

# Control Químico de *Rottboellia cochinchinensis* en el Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica: Avances de Investigación

*Roberto Alfaro Portugal\**  
*Randall Ocampo Chinchilla*  
*Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA*  
*e-mail: [ralfaro@laica.co.cr](mailto:ralfaro@laica.co.cr)*  
*[rocampo@laica.co.cr](mailto:rocampo@laica.co.cr)*

## Resumen

Se establecieron diversos trabajos de investigación en campo e invernadero con el objetivo de identificar las capacidades de los principales herbicidas Pre emergentes y post emergentes solos y en mezcla, con y sin adyuvantes para el control de la maleza *Rottboellia cochinchinensis*, seleccionada para estos estudios por su importancia económica y facilidad en el manejo de su semilla y plántulas. En pre emergencia se valoraron 9 herbicidas de los cuales Pendimetalina 50 EC ( 2.5 L/ ha), Isoxaflutole 75 WG (0.10 kg / ha), Hexazinona 75 WG ( 0.8 kg / ha ), Clomazone 48 EC (1.5 L / ha) y Terbutiuron 50 SC ( 2.5 L / ha), lograron un control superior al 98 % de la semilla de esta maleza en condiciones de Invernadero. En diferentes órdenes de suelo (Molisol, Inceptisol, Vertisol y Ultisol) estos herbicidas presentaron respuestas diferenciadas en sus capacidades de control, así como en su residualidad. El herbicida Pendimetalina 50 EC a 2.5 L / ha, presentó el mayor control y Hexazinona 75 WG a 0.8 kg / ha la mayor residualidad 90 días después de la aplicación en todos los órdenes de suelo. En el suelo Ultisol todos los herbicidas lograron el mayor control de la maleza. Al evaluar estos herbicidas ante la posible interferencia del rastrojo de cosecha, Pendimetalina 50 EC en la dosis de 2.5 L / ha logró un 100 % del control, los demás herbicidas no alcanzaron valores satisfactorios. Para evaluar el comportamiento de la Pendimetalina 50 EC e Isoxaflutole 75 WG en condiciones de sequía, se realizaron aplicaciones sobre semilla sembrada en un suelo Vertisol totalmente seco, los cuales recibieron humedad paulatinamente cada 10 días y en las evaluaciones el herbicida Isoxaflutole mantuvo un control superior al 80 % sobre la maleza 20 días después de la aplicación y Pendimetalina presentó un control del 100 % durante los 40 días de ejecución de la prueba.

También se valoró la tolerancia de diferentes variedades comerciales y promisorias a algunos herbicidas pre emergentes mediante la medición del tamaño y peso de los hijos tres meses después de la germinación. Los resultados revelaron que en algunos casos los herbicidas provocaron fitotoxicidad al presentar los hijos de algunas variedades menor peso y tamaño que su respectivo testigo sin aplicación del herbicida analizado. Otras variedades no presentaron ningún efecto negativo y por el contrario los hijos presentaron un mayor desarrollo que el tratamiento testigo. Quedó demostrado que la susceptibilidad o tolerancia a los herbicidas es un aspecto primeramente genético y que depende también de la residualidad del herbicida.

Se seleccionaron además cuatro herbicidas sistémicos y de acción post emergente y se aplicaron en diferentes etapas de crecimiento de la maleza desde los 6 cm hasta la post floración con el objetivo de evaluar su poder gramínicida, lo que facilitó su clasificación de acuerdo a su capacidad de control, el cual fue de mayor a menor en el siguiente orden: Hexazinona, Diuron Terbutrina y Ametrina.

\* *Ing. Agr. Roberto Alfaro Portugal, Programa Agronomía. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA. Teléfono: 24-94-1129/24-947555. E-mail: [ralfaro@laica.co.cr](mailto:ralfaro@laica.co.cr)*

Estos resultados permitieron estructurar las mezclas y valorar en condiciones controladas (Invernadero) todas las posibles combinaciones y dosis crecientes de cada uno de los herbicidas, resultando evidentes la presencia de Antagonismos y Sinergismos entre algunos herbicidas. Aprovechando esta condición, se logro un buen accionar de algunas mezclas con las dosis mas bajas evaluadas al ser estas aplicadas sobre plantas en estado de prefloración. Simultáneamente y en las mismas condiciones de invernadero se evaluaron 11 adyuvantes comerciales en cada uno de los herbicidas post emergentes logrando determinar también compatibilidades e incompatibilidades entre ellos manifestados en un mayor o menor control de la maleza en estado de pre floración.

Se seleccionaron aquellos adyuvantes que brindaron una mayor mortalidad y afección de plantas con los herbicidas de cada mezcla y estas con las dosis mas bajas fueron evaluadas en el campo en diferentes ambientes, logrando resultados satisfactorios y controles superiores al 80 % en plantaciones infectadas con esta perniciosa maleza. Quedó demostrado con estos resultados en el control de *Rottboellia cochinchinensis* la presencia de antagonismos y sinergismos entre los herbicidas post emergentes. También se evidenció afinidad entre algunos adyuvantes y mezclas de herbicidas, por lo que la generalización en su uso no es lo mejor si se quiere obtener un mayor control y un bajo costo.

## Introducción

Costa Rica posee una gran variabilidad de condiciones climáticas a lo largo de todo su territorio nacional. Esta variabilidad permite que la caña de azúcar se cultive desde los 0 hasta los 1500 m.s.n.m con precipitaciones que se registran entre los 1700 y 3900 mm acumulados por año y temperaturas variables que permiten a la vez la presencia de una gran diversidad de especies de malezas que compiten con dicho cultivo.

La agresividad con que crece una maleza está directamente relacionada con el ambiente en que se desenvuelve (condiciones climáticas y edáficas), razón por la cual en las diferentes regiones del país donde se cultiva la caña de azúcar se emplean diferentes mezclas y dosis de herbicidas para el control de dichas malezas.

Una de las malezas mas perniciosa e importante para el cultivo de la caña de azúcar es la *Rottboellia cochinchinensis* conocida como “caminadora” o “invasor” la cual cuenta con una alta capacidad competitiva y rápida diseminación, característica que la ha convertido en una de las gramíneas mas difíciles de controlar en este y otros cultivos.

Las pérdidas ocasionadas por esta maleza en la caña de azúcar se estima en caña planta entre un 35 y un 60 % y entre un 30 y un 40 % en lotes con caña de retoño, presentando los valores más altos en aquellas áreas de cultivo donde la “caminadora” se encuentra en un mayor grado de infestación (Villegas et al 1994).

Muchos son los factores que han incidido para que el control de esta maleza no haya sido lo más efectivo, provocando mayores perdidas en el cultivo, altas infestaciones y una posible e inevitable resistencia de algunos herbicidas utilizados para su control. Entre los factores mas importantes se pueden mencionar los siguientes:

- 1) El uso permanente de mezclas y dosis inadecuadas han provocado un control insuficiente de esta maleza, induciendo con ello a la necesidad de realizar varias

aplicaciones, incrementando los costos, perjudicando los rendimientos del cultivo y contaminando el medio ambiente.

- 2) El control tardío de la maleza, por su tamaño ha provocado que las mezclas y sus dosis sean inapropiadas para lograr el control adecuado, permitiendo además la liberación de grandes cantidades de semillas, destinadas a incrementar las poblaciones futuras de esta y otras malezas.
- 3) El uso frecuente de herbicidas post emergentes y de una reducida acción pre emergente ha provocado un pésimo control de la semilla depositada por muchas generaciones en el suelo y con ello se ha dado una continua y mayor presión de la maleza en el campo.
- 4) La caña de azúcar en Costa Rica se cultiva en diferentes órdenes de suelo, todos con diferentes características que inciden positiva o negativamente en el accionar de los herbicidas aplicados al suelo. Aspectos como Textura, contenido de Materia Orgánica, Ph entre otros son determinantes para elegir los mejores herbicidas y sus mezclas.
- 5) La presencia de residuos de cosecha con la política de no quema de los cañales, y su posible interferencia en el uso de herbicidas pre emergentes, son aspectos que se deben investigar, si se quiere lograr un mayor y mejor control de las malezas.
- 6) La utilización de herbicidas en condiciones de baja humedad en el suelo, posterior a la cosecha también son aspectos que deben considerarse para lograr un control más oportuno y eficiente de las malezas en esta condición.

Actualmente el mercado de agroquímicos ofrece diversas alternativas para el control de esta maleza, por lo que es necesario considerar previamente a una elección los aspectos antes mencionados para lograr en cada condición y en forma más precisa utilizar las mezclas de herbicidas que brinden un mayor y mejor control sobre esta y todas las demás malezas que invaden las áreas cañeras.

Para el control químico de *R. cochinchinensis*, se han utilizado diversos tipos de herbicidas en pre emergencia y post emergencia, solos y en mezcla y por lo general utilizados y recomendados con base en estudios realizados en otras latitudes y con condiciones agro-climáticas diferentes a nuestro medio. Nuevos herbicidas utilizados en otros cultivos como Arroz, maíz y Sorgo entre otros han sido recomendados en la caña de azúcar, posiblemente con buenos resultados en el control, pero sin valorar efectos fito tóxicos y de residualidad en los suelos aplicados.

Esta situación por desconocimiento ha provocado, un uso inadecuado de los herbicidas, y con ello un pésimo control de esta y otras malezas importantes por parte de los productores cañeros durante muchos años. Como resultado de un mal manejo hoy día los campos de cultivo se encuentran inundados de esta maleza y con consecuencias más graves como es la presencia de plantas tolerantes a los principales herbicidas.

Ante esta situación y la necesidad de brindar al productor cañero, alternativas de control económicas y efectivas, DIECA ha desarrollado un programa de investigación continuo, en esta particular maleza y cuyos principales resultados se expondrán en este documento.

Cabe mencionar que muchos de los resultados aquí presentados son el producto de diversas repeticiones y cuentan con su respectivo análisis estadístico, publicado con

mucho mayor detalle en publicaciones independientes y memorias de Congresos donde han sido expuestos para su análisis y discusión. Aquellos que por diversas razones no cuenta con su análisis estadístico se han establecido en diferentes épocas y ambientes para asegurar sus resultados.



**Figura 1: Plantación de Caña de Azúcar Invasada por *Rottboellia cochinchinensis* en el Cantón de San Carlos. Agosto 2007.**

## **I. Herbicidas Pre emergentes**

### **1.1 Evaluación de Diferentes Herbicidas Pre emergentes en el Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Condiciones de Invernadero.**

Para lograr un control efectivo de *R. cochinchinensis* se requiere establecer en cada finca todo un programa de control que permita enfrentar a largo plazo a esta maleza.

