

SEMINARIO REGIONAL



20 años
de CULTIVOS TRANSGÉNICOS
en Uruguay

8 y 9 de setiembre | Instituto Kolping Uruguay | Boulevard Artigas 2714

IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN URUGUAY

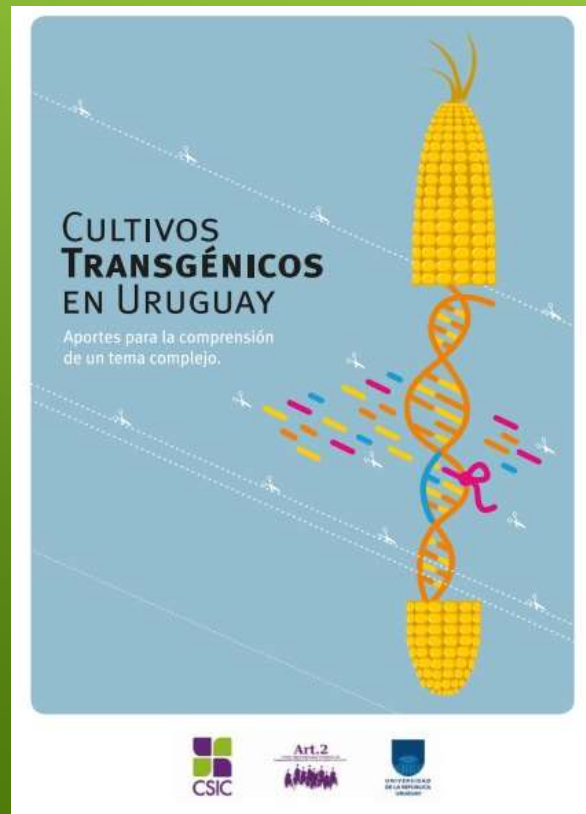
Natalia Bajsa

Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable
Ministerio de Educación y Cultura

Capítulo 2

Natalia Bajsa, Pablo Galeano

Los cultivos transgénicos y el ambiente



Cultivos Transgénicos en Uruguay

Aportes para la comprensión de un tema complejo

‘Fondo Universitario para Contribuir a la
Comprensión Pública de temas de Interés General’

CSIC – Udelar



Cultivos transgénicos en Uruguay

Riesgos ambientales:

- Por la expresión del transgen



- Por su aplicación tecnológica



Cultivos transgénicos en Uruguay

Liberados al ambiente en nuestro país:

Maíz



Soja



Con resistencia a insectos



Tolerantes a herbicidas

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos



Maíz

X



Lagarta



Bacillus thuringiensis (Bt):

- Bacteria del suelo
- Proteína insecticida *Cry*
(control biológico)

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

En tejidos vegetales:

- consumida por organismos
- liberada al ambiente (suelo y agua)



Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

- Especificidad por organismos plaga?
- Menor sobrevivencia, peso y desarrollo de lepidópteros no blanco (mariposas, polillas) por maíz Bt o proteínas Cry*



*Lang y Otto, 2010; Holst et al., 2013; Paula et al., 2014

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

-Afectan abundancia, comportamiento y capacidad de aprendizaje de abejas*



*Marvier et al., 2007; Ramírez-Romero et al., 2008

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

- A través de la trama trófica...
- Efectos adversos sobre predadores y parasitoides Ej. *Chrysoperla* y San Antonio, enemigos naturales de plagas*



*Lovei y Arpaia, 2005; Hilbeck y Schmidt, 2006; Lovei et al., 2009; Schmidt et al., 2009

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



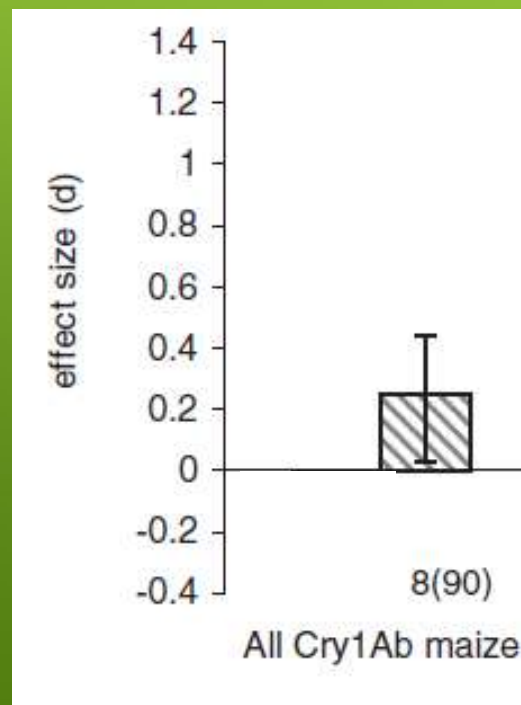
Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

