

“Impacto ambiental de la adopción del arroz resistente a las imidazolinonas en sistemas contrastantes de América Latina”

Proyecto FTG-RG 0608

Ing. Agr. MSc. Néstor Saldain

Foto 1. Participantes en el Taller de Cierre

Los días 26 y 27 de abril del presente se realizó en la sede de INIA Treinta y Tres el Taller de Cierre del proyecto FTG-RG 0608 (financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) que fue liderado y administrado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

INIA conformó un consorcio de investigación junto a la Universidad Central de Venezuela en Maracay, el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Cali, Colombia, la Universidad Federal de Santa María, la Universidad Federal de Porto Alegre, el Servicio de Investigación Agrícola de la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos (ARS-USDA en inglés) con sede en el Centro Nacional de Investigación en Arroz Dale Bumpers (DBNRRRC en inglés) en Stuttgart, Arkansas, y la Universidad de California en Davis, USA.

El objetivo del proyecto fue la generación de información para realizar un uso racional de los herbicidas de las familias de las imidazolinonas y de los arroces Clearfield® resistentes a éstos para mantener viable esta tecnología a lo largo del tiempo.

Situación de la Tecnología Clearfield® en algunos países

Arkansas, suroeste de los Estados Unidos.
Dr. David Gealy, ARS-DBNRRRC-USDA

En la actualidad, el arroz Clearfield® abarca más del 60% del millón de hectáreas aproximadamente que cultivan de arroz en el estado por año, mientras que el resto se siembra con arroz no Clearfield® (convencional sin resistencia a las imidazolinonas). Más del 70% del arroz se rota

con soja. Ellos aplican el herbicida Newpath (imazetapir al 23%) realizando generalmente una aplicación en preemergencia y otra en postemergencia temprana. No recomiendan sembrar dos años seguidos en la misma chacra los arroces Clearfield®.

Como se aprecia en la Foto 2, los híbridos que se originan del cruzamiento entre el arroz rojo con los materiales Clearfield® cultivados el año anterior son mucho más tardíos que los padres y no llegan a producir semillas viables. Esta es la razón por la cual no se han detectado arroces resistentes al Newpath debido a cruzamientos naturales. Aún así, ellos recomiendan realizar un seguimiento de las chacras tratadas con Newpath y retirar todas las plantas que sobrevivan a las aplicaciones del mismo.



Foto 2.- Plantas híbridas altas y tardías (primera generación F1) producto del cruzamiento natural entre el material Clearfield® cultivado y el arroz rojo en el año anterior en una situación de alta presión de la maleza. Fotos tomadas el 6 de Octubre del 2009 en Arkansas. Gentileza Dr. David Gealy.

La reciente introducción de los híbridos de arroz Clearfield® (tipo indica), 23% del arroz total en el año 2009 en Arkansas, puede acarrear nuevos problemas, porque se facilitaría que se crucen con el arroz rojo común (el más frecuente es también tipo indica) dado que son compatibles y podrían generar híbridos que efectivamente produzcan semillas viables en la chacra.

En cuanto a la resistencia del capín al Newpath, se detectaron biotipos con resistencia en cinco chacras. Este hecho indujo a los productores a usar Command en preemergencia para controlar a los individuos resistentes y retardar su multiplicación en las chacras.

En cuanto a los cultivos subsiguientes después del arroz Clearfield®, la Universidad de Arkansas estableció en su manual para el control de malezas (MP-44) que no se debe sembrar arroz sin resistencia en la primavera siguiente debido a los daños que causa la persistencia de los residuos del Newpath en el suelo.

Brasil, Ing. Agr. MSc. Valmir Menezes, IRGA; Dr. Aldo Merotto, UFRGS; Dr. Luis Ávila, UFSM/UFPEL

Prácticamente, en Río Grande del Sur toda el área arrocerá estuvo infestada con arroz rojo siendo muy severo el grado de la misma. En la última zafra se sembraron unas 613548 has con arroz Clearfield®, bajo todas sus formas, representando el 52,4% del área bajo cultivo de arroz. La introducción de la Tecnología Clearfield® es la principal fuerza impulsora del aumento en un 40% en la productividad en los últimos 8 años con respecto a la media del período 1991-2002. Asimismo, se superó el millón de has en siete de las ocho últimas zafras, indicando que áreas abandonadas por problema de arroz rojo volvieron al cultivo. Se valora como positivo el aumento del área de la soja en la rotación con el arroz dado que contribuirá a la sustentabilidad de la Tecnología Clearfield® al permitir ampliar los principios activos disponibles para controlar las malezas.

