ALGUNOS ASPECTOS SOBRE DESARROLLO DE RESISTENCIA DE MALEZAS A HERBICIDAS

Hernando Pabón 2
Norberto Hernandez E .3
AgrEvo

Se ha establecido que el proceso por el cual el control de una maleza con un determinado agroquímico se hace cada vez más difícil, se debe a una presión de selección por la aplicación continua con un mismo herbicida,lo que conlleva a un incremento en la proporción de individuos que son natural y genéticamente resistentes al producto.

Debido al impacto negativo que tienen las malezas sobre el desarrollo y rendimiento final de un cultivo, el hombre ha creado diferentes métodos de control dentro de los cuales se destacan los herbicidas, que han sido sin duda alguna una herramienta de alta tecnología para el manejo de malezas, y que a su vez han permitido profundizar en aspectos fisiológicos de plantas. Dada la alta presión de selección con un mismo producto y la consecuente falla de control, se hace necesario volver a integrar diferentes labores Como las prácticas mecánicas y físicas, para así lograr un racional manejo de posibles casos de resistencia a herbicidas.

La resistencia de malezas a herbicidas es un fenómeno que ha venido aumentando a nivel mundial. El primer reporte de resistencia fue documentado en 1.964 (HRAC,1992) y desde entonces ha incrementado significativamente el número de casos de resistencia. Esto no quiere decir que se va a crear alarma, sino más bien a tratar de prevenirlos y/o retrasar la aparición del mismo.

Resistencia es la habilidad de una maleza a sobrevivir a un herbecida a una dosis que normalmente la controlaba. La resistencia es una ocurrencia natural y heredable en algunos biotipos de malezas dentro de una población (Valverde , 1995) esto quiere decir que en una población de millones de plantas, pueden existir 1 o 2 con un gen resistente a un herbicida.

1. MECANISMOS RELACIONADOS CON LA RESISTENCIA DE MALEZAS

Dentro del proceso de resistencia existen unos mecanismos que hacen que las malezas sean mis o menos agresivas y mecanismos de acción de los herbicidas que hacen que algunas plantas sean susceptibles o tolerantes a un determinado producto (Cuadro 3).

Los herbicidas afectan de manera muy distinta a las malezas. Dependiendo del tipo de producto se pueden afectar procesos relacionados por ejemplo con la síntesis de proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, sistema fotosintético, división celular, etc. Cuando se emplean productos con diferentes mecanismos de acción, se puede prevenir o retardar la aparición del fenómeno de resistencia (Green, 1990).

Este fenómeno involucra varios tipos de Resistencia-

Resistencia en el sitio de acción (SA), debido a una mutación de una proteína o de una enzima a nivel del sitio de acción, caso de las Sulfonitureas inhibidores de la enzima ALS (Green, 1990). Esta puede ser transmitida genéticamente.

Resistencia que no involucra el sitio de acción (NOSA): intervienen Oxidasas como Citocromo P450- los biotipos que presentan esta resistencia tienen mayor capacidad de degradar un herbicida. Ejemplo de este caso *Alopecurus myosuroides* vs.Chlorotoluron (Green, 1990).

Resistencia cruzada: se presenta cuando una maleza es resistente a herbicidas químicamente diferentes como resultado de un mismo mecanismo de resistencia; puede involucrar el SA ó el NOSA.

Resistencia múltiple: se presenta cuando las plantas tienen más de un mecanismo de resistencia (SA ó **NOSA)** sobre algunos o muchos herbicidas. Es el caso más difícil de manejar y probablemente el problema mis grave que concierne con el control químico de poblaciones de malezas (Fisher, 1 995).

2. RESISTENCIA DE *E. COLONA* AL PROPANIL

El descubrimiento del Propanil (3,4 dichloropropionanilida), hace más de treinta aflos, trajo consigo muchos beneficios para el productor arrocero, sin embargo, el uso continuo que ha tenido el producto en varios países de América ha generado biotipos de E *colonia* tolerantes a[herbicida. El Propanil es metabolizado a 3,4-dichloroanilida, reacción catalizada por la enzima Aryl Acylamidasa. En arroz el alto nivel de actividad de esta enzima le confiere tolerancia al herbicida (Fisher, 1993)(Leah, 1994). Este mismo proceso se presenta en los biotipos tolerantes de E *coiona,* donde se presenta una rápida degradación del compuesto debido a alta concentración de la enzima en las plantas. En Colombia y Costa Rica se reporta la resistencia de E *colona* al Propanil, (Fisher, 1993)(Valverde, 1995)

A nivel mundial se reportan otros casos de resistencias de *E. colona* a diferentes herbicidas empleados comercialmente en arroz (Simposio Internacional, España, 1995)-

Thiobenr-arb	(China y Egipto)
Butachlor	(China)
Quinclorac	(España)
Fenoxaprop	(Costa Rica)
Pendimethalin	(Bulgaria).