Reemplazo del uso de insecticidas de amplio espectro

■ Cry ☁ Insecticidas



vs



*Marvier et al., 2007
(42 experimentos de campo)

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

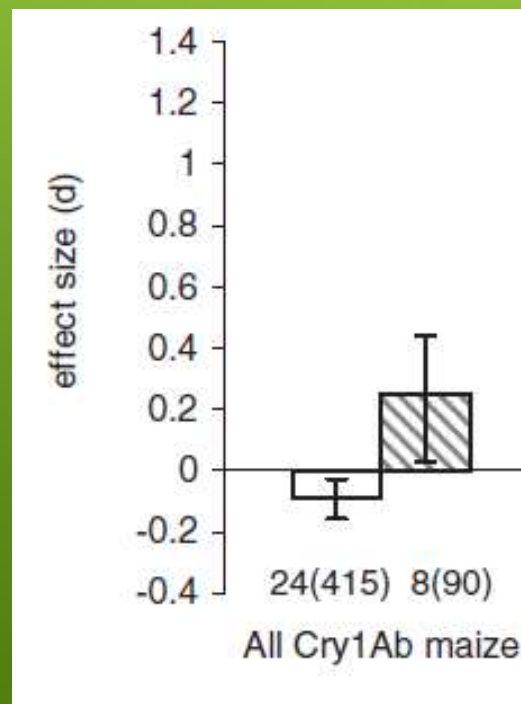
Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

Reemplazo del uso de insecticidas de amplio espectro

■ Cry ☁ Insecticidas



*Marvier et al., 2007
(42 experimentos de campo)

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

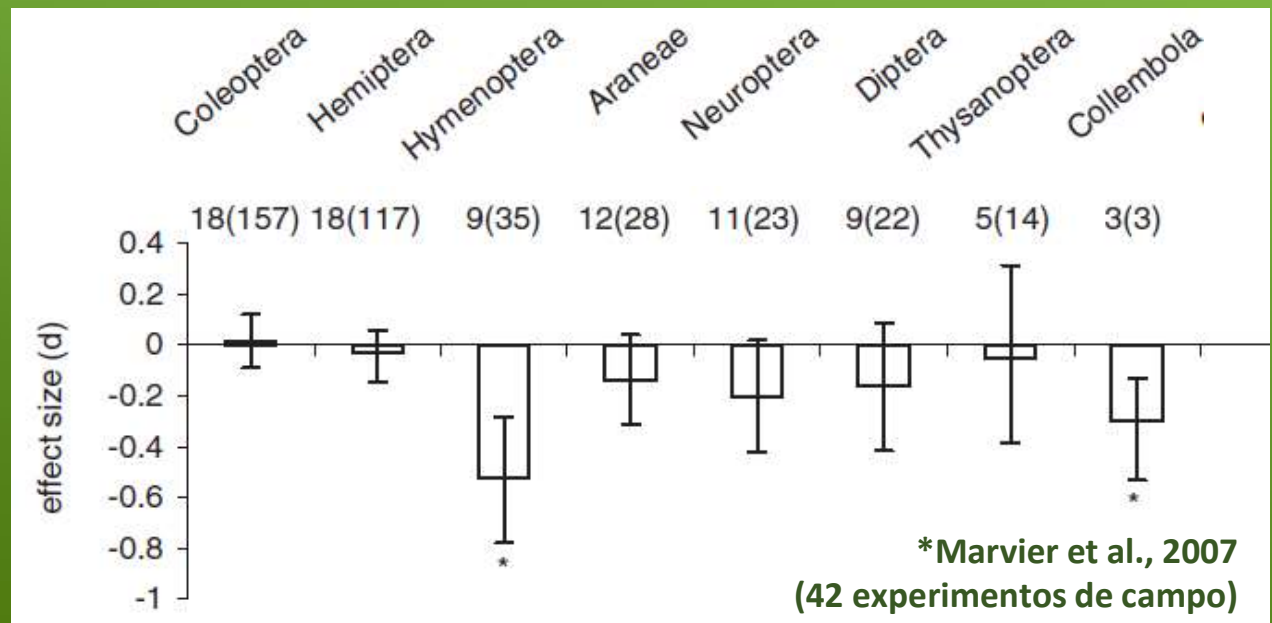
Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

