<i>Avena fatua</i>	ACCasa
	<i>Sorghum halepense</i>	ALS
	<i>Leptochloa virgata</i>	EPSP
	<i>Bidens pilosa</i>	EPSP
Costa Rica	<i>Ixophorus unisetus</i>	ALS
	<i>Echinochloa colona</i>	PSII inhibitor
	<i>Ixophorus unisetus</i>	ALS inhibitors
	<i>Eleusine indica</i>	inhibidor ACCase, Inhibidor PSII e inhibidor de ALS
	<i>Eleusine indica</i>	Inhibidor de EPSP
	<i>Oryza sativa var. sylvatica</i>	inhibidor de ALS

tural al mismo herbicida Jiménez *et al.* 2013, Figura 4-A, B y C y Figura 5. Escape en finca de mango y veredas de carretera, Figura 4-D, E y F, respectivamente.

En campos arroceros aún persisten las quejas de productores de la baja eficacia de algunos herbicidas en el control de algunas de las especies malezas como *Echinochloa* sp, *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl y *Sphenochlea zeylanica* en El Bajo Yuna y arrozcs malezas, principalmente, en fincas bajo el Ssistema clearfield en la línea noroeste.

En las zonas arroceras de la línea noroeste y el Bajo Yuna se han realizado muestreos para determinar pre-

sencia de resistencia a los herbicidas utilizados. En la Figura 4-G y H se muestra una finca por arrozcs malezas y la respuesta de arroz maleza a la molécula Imazamox (utilizado en el sistema Clearfield), 21 días después del tratamiento, lo que pudiera indicar presencia de genes de resistencia procedente de variedades resistentes a la molécula. La Figura 4-I muestra una finca infestada con *Echinochloa* sp en la zona de El Bajo Yuna, donde se estima que más del 60% de las fincas están infestada por esta especie maleza, según visita realizada a la zona.