En dicho programa se deben identificar y orientar todas aquellas acciones debidamente planificadas a reducir a la mayor brevedad la cantidad de semilla en los campos y disminuir así su potencial de propagación.

Para ello se requiere además de utilizar las mejores mezclas de herbicidas post emergentes, incorporar a las mismas, herbicidas pre emergentes que ayuden a disminuir la presión de nuevas plántulas en los lotes cultivados.

En el Mercado de los agroquímicos existen un buen número de herbicidas con capacidad según indica el fabricante de controlar la *R. cochinchinensis* en pre emergencia a la maleza, pero no se indica medida alguna de esa capacidad y residualidad sobre todo cuando los mismos presentan una amplia diversidad de precios.

Ante esta disyuntiva, se establecieron trabajos de investigación de campo e invernadero dirigidos a aclarar estas dudas y determinar cual o cuales herbicidas ofrecen el mejor control, la mayor residualidad y el menor costo, sin perjudicar la productividad del cultivo.

Se procedió a seleccionar aquellos herbicidas capaces de controlar *R. cochinchinensis* en preemergencia y los mismos con sus respectivas dosis utilizadas así como su precio, se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1**  
**Características de los Herbicidas Evaluados en estos Estudios**

Nombre	Concentración	Dosis/ha	Clase	Costo \$/Ha
Genérico	y Formulación		Herbicida	
Metribuzin	48 SC	2,0 L	Triazina	37,87
Acetoclor	90 EC	2,5 L	Acetanilida	25,25
Pendimentalina	50 EC	2,5 L	Dinitroanilina	27,00
Isoxaflutole	75 WG	0,11 Kg	Isoxazoles	19,91
Hexazinona	75 WG	0,8 Kg	Triazina	46,21
Terbutrina	50 SC	4 L	Triazina	37,68
Clomazone	48 EC	1,5 L	Isoxazoles	45,05
Orizalina	48 SC	1 L	Dinitroanilina	26,14
Terbuthiuron	50 SC	2,5 L	Urea	73,98
Atrazina	90 WG	3 Kg	Triazina	19,91
Imazapir	24 SC	1 L	Imidazol	31,37
Oxifluorfen	12 EC	2.5 L	Difenil Eter	40,80

**US \$ = ₡ 510**

**Nota : Metribuzin y Atrazina no se consideran Herbicidas Pre Emergentes**

## Metodología y Resultados

El ensayo se estableció en un Invernadero ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur del cantón de Grecia, Alajuela, a una altitud de 1000 msnm y una temperatura media de 23 C°, condiciones apropiadas para el desarrollo de la maleza *R. cochinchinensis*. Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m<sup>2</sup>.

En la siembra se depositó un total de 100 semillas en cada unidad experimental y luego se colocó sobre las mismas una capa de tierra de 1cm de espesor. Se seleccionaron 9 herbicidas del Cuadro 1 y para su aplicación se utilizó una bomba de espalda provista de un regulador de presión de 35 lbs y una boquilla 8003 calibrada para una descarga de agua de 659 litros por hectárea.

Se realizaron evaluaciones a los 30-60 y 90 días y las variables obtenidas fueron: porcentaje de plantas de *R. cochinchinensis* germinadas respecto al testigo y además en cada tratamiento

se valoró el peso y tamaño de las plantas que lograron germinar por cuanto algunos herbicidas aunque no impiden la germinación pueden interferir en crecimiento y desarrollo de la maleza.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados en el porcentaje de germinación en los tres periodos de germinación y como se observa en el mismo, el tratamiento con el herbicida **Orizalina** presentó un alto porcentaje de plantas germinadas (25,21 %) y logró a los 90 días reducir significativamente las mismas a un 2,38 %.

**Cuadro 2**  
**Porcentaje de Plantas de *Rottboellia cochinchinensis* Germinadas**

Tratamientos	% Plantas Germinadas		
	30 días	60 días	90 días
Orizalina	25,21	1,55	2,38
Hexazinona	2,56	0,93	2,95
Isoxaflutole	1,65	3,07	3,75
Clomazone	0,00	0,93	3,89
Terbuthiuron	1,71	1,85	4,54
Pendimetalina	0,00	0,00	5,12
Acetoclor	32,99	33,19	32,43
Terbutrina	56,74	58,76	59,74
Metribuzin	76,91	85,86	81,56
Testigo	100	100	100

Los tratamientos con **Hexazinona**, **Isoxaflutole**, **Clomazone**, **Terbuthiuron** y **Pendimetalina** controlaron eficientemente la maleza desde su aplicación hasta los 90 días. Por otra parte los herbicidas **Acetoclor**, **Terbutrina** y **Metribuzin** no lograron un control tan efectivo culminando con un 32,43 %, 59,74 % y un 81,56 % de germinación respectivamente. El herbicida Pendimetalina controló la totalidad de la maleza a los 30 y 60 días sin embargo algunas plantas aparecieron a los 90 días, esta reducción en la residualidad realmente es poco significativa sobre todo si se considera el periodo post aplicación del herbicida.

**Cuadro 3**  
**Porcentaje de Plantas Germinadas, Peso y Tamaño de *Rottboellia cochinchinensis* 90 Días Posteriores a la Aplicación de los Herbicidas**

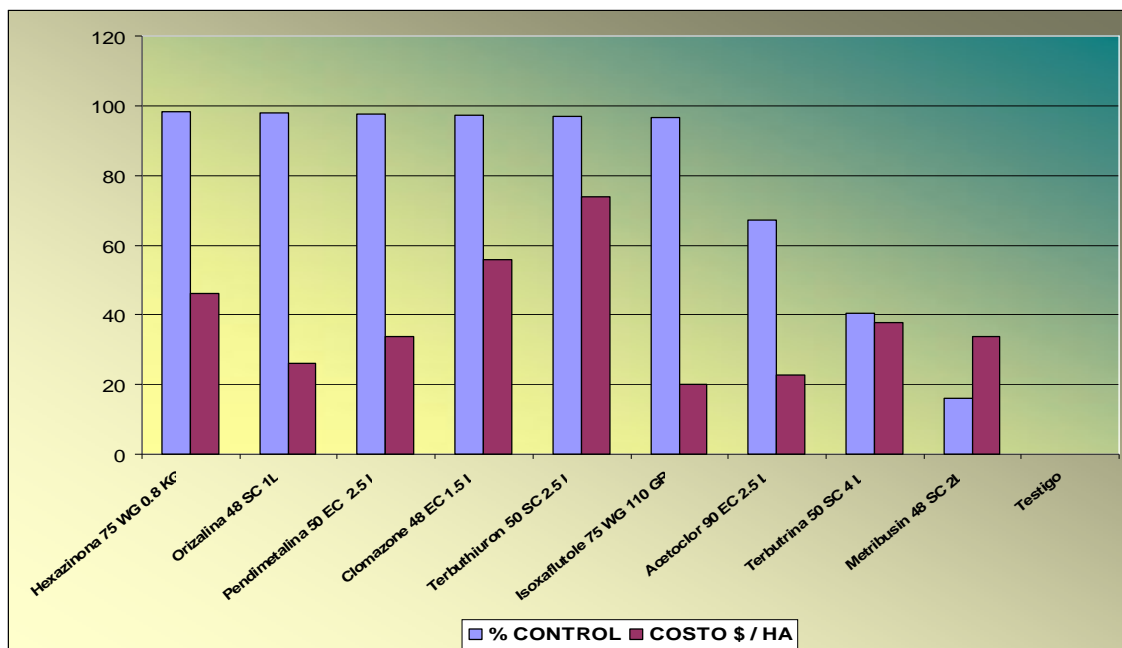
Tratamientos	% plantas	Promedio Peso Plantas	Promedio Tamaño Plantas
	Germinadas	Grs	cm
Orizalina	2,38	12,97	2,33
Hexazinona	2,95	3,17	0,39
Isoxaflutole	3,75	1,89	1,33
Clomazone	3,89	7,10	0,66
Terbuthiuron	4,54	44,3	0,33
Pendimetalina	5,12	0,4	0,33
Acetoclor	32,43	324	7,16
Terbutrina	59,74	331,67	9,14

Metribuzin	81,56	337,33	6,83
Testigo	100	233,67	10,52

Algunos herbicidas no lograron evitar la germinación de la maleza pero las plantas que germinaron no crecieron normalmente por el posible efecto fitotóxico del herbicida, así se observa en el Cuadro 3 donde a los 90 días los herbicidas **Pendimetalina**, **Isoxaflutole**, y **Orizalina** presentaron los menores pesos y tamaños de las plantas germinadas.

Es importante indicar que los valores de peso y tamaño de las plantas son el promedio de un gran número de lecturas y debido a la germinación escalonada típica en esta maleza hace que se tengan plantas de un tamaño y peso normal a su etapa de desarrollo pero otras en etapas iniciales con valores muy reducidos, lo cual distorsiona en alguna medida los valores reales.

Herbicidas como **Acetoclor**, **Terbutrina** y **Metribuzin** presentaron pesos de las malezas superiores que el testigo, lo que indica que estos herbicidas al reducir el número de plantas provocaron un mayor y temprano macollamiento de la maleza, manifestado en un menor tamaño y mayor peso.



**Figura 2: Porcentaje en el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Costo de cada Tratamiento a los 90 días de la Aplicación.**

El porcentaje de control como se observa en la anterior figura, revela que los herbicidas **Orizalina**, **Hexazinona**, **Isoxaflutole**, **Clomazone**, **Terbuthiuron** y **Pendimetalina** superaron el 90 % de control a los 90 días de aplicación y entre ellos considerando su costo en (\$ Producto/hectárea) **Orizalina** y **Pendimetalina** resultaron ser los más económicos y efectivos.

Según el porcentaje de control (Figura 2) ejercido por los diferentes herbicidas, **Terbuthiuron** y **Pendimetalina** presentaron los mejores controles de las malezas con un 90,68 % y 89,43 % respectivamente, valores levemente inferiores al testigo desyerbado con un 92,7 %.

Herbicidas como **Acetoclor** 86,30 %, **Imazapir** 85,03 %, **Hexazinona** 80,40 % y **Metribuzin** con un 80,33 % controlaron las malezas satisfactoriamente.

## 1.2 Efecto de los Herbicidas Pre emergentes sobre los Rendimientos de la Caña de Azúcar

Como se mencionó anteriormente la presencia en el mercado de agroquímicos de diferentes herbicidas registrados para el cultivo de la caña de azúcar y la permanente liberación de nuevas variedades apuntan hacia un comportamiento diferenciado, tanto de las variedades en relación a su sensibilidad a los herbicidas como el efecto de los productos en relación al comportamiento de las variedades.