Reemplazo del uso de insecticidas de amplio espectro

■ Cry ☁ Insecticidas



Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

- Organismos del suelo: lombrices, caracoles, microartrópodos, hongos (micorríticos y descomponedores), bacterias*

*Castaldini et al., 2005; Xue et al., 2005; Griffiths et al., 2006; Naef y Defago, 2006; Cortet et al., 2007; Kramarz et al., 2009; Lu et al., 2010; Tan et al., 2010, 2011; Xue et al., 2011; Cheeke et al., 2011; 2012; Fließbach et al., 2012; van der Merwe, 2012; Hannula et al., 2014; Flores et al., 2015



Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

- Organismos acuáticos: problemas en insectos (Lepidoptera, Trichoptera), crustáceo *Daphnia magna*, presente en mejillones*

*Rosi-Marshall et al., 2007; Douville et al., 2009; Chambers et al., 2010; Bøhn et al., 2008; 2010; 2016; Ferreira et al., 2015



Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por su aplicación tecnológica:



*Desarrollo resistencia a la proteína insecticida por las plagas**

- Presión por exposición continua (disminuye con refugios)
- Problema: uso de insecticidas de amplio espectro
- Transgénicos con más de una proteína Cry (efecto en onb?)



*Tabashnik et al., 2009; Kruger et al., 2009; 2012;
Van den Berg et al., 2013, Huang et al., 2014

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas



Soja

Glifosato



X



Agrobacterium tumefaciens:

- Bacteria del suelo
- EPSPS: enzima para síntesis de aminoácidos
- No inhibida por glifosato

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por la expresión del transgen:



TRANSFERENCIA DE TOLERANCIA A ESPECIE EMPARENTADA

- Especies silvestres que se transformen en malezas
- Canola, trigo, pasto ornamental, arroz*
- Riesgo bajo en Uruguay: no existen especies silvestres emparentadas con soja o maíz

*Seefeldt et al., 1998; Mallory-Smith y Zapiola, 2008; Warwick et al., 2008; Shivrain et al. 2009

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por la expresión del transgen:



EL PROPIO CULTIVO PUEDE TRANSFORMARSE EN MALEZA

- Luego de la cosecha, semillas tolerantes a herbicidas germinan y se convierten en malezas del nuevo cultivo
- Ej. maíz guacho en cultivos de soja en Argentina, maleza de difícil manejo (Allieri, 2011)

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



APARICIÓN DE MALEZAS TOLERANTES A HERBICIDAS

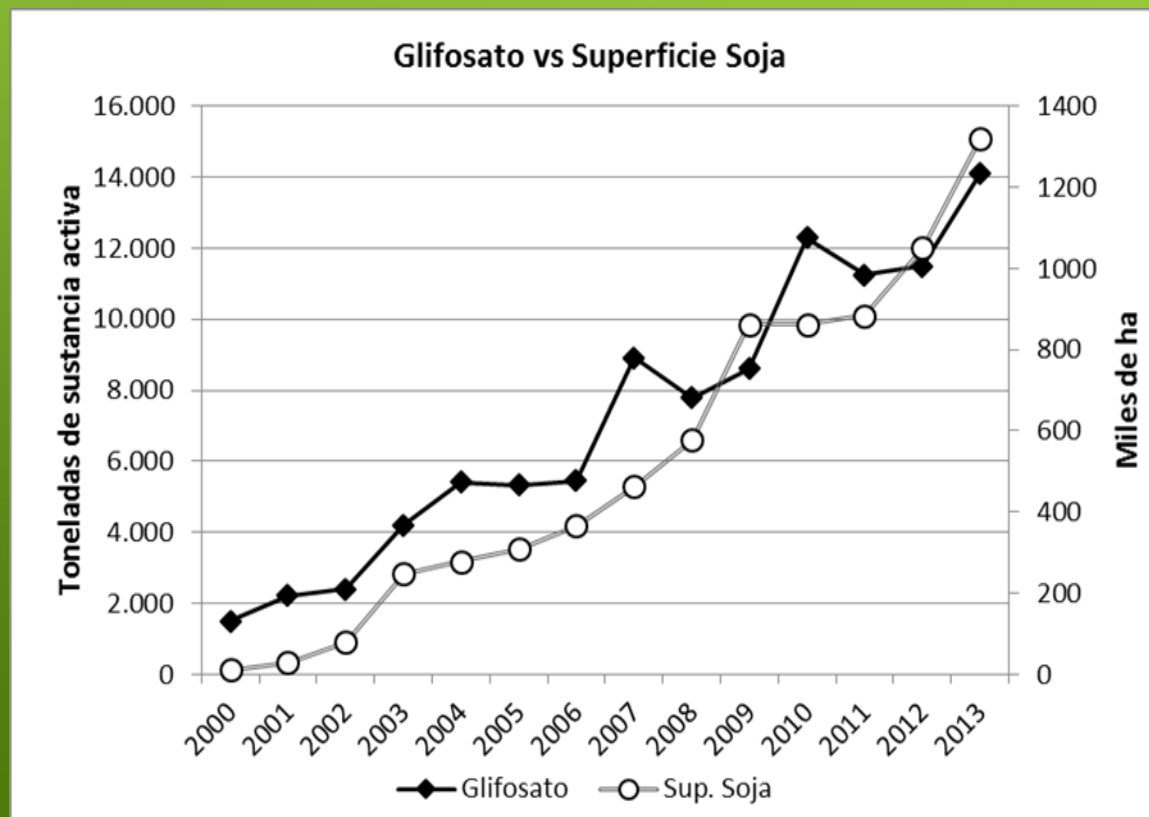
- Por presión de selección de altas cantidades de herbicida
- Uso de glifosato sin precedentes. En Uruguay la importación aumentó de 1,5 a 14,6 millones de litros (de 2000 a 2014)