Para el caso del Fenoxaprop en Costa Rica, el departamento de Investigación y Desarrollo de AgrEvo-Colombia inició un monitoreo para este herbicida a nivel del área arrocera del norte de Latinoamérica. A la fecha se han evaluado 37 muestras procedentes de Costa Rica, República Dominicana, Venezuela, Colombia, Ecuador y Cuba. Los resultados permiten concluir que solo dos muestras procedentes de Costa Rica evidenciaron pérdida de susceptibilidad al Fenoxaprop; las restantes poblaciones (92 %) fueron susceptibles al herbicida (cuadro 1).

3. PROCESO PROPUESTO PARA EVALUAR EN CAMPO LA RESISTENCIA DE MALEZAS A HERBICIDAS

3.1. Historial del lote- ayuda a definir si el problema de resistencia es debido al producto u otros factores.

3.2. Evaluación del fenómeno: en caso de que se sospeche del problema de resistencia, debe determinarse mediante el proceso de experimentación (ajustado al método científico) si existe o no el problema. Se sugiere analizar las dosis de 0.5X, 1X, 2X y 4X, donde X es la dosis Comercial del producto. Siempre compara con un biotipo resistente y un biotipo susceptible.

3.3. Comunicación de información vivida- el proceso de experimentación debe generar una información vivida y científica que permita analizar el problema para la toma de medidas necesarias.

3.4. Desarrollo de soluciones locales: no se puede generalizar el manejo de un problema. Debe analizarse la situación local y sus causas para generar algunas alternativas de manejo.

3.5. Capacitación a nivel usuario- se debe informar a los usuarios sobre el problema, sus causas y posibles alternativas de manejo.

Es importante tener en cuenta que no control no siempre significa resistencia-, pueden estar involucrados otros tipos de problemas como por ejemplo condiciones de aplicación, suelo, temperatura, tipo de malezas, etc.

4. PREMISAS PARA EL MANEJO DE RESISTENCIA DE MALEZAS

4.1. Rotación de cultivos.
4.2. Cambios en los sistemas de cultivo.
4.3. Evitar la propagación de malezas.
4.4. Implementación de métodos no químicos.
4.5. Uso de herbicides con diferentes mecanismos de acción.
4.6. Empleo de productos sinergistas de herbicides
4.7. Veda (no siembra) en lotes con problema confirmado.

Dentro de la alternative del uso de productos Sinergistas, AgrEvo-Colombia ha venido adelantando Investigación a nivel de laboratorio y campo con el herbicide organofosforado Anilofos como sinergista de Propanil. Estos productos organofosforados interfieren con la enzima Aryl Acylamidasa (Leah, 1995), permitiendo que el Propanil siga actuando como herbicide sobre E *colona.*

Los resultados permiten concluir que Anilofos (300 g ia/ha) en mezcla de tanque con Propanil a dosis comercial controla eficientemente E *colona* resistente a este herbicidal evidenciándose el efecto sinérgico sobre la maleza. La selectividad al cultivo no se afecta negativamente. (cuadro 2).

5. ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR DENTRO DEL PROGRAMA DE MANEJO

5.1. Aspectos relacionados con la maleza

Dependiendo del tipo de gen, dominante o recesivo, involucrado en el proceso de resistencia, se tienen las diferentes alternatives de manejo:

Cuando el tipo de gen es dominante se debe evitar la dispersion de semillas y se sugiere aplicar herbicides de amplio espectro en presiembra. Si el gen es recesivo y hay alogamia en la especie, se sugiere sembrar en los bordes del lote biotipos susceptibles para facilitar el cruce de polen (HRAC, 1992).

Alogamia vs. autogamia. Alogamia implica mayor diversidad genética, mayor intercambio genético y presencia de mecanismos de resistencia múltiple, lo que hace más dificil el manejo de resistencia. En el caso de autogamia se sugiere realizar rotación de productos, mezclas y/o secuencias de acuerdo al mecanismo de acción (HRAC, 1992).