Las mejores combinaciones Variedad – Herbicida permitirán mayores ganancias en productividad y bajos costos de producción, bajo esta premisa se planteo la necesidad de valorar en condiciones de campo, el grado de selectividad ofrecido por los herbicidas pre emergentes al cultivo de la caña de azúcar.

## Metodología y Resultados

Para este estudio se seleccionaron un total de 10 herbicidas con acción pre emergente sobre la maleza *R. cochinchinensis* y se aplicaron sobre una plantación de caña de azúcar con la variedad Q 96, cultivada especialmente para esta investigación.

El ensayo se estableció en la Región Sur específicamente en la finca el Porvenir, Distrito San Pedro, cantón de Pérez Zeledón, provincia de San Jose a una altitud de 600 msnm, con una temperatura media de 25,1 C° y una precipitación media anual de 2934mm.

La aplicación se realizo posterior a la siembra con una bomba de espalda previamente calibrada con una boquilla 8003 para una descarga de 550 l/ha .

Cada unidad experimental estuvo constituida por 4 surcos de 6 m de largo para un área total de 42 m<sup>2</sup>.

Después de la aplicación de los herbicidas, el manejo del cultivo en cada tratamiento fue igual para todas las parcelas de acuerdo a las recomendaciones emitidas por DIECA en la Región.

Entre las variables evaluadas se considero el porcentaje de control de todas las malezas a los 90 días y los rendimientos agroindustriales obtenidos por la caña a la edad de 10 meses.

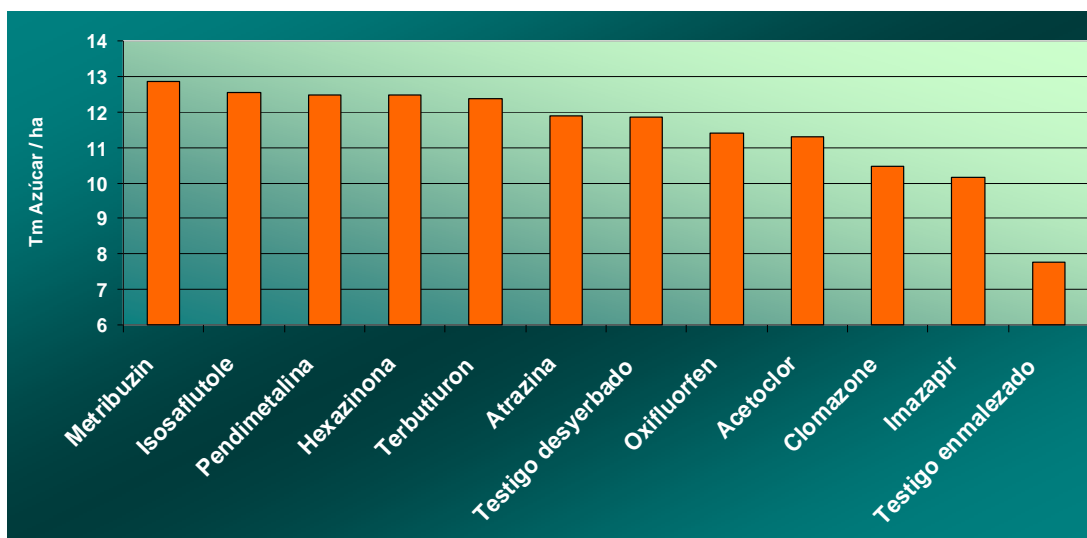
Uno de los tratamientos testigo no se le aplicó herbicida y se dejo enmalezar y el otro testigo se mantuvo limpio de malezas en forma manual con el objeto de comparar el efecto de la competencia de la maleza en uno y el efecto fitotóxico de los herbicidas en el otro.

**Cuadro 4**  
**Resultados Agroindustriales de la Caña de Azúcar y Porcentaje de Control de las Malezas para cada uno de los Diferentes Tratamientos**

Tratamientos	Rend. Ind	Tm caña / ha	Tm azúcar / ha	% Control
	Kg azúcar / tm			
Metribuzin	141,52	90,74	12,84	80,33
Isoxaflutole	138,87	90,44	12,55	74,40
Pendimetalina	140,87	88,66	12,49	89,43
Hexazinona	139,50	87,76	12,47	80,4
Terbutiuron	139,19	89,95	12,37	90,68
Atrazina	137,74	85,38	11,89	62,50
Testigo desyerbado	142,72	83,00	11,85	92,70
Oxifluorfen	134,95	84,49	11,4	79,10
Acetoclor	135,20	83,60	11,29	86,30
Clomazone	131,75	81,93	10,47	73,78
Imazapir	132,83	76,46	10,15	85,03
Testigo enmalezado	139,02	63,07	7,76	39,08

En las variables agroindustriales (Cuadro 4) el rendimiento industrial (Kg Azúcar/Tm) no presento diferencias significativas en los diferentes tratamientos, no así en la producción de Caña (Tm/ha) donde algunos tratamientos presentaron valores similares y superiores al testigo desyerbado (83 TM) como fueron **Metribuzin** con 90,74 Tm, **Isoxaflutole** con 90,44 Tm, **Terbutiuron** 89,95 Tm y **Pendimetalina** con 88,66 Tm entre otros.

En la producción de azúcar (Tm/Ha) estos mismos herbicidas además de **Hexazinona** presentaron valores superiores a un 35 % que el testigo enmalezado y entre ellos se debe resaltar por su control y alto rendimiento los herbicidas **Terbutiuron** y **Pendimetalina**.



### **Figura 3: Producción de Azúcar Obtenida en las Parcelas Tratadas con los Diferentes Herbicidas.**

Si se correlaciona control eficiente de *R. cochinchinensis* y otras malezas, buenos rendimientos del cultivo y bajo costo de la aplicación el herbicida **Pendimetalina** cumplió con dichas expectativas

### **1.3 Tolerancia Varietal de la Caña de Azúcar a los Herbicidas Pre emergentes**

Los herbicidas pre emergentes son aplicados directamente al suelo posterior a la siembra de la caña de azúcar, y a pesar de que no se da un contacto directo del herbicida con la variedad de caña esta al brotar sus raíces absorberá inevitablemente residuos de herbicida que se encuentra disponible en la solución del suelo. Dos factores determinaran indiscutiblemente el posible efecto fitotóxico que pueda presentarse en detrimento de un buen desarrollo de los retoños del cultivo, estos serán la residualidad de la molécula del herbicida y la susceptibilidad de la variedad de caña a cultivar. Por tal motivo y ante el desconocimiento del comportamiento fitotóxico de los herbicidas se procedió a establecer estudios en etapas iniciales de crecimiento de la caña ante la presencia de los herbicidas pre emergentes mas recomendados.

#### **1.3.1 Evaluación del Efecto de Diferentes Herbicidas Pre Emergentes en el Crecimiento Inicial de de dos Variedades Comerciales de Caña de Azúcar**

##### **Metodología y Resultados**

Se seleccionaron 2 variedades de origen brasileño RB73 9735 y SP 79 2233 ambas sembradas comercialmente en una de las regiones cañeras del país con buenas características productivas y conocida susceptibilidad a los herbicidas .La variedad RB 739735 se cataloga como susceptible a los herbicidas, y con cierta tolerancia a los mismos se identifica la variedad SP 79 2233.

De ambas variedades se seleccionaron tallos homogéneos en grosor y tamaño y de ellos se tomo un esqueje de tres yemas de la parte central del tallo para ser sembrado en pares en cajas plásticas de 0.2552 m<sup>2</sup> de área, luego se les depositó encima una capa de suelo aproximadamente de 2 cm de espesor.

La aplicación de los herbicidas se realizó utilizando una bomba de espalda equipada con una boquilla 8003 calibrada para una descarga de 750 l / ha.

Los herbicidas aplicados así como los resultados de este estudio se presentan en el siguiente cuadro. A los 90 días se procedió a extraer los esquejes de cada variedad y se tomaron las mediciones del tamaño y peso de los brotes de cada esqueje y tratamiento.

##### **Tamaño Total de los Hijos**

En la variedad **RB 739735** algunos tratamientos superaron al testigo sin herbicida en el tamaño de los hijos se observa en el cuadro 5 y figura 4 donde Terbutrina, Metribuzin , Pendimetalina y Orizalina presentaron entre un 10 y un 20 % mas de crecimiento que el testigo.