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



APARICIÓN DE MALEZAS TOLERANTES A HERBICIDAS



Elaborado con datos
de DGSA-MGAP

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



APARICIÓN DE MALEZAS TOLERANTES A HERBICIDAS

- Por presión de selección de altas cantidades de herbicida
- Uso de glifosato sin precedentes. En Uruguay la importación aumentó de 1,5 a 14,6 millones de litros (de 2000 a 2014)

En Uruguay: *Conyza*, raigrás, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Amaranthus*

Menor efectividad: mayor dosis, otros herbicidas (atrazina; 2,4-D)

Transgénicos tolerantes a otros herbicidas: glufosinato de amonio, 2,4-D, dicamba (de mayor toxicidad, volatilidad)

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



EFFECTO DE GLIFOSATO SOBRE OTROS ORGANISMOS

TOXICIDAD inicialmente baja... EFECTOS NEGATIVOS* en:

Ambiente acuático: bacterias, algas, protozoarios, invertebrados (*D. magna*, nidarios, erizos, caracoles, gusanos), anfibios, peces

Ambiente terrestre: bacterias (ciclo del N, resistencia Ab), hongos micorrícicos, lombrices, artrópodos (abejas, mariposas), anfibios, aves, mamíferos

*Haughton et al., 2003; Roy et al., 2003; Marc et al., 2004; Zablotowicz y Reddy, 2004; García y Altieri 2005; Relyea 2005; Pérez et al., 2007, 2011; Mann et al. 2009; Paganelli et al. 2010; Brower, 2012; Demetrio et al., 2012; Cuhra et al., 2013; Rzymiski et al., 2013; Herbert et al., 2014; 2015; Kurenbach et al., 2015; Martin et al., 2015; Mensah et al., 2015; Nordgård et al., 2015; Pérez et al., 2015; Tudisco et al., 2015

Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



EFFECTO DE GLIFOSATO SOBRE OTROS ORGANISMOS

Mayor EXPOSICIÓN (aumento en el uso). Aguda y crónica (ingrediente activo vs formulación Ej. POEA)

PERSISTENCIA en el suelo: 190 (Uruguay) - 280 días - 3 años en bosques fríos (condiciones de humedad y temperatura)*... AMPA

MOVILIDAD: 15 – 80% según forma de aplicación, tipo de suelo (humus, minerales), manejo, lluvias, escorrentía... SISTEMAS ACUÁTICOS

*Celano y Piccolo, 1994; Duke y Powels, 2009; Bozzo et al., 2012; Bento et al., 2016