5.2. Aspectos relacionados con el herbicida

Cuando en el sitio objetivo de acción del herbicide esti involucrado un gen simple, el reducir la dosis del producto y/o frecuencia no ejerce presión de selección, pero si esti involucrado un sistema poligénico en el metabolisms del producto, el reducir la dosis y/o frecuencia de aplicación tiende a ejercer mayor presión de selección .

Si el proceso de resistencia está involucrado con un sitio de acción, el emplear productos con diferentes mecanismos de acción, rotación, mezclas y secuencias favorece un adecuado manejo del problema, pero si el fenómeno de resistencia está relacionado con procesos metabólicos (diferentes rutas metabólicas de detoxificación), la rotación de productos, mezclas y/o secuencias no favorece un adecuado manejo del problema.

6. RECOMENDACIONES GENERALES

Antes de que el control de malezas en el campo falle debido a problemas de resistencia se sugiere desarrollar diferentes pruebas de laboratorio/campo con el fin de detectar posibles causas de falla en control (cuadro 4) y tener en cuenta los siguientes aspectos generales,

6.1. Elaborar el historial de los lotes de cultivo- productos aplicados, fechas, dosis, clase de cultivo, etc.
6.2. Implementar la rotación de cultivos.
6.3. Emplear productos con diferentes mecanismos de acción para el control
6.4. de una maleza problema.
6.5. Donde sea posible, utilizar mezclas o rotación de herbicidas con diferentes mecanismos de acción.
6.6. Implementar el uso de otras prácticas para el control de malezas: control cultural, control fisico, control mecánico, etc.
6.7. Emplear semilla certificada para evitar dispersión de semillas con problema de resistencia.
6.8. En lotes donde se halla determinado problema de resistencia, emplear herbicidas no selectivos de amplio espectro en presiembra para evitar producción de semilla.
6.9. Crear comités de Resistencia de Malezas que ayuden a determinar la problemática en cada región y sugerir las mejores alternativas de solución.

La estrategia es cambiar los sistemas tradicionales en los cultivos para reducir la presión de selección.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Fisher, J.A., E. Granados, and D. Trujillo. 1993. Propanil resistance in populations of jungle-rice *(Echinochloa colona)* in Colombian rice fields. Weed Science. 41-201-206.

2. Fisher, J.A. y H. Pabon. 1995. Desarrollo de Resistencia a herbicides en poblaciones de malezas. Revista Comalfi-ISSN 0120-0682. 23(2)- 7-19.

3. Green, M.B., H.M. Le Baron, and W.K. Moberg. 1990. Managing Resistance to Agrochemicals. In American Chemical Society. Washington D.C.

4. Herbicide Resistance Action Commiftee (HRAC). Publication, May 1992.

5. Leah, J.M., J.C. Caseley,- C.R. Riches, and B. Valverde. 1995. Association between elevated activity of aryl acylamidase and propanil resistance in jungle-rice, *Echinochloa colona.* Pesticide Science. 42-. 281-289.

6. Leah, J.M., J.C. Caseley, C.R. Riches, and B. Valverde. 1995. Agerelated mechanism of propanil tolerance in jugle-rice, *Echinochloa colona.* Pesticide Science. 43: 001-008.

7. Cuadro 1. Respuesta de diversas accesiones de Echinochloa colona y E. crus-galli al Fenoxapropp-etil y al

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

8. Propanil, aplicados en el estado de desarrollo de 3-4 hojas. Centro Experimental AgrEvo, Rozo. Cali-Colombia. 1.996

Tabla 1. Respuesta de diversas accesiones de Echinochloa colona y E. crus-galli al Fenoxaprop-p-etil y al propanil, aplicados en el estado de desarrollo de 3-4 hojas. Centro Experimental AgrEvo, rozo. Cali-Colombia. 1996

