

# Enlist™ sistema de control de malezas:

como funciona el sistema y que soluciones ofrece a la problemática en Argentina

**Frene, Rafael**  
 Corteva agriscience. Av. del Libertador 101. B1638 Vicente López, Buenos Aires, Argentina.  
 rafael.frene@corteva.com



## RESUMEN

El Sistema de Control de Malezas Enlist™ es una tecnología de eventos biotecnológicos o "traits" con tolerancia a herbicidas en maíz y soja. Se basa en tres componentes: "traits", soluciones herbicidas y un programa denominado Enlist Protect™. El maíz Enlist es tolerante a 2,4-D, herbicidas hariloxypiónicos y glifosato. La soja Enlist E3™ tolera los herbicidas 2,4-D, glifosato y glufosinato. La tecnología permitirá el uso de estos herbicidas en una amplia ventana de aplicación en cultivos Enlist, desde pre-emergencia hasta el estado V8 en maíz Enlist y R2 en soja Enlist E3. El herbicida Enlist Colex-D™ (2,4-D colina) brindará un amplio espectro de control en post-emergencia sobre malezas resistentes y tolerantes. Este contiene tecnología Colex-D™, una formulación que reduce la volatilidad a valores casi cero, minimiza la deriva física un 48% respecto a una formulación tradicional de 2,4-D y no posee olor debido a la ausencia de fenoles. Los programas de control Enlist proveerán un efectivo control de malezas, tales como *Conyza* spp., *Amaranthus* spp., *Borreria* spp., *Ipomoea* spp., *Commelina* spp y poáceas. Estos se basan en aplicaciones secuenciales, con herbicidas residuales de diferentes grupos químicos, seguido en post emergencia por combinaciones de Enlist Colex-D, glufosinato y glifosato para el control de latifoliadas. Respecto a las poáceas, la tecnología admite aplicaciones de haloxyfop en postemergencia de maíz. La posibilidad de uso de la estrategia de "doble golpe" con glufosinato en soja y maíz Enlist ofrece aún más flexibilidad para el control de malezas. Enlist Protect™ es un "Sistema de Buenas Prácticas", diseñado para ayudar a los agricultores a alcanzar el éxito en el control de malezas y asimismo promover prácticas responsables de uso del sistema Enlist. Se basa en recomendaciones de calidad de aplicación, propuestas de programas de control con diversidad de modos de acción y

recomendaciones de manejo.

**Palabras claves:** traits, 2,4-D choline, Colex-D, malezas, programas de control.

## ABSTRACT

Enlist™ Weed Control System is a technology of biotechnological events or traits with tolerance to herbicides in corn and soybeans. It is based on three components: traits, herbicide solutions and a program named Enlist Protect™. Enlist corn is tolerant to 2,4-D, hariloxypionic herbicides, and glyphosate. Enlist E3™ soybean tolerate 2,4-D choline herbicide, glyphosate and glufosinate-ammonium. The technology will allow the use of these herbicides in a wide window of application in Enlist crops. It will be from pre-emergence to V8 stage in Enlist corn and R2 in Enlist E3 soybean. The Enlist Colex-D™ (2,4-D choline) herbicide will provide a broad spectrum of post-emergence control on resistant and tolerant weeds. This contains Colex-D™ technology, a formulation that reduces volatility to near zero values, minimizes physical drift by 48% compared to a traditional 2,4-D formulation, and is odorless due to the absence of phenols. Enlist control programs will provide effective weed control, such as *Conyza* spp., *Amaranthus* spp., *Borreria* spp., *Ipomoea* spp., *Commelina* spp and grasses. These are based on sequential applications, with residual herbicides using different chemical groups, followed by post emergence combinations of Enlist Colex-D, glufosinate and glyphosate for broadleaf control. Regarding grasses, the technology supports haloxyfop applications in post-emergence on corn. Besides, the possibility of using over the top of Enlist corn & soybean the glufosinate herbicide in a "double k-down" strategy offers even more flexibility for weed control. Enlist Protect™ is a "System of Good Practices", designed to help farmers achieve success in weed control and also promote responsible practices of using the Enlist system. It is

based on application quality recommendations, proposals of control programs with diversity of modes of action, and management recommendations.