Tiene vital importancia el suministro de semilla certificada de calidad (sin contaminación con arroz rojo), la aplicación de la dosis adecuada y el número de veces que se realiza, y el manejo del agua recomendado para un control eficaz entre otros factores. No obstante lo anterior, el uso inadecuado que los agricultores han realizado de la tecnología al sembrar su propia semilla contaminada con arroz rojo sin un control adecuado, permitió que se manifestaran algunos problemas que hacen a que la vida útil se vea reducida.

IRGA colectó en varios municipios de cada región productora las plantas de arces rojos que escaparon al control y detectaron que el 56, 71 y

68% de las poblaciones colectadas eran resistentes al Only (52,5% de imazetapir + 17,5% de imazapic) para las zafras 2006-07, 2007-08 y 2008-09; respectivamente. Se pudo verificar por medios de marcadores moleculares que esas plantas de arroz rojo eran resistentes al Only porque se habían cruzado con la variedad o el híbrido Clearfield®. Ese proceso ocurrió solamente en 5 años por lo que es un llamado de atención que demuestra que se debe involucrar a todos para asegurar un suministro de semilla seguro y de calidad, a precios competitivos y que en las chacras se debe implementar un monitoreo permanente para asegurar un seguimiento de aquellas situaciones que escapan a un manejo responsable. Esto es de primordial importancia cuando se liberan cultivos con estas características y exista una maleza emparentada con el mismo.

También, detectaron resistencia del capín al Only hasta ocho veces la dosis de etiqueta, con el agravante de que encontraron resistencia cruzada a otros herbicidas que actúan en el mismo sitio de acción (la enzima acetolactato sintetasa, ALS), como por ejemplo, el Ally (metsulfuron), Nominee (bispiribac), y el Ricer (penoxulam) de amplio uso en la región.

Los aspectos de persistencia del Only en el suelo (de las imidazolinonas en general) dependen de las condiciones ambientales, el tipo de suelo, su pH, profundidad del horizonte A y textura. Ellos han encontrado toxicidad en el arroz sin resistencia (arroz convencional) sembrado después del arroz Clearfield® sobre todo en un suelo con pH por debajo de 4,8 porque se retiene mucho herbicida que se libera cuando se inunda el arroz convencional, reduciendo drásticamente el rendimiento en variedades sensibles como IRGA 417 pero sin presentar reducción en el caso del IRGA 424.

El efecto adverso sobre el raigrás es muy variable en magnitud dependiendo del tipo de suelo y del manejo entre las zafras, mientras que para el caso del sorgo forrajero es necesario esperar un año después del arroz Clearfield® para cultivarlo sin perder productividad, principalmente en los suelos franco a franco arenosos y aquellos más ácidos.

Argentina, Ings. Agrs. MSc. Gustavo Arguissáin, INTA Concepción del Uruguay, y Alejandro Kraemer, INTA Corrientes

En la zafra que pasó se cultivaron alrededor de 245000 has con arroz. La infestación de arroz rojo es muy importante y severa en Santa Fe, algo menor en Entre Ríos con mayor incidencia en la parte centro sur de la provincia, abarcando un 24% del área sembrada en Corrientes y existen infestaciones de menor magnitud en las provincias del Chaco y Formosa. En el año 2005, INTA liberó la

variedad Clearfield® Puitá INTA CL conteniendo una nueva mutación. En la última zafra, el 29% del arroz sembrado en la Argentina fue con esta variedad, mientras que alcanzó un 80% del arroz cultivado en Santa Fe. En la misma, se recuperaron unas 15000 has para el cultivo que estaban abandonadas por problemas de arroz rojo.

Ellos detectaron arroz rojo y capín resistentes al Kifix (52,5% de imazapir + 17,5 % de imazapic) en la Argentina, aunque no están determinados los mecanismos involucrados en la resistencia para ninguna de las especies.