Origen de la muestra	N o. de aplicaciones de Fenoxaprop en los últimos 5 años.	fenoxaprop-p-etil (g ia/ha) 16.9 (0.5x)	33.8 (1x)	67.6 (2x)	Propanil (g ia/ha) 1440 (0.5x)	2880 (1x)	5760 (2x)
		Porcentaje de control, 21 días despúes de aplicación*					
Colombia-Llanos	10	98	98	98	18	28	30
Colombia-Llanos	10	100	100	100	23	25	50
Colombia-Llanos	10	100	100	100	15	35	34
Colombia-Llanos	7	99	99	99	27	52	70
Colombia-Llanos	5	98	98	98	10	20	30
Colombia-Llanos	4	100	100	100	30	6	41
Colombia-Llanos	0	99	100	99	19	49	59
Colombia-Tolima	8	100	100	100	12	20	32
Colombia-Tolima	7	96	96	96	26	26	30
Colombia-Tolima	5	69	97	97	54	73	99
Colombia-Tolima	5	100	100	100	10	17	26
Colombia-Cucuta	7	100	100	100	29	19	32
Colombia-Cúcuta	7	98	100	100	26	26	53
Colombia-Cúcuta	8	50	97	99	10	35	47
Colombia-Cúcuta	6	79	99	98	37	42	42
Colombia-Cúcuta	2	96	99	99	28	24	44
Colombia-Cúcuta	2	95	97	99	23	43	51
Colombia-Cúcuta	2	95	99	99	24	52	62
Colombia-Cúcuta	0	96	97	97	24	28	44
Costa Rica	10	45	55	59	29	31	65
Costa Rica	7	55	67	90	53	53	77
Costa Rica	5	54	99	99	27	21	58
Costa Rica	5	67	100	100	0	21	45
Costa Rica	0	30	64	97	15	22	42
República Dominicana	6	99	100	100	83	95	100
República Dominicana**	6	99	100	100	97	100	100
República Dominicana**	1	100	100	100	58	83	100
República Dominicana	0	99	100	100	80	92	97
República Dominicana	0	97	97	100	55	77	94
Venezuela	5	55	98	96	10	92	92
Venezuela	2	99	99	100	85	93	98
Venezuela	1	99	99	99	82	94	91
Venezuela	0	99	99	100	94	88	98
Venezuela	0	97	99	100	19	45	60
Venezuela	0	97	99	100	10	29	55
Ecuador	7	99	99	100	50	51	67
Cuba	0	90	96	98	93	97	98

*Porcentaje de control tomado como disminución del peso seco respecto al testigo absoluto

**E.crus-galli*

Tabla 2. Efecto sinérgico de un herbicida Organofosforado+Propanil sobre E. colona resistente al Propanil. Centro Experimental AgrEvo, Rozo Cali-Colombia, 1995

TRATAMIENTO	DOSIS (g ia / ha)	PESO SECO (G), 14 DDA aplic.2 hojas	aplic.3 hojas	% CONTROL 14 DDA- aplic.2 hojas	aplic.3 hojas
Testigo absoluto		5,25 e	5,67 d		
Anilofos 30 EC	300	1,92 dc	1,91 b	63,9	65,9
Anilofos 30 EC	450	1,39 bc	1,88 b	73,2	67
Propanil 48 EC	1920	2,22 d	4,02 c	57,5	28,6
Propanil 48 EC	2880	1,33 b	3,71 c	74,5	33,9
Anilofos 30 EC+	300+	0,30 a	0,32 a	94,3	94,4
Propanil 48 EC	1920				
Anilofos 30 EC+	450+	0,20 a	0,14 a	96,2	97,5
Propanil 48 EC	1920				
Anilofos 30 EC+	300+	0.05 a	0,14 a	99	97,4
Propanil 48 EC	2880				
Anilofos 30 EC+	450+	0.05 a	0.08 a	99	98,6
Propanil 48 EC	2880				

% control Abbott de aguerdo al peso seco de la maleza.