**Keywords:** traits, 2,4-D choline, Colex-D, weeds, control programs.

### ESCENARIO ACTUAL Y FUTURO

La dimensión de la problemática de malezas en la agricultura argentina actual es tal, que ocupa el primer lugar a la hora de diseñar los planteos técnicos y de costos al inicio de cada campaña. Poblaciones resistentes de especies tales como rama negra (*Conyza sumatrensis* (Retz.) E.Walker; *C. bonariensis* (L.) Cronquist), yuyo colorado (*Amaranthus hybridus* L., *A. palmeri* S.Watson) y gramíneas (*Echinochloa* spp., *Eleusine indica* Gaertn., *Chloris* spp, *Sorghum halepense* Pers.) (Heap 2017; AAPRESID 2020), están presentes hoy en una gran cantidad de los lotes agrícolas. Casi siempre en forma combinada, y aún más complejo, varias de estas poblaciones presentan resistencia múltiple, es decir son resistentes a dos o más modos de acción (MOA). Es esperable que si esto continúa evolucionando en esta dirección, como parecería ser la situación actual, con el tiempo llevará al sistema a un grado de complejidad aún mayor que requerirá manejarlo dentro de los límites que impone un "Programa de Control de Malezas". Estos programas se basan en el uso alternado de mezclas simultáneas de al menos dos herbicidas con diferente MOA (idem anterior), y son la herramienta clave que asegura la sustentabilidad de las tecnologías evitando procesos evolutivos de resistencia en forma acelerada, tal como viene ocurriendo.

El escenario del futuro cercano plantea varios desafíos, a saber. No se prevén nuevos MOA disponibles al menos en el futuro cercano (Westwood *et al.* 2018), esto obliga a la necesidad de utilizar racionalmente los que aún funcionan, mediante la adopción de Programas de Control. La diversidad es crítica, es

decir, el aumento de diversidad agronómica (rotación de cultivos, cultivos de cobertura, etc.) en combinación con diversidad química (MOA) son la clave. Existen ya tecnologías disponibles para los cultivos de maíz y soja con resistencia a múltiples MOA de herbicidas. Una de ellas es Enlist™, ofreciendo cultivos con alta flexibilidad en el uso de herbicidas.

### ¿QUÉ ES EL SISTEMA DE CONTROL DE MALEZAS ENLIST™?

El Sistema de Control de Malezas Enlist™ es una tecnología de "traits" (eventos biotecnológicos) con tolerancia a herbicidas que contiene tres componentes: "traits" Enlist™, soluciones herbicidas Enlist™ y el programa Enlist Protect™. La tecnología Enlist™ ha sido diseñada para ser incluida en el germoplasma elite de maíz y soja. Materiales de maíz Enlist™ ofrecen tolerancia a 2,4-D colina, herbicidas hariloxipropiónicos (FOP) y glifosato. En soja, los cultivares Enlist E3™ serán tolerantes a los herbicidas 2,4-D colina, glifosato y glufosinato de amonio. Los eventos o "traits" Enlist™ proveen una robusta tolerancia en ambos cultivos, permitiendo una amplia y flexible ventana de aplicación de los herbicidas mencionados. Dicha ventana admite aplicaciones desde preemergencia y hasta el estado V8 en maíz Enlist™ y desde preemergencia hasta R2 (plena floración) en soja EnlistE3™.

La soja Enlist E3™ (evento DAS-68416-4) fue desregulada en la Argentina en 2015 (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Resolución SAGYP N°98; 09-04-2015). La misma contiene tres genes: (1) ariloxialcanoato dioxigenasa-12 (aad-12); (2) doble mutante 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintasa (2mEPSPS), y (3) fosfotricina acetiltransferasa (Pat), que transmiten resistencia a 2,4-D, glifosato y glufosinato, respectivamente (Wright *et al.* 2010). El evento DAS-40278-9, que representa al maíz Enlist, fue desregulado en la Argentina en 2018 (Secretaría