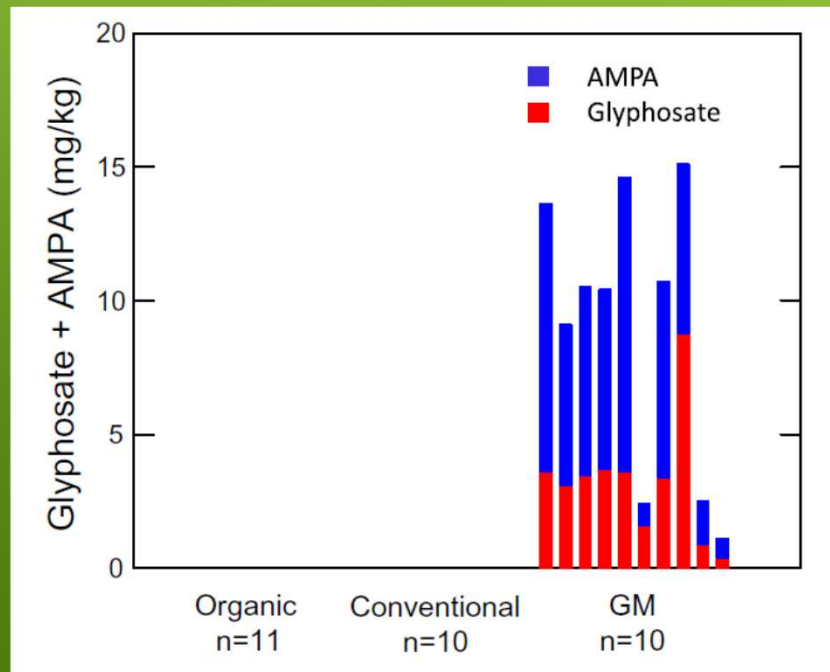
Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



EFFECTO DE GLIFOSATO SOBRE OTROS ORGANISMOS

Acumulación en el TEJIDO VEGETAL*



Residuos de glifosato y AMPA en granos de soja GM (Bøhn et al. 2014)

Estudios sin herbicida (Viljoen et al., 2013)

*Duke et al. 2003; Lorenzatti et al, 2004; Bøhn et al. 2014; Nordgård et al., 2015

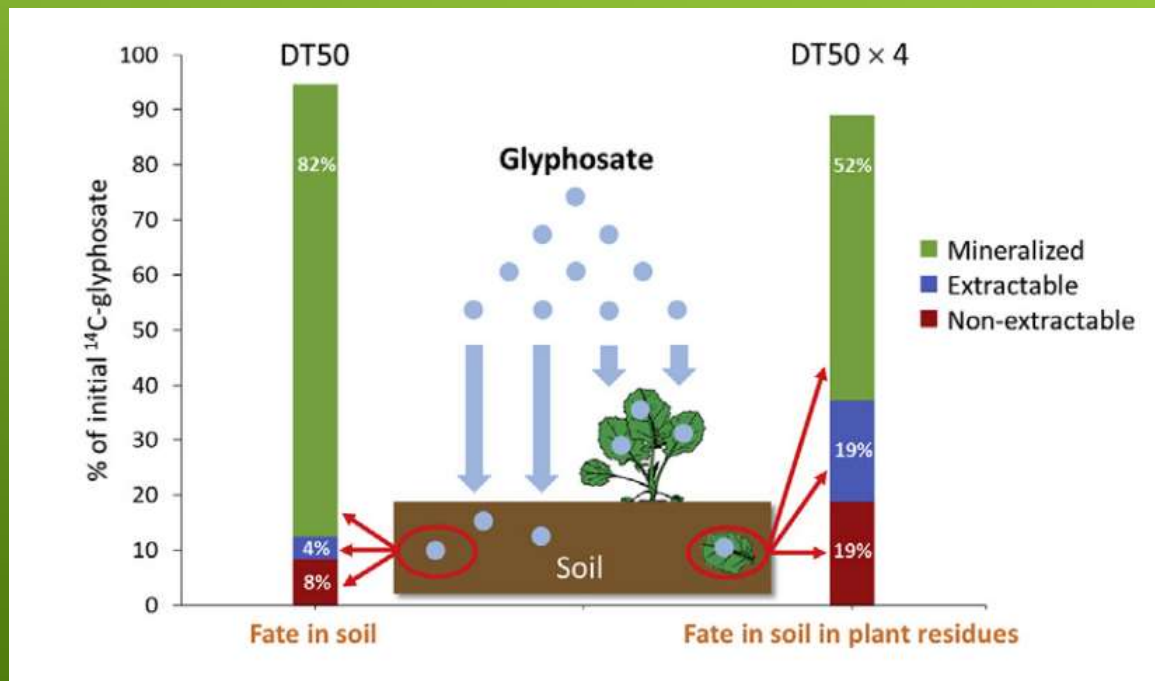
Cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas

Riesgos por su aplicación tecnológica:



EFFECTO DE GLIFOSATO SOBRE OTROS ORGANISMOS

Acumulación en el TEJIDO VEGETAL*



(Mamy et al., 2016)