**Cuadro 5**  
**Tamaño y peso total de los hijos de las variedades aplicadas con los herbicidas**

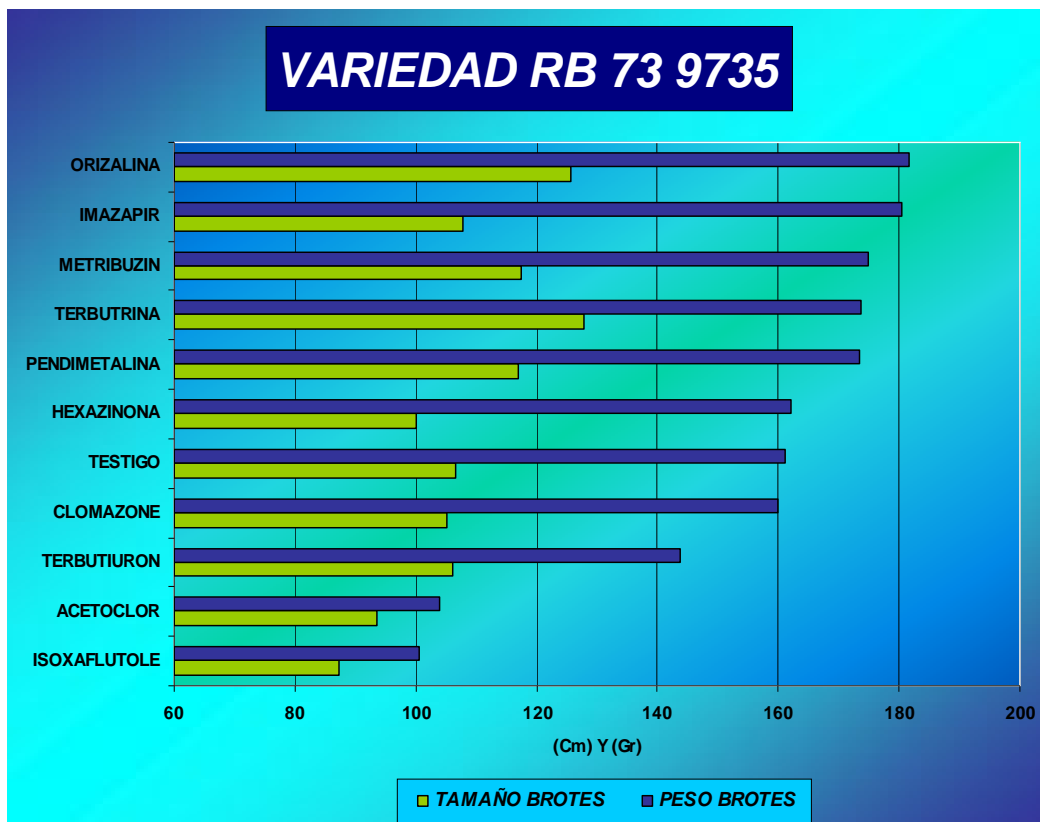
Herbicidas	Variedad	Tamaño cm	DPRT	Peso gr	DPRT
		Total Hijos		Total Hijos	
Metribuzin	RB 73 9735	117,50	110	174,96	107
	SP 79 2233	131,33	115	244,73	118
Acetoclor	RB 73 9735	93,50	88	103,90	63
	SP 79 2233	117,16	103	151,30	73
Pendimetalina	RB 73 9735	117,00	110	173,43	106
	SP 79 2233	157,33	138	220,43	107
Isoxaflutole	RB 73 9735	87,33	82	100,50	61
	SP 79 2233	107,93	94	176,43	85
Hexazinona	RB 73 9735	100,16	94	162,10	101
	SP 79 2233	121,16	106	163,90	79
Terbutrina	RB 73 9735	122,83	119	173,63	107
	SP 79 2233	140,83	123	228,63	110
Clomazone	RB 73 9735	105,16	99	160,00	99
	SP 79 2233	131,00	115	203,56	98
Orizalina	RB 73 9735	125,66	118	181,60	111
	SP 79 2233	129,16	113	206,10	100
Terbuthiuron	RB 73 9735	106,00	100	143,86	87
	SP 79 2233	127,00	111	175,43	85
Imazapir	RB 73 9735	107,83	101	180,50	110
	SP 79 2233	132,66	116	182,26	88
Testigo	RB 73 9735	106,5	100	161,13	100
	SP 79 2233	114	100	206,1	100

**DPRT = Diferencia porcentual respecto al Testigo.**

Los tratamientos en los que se aplicaron los herbicidas **Hexazinona**, **Acetoclor** e **Isoxaflutole** los brotes o hijos de esta variedad no crecieron lo suficiente para igualar al tratamiento testigo como si lo hicieron los herbicidas **Clomazone** , **Terbuthiuron** e **Imazapir**.

De los herbicidas mencionados **Imazapir** no cumple con el requisito de presentar selectividad al cultivo por lo cual en presencia de una variedad susceptible a los herbicidas

es de esperar que este afecte el crecimiento de los brotes como ocurrió con otros herbicidas aparentemente selectivos. Al respecto estudios hechos en Brasil con variedades RB en suelos arcillosos, indican que no se presentaron efectos fitotóxicos al ser aplicadas en pre emergencia con este herbicida.



**Figura 4 .Efecto de los Diferentes Herbicidas sobre el Desarrollo de los Hijos de la Variedad RB 73 9735**

La variedad SP 79 2233 aparentemente se vio menos afectada por los herbicidas en virtud de su supuesta tolerancia a los mismos.

En el Cuadro 5 y Figura 5 se aprecia como los herbicidas **Pendimetalina**, **Terbutrina**, **Imazapir** y **Metribuzin** presentaron valores superiores en el tamaño de los hijos al tratamiento Testigo entre un 15 y hasta un 38 % como ocurrió con **Pendimetalina**.

A esta variedad los herbicidas **Hexazinona** y **Acetoclor** no afectaron el crecimiento de los hijos como ocurrió con la variedad RB 739735, únicamente el herbicida **Isoxaflutole** disminuyó levemente el crecimiento respecto al testigo.

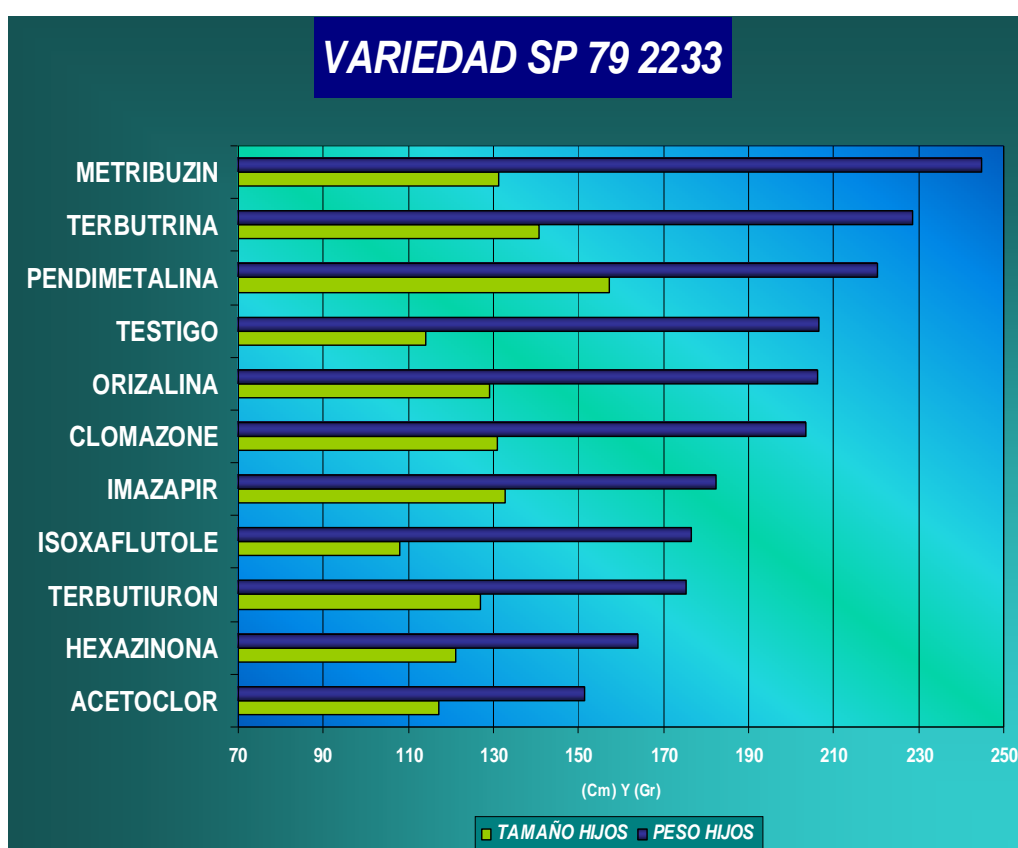
**Peso Total Hijos**

Al tomar el peso de todos los hijos en la variedad RB 73 9735 se evidenció una mayor afección ya que los herbicidas **Imazapir** , **Orizalina** ,**Terbutrina** ,**Metribuzin** y **Pendimetalina** superaron al testigo entre un 5 y un 11% (Cuadro 5 Figura 4) .

Los herbicidas **Terbutiuron** , **Acetoclor** e **Isoxaflutole** afectaron el peso de los hijos entre un 20 y un 40 %.

Por su parte los herbicidas **Hexazinona** y **Clomazone** presentaron valores en los hijos de esta variedad similares al tratamiento Testigo.

El peso de los hijos de la variedad SP 79 2233 (Cuadro 4 Figura 5) también fue afectado por los herbicidas **Imazapir**, **Isoxaflutole**, **Terbutiuron** , **Hexazinona** y **Acetoclor** entre un 12 y un 23 % menos que el tratamiento Testigo.



**Figura 5. Efecto de los Diferentes Herbicidas sobre el Desarrollo de los Hijos de la Variedad SP 79 2233**

Los herbicidas **Metribuzin**, **Terbutrina** y **Pendimetalina** evidencian nuevamente un efecto más bien positivo en el peso de los hijos al presentar entre un 6 y un 7 % superior al Testigo sin aplicación.

En resumen los herbicidas **Metribuzin**, **Terbutrina** y **Pendimetalina** presentaron un mejor desarrollo de los hijos que el tratamiento Testigo en ambas variedades, donde **Metribuzin** resulto ser el mejor tratamiento al presentar un mayor tamaño y peso de los hijos o brotes.

El herbicida **Imazapir** supero al testigo en ambas variedades y los valores fueron muy similares entre ellos, por otra parte **Acetoclor** fue el herbicida que mas afectó el desarrollo de los hijos en ambas variedades.

Es notoria la diferencia existente entre ambas variedades donde la variedad SP 79 2233 supero al menos en el desarrollo inicial de los tallos a la variedad RB 73 9735.

Curiosamente y contrario a lo esperado muchos herbicidas mejoraron el desarrollo de ambas variedades y en especial a la variedad SP 79 2233.

### 1.3.2 Evaluación de 15 Variedades Comerciales y Promisorias Tratadas en Preemergencia por el herbicida Isoxaflutole

Como el herbicida **Isoxaflutole** fue uno de los que mas afecto a la “variedad susceptible” RB 73 9735 y a la “variedad tolerante” SP 79 2233, se aplico este producto en la dosis de 0,11 kg / ha a un grupo de 15 variedades, para valorar el grado de susceptibilidad de estos materiales a los herbicidas.

#### **Metodología y Resultados**

En condiciones de invernadero se sembraron en cajas plásticas de 70 cm de largo y 36 cm de ancho, se sembraron dos esquejes de cada variedad seleccionados de tallos homogéneos en grosor y altura así como en edad de 15 variedades comerciales y promisorias.

La aplicación del herbicida se realizo con una bomba de espalda provista de una boquilla 80 03 y calibrada para un volumen de agua de 750 L / ha.

A los 90 días posteriores a la siembra y aplicación del herbicida se procedió a medir y pesar cada uno de los hijos presentes en cada esqueje y los resultados se presentan en el Cuadro 6.

En el mismo se observa el tamaño y peso de los hijos de cada una de las variedades estudiadas y tratadas con este herbicida y comparada con un tratamiento testigo (sin herbicida).

Una de las variedades más afectadas por el herbicida Isoxaflutole parece ser Mex 79 431 por cuanto el tratamiento Testigo presentó un mayor tamaño y peso de los hijos que cuando la misma fue tratada con el herbicida.

La variedad B80-689 también presento un mayor crecimiento en los hijos cuando no fue tratada con este herbicida y seguidamente las variedades B76 259, CP 721210 y SP 70 1284 presentaron el mismo comportamiento pero con un efecto más leve.