En Corrientes, no se recomienda la siembra de la variedad Yerúa (tipo japónica) dado que se comportó como más sensible a la presencia de residuos del herbicida cuando sembrada después del arroz Clearfield.

Colombia. Ing. Agr. MSc. Nelson Amézquita, Fedearroz

En este país se siembra alrededor de una 450000 has de arroz y en general el arroz rojo está presente en todas las zonas donde se cultiva arroz. Se realizan al menos dos cosechas de arroz al año en la mayor parte del área arrocería. Fedearroz lanzó recientemente las variedades Clearfield® CF Lagunas y CF Chicala.

Hace unos años atrás, el uso de la Tecnología Clearfield® creció, sin embargo, la aparición de problemas en los cultivos subsiguientes al arroz Clearfield® puso un freno a su desarrollo dado que no podía rotar con algodón y sorgo después de un ciclo de cultivo y no podían sembrar arroz y maíz después de dos ciclos consecutivos de arroz Clearfield®.

Actualmente incorporaron nuevos herbicidas en base a imidazolinonas como el Sweeper (imazamox al 70%), Euro Lightning (imazamox a 33g/l + imazapir a 15 g/l) y continúan con el Masterkey (imazapic al 70%). En ese período aprendieron a usarlos y dejaron claramente establecidos

la cantidad de días necesarios para sembrar los cultivos sensibles luego de la última aplicación de los herbicidas en el arroz Clearfield®.

Uruguay, Ing. Agr. MSc. Pedro Blanco (Director Interino Programa Nacional de Arroz, INIA)

En la zafra que finalizó se sembraron alrededor de 190000 has de arroz en el país. La infestación del arroz rojo es creciente y preocupante dado que el área afectada con arroz rojo aumentó desde un 52% en el 2003-04 a un 64% en 2008-09 (DIEA).

Entre los años 2005-2008 el área con arroz Clearfield fue menor a las 2000 has, creciendo después de la introducción de Puitá INTA CL a una tasa anual muy elevada superando las 10000 has en 2010-11.

En nuestras condiciones, BASF-Solaris recomiendan asperjar dos aplicaciones de 140 g/ha de Kifix, siendo la primera en preemergencia y la segunda en postemergencia temprana (20 días después de la emergencia del arroz), realizar un baño previo en caso de necesidad (suelo seco) para nacimiento del arroz, de las malezas y para activar el herbicida. Además, ellos recomiendan hasta dos años de cultivo de arroz Clearfield continuo.

Trabajos realizados en el país

Flujo de genes de cultivos Clearfield al arroz rojo en Uruguay, Dr. Fernando Pérez de Vida, Lic. MSc. Juan Rosas (INIA Programa Arroz)

En el país se encontró evidencia de cruza-mientos entre las variedades o híbridos Clearfield® cultivados y el arroz rojo en dos de tres situaciones evaluadas. Se ilustra este hecho, con el estudio en Noblía, Cerro Largo, en la zafra 2007-2008 (Tabla 1 y Foto 3) donde el manejo de la Tecnología Clearfield® no fue adecuado.

Tabla 1. Sectores de campo con diferente historia de uso de arroz Clearfield® Noblía, Cerro Largo. Zafra 2007-2008

Sector	"A"	"B"	"C"	"D"
Años Clearfield	0	1	2	3
Cultivar 1er año	-	-	-	CL 161
Cultivares 2do año	-	-	Puitá INTA CL	CL 161 + Puitá INTA CL
Cultivares 3er año	INIA Olimar	Puitá INTA CL	Puitá INTA CL	Puitá INTA CL
Uso de herbicidas	No	Si	Si	Si
Nro de aplicaciones	0	2	3	4
Presencia arroz rojo	Si	Si	Si	Si

Herbicidas de la familia de las imidazolinonas



Se confirmó por técnicas moleculares que las plantas de arroz rojo que sobrevivieron a las aplicaciones de Kifix (Tabla 2) eran producto de la hibridación con el CL 161 o con Puitá INTA CL. En pocas plantas de arroz rojo, se detectaron cruzamiento con los dos materiales Clearfield®.