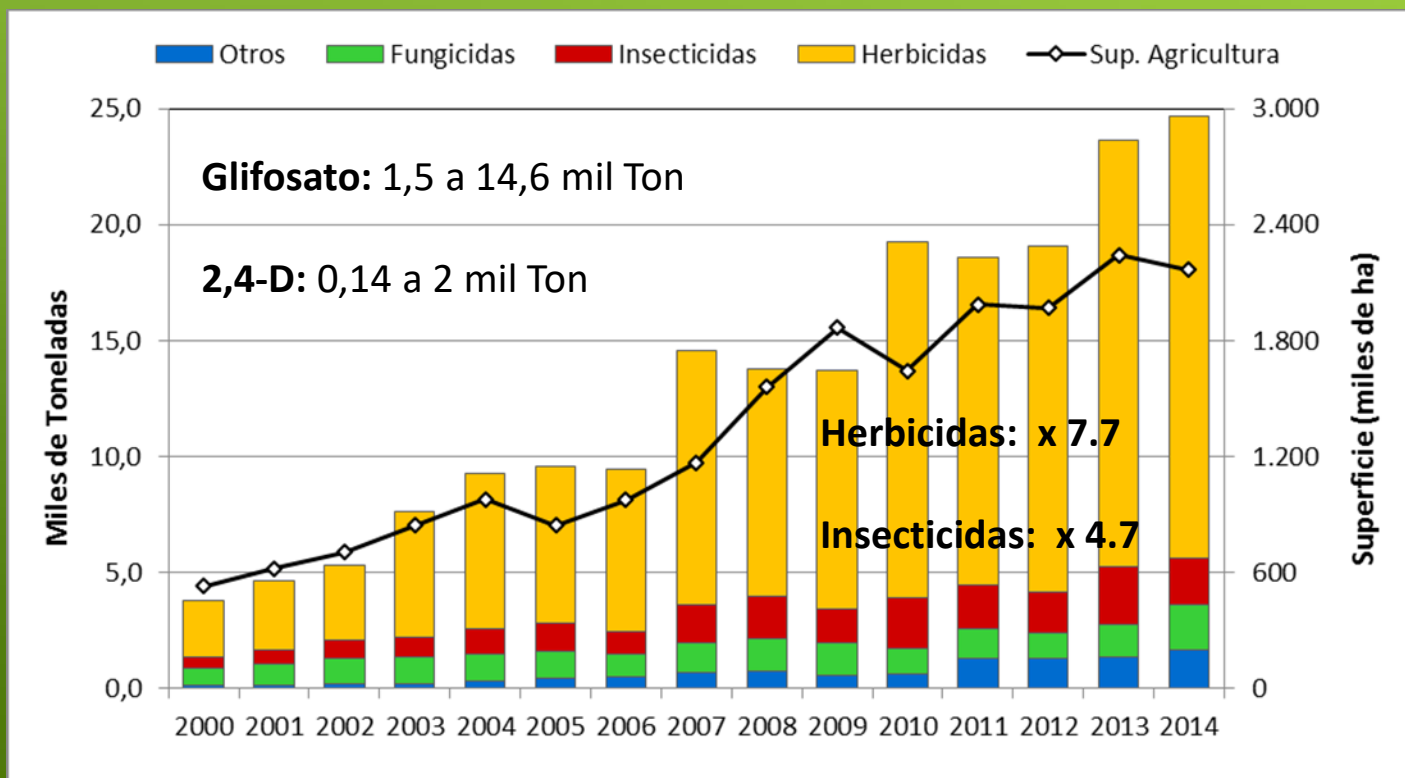
*Duke et al. 2003; Lorenzatti et al, 2004; Bøhn et al. 2014; Nordgård et al., 2015

Impactos en los ecosistemas

Intensificación agrícola (2000-2014):

Mayor superficie sembrada (x 4,5)

Aumento en el uso de plaguicidas (x 6) - VENTAJA ambiental: reducción



Elaborado con datos de
DGSA-MGAP

Impactos en los ecosistemas

Intensificación agrícola (2000-2014):

Plaguicidas en el ambiente

Presencia en:

- suelo (con y sin uso agrícola)
- agua, peces
- panales, miel
- Áreas protegidas

(Esteros de Farrapos, Laguna de Rocha)



UdelaR (CURE, CENUR, Fac. de Química); Ríos y Zaldúa (2012); Nardo et al., 2015

Proyecto Fortalecimiento de las capacidades para la gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas (FMAM, FAO) - DINAMA, MGAP, MSP, sector público, privado, academia y sociedad civil

Impactos en los ecosistemas

Intensificación agrícola (2000-2014):

Cambios en el uso del suelo



Reducción de monte nativo y pradera natural (Paruelo et al., 2006)