En las demás variedades evaluadas el tamaño de los hijos fue superior cuando se les aplico el herbicida y una de las diferencias mas marcadas las presentaron CP 72 2086, Laica 00 301, SP81 3250, SP 821176 y SP 81 2068.

En el peso de los hijos las variedades Mex 79 431, Q135, Laica 00 301 fueron las más afectadas por el herbicida en el desarrollo inicial de los hijos al presentar las mayores diferencias entre el tratamiento testigo y el aplicado con **Isoxaflutole**.

**Cuadro 6**  
**Tamaño y Peso de la Totalidad de los Hijos de 15 Variedades de Caña de Azúcar**  
**Tratadas con el Herbicida Isoxaflutole en Condiciones de Invernadero**

VARIEDAD	TRATAMIENTO	TAMAÑO HIJOS	PESO HIJOS
		Cm	Gr
MEX 79 431	ISOXAFLUTOLE	108	209,2
	TESTIGO	141	263
Q 132	ISOXAFLUTOLE	93	144,9
	TESTIGO	86,5	149,2
B 76259	ISOXAFLUTOLE	67	162
	TESTIGO	72	165,9
LAICA 00301	ISOXAFLUTOLE	118	99,4
	TESTIGO	75,5	145
CP 721210	ISOXAFLUTOLE	62	128,2
	TESTIGO	65	135,9
NA 5642	ISOXAFLUTOLE	76,5	39,7
	TESTIGO	78	39
SP 70 1284	ISOXAFLUTOLE	57,5	115,5
	TESTIGO	62	86,1
SP 81 2068	ISOXAFLUTOLE	139,5	249,2
	TESTIGO	115,5	249,9
SP 82 1176	ISOXAFLUTOLE	134,5	290,91
	TESTIGO	106,5	244,3
B 80 689	ISOXAFLUTOLE	71	208,2
	TESTIGO	88	159,7
CP 722086	ISOXAFLUTOLE	121	143,7
	TESTIGO	36,5	82
Q135	ISOXAFLUTOLE	89,5	96,5
	TESTIGO	85	148,8
PR 87 2080	ISOXAFLUTOLE	102,5	226,8
	TESTIGO	88,5	153,1
Q 96	ISOXAFLUTOLE	117	183,7
	TESTIGO	107,5	68,5
SP 81 3250	ISOXAFLUTOLE	124,5	196,2
	TESTIGO	90,3	215,5

Las variedades que no manifestaron una reducción en el peso de sus hijos por causa del herbicida y por el contrario presentaron un mayor desarrollo de los mismos cuando fueron tratadas por el herbicida fueron SP 70 12 84, SP 82 1176, PR 87 2080, B 80 689, CP 72 2086 y Q 96. Sorprende este resultado de la variedad Q 96 debido a que esta variedad se conoce por su alta susceptibilidad a varios herbicidas y en este caso por el contrario se vio beneficiada.

Un grupo de variedades como SP 81 2068, B76 259, Q132 , CP 722086 y NA 56 42 las diferencias entre ambos tratamientos fue muy reducida o igual por lo que se puede deducir que no fueron afectadas ni positiva ni negativamente por este herbicida. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el campo citados en este documento donde se valoraron diez herbicidas en la Región Sur y entre ellos Isoxaflutole el cual no afecto los rendimientos de la variedad Q 96.

#### 1.4 Efecto de los Residuos de Cosecha sobre la Efectividad de Cuatro Herbicidas Pre emergentes

En la actualidad, por diversas necesidades ambientales, técnicas y económicas se están introduciendo cambios en el sistema productivo de la caña de azúcar. La eliminación de la quema y la cosecha en verde permite dejar en el suelo una gran cantidad de rastrojos, los cuales se incorporan al sistema como un nuevo elemento que para algunas prácticas son beneficiosas pero para otras causan perjuicios o algunos inconvenientes. Tal es el caso de los herbicidas y en especial los pre emergentes, los cuales encuentran un barrera en el rastrojo para llegar al suelo y actuar normalmente. Además de impedir el contacto con el suelo los herbicidas interceptados por la basura quedan expuestos a la degradación por medio de la foto descomposición y volatilización.

Por tal motivo y debido al impulso que ha tenido la cosecha en verde en el país nace la interrogante de cuanto afecta realmente al herbicida la presencia del rastrojo en el campo, lo que fue justificante para el desarrollo de este trabajo.

#### Metodología y Resultados

Esta investigación se realizó en condiciones de invernadero haciendo uso de las instalaciones de DIECA ubicadas en Santa Gertrudis Sur, en el cantón de Grecia, provincia de Alajuela y bajo la misma metodología anteriormente expuesta.

Las unidades experimentales (cajas plásticas) fueron sembradas con 50 semillas de *R. cochinchinensis* cada una y luego cubiertas con 0,7 kg de paja seca cubriendo el suelo en aquellos tratamientos que así lo ameritaba.

La aplicación se realizo con una bomba de espalda equipada con un regulador de presión de 35 lbs y una boquilla 8003, calibrada para una descarga de 700 litros de agua por hectárea.

**Cuadro 7**  
**Porcentaje de Plantas Germinadas y Control de *Rottboellia cochinchinensis* en los Diferentes Tratamientos 45 Días después de la Aplicación**

Herbicidas	Cobertura	Porcentaje Plantas Germinadas	Porcentaje Control
ACETOCLOR 90 EC 3 L / ha	Sin Cobertura	38,49	61,51
	Con Cobertura	32,82	67,18
CLOMAZONE 48 EC 2.5 L / ha	Sin Cobertura	0,00	100
	Con Cobertura	41,08	58,92
HEXAZINONA 75 WG 0.75 kg / ha	Sin Cobertura	6,20	93,80
	Con Cobertura	33,46	66,54
ISOXAFLUTOLE 75 WG 0.11 kg / ha	Sin Cobertura	82,91	17,09
	Con Cobertura	84,59	15,41
PENDIMETALINA 50 EC 2.5 L / ha	Sin Cobertura	0,00	100
	Con Cobertura	0,00	100
TESTIGO	Sin Cobertura	100	0,00
	Con Cobertura	100	0,00

En el Cuadro 7 se presentan los resultados obtenidos a los 45 días después de la aplicación y en el se observa que con el herbicida **Acetoclor** la respuesta al control de *R. cochinchinensis* fue aceptable ya que presentó valores similares en ausencia y presencia de rastrojo con un 38,49% y 32,82 % de plantas germinadas respectivamente.

Al evaluar el crecimiento de la maleza germinada a los 65 días (Cuadro 8), se encontró que a pesar de permitir la germinación de algunas plantas estas no crecieron normalmente, por lo tanto pareciera indicar que el herbicida limita en alguna medida el desarrollo de esta maleza. Aparentemente los residuos de cosecha interfirieron en forma negativa en el accionar del herbicida pre emergente al impedir que suficientes cantidades del ingrediente activo lleguen al suelo y a las semillas dispersas en el mismo.

El herbicida **Clomazone** en el tratamiento sin cobertura fue excelente 45 días después de la aplicación al controlar un 100 % de las plántulas, como se observa en el Cuadro 7. Sin embargo la presencia del rastrojo afecto parcialmente el accionar de este herbicida al permitir solamente un 41,08 % de plantas germinadas.

El tratamiento aplicado con **Hexazinona** logro controlar la maleza en un 93,8 %, ante la ausencia de cobertura y dicho control se redujo significativamente a un 66,54 % en presencia del rastrojo.

El herbicida **Isoxaflutole** aparentemente es de lento accionar ya que logró hasta los 65 días un 64,3 % de control en el tratamiento sin cobertura y un 56,26 % en el tratamiento con cobertura. Sin embargo este herbicida fue el único de los evaluados que logro sacar ventaja de la cobertura ya que al valorar el crecimiento de la maleza germinada (Cuadro 8), en el tratamiento con cobertura esta no creció reduciendo a la misma en un 82,61 % respecto al testigo. Se podría concluir con estos resultados que la residualidad del producto permanece por más tiempo activa cuando hay cubierta vegetal.

**Cuadro 8**  
**Desarrollo de las Plantas de *Rottboellia cochinchinensis* 65 días después Germinadas**

Herbicidas	Cobertura	Tamaño promedio 10 plts
		Germinadas( cm)
ACETOCLOR 90 EC 3 L / ha	Sin Cobertura	7,74
	Con Cobertura	26,75
CLOMAZONE 48 EC 2.5 L / ha	Sin Cobertura	0,00
	Con Cobertura	28,42
HEXAZINONA 75 WG 0.75 Kg / ha	Sin Cobertura	6,84
	Con Cobertura	27,75
ISOXAFLUTOLE 75 WG 0.11 Kg / ha	Sin Cobertura	13,18
	Con Cobertura	4,25
PENDIMETALINA 50 EC 2.5 L / ha	Sin Cobertura	0,00
	Con Cobertura	0,00
TESTIGO	Sin Cobertura	15,89
	Con Cobertura	24,45

A los 45 y 65 días después de ser aplicado el herbicida **Pendimetalina** no permitió la germinación de la maleza, tanto en presencia y ausencia del rastrojo de cosecha como se observa en el Cuadro 7.

El comportamiento diferenciado en el accionar de los herbicidas en presencia de rastrojo como barrera entre el herbicida y el suelo podría deberse a la adsorción que sufren algunos de ellos por parte de la materia orgánica composición básica del rastrojo. La materia orgánica es considerada como uno de los factores que mas influye sobre la adsorción de la mayoría de los herbicidas porque provee de un largo número de sitios de adsorción.

La materia orgánica además afirma (**Cavenaghi, 2002**) es producto de la degradación de la lignina que contiene los residuos de la caña de azúcar, la cual a la vez esta compuesta de polifenoles con una alta superficie de contacto, un alto PH y dependiendo de la posición de la carga negativa es capaz de realizar interacciones organofíticas con herbicidas ligados de carga neutra, positiva y negativas.

En la Figura 6 se observa las cajas plásticas utilizadas en esta investigación y el tratamiento correspondiente a la aplicación con el herbicida **Pendimetalina** sobre el residuo de cosecha (paja) y al lado el tratamiento testigo donde germinó y creció libremente la maleza.