Foto 3.- Izquierda: colecta de panojas individuales de arroz rojo en las distintas situaciones de Noblía, Cerro Largo. Zafra 2007-2008. Derecha: cruzamiento con arroz rojo, planta más violácea.

Tabla 2. Resultados de las aplicaciones de Kifix a las plantas de arroz rojo colectadas en Noblía, Cerro Largo Zafra 2007-2008

Sector del campo	Semillas sembradas	Plantas emergidas	Plantas tratadas	Plantas sobrevivientes	% resistentes
"A"	4268	3388	3000	25	0,7
"B"	3256	3594	2170	172	7,9
"C"	3344	2783	2479	1871	75,5
"D"	4556	3678	3298	2938	89,1
Total	15424	13443	12075	5006	41,5
Testigo resistente	52	40	36	36	100,0
Testigo susceptible	52	50	46	0	0,0

Tabla 3.- Resultados de la aplicación de inhibidores de la ALS en plantas de capín colectadas en Noblía, Cerro Largo. Zafra 2007-2008

Sector del campo	Kifix 140 g/ha	Nominee 100 g/ha	Agrimet 3 g/ha	Ricer 150 g/ha
	Porcentaje	de		sobrevivencia
"A"	0	0	51,3	0
"B"	0	0	73	0,6
"C"	0	0	97	0
"D"	44,8	1,1	24,8	0

Comportamiento del capín frente al Kifix con diferente historia de arroz Clearfield® en la zona Este del Uruguay. Ing. Agr. MSc. Néstor Saldain Programa Arroz INIA

En las mismas situaciones de Noblía se colectaron las panojas de las plantas de capín que escaparon a la aplicación de herbicidas en base a imidazolinonas en la zafra 2007-2008. De 1000 plantas de capín transplantadas para cada situación y cada herbicida, se logró determinar la tasa de sobrevivencia que se presenta en la Tabla 3.

El capín tratado con Kifix presentó la tasa más alta de sobrevivencia en la situación donde

más tiempo se cultivó arroz Clearfield® o más Kifix fue aplicado. Todos los capines se mostraron susceptibles al Nominee (bispiribac) y al Ricer (penoxulam). Agrimet (metsulfuron) no es un gramínida, no obstante, con temperaturas frías puede ser tóxico para el capín y contribuir a seleccionar individuos con mayor grado de resistencia.

Las curvas de dosis respuesta mostraron que el biotipo de la situación "D" necesitó una dosis letal media de 260 ± 45 g/ha mayor que la dosis de 140 g/ha que es suficiente para controlar al capín. No se observó resistencia cruzada en ese biotipo al Nominee ni al Ricer. Se está en proceso de determinar el mecanismo de resistencia involucrado en el biotipo resistente.

En la Foto 4 se muestra el biotipo resistente del sector "D" al frente y al fondo los otros biotipos de capín colectados en las situaciones "A", "B" y "C" cuando se les aplicaron dosis crecientes de Kifix.

Disipación del Kifix en el agua, suelo y su efecto en los cultivos subsiguientes en la zona Este del Uruguay. Ing. Agr. MSc. Néstor Saldain

La disipación de los principios activos del Kifix en el agua es muy rápida por lo que no existe riesgo de daño en caso de escape de agua desde una chacra con arroz Clearfield® hacia otra con arroz convencional.

El Polo Tecnológico de Pando de la Facultad de Química está determinando los residuos del Kifix en las muestras de suelos colectadas en experimentos conducidos en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna y en Casarone Agroindustrial, Río Branco. El objetivo es determinar la vida media de ambos y modelar para valorar el riesgo de su acumulación en el suelo bajo distintas intensidades de uso.

En cuanto al efecto en los cultivos subsiguientes, se aprecia en la Tabla 4 que en los suelos de Río Branco con 70% de arena en el horizonte superficial, se detectó disminución de la productividad en el trébol rojo y del raigrás por la persistencia de los residuos del Kifix; mientras que no existió efecto cuando se sembraron en un suelo con menos arena como los de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna (UEPL) para ninguna de las especies, excepto el trébol rojo que mostró una tendencia a disminuir también en este sitio aunque no significativa.