DDA: dias después de aplicación

CV = 20.1 %

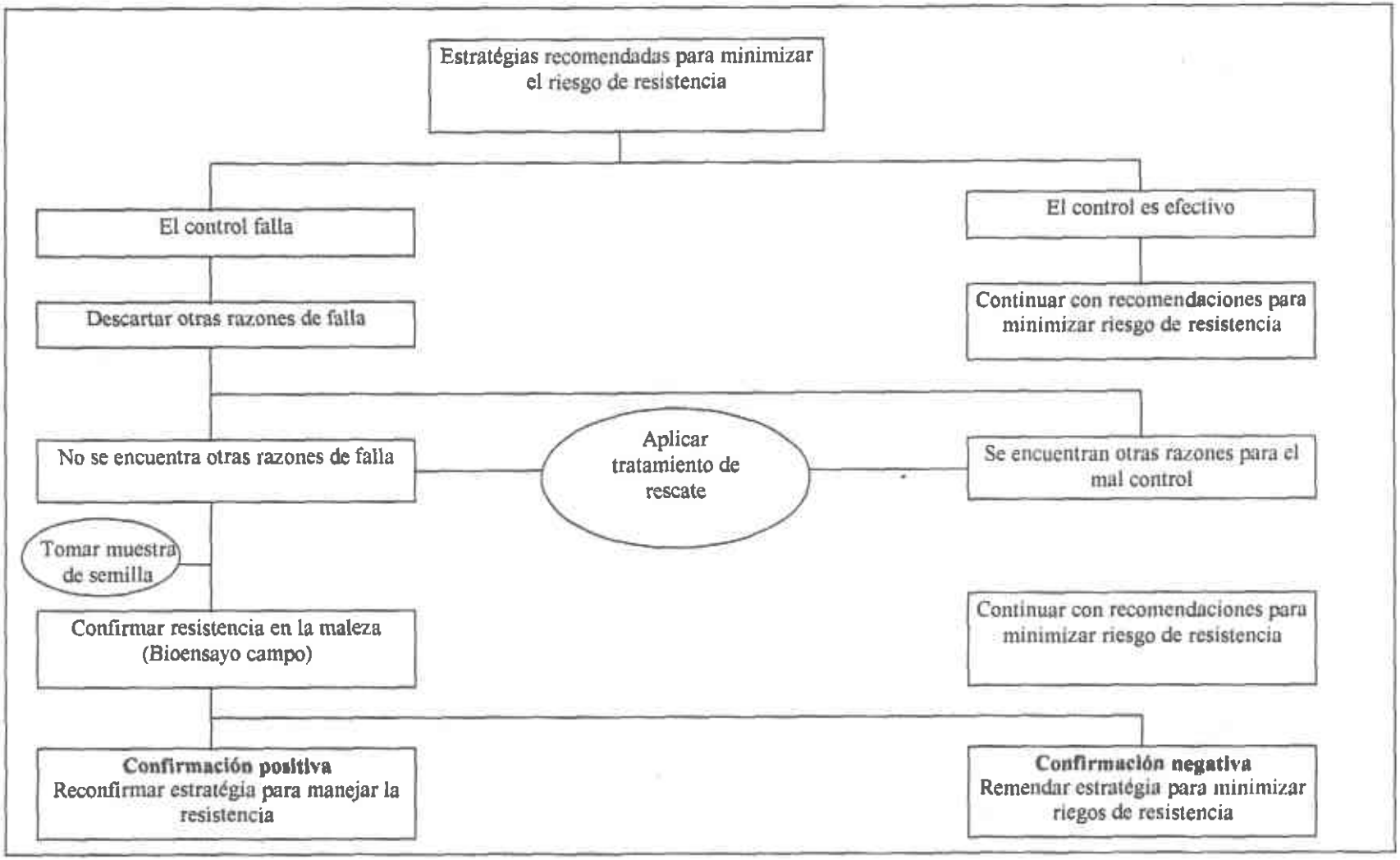
Semilla de *E. colona* proveniente de la zona arrocera de Cúcuta

Tabla 3. Mecanismos de accion de herbicidas empleados en arroz

MECANISMO DE ACCION	PRODUCTOS														
	GLI	PAR	*OXI*	*OXA*	PEN	THI	CLO	BUT	PRO	FEN	BEN	2,4D	MET	QUI	PRE
FOTOSINTESIS		X							X		X				
LIPIDOS			X	X		X				X					
AMINOACIDOS	X												X		
PIGMENTOS				X			X								
CLOROFILA				X											
DIVISION CELULAR					X	X		X				X			X
HORMONAS						X				X		X		X	
PROTEINAS						X		X							X
RESPIRACION			X												
ACIDOS NUCLEICOS								X				X			X

Glifosato; Paraquat; Oxifluorfen; Oxadiazon; Pendimetalin; Thiobencarb; Clomazone; Butachlor; Propanil; Fenoxaprop; Bentazon; 2,4D; Metsulfuron metil; Quinclorac; Pretilachlor.

Tabla 4. Toma de decisiones para la detección y manejo de la resistencia de malezas a herbicidas (Fuente: Herbicide Resistance Action Committee-HRAC).



La coordinación del Programa *Epidemiología Vegetal* de CORPOICA agradece el apoyo y participación de:

Dr. RAFAEL AUBAD LOPEZ, Director Ejecutivo de CORPOICA

Dr. JUAN JARAMILLO VASQUEZ, Subdirector Sistemas de Producción, CORPOICA

Dra. LAURA RUGELES CHACON y demás funcionarios de la Oficina de Desarrollo Humano de CORPOICA.

Dra. DALIA ROSA BLANCO DIAZ, Departamento de *Suministros* y Servicios, Regional 1, CORPOICA

AGREVO

CONFERENCISTAS

Estudiantes, secretaria y profesionales del **Programa Nacional Epidemiología Vegetal** de CORPOICA