**Figura 6: Tratamiento con el Herbicida Pendimetalina y tratamiento Testigo sin Herbicida 65 días después de la Aplicación.**

### 1.5 Comportamiento de Cuatro Herbicidas Pre emergentes Aplicados en Cuatro Órdenes de Suelo

La aplicación de herbicidas en el campo es crítica y mas aún para aquellos productos aplicados directamente al suelo ya que su persistencia y movilidad en el mismo dependerá de varios factores como son: la descomposición microbiana y química, la adsorción a las partículas del suelo, el contenido de materia orgánica, la lixiviación la cual a la vez será dependiente de la textura de dicho suelo, la volatilización y la fotodescomposición.

En Costa Rica la variabilidad de materiales parentales en un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas particulares, ha originado una amplia diversidad de suelos con características específicas y para facilitar su estudio se han clasificado en diferentes ordenes de suelos o familias de las cuales es posible encontrar 9 de los 11 existentes y de ellos 7 son cultivados con Caña de Azúcar.

Considerando las características de los diferentes ordenes de suelo y su amplia gama de posibilidades de retención e inactivación de los herbicidas, surgen muchas interrogantes al combinar factores incidentes del suelo sobre el desempeño de un herbicida en muy corto tiempo. Por tal motivo ante esta y otras interrogantes resultado importante y necesario realizar este estudio, y conocer el comportamiento de los diferentes herbicidas pre emergentes utilizados en el cultivo de la caña de azúcar cultivada en los diferentes órdenes de suelo y en las dosis recomendadas.

## Metodología y Resultados

Al igual que las investigaciones anteriores fueron establecidas en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur de Grecia, provincia de Alajuela.

Los órdenes de suelo seleccionados para el estudio fueron: Molisol, Inceptisol, Ultisol y Vertisol, los cuales fueron trasladados de diferentes partes del país donde estos son abundantes.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto, donde se depositó una capa de 10 - 15 cm de cada orden de suelo.

La semilla en número de 42 se sembraron en la mitad de la caja en una primera siembra, y la otra mitad se sembró 45 días después de la aplicación de los herbicidas con igual número de semillas para evaluar la residualidad de los mismos en cada orden de suelo.

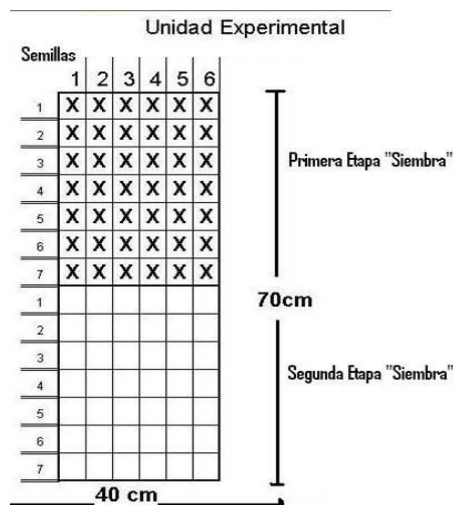
Los herbicidas seleccionados para este estudio se presentan en el Cuadro 9 y su aplicación se realizó con una bomba de espalda dotada de un regulador de presión de 35 lbs y una boquilla 8003 calibrada para una descarga de 700 litros por hectárea.

**Cuadro 9**  
**Características de los Herbicidas Aplicados en los Diferentes Órdenes de Suelo**

Nombre Genérico	Tipo	Nombre Comercial	Formulaciones	Dosis/ha
Hexazinona	Triazina	Velpar	75 WG	0,75 Kg
Pendimetalina	Dinitroanilida	Prowl	50 EC	2,5 L
Isoxaflutole	Isoxazoles	Merlin	75 WG	0,11 Kg
Acetoclor	Acetanilida	Harness	90 EC	2,5 L

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de la evaluación realizada 75 días después de la aplicación de los herbicidas y el control ejercido por los diferentes tratamientos con base en su residualidad 90 días después de la aplicación y sobre una nueva lluvia de semillas 45 días después de la aplicación.

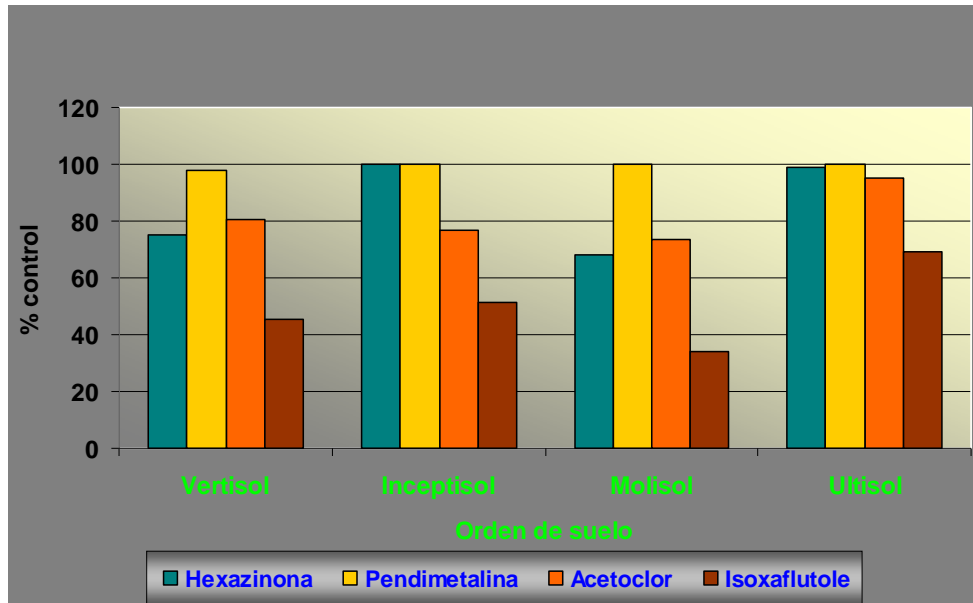
En dicho Cuadro y Figura 5 se observa que el herbicida **Acetoclor** presentó el mayor control de la maleza en el suelo Ultisol con un 94,97 % a los 75 días de aplicado, seguido por un 80,69 % en el suelo Vertisol, valores que contrastan respecto a las características de los suelos mencionados. En los suelos Inceptisol y en el Molisol presentó valores similares con un 76,57 % y 73,49 % respectivamente.



**Cuadro 10**  
**Resultados de la Evaluación del Porcentaje de Control de *Rottboellia cochinchinensis***  
**ejercido por cada uno de los Herbicidas en dos Períodos de Siembra**

Orden Suelo	Herbicidas	% Control	
		Primera Siembra	Segunda Siembra
Inceptisol	Acetoclor	76,57	13,54
	Pendimetalina	100	10,99
	Isoxaflutole	51,13	24,5
	Hexazinona	100	38,26
	Testigo	0	0
Vertisol	Acetoclor	80,69	7,29
	Pendimetalina	97,92	20,15
	Isoxaflutole	45,41	1,04
	Hexazinona	75	31,4
	Testigo	0	0
Molisol	Acetoclor	73,49	12,29
	Pendimetalina	100	22,3
	Isoxaflutole	34,03	0
	Hexazinona	68,32	31,98
	Testigo	0	0
Ultisol	Acetoclor	94,97	7,51
	Pendimetalina	99,29	35,81
	Isoxaflutole	68,83	3,13
	Hexazinona	98,86	64,42
	Testigo	0	0

En la segunda siembra (Cuadro 10 y Figura 7) este herbicida presentó un menor control en los suelos Ultisol y Vertisol con un 7,51 % y 7,29 % respectivamente, al parecer el buen control inicial obtenido en estos suelos limita su poder residual a largo plazo, contrariamente con los suelos Inceptisol y Molisol se logró una mayor residualidad con 13,54 % y 12,29 % respectivamente.



**Figura 7: Porcentaje de control de *Rottboellia cochinchinensis* ejercido por los Herbicidas Pre emergentes aplicados en Cuatro Órdenes de Suelo.**

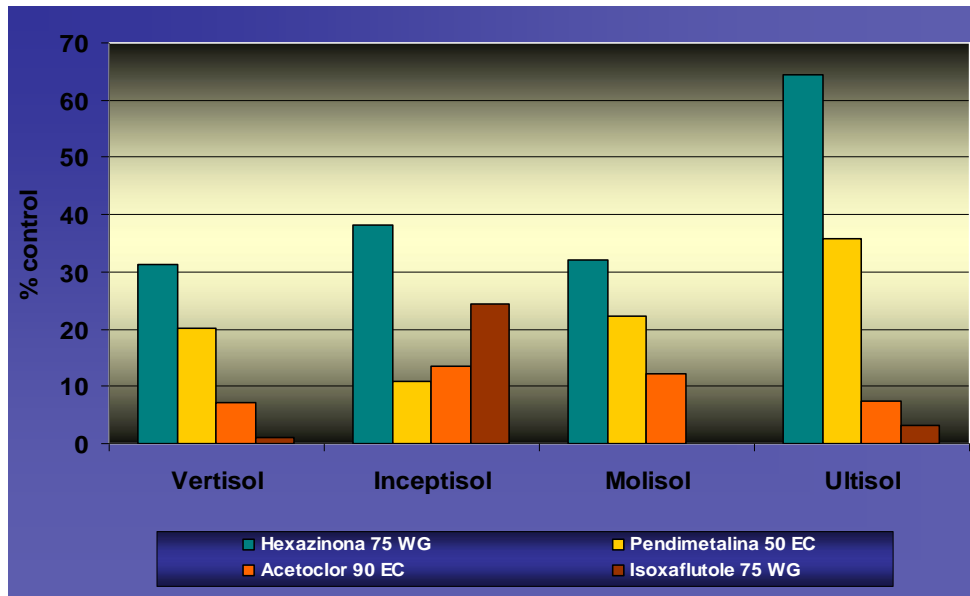
El herbicida **Pendimetalina** presentó un relevante control en todos los órdenes de suelo de las semillas plantadas en la primera siembra y evaluadas a los 75 días después de la aplicación al presentar entre un 97 y 100 % de control (Figura 6) En la segunda siembra este herbicida redujo su control a un 10,99 % en el suelo Inceptisol, un 20,15 % en el suelo Vertisol, un 22,3 % en el Molisol y a un 35,81% en el suelo Ultisol ( figura 7). Además este herbicida presento su mayor residualidad en todos los órdenes de suelo superado únicamente por Hexazinona.

El herbicida **Isoxaflutole** presento valores medios en todos los órdenes de suelo mejorando el mismo en el suelo Ultisol con un 68,83 % y el menor control en el suelo Molisol con un 34,03%.

En la segunda siembra este herbicida ejerció el mayor control en el suelo Inceptisol con un 24,5 %, reduciendo su residualidad significativamente en los otros órdenes de suelo.