Hasta la fecha, en todos los estudios realizados después de un año de arroz Clearfield® no se detectó daño en las variedades de arroz convencionales. En el caso de sorgo forrajero se recomienda realizar una prueba con semillas de esa especie en muestras del suelo en el que se quiera sembrar, especialmente cuando se está frente a texturas francas a franco arenosas y con un horizonte A más profundo de lo

normal o se tuvo la necesidad de aumentar la dosis de Kifix en la última aplicación en el arroz Clearfield®.

Consideraciones generales

A la luz de la experiencia de otros países, de la información generada en este proyecto y de que debemos frenar la expansión y reducir las poblaciones de arroz rojo de nuestros sistemas productivos, surge claramente que debemos extremar los esfuerzos de coordinación entre todos los involucrados en el uso de la Tecnología Clearfield® para obtener el máximo provecho.

Para alcanzar esa meta, deberemos alentar un uso tal de la tecnología que genere la menor oportunidad de hibridación de los materiales Clearfield® con el arroz rojo, monitorear las chacras consideradas, retirar las plantas de arroz rojo que se escapen al control o evitar su semillazón, manejar la presión de selección del Kifix en otras malezas, realizando mezclas de tanque o secuencias con otros herbicidas, alternando las chacras para reducir la intensidad de uso de la Tecnología Clearfield®.

Está claro que si hacemos dos años seguidos de arroz Clearfield®, dejamos un año sin sembrar arroz o barbecho y volvemos a repetir la secuencia de la misma manera una y otra vez no vamos por buen camino, vamos rumbo hacia el precipicio. Creo que

Foto 4.- Dosis: 0; 17,5; 35; 70; 140; 280, 560 y 1120 g/ha de Kifix (izquierda a derecha). Al frente biotipo de capín resistente al Kifix de la zona "D" y al fondo capines susceptibles de las zonas "C", "B" y "A". Noblía, Cerro Largo. Zafrá 2007-2008.



Tabla 4. Efecto de la aplicación de Kifix sobre la producción de materia seca (kg/ha) a los 180 días de la siembra de las especies forrajeras sobre rastrojo de arroz Clearfield®

Especie forrajera	UEPL Treinta y Tres 2005-06			Casarone Agroindustrial Río Branco 2008-09		
	0	210	420	0	210	420
Dosis Kifix, g/ha	0	210	420	0	210	420
Trébol blanco Zapicán	242 a	733 a	381 a	1557 a	1738 a	1341 a
Trébol rojo LE 116	1755 a	818 a	1012 a	2003 a	1310 b	975 b
Raigrás INIA Cetus	1483 a	1475 a	1605 a	3046 a	2069 b	1677 b
lotus San Gabriel	1532 a	1625 a	2005 a	507 a	324 a	242 a

Las medias seguidas por la(s) letra(s) no difieren significativamente según el Test de la Mínima Diferencia Significativa al 5% en cada especie forrajera y dentro de cada sitio.

podemos realizar un par de años seguidos de arroz Clearfield®, aunque después deberemos bajar la intensidad de uso de la tecnología para reducir la presión de selección de individuos resistentes en el arroz rojo y otras malezas. Si hay mucho arroz rojo no conviene sembrar arroz sin resistencia porque el arroz rojo tiene mucha capacidad de producir semilla de manera abundante cuando no se lo controla.

También, surge la necesidad de llevar registros de lo que se observa en las chacras y en la medida

que se pueda referenciar los escapes. Así, damos un seguimiento más estrecho a los procesos.

A través del monitoreo de las chacras con el Servicio que INIA Treinta y Tres y BASF-Solaris implementarán por medio de técnicas moleculares de bajo costo, con buena precisión, se podrá detectar tempranamente las hibridaciones de arroz Clearfield® con arroz rojo, permitiendo planificar y diseñar un plan de acción acorde para esa chacra en particular.



**SU CONFIANZA ES
NUESTRO MAYOR LOGRO**



Montevideo
Plaza Independencia 812 / Piso 3
Tel: +598 2908 0374

José Pedro Varela
Gral. Artigas s/n
Tel: +598 4455 9014 / 9247

Río Branco
Cno. Los Saladeros s/n
Tel: +598 4675 2036 / 2874

Artigas
Ruta 30 km 134.5
Tel: +598 4772 9230