PRADERA: pérdida de biodiversidad por modificación del hábitat y uso de herbicidas (Laterra y Rivas, 2005; Aldabe et al., 2008; Rivas, 2010)

**Regulación hidrológica (menor absorción en cultivo de soja)...
... inundaciones) (Bertram y Chiacchiera, 2013)**



Impactos en los ecosistemas

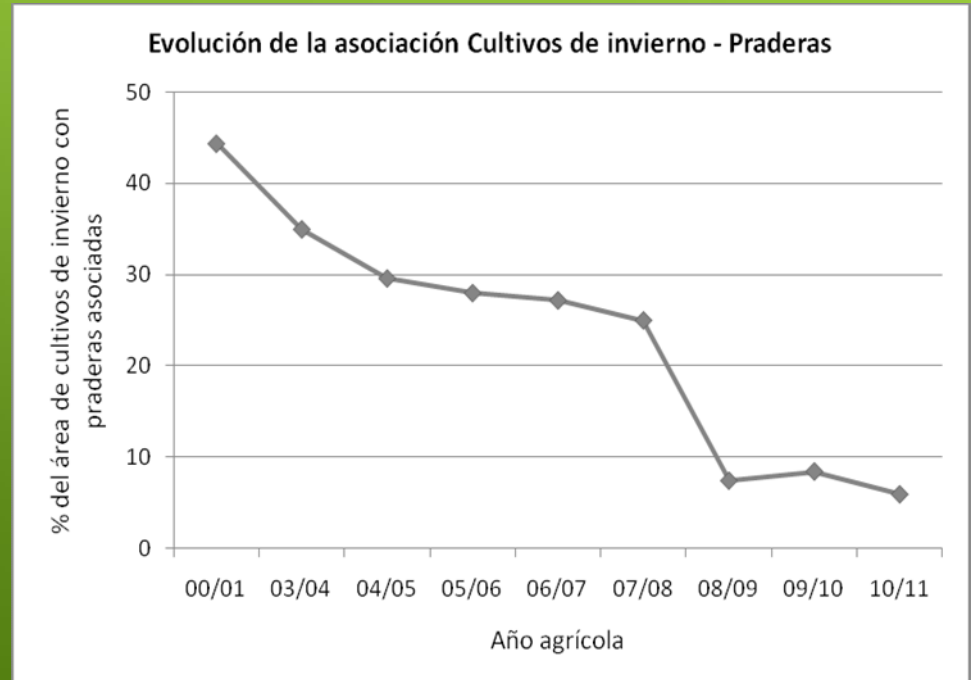
Intensificación agrícola (2000-2014):

Cambios en el uso del suelo



Disminución de las ROTACIONES de cultivos con praderas:

- Degradación física, química y biológica del suelo



Impactos en los ecosistemas

Intensificación agrícola (2000-2014):

Aumento de la erosión



Agricultura en zonas con mayor riesgo de erosión

Forma de manejo, escasa cobertura vegetal

Compactación, pérdida de materia orgánica y nutrientes

Consecuencias en los recursos hídricos

Impactos en los ecosistemas

Contaminación genética

Dispersión de transgenes en el ambiente



Impactos ambientales

Incertidumbres - Reflexiones

- Quiebre de resistencia por las plagas... 2 o más Cry
- Desarrollo de tolerancia de malezas... 2x HERBICIDAS



EVENTOS APILADOS

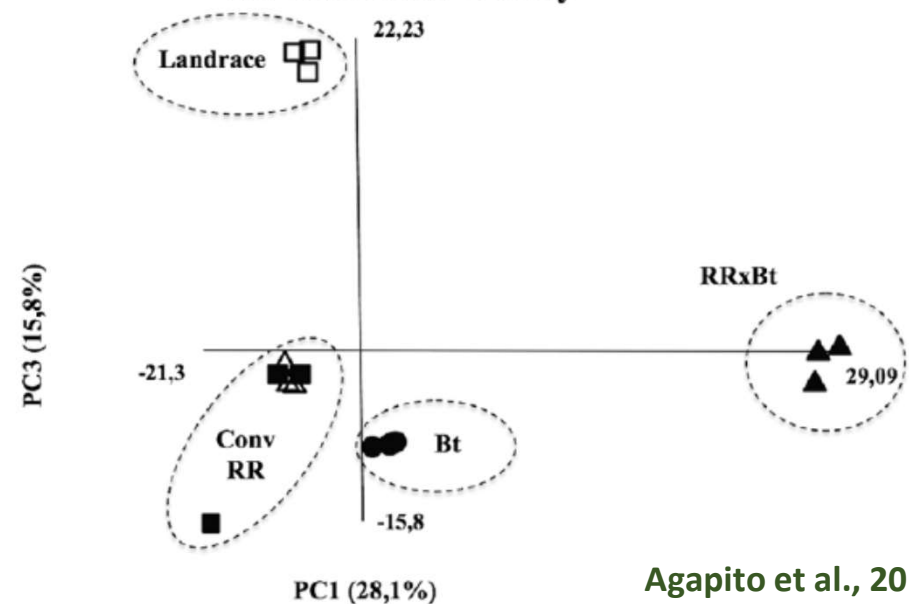
Cry x Herbicidas

Evaluación?