La **Hexazinona** al ser comparada con los demás herbicidas presento una respuesta satisfactoria al, reducir su control en el suelo Molisol en un 68,32 %, contrario al control logrado en los otros órdenes de suelo donde el control fue de 95 a un 100%.

En la segunda siembra, este herbicida presentó también un control bastante aceptable respecto a los demás herbicidas, el cual fue de un 31% a un 38 % en los suelos Inceptisol, Vertisol y Molisol y en el suelo Ultisol duplicó su control a un 64,42 % como se observa en el cuadro 10 y Figura 7.



**Figura 8: Porcentaje de Control de *Rottboellia cochinchinensis* Sembrada 45 Días Después de la Aplicación de los Herbicidas Pre emergentes en Cuatro Órdenes de Suelo.**

Con los resultados obtenidos en este estudio resulta difícil señalar y generalizar, si el Ph del suelo, la carga iónica del herbicida, el contenido de arcilla o de materia orgánica y el tipo de arcilla como las causas probables de un buen o mal accionar de los herbicidas en los diferentes ordenes de suelo .

Mas que buscar las posibles causas, lo importante es conocer el accionar del herbicida y dependiendo del orden de suelo en el que se cultive la caña recomendar el mejor herbicida que ofrezca el mejor control de esta pernicioso maleza.

### 1.6 Evaluación de la capacidad de control de tres herbicidas Pre emergentes a Odistintas profundidades de siembra de la semilla de *Rottboellia cochinchinensis*.

La semilla de *R. cochinchinensis* además de ser abundante presenta latencia, por lo que tiende en un buen numero a permanecer en el campo por un periodo de tiempo prolongado sin germinar, esta condición favorece el hecho de que con las labores del cultivo algunas semillas se distribuyen en el suelo tanto en forma horizontal como vertical.

La semilla que queda a una mayor profundidad cuando se aplican los herbicidas si estos no disponen de suficiente poder de penetración y dispersión en la solución del suelo no van a lograr controlar dicha semilla sobre todo porque estos se absorben por la incipiente radícula de la maleza en sus primeros estadios de desarrollo.

Por este motivo y para conocer la capacidad de control (dispersión y penetración) de los herbicidas estudiados con anterioridad se procedió a establecer este experimento en condiciones de invernadero y los resultados se exponen a continuación.

## Metodología y Resultados

Se sembraron en cajas plásticas de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 10 – 15 cm alto 5 semillas en hileras de siembra por cada profundidad y herbicida a valorar, con tres repeticiones cada tratamiento.

Los herbicidas se aplicaron con una bomba de espalda provista de una boquilla 80 03 con un regulador de presión y calibrada para una descarga de 450 L / ha. Los conteos de plantas germinadas se realizaron a los 20 días post aplicación y los resultados del Porcentaje de control se presentan a continuación.

**Cuadro 11**  
**Resultados del Porcentaje de Control de la Semilla de *Rottboellia cochinchinensis***  
**Sembrada a Diferentes Profundidades**

Tratamientos	Profundidad Semilla cm								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Pendimetalina 50 EC 3 L / ha	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Hexazinona 75 WG 0.8 kg / ha	100	100	100	100	100	15,70	6.8	0	0
Isoxaflutole 75 WG / 0,150 kg / ha	100	100	100	100	100	0	0	0	0
TESTIGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se observa en el Cuadro 11 el herbicida **Pendimetalina 50 EC** en la dosis de 3 L / ha, presento el mayor poder de penetración y dispersión en la solución del suelo, situación que le permitió entrar en contacto con las semillas en todas las profundidades de siembra evaluadas. Este hecho coincide con los resultados positivos obtenidos con este herbicida cuando es aplicado sobre rastros de cosecha permitiendo en esta condición un control eficiente de esta maleza en pre emergencia. Posiblemente los adyuvantes agregados en su formulación por el fabricante le permiten a este herbicida ejercer una mayor penetración y capacidad de dispersión y por tanto un control de la maleza más eficiente que los otros herbicidas aplicados. Como se observa en el Cuadro 11 hasta los 4 cm de profundidad todos los herbicidas controlaron en un 100 % la germinación de la maleza sin embargo después de los 5 cm el herbicida **Hexazinona** logro un control de solo un 15 % en la profundidad de 6 cm y un 7 % a los 8 cm. Por su parte **Isoxaflutole** a partir de los 4 cm no ejerció ningún control de la maleza. Este resultado permite seleccionar mejor los herbicidas a aplicar en diferentes condiciones de clima y suelo, y así no solo obtener un mayor control, también disminuir perdidas por lixiviación o percolación en suelos arenosos, expuestos a altas precipitaciones disminuyendo con ello el riesgo de contaminar aguas subterráneas en los mantos acuíferos cercanos a las áreas de cultivo.

### 1.7 Evaluación de dos Herbicidas Pre emergentes Aplicados en Condiciones de Secano

La maleza *R. cochinchinensis* presenta la particularidad de germinar y crecer en condiciones adversas de clima y sobre todo cuando hay escasez de humedad en el suelo. Es común observarla creciendo conjuntamente con los retoños de la caña de azúcar posterior a la cosecha de esta en condiciones de sequía, por lo que rápidamente inunda los campos en espera de las primeras lluvias, las cuales al llegar en forma aislada favorecen en primera instancia a la maleza que por su velocidad de crecimiento supera fácilmente y en corto tiempo al cultivo.

Cuando los productores se percatan de su presencia, aplican herbicidas post emergentes en grandes cantidades perjudicando los rendimientos de la caña debido a la susceptibilidad de algunas variedades comerciales a estos herbicidas.

Una alternativa posible de contrarrestar la germinación y con ello el rápido crecimiento de esta maleza en los campos de retoño se daría con la aplicación de herbicidas pre emergentes posterior a la corta de la caña, con la finalidad de mantenerse en condición de “latencia” presto a activarse en cuanto llueva sobre los campos de retoño. Para lograr este objetivo los herbicidas deben aplicarse sobre el suelo seco y quedar expuestos a las inclemencias del clima y el tiempo, condiciones que favorecerían eventualmente su posible inactivación. Por tal motivo y ante el desconocimiento de la efectividad y persistencia de los diferentes herbicidas aplicados bajo esta modalidad se estableció un estudio en condiciones de invernadero y cuya metodología y resultados se expondrán a continuación.

## Metodología y Resultados

Para cumplir con los objetivos de este estudio se establecieron trabajos simultáneos en el campo y bajo condiciones controladas en invernadero. Durante dos años consecutivos y a continuación se detallan la metodología y resultados obtenidos en los mismos.

### Invernadero

Se depositó un suelo Vertisol totalmente seco en cajas plásticas de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto y se sembraron con 25 semillas de *R. cochinchinensis* en cada caja. Inmediatamente después de la siembra se aplicaron los herbicidas **Pendimetalina 50 EC** a 2,5 l/ha e **Isoxaflutole 75 WG** a razón de 0,125 kg/ha utilizando una bomba de espalda dotada de una boquilla 8003 y un regulador de presión de 40 Lbs para una descarga de 896 L / ha. Las cajas tratadas y sembradas además de un tratamiento testigo (sembrado y sin aplicación) se mantuvieron en condiciones secas y cada 10 días se fueron introduciendo a un invernadero para que recibieran la humedad necesaria para estimular la germinación de la maleza y activar el herbicida.

En el Cuadro 12 y Figura 8 se presentan los resultados obtenidos en una evaluación realizada 63 días después de la siembra en promedio de dos repeticiones.

El herbicida **Isoxaflutole** a pesar de indicar el fabricante su capacidad de controlar la maleza en estas condiciones, presento un control aceptable (80,77 %) hasta los 20 días después de su aplicación ,sin embargo 10 días después fue aparentemente incapaz de ejercer el mismo control.

El herbicida **Pendimetalina** presento un 100 % de control hasta el final del periodo de evaluación a pesar de ser un herbicida no recomendado para esta modalidad de aplicación y sobre todo por ser un herbicida que sufre degradación por la luz o sea es fácilmente fotodegradable según lo indica su fabricante.

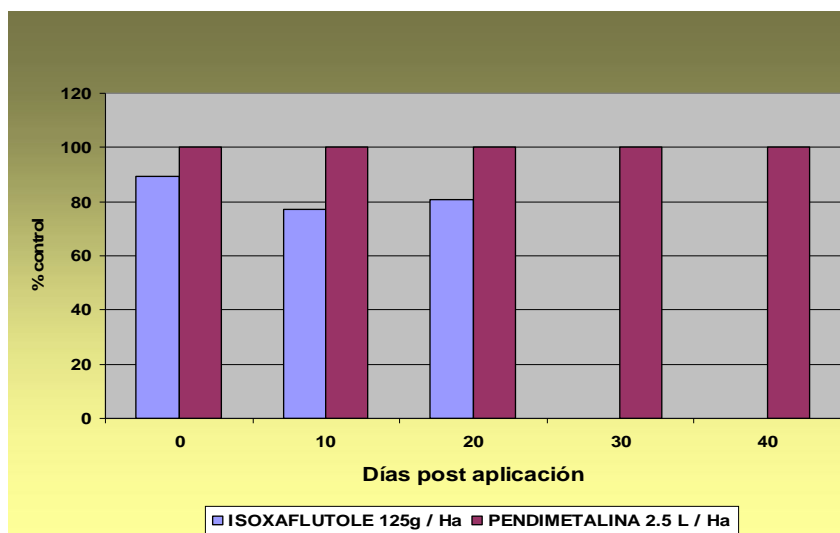
También quedo demostrado que hay una perdida paulatina de germinación de la semilla de la maleza al caer esta de un 76 % a un 32 % en un periodo de 40 días como se observa en dicho cuadro.

Estos resultados preliminares motivan a continuar evaluando en condiciones controladas y sobre todo de campo, épocas, dosis y nuevos herbicidas, con el objetivo de verificar la información obtenida antes de recomendar su aplicación comercial.

**Cuadro 12**  
**Porcentajes de Germinación y Control de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis***  
**por dos Herbicidas Aplicados en Pre emergencia en Condiciones de Secano en un Suelo**  
**Vertisol de Guanacaste**

HERBICIDA	Días Post Aplicación	Plantas Germinadas	% Germinación	% Control
Isoxafluctole	0	2	10,53	89,47
	10	2,5	22,73	77,27
	20	2,5	19,23	80,77
	30	11	100	0
	40	10,5	31,25	0
Pendimetalina	0	0	0	100
	10	0	0	100
	20	0	0	100
	30	0	0	100
	40	0	0	100
Testigo	0	19	76	Na
	10	11	44	Na
	20	13	52	Na
	30	11	44	Na
	40	8	32	Na

Na : No Aplica



**Figura 9. Resultado del Control de *Rottboellia cochinchinensis* por Dos Herbicidas Pre Emergentes Aplicados en Condiciones de Secano en un Suelo Vertisol**

## Experiencias de Campo

Simultáneamente y bajo la misma modalidad se estableció un estudio en la Localidad de la Palma de Abangares, Provincia de Guanacaste con los herbicidas pre emergentes **Pendimetalina** e **Isoxaflutole**, los cuales se aplicaron cada 15 días a partir del 31 de marzo del 2009 en condiciones de secano en un suelo Inceptisol, utilizando una bomba de espalda y una boquilla TQ15004 con una descarga de 400 L / ha

Los resultados del tratamiento con mayor tiempo en el campo fue de 60 días (27 mayo 2009), periodo en el cual ya se habían presentado algunos aguaceros aislados en la zona, suficientes para que brotara la maleza.

A continuación se presentan algunas fotografías tomadas el día de la evaluación 60 días post aplicación.

Como se observa en las fotografías ambos herbicidas ejercieron un buen control de la maleza a pesar de permanecer en el suelo bajo las inclemencias del clima y donde la probabilidad de inactivarse por la fotodescomposición fue un riesgo sobretodo para la Pendimetalina.

Estos resultados son preliminares y se estima que se deben realizar más pruebas con áreas mayores y en otras condiciones de suelo, para lograr así ofrecer a los productores que lo requieran una solución económica y efectiva al problema de la *R. cochinchinensis* en sus cañaverales.



**Figura 10. Tratamiento Testigo 60 días Después de la Aplicación.**



**Figura 11. Tratamiento con Isoxaflutole 75 WG ( 150 gr / ha ) 60 Días Post Aplicación.**



**Figura 12. Tratamiento con Pendimetalina 50 SC ( 2.5 L / ha ) 60 Días Post Aplicación.**

## 1. 8 Conclusiones

1. En el control en preemergencia de *Rottboellia cochinchinensis* en condiciones de invernadero los herbicidas **Orizalina**, **Hexazinona**, **Isoxaflutole**, **Clomazone**, **Terbuthiuron** y **Pendimetalina** superaron el 90 % de control, por lo que se dispone de varias alternativas para el control de esta maleza.
2. El herbicida **Pendimetalina** controló en un 100 % la maleza en los tratamientos con y sin cobertura indicando con ello que la presencia del rastrojo de cosecha en el campo no impide su accionar como herbicida pre emergente.
3. El grado de fitotoxicidad que puede presentar un determinado herbicida al cultivo de la caña de azúcar es de orden genético y dependerá del ingrediente activo del herbicida y su dosis.
4. El uso de herbicidas Pre emergentes es más conveniente que el uso de productos post emergentes, en virtud de causar menos efecto fitotóxico al cultivo. La causa probable de esta condición se debe a que los herbicidas pre emergentes son aplicados al suelo y no al follaje del cultivo por lo que al ser estos absorbidos por las raíces del esqueje en una primera instancia la molécula de estos queda retenida en el esqueje el cual funciona como un filtro. Posteriormente cuando las nuevas raíces del hijo aparecen estas adsorben del suelo agua y nutrientes y con ello los residuos del herbicida que quedan aun en el suelo. Por tal motivo dependiendo de la persistencia del herbicida y la precocidad de la variedad se presenta un mayor o menor grado de fitotoxicidad en el cultivo.
5. Los herbicidas **Acetoclor**, **Hexazinona**, **Clomazone**, e **Isoxaflutole** controlaron entre un 40 y un 60 % la maleza en presencia del rastrojo.
6. El comportamiento de los herbicidas en los diferentes órdenes de suelo fue variado como era de esperar, por ejemplo el herbicida **Pendimetalina** controló eficientemente la maleza en todos los órdenes de suelo, sin embargo la **Hexazinona** fue el herbicida de mayor residualidad en todos los órdenes de suelo 90 días después de la aplicación.
7. Entre los diferentes órdenes de suelo evaluados, el suelo Ultisol fue el suelo donde mejor control ejercieron todos los herbicidas situación muy ligada posiblemente al bajo contenido de materia orgánica que presentan estos suelos.
8. En la aplicación de los herbicidas pre emergentes en condiciones de secano el herbicida **Pendimetalina** presentó un control altamente efectivo de la maleza 40 días después de permanecer en el suelo sin humedad.

## II. Herbicidas Post Emergentes

En el mercado de agroquímicos hay una gran cantidad de herbicidas selectivos y no selectivos que se utilizan en el cultivo de la caña de azúcar y los mismos son aplicados por lo general en mezclas y en dosis muy variadas. La combinación de herbicidas algunos con sentido técnico y otros sin fundamento han sido utilizados por los productores de todo el país indiscriminadamente ante todas las malezas presentes, esta situación ha provocado gastos excesivos en productos, y muchas veces un control ineficiente de las malezas. Para orientar y corregir el mal uso de los herbicidas se debe en primera instancia conocer la capacidad de cada uno de los herbicidas que componen la mezcla y aun más entender si esas capacidades se ven incrementadas o disminuidas cuando se encuentran en combinación con otros herbicidas.

Por este motivo se procedió a investigar cada uno de los herbicidas individualmente y en mezcla para conocer en detalle sus capacidades de controlar en este caso una gramínea importante como la *R. cochinchinensis* y posteriormente proyectar estos resultados al control de otras malezas problemáticas e importantes del cultivo. A continuación se detallan en una forma resumida los procedimientos y resultados obtenidos en este proceso de investigación.

### 2.1 Control de Cinco Herbicidas Post emergentes Aplicados en diferentes etapas de crecimiento de la *Rottboellia cochinchinensis*

La maleza *R. cochinchinensis* no solo se encuentra ampliamente distribuida en los campos cultivados con caña de azúcar, si no que también se encuentra en diferentes estados fenológicos provocado por una diferenciación en la madurez fisiológica de su semilla.

Esta condición propia de la especie para garantizar su persistencia, induce a un control tardío de la maleza, porque el productor en espera de lograr tener en el campo la mayor población de plantas para realizar las aplicaciones de herbicida, da tiempo a la maleza la cuál crece indiscriminadamente sobrepasando, en una gran mayoría, el tamaño ideal de control post temprano (altura inferior de 20 cm) recomendado por el fabricante del herbicida.

Por tal motivo los herbicidas tendrán que controlar plantas de diverso tamaño desde estados iniciales de germinación hasta plantas en estado de post floración. Campos altamente enmalezados deben requerir dosis altas y herbicidas capaces de ejercer un control eficiente y económico. Ahora bien, aquí surge la disyuntiva al utilizar mezclas por lo general con dosis relativamente bajas y constantes; además compuestas por herbicidas poco idóneos para ejercer el control requerido, por este motivo debemos apostar a la capacidad de cada producto para hacer las mezclas adecuadas que contribuyan eficientemente al control de esta maleza en una forma económica.

### Metodología y Resultados

Se sembraron en cajas plásticas con las dimensiones descritas con anterioridad 25 semillas de *R. cochinchinensis* y luego se introdujeron a un invernadero en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur de Grecia provincia de Alajuela.

Una vez alcanzado el tamaño adecuado de las plántulas medido de la base a la primera lígula visible se aplicaron los herbicidas y sus dosis correspondientes de mezcla, según se observan

en el Cuadro 13 .La aplicación se realizó con una bomba de espalda provista de un regulador de presión de 40 lbs PSI y una boquilla 80 03 calibrada para una descarga de 367 lts / ha.

En dicho cuadro se presentan los herbicidas evaluados con sus respectivas dosis por hectárea, las alturas de las plantas y los porcentajes de control obtenidos en cada una de ellas.

**Cuadro 13**  
**Resultados del Porcentaje de Control de Cinco Herbicidas Post Emergentes Aplicados en Diferentes Etapas de Crecimiento de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis***

<b>Tratamiento</b>	<b>6 cm</b>	<b>12 cm</b>	<b>20 cm</b>	<b>30 cm</b>	<b>Pre Floración</b>	<b>Post Floración</b>
Hexazinona 75 WP 0.50 Kg / ha	96	83	100	95	100	86
Hexazinona 75 WP 0.25 Kg / ha	50	83	100	91	80	87
Diuron 80 WG 2 kg / ha	96	100	96	90	8	5
Terbutrina 80 WG 2 kg / ha	100	90	100	0	0	0
Ametrina 50 SC 3 l / ha	100	95	8	0	0	0
Krismat 75 WG 2 kg / ha *	38	50	0	0	0	0

\* Krismat es marca registrada y su composición es Ametrina 73,15 % + Trifloxysulfurón 1,85 %.

Según los resultados expuestos en el cuadro anterior el herbicida **Hexazinona** logró controlar tanto en la dosis de 0,250 kg y 0,500 kg / ha la maleza en todos los estados de crecimiento. Se evidenció además como en los estados iniciales de la maleza (6 cm) este herbicida probablemente presento problemas de absorción, ya que en esta etapa con la dosis mas baja su control fue inferior respecto a los demás herbicidas. En General esta respuesta positiva de la Hexazinona viene a reforzar resultados preliminares anteriores, donde aparentemente un incremento en la dosis de este herbicida no es necesario para controlar a esta maleza como quedó evidenciado en este estudio.

Por su parte el herbicida **Diurón** a razón de 1,6 kg i.a /ha logró controlar la maleza satisfactoriamente hasta los 30 cm ocupando con ello el segundo lugar como gramínicida respecto a los demás herbicidas evaluados.

Los herbicidas **Terbutrina y Ametrina** presentaron en buen control inicial de las plántulas de *R. cochinchinensis*, sin embargo, la Terbutrina logro alcanzar un peldaño más en las etapas de crecimiento al controlarla hasta los 20 cm con un 100 % de las plantas mientras que la Ametrina en este estado alcanzo controlar únicamente un 8%.

Finalmente el herbicida **Krismat** por su forma de actuar en la planta resulto difícil de enmarcar la etapa de mayor mortalidad de la maleza, pero si se evidencio que posterior a los 12 cm se paralizó por completo el crecimiento de la maleza.

Ante estos resultados se concluye que hay diferencias marcadas en el control de la maleza en sus diferentes etapas de crecimiento, información que será de gran utilidad para confeccionar

las mezclas adecuadas que contribuyan eficiente y económicamente a controlar esta y otras gramíneas de los campos cultivados con caña de azúcar.

## 2.2 Conformación y Evaluación de diferentes Mezclas de Herbicidas para el control de *Rottboellia cochinchinensis