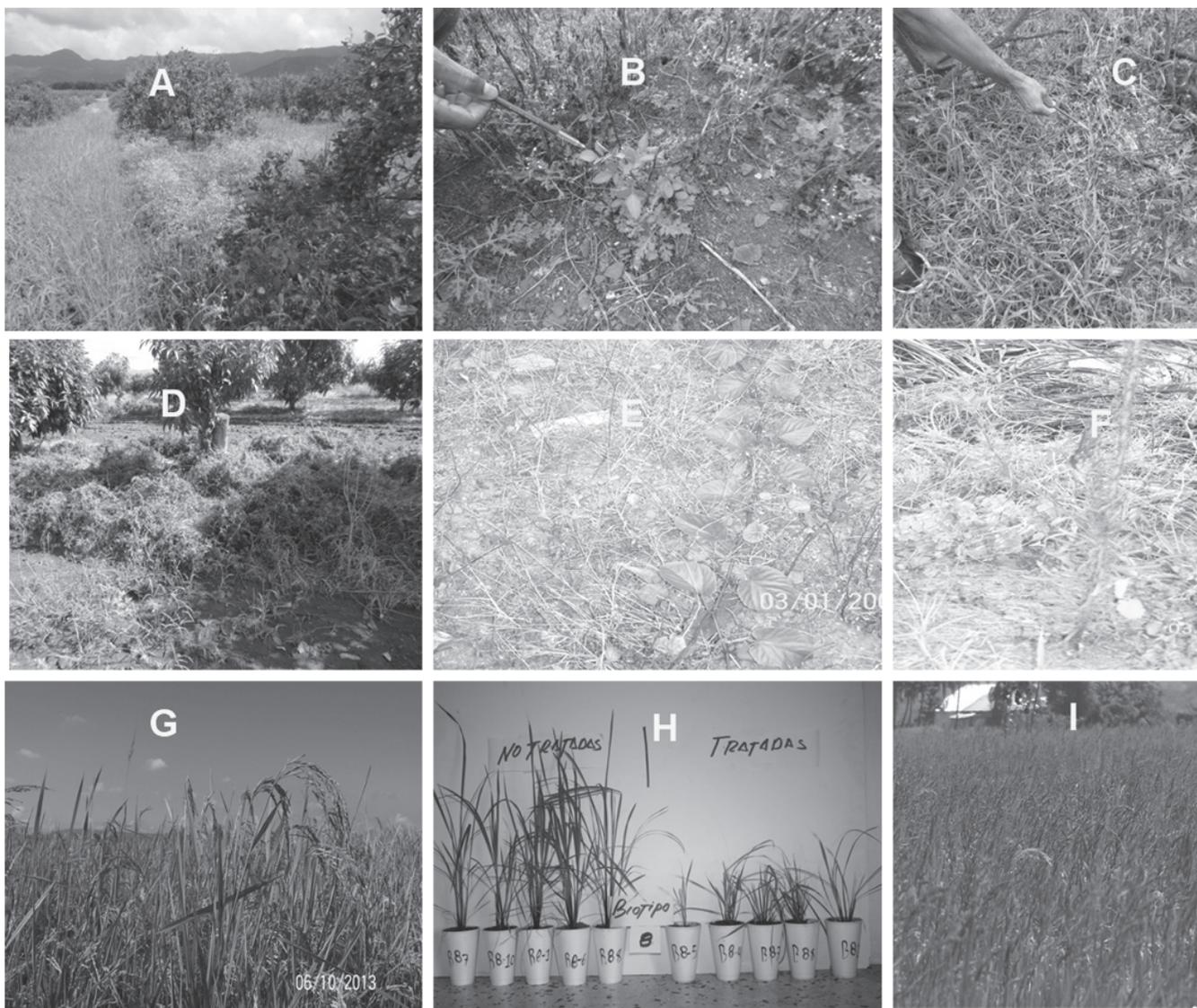


Figura 4. Escape de malezas al control químico en campos agrícolas. En la parte superior, A) *Parthenium hysterophorus*, B) *Phaseolus lathyroides* L. y C) gramíneas, en campos de cítricos. En la parte media, D) escape en finca de mango, E y F escape a glifosato en veredas de carretera, respectivamente. En la parte baja, G) finca arroceras bajo el sistema clearfield fuertemente infestada con arrozcs indeseables, H) respuesta de arroz maleza al herbicida Imazamox muestreado en fincas bajo el sistema Clearfield y finca arroceras fuertemente infestada por *Echinochloa* sp en la zona del Bajo Yuna.



Figura 5. Escape de *Phaseolus* sp en campo tratado con glifosato en Esperanza, Mao, debido a tolerancia natural.

CONCLUSIONES

La presencia de biotipos de malezas con tolerancia o resistencia a moléculas herbicidas impacta sensiblemente el medio ambiente; de primer lugar, por la incorporación nuevos especímenes a la flora arvenses que implica el uso de grandes volúmenes de herbicidas, dada la imposibilidad de ser controladas a la dosis normal de campo recomendada, con el consecuente pasivo ambiental, lo que afecta la flora y la fauna en el ecosistema agrícola, y el costo económico que representa la aplicación varias veces de la dosis normal de campo recomendada para el control eficaz.

Dada la actitud pasiva con que se ha venido tratando el fenómeno y los impactos negativos detallados anteriormente, se hace urgente que entidades de la investigación agrícola, empresas de agroquímicos, productores agrícolas y universidades, unifiquen sus esfuerzos para establecer un sistema de vigilancia para la detección y manejo del fenómeno, de manera que puedan ser minimizados los impactos previsibles de la resistencia, así como el establecimiento de medidas rigurosas para prevenir o retardar el surgimiento de resistencia en arces salvajes como resultado de hibridaciones espontáneas en campos con arces resistentes a herbicidas.

LITERATURA CITADA

- De Prado, R.; Romera, E.; Menendez, J. 1996. Chlortoluron resistance in a *Bromus tectorum* L. biotype is due to an enhanced detoxification processes. En: "Proceedings of the International Symposium on Weed and Crop. Resistance to Herbicides" (eds. De Prado, R.; Jorrín, J.; García-Torres L.; Marshall G), Universidad de Córdoba, Córdoba, ES, Pp. 62-64.
- Friesen, L.; Jones, T.; Van Acker, R.; Morrison, I. 2000. Identification of *Avena fatua* populations resistant to imazamethabenz, flumetrop, and fenoxaprop-P. *Weed Science*, 48:532-540.
- HRAC (Herbicides Resistance Action Committee). 2002. Comité de Prevención de Resistencia a Herbicidas de España. La Resistencia de los herbicidas. (En Línea). Consultado el 2 de febrero 2016. Disponible en: <http://www.plantprotection.org/HRAC/>.
- HRAC (Herbicides Resistance Action Committee). 1999. Guideline to the Management of Herbicide Resistance. (En Línea). Consultado el 2 de febrero 2016. Disponible en: <http://www.plantprotection.org/HRAC/Guideline.html>.
- Heap, I. 2015. International survey of herbicide resistance weeds. (En Línea). Consultado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www.weedscience.org/In.asp>.
- Jiménez, F.; Fernández, P.; Rosario, J.; Gonzales, F.; De Prado, R. 2013. Primer caso de resistencia a herbicida en República Dominicana. 6to Congreso SODIAF 2013 Desarrollo Humano e Innovación Tecnológica para Enfrentar el Cambio Climático Hacia la Competitividad. Santo Domingo, DO.
- Radosevich, S.; Holt, J. 1984. *Weed Ecology. Implication for Vegetation Management*. John Wiley & Sons Inc. California, USA. 265p.

Ryan, G. 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *weed sci.* 18: 614-616.

Tharayil-Santhakumar, N. 2004. Mechanism of Herbicides Resistance in Weeds. Plant & Soil Sciences University of Massachusetts Amherst, MA. (En Línea). Consultado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www.weedscience.com>.

Valverde, B.; Riches, C.; Caseley, J. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en Centro América con *Echinochloa colona*. San José, C.R. 136 p.

Wisconsin Forage Council. 2004. Wisconsin Farmers and Agri-Business call for glyphosate (Roundup) Stewardship. (En Línea). Consultado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: <http://ipcm.wisc.edu/uwweeds/extension/glyphosate%20white%20paper.pdf>.