**Cuadro 1.** Características de los eventos Enlist en maíz y soja. Wright *et al.* 2010

Cultivo	Identificación del Gene	Evento	Nombre de la proteína	Origen del evento	Tolerancia a Herbicidas
MAÍZ ( <i>Zea mays</i> )	aad-1	DAS-40278-9	AAO-1 (arylloxialcanoate dioxigenase-1)	<i>Sphingobium herbicidovorans</i>	2,4-D; FOPs
SOJA ( <i>Glycine max</i> )	aad-12	DAS-68416-4	(1) AAD-12 (arylloxialcanoate dioxigenase-12) (2) double mutant 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) (3) PAT (phosphotricin acetyltransferase)	<i>Deifia acidovorans</i> (aad-12) <i>Streptomyces viridochromogenes</i> (pat)	2,4-D; Glufosinato; Glifosato

de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Resolución 2018-28-APN-SEC-CYDT-MA; 02-03-2018). El maíz tiene tolerancia natural al 2,4-D; sin embargo, las aplicaciones deben ocurrir en una ventana muy acotada (V3-V5) del período vegetativo y las dosis se limitan a un rango de 280 a 500 g e.a. ha-1, existiendo además una fuerte interacción herbicida-germoplasma. El maíz Enlist™ contiene la enzima ariloxialcanoato dioxigenasa-1 (AAD-1) que metaboliza rápidamente 2,4-D a diclorofenol, transmitiendo así un alto nivel de tolerancia a 2,4-D, lo que permite el uso de altas dosis de este principio activo y una amplia ventana de aplicación. Las ariloxialcanoatodioxigenasas (AAD) son una clase de enzimas bacterianas que catalizan la escisión oxigenolítica del 2,4-D en diclorofenol y glioxilatos no herbicidas. Se descubrió que la enzima AAD-1 de *Sphingobium herbicidovorans* metaboliza 2,4-D y miembros de la clase de herbicidas de ariloxifenoxipropionato, incluidos R-cyhalofop, R-haloxifop y R-quizalofop (Wright *et al.* 2010). Posteriormente, el

gen aad-1 se insertó en una línea de maíz receptora (evento DAS-40278-9) otorgando de este modo alta tolerancia al herbicida 2,4-D y FOPs. (Wright *et al.* 2010) (Cuadro 1).

La solución herbicida Enlist Colex-D™ ofrece una novedosa formulación de 2,4-D sal colina formulado con tecnología Colex-D™. Esta tecnología de formulación innovadora reduce la volatilidad a valores casi cero presentando un 92 % de reducción comparado con una formulación tradicional de 2,4-D DMA (Ouse *et al.* 2018). Investigaciones muestran que la tecnología Colex-D™ reduce la deriva física en un 48% comparado con una formulación tradicional de 2,4-D DMA (Tank 2013; Li, Mei 2013). Es además una formulación sin olor por ser libre de fenoles.

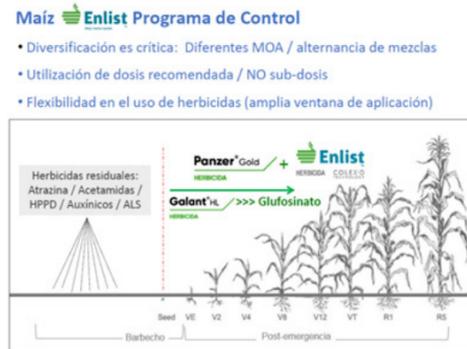
Los herbicidas usados en el sistema Enlist™ proveerán un efectivo espectro de control de malezas: 2,4-D colina permitirá el control de malezas latifolias resistentes y tolerantes a glifosato, como las especies de los géneros *Con-*



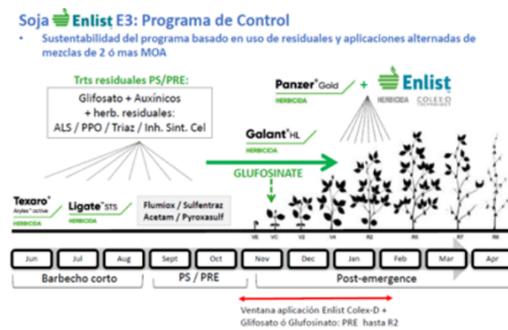
ya, *Amaranthus*, *Euphorbia*, *Ipomoea* y *Commelina* entre otras; glufosinato de amonio en mezclas con Enlist Colex-D™ ofrecerá controles sustentables (dos MOA diferentes) en *Amaranthus* spp., *Borreria* spp., *Brassica* spp. Respecto a malezas poáceas, haloxyfop, será una solución para las especies resistentes a glifosato en postemergencia de maíz Enlist™, sumado a la opción del uso de la práctica de “doble golpe” de haloxyfop seguido de glufosinato en postemergencia tanto de maíz (solo en materiales Power Core ó Power Core Ultra) como así también en soja Enlist™. Esta última opción da cuenta de la flexibilidad en opciones y en ventana de aplicación

que admite la tecnología Enlist en general.