Efectos sinérgicos sobre organismos no blanco*

*Kurenbach et al., 2015;
Bohn et al., 2016; NAS, 2016

PCA Plot of stacked versus single maize events, conventional and landrace variety



Agapito et al., 2014

Impactos ambientales



Incertidumbres - Reflexiones

“EVIDENCIAS CIENTÍFICAS” – Efecto o No efecto

Con qué se compara. Qué y cómo se mide.
Dónde (laboratorio/campo). Plazos del estudio.

Evidencia contradictoria sobre la inocuidad de los transgénicos.
No concluyente. No existe consenso científico.

Más estudios, a largo plazo e independientes (NAS, 2016)

NATURALEZA: COMPLEJA
(comprensión limitada)

PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN
(medidas aún sin certeza de daño)

Impactos ambientales

Incertidumbres - Reflexiones

IMPACTO en Uruguay - MODELO PRODUCTIVO

Ausencia de evidencia $\neq$ evidencia de ausencia de efectos

Se ha evaluado? Monitoreo – [Glifosato]

Contaminación genética (maíz)

Uso masivo de agroquímicos

Degradación de suelos - aguas

NO SUSTENTABLE

INTERESES PARTICULARES vs BIENES COMUNES

ORDENAMIENTO TERRITORIAL (amb. vulnerables, coexistencia)

ALTERNATIVAS...



Eventos transgénicos aprobados para uso comercial en Uruguay

Evento	Empresa	Rasgo*	Proteína transgénica	Año
Soja				
GTS 40-3-2	Monsanto	TGli	CP4 EPSPS	1996
A2704-12	Bayer	TGlu	PAT	2012
A5547-127	Bayer	TGlu	PAT	2012
MON89788xMON87701	Monsanto	TGli /RL	CP4 EPSPS / Cry1Ac	2012
BPS-CV127-9	BASF	Tlmi	Crs1-2	2014
Maíz				
MON810	Monsanto	RL	Cry1Ab	2003
Bt11	Syngenta	RL/TGlu	Cry1Ab / PAT	2004
GA21	Syngenta	TGli	mEPSPS	2011
GA21xBt11	Syngenta	RL/TGlu,Gli	Cry1Ab/ PAT/ mEPSPS	2011
TC 1507	Pioneer / Dow	RL/TGlu	Cry1F / PAT	2011
NK603	Monsanto	TGli	CP4 EPSPS	2011
MON810xNK603	Monsanto	RL/TGli	Cry1Ab / CP4EPSPS	2011
TC 1507xNK603	Pioneer / Dow	RL/TGlu,Gli	Cry1F / PAT / CP4 EPSPS	2012
GA21xMIR162xBt11	Syngenta	RL/TGlu,Gli	mEPSPS / PAT vip3Aa20 / Cry1Ab	2012
MON89034xTC1507xNK603	Monsanto/Dow	RL/TGlu,Gli	Cry1A.105 / Cry2Ab2 / Cry1F / PAT / CP4 EPSPS	2012

***Rasgos:** **RL**, resistencia a lepidópteros; **TGli**, tolerancia a glifosato; **TGlu**, tolerancia a glufosinato de amonio; **Tlmi**, tolerancia a herbicidas del grupo de las imidazolinonas.

Tabla elaborada a partir de datos disponibles en: http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?22_gnbio_gnbio-ogms-autorizados-en-uruguay_Q.es.0,

Cultivos transgénicos autorizados en Uruguay

Se cultivan en nuestro país:

Maíz



Soja



Con resistencia a insectos



Tolerantes a herbicidas

Cultivos transgénicos con resistencia a insectos

Riesgos por la expresión del transgen:



Efectos de las proteínas insecticidas sobre organismos no-blanco

- A través de la trama trófica...
- Cambios en el metabolismo de arañas alimentadas con presas conteniendo proteínas Cry*



*Zhou et al., 2014. PlosOne 9(1)