El tercer componente, Enlist Protect™, se trata de recomendaciones de buenas prácticas de manejo, diseñado para ayudar a los agricultores a alcanzar el éxito en el control de malezas y al mismo tiempo promover prácticas responsables de uso del sistema Enlist™. Este incluye recomendaciones del uso del herbicida Enlist Colex-D que garantiza aplicaciones sin riesgo de deriva física o de vapores de 2,4-D colina y un Programa de Control para cada problemática (Figuras 1 y 2) que incluirá siempre el uso de herbicidas residuales con múl-



**Figura 1.** Maíz Enlist Next 22.6 PWUEnlist (foto). Programa de Control de Malezas en Maíz Enlist (esquema).



**Figura 2.** Soja Enlist E3 (foto). Programa de Control de Malezas en soja Enlist E3™ (esquema).

\* Enlist™ y Colex-D™ son marcas registradas de Dow AgroSciences (Miembro del Grupo de compañías de Corteva Agriscience).

\*EnlistE3™ soja es una colaboración conjunta entre MS Technologies y Dow AgroSciences.

tiples modos de acción (inhibidores de PPO, ALS, PII y de la división celular), seguido de mezclas que incluyen Enlist Colex-D y glufosinato en postemergencia. Como referencia del impacto positivo en rendimiento de la tecnología Enlist™, en el caso de rama negra (*C. sumatrensis*) resistente a EPSPs se han reportado diferencias de 26% de incremento en rinde al comparar la

tecnología actual de soja resistente a glifosato (RR) vs. el programa de control Enlist™ y de hasta 75% al comparar la estrategia de sólo uso de glifosato vs. el programa de control Enlist™ (Frene *et al.* 2018). Esto ofrece evidencia de la capacidad competitiva de esta maleza, su efecto negativo en la productividad del cultivo de soja y la eficacia del uso de programas de control. «



### Bibliografía complementaria

AAPRESID (2017) La Red de Ensayos en Malezas. <http://www.aapresid.org.ar/rem/alertas/> Accedido marzo 31, 2020.

FRENE RL, SIMPSON DM, BUCHANAN MB, VEGA ET, RAVOTTI ME, VALVERDE PP (2018). Enlist E3™ Soybean sensitivity and Enlist™ herbicide-based program control of sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*). *Weed Technology*. doi: 10.1017/wet.2018.29

HEAP I (2017) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org>. Accedido en julio 7, 2017

LI M, TANK H, KENNEDY A, ZHANG H, DOWNER B, OUSE D, LIU L (2013). Enlist Duo herbicide: a novel 2,4-D plus glyphosate premix formulation with low potential for off-target movement in Pesticide Formulation and Delivery Systems. Volume 32. *Innovating Legacy Products for New Uses*. West Conshohocken, PA: ASTMInternational.

OUSE GD, GIFFORD JM, SCHLEIER III J, SIMPSON DD, TANK HH, JENNINGS CJ, ANNANGUDI SP, VALVERDE-GARCIA P & MASTERS RA (2018) A new approach to quantify herbicide volatility. *Weed Technology*, doi: 10.1017/wet.2018.75.

TANK H (2013) The Impact of spray solution physical properties on spray drift – application in formulation design. VI Simpósio Internacional de Tecnologia Aplicação Londrina, Brazil, September 2013.

WESTWOOD J, CHARUDATTAN R, DUKE S, FENNIMORE S, MARRONE P, SLAUGHTER D, ZOLLINGER, R (2018). *Weed Management in 2050: Perspectives on the future of weed science*. *Weed Science* 66(3): 275-285. doi:10.1017/wsc.2017.78

WRIGHT TW, SHAN G, WALSH TA, LIRA JM, CUI C, SONG P, ZHUAN M, ARNOLD NL, LYN G, YAU K, RUSSEL SM, CICCHILLO RM, PETERSON MA, SIMPSON DM, ZHOU N, PANSAMUEL J, ZHANG Z (2010) Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase transgenes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 20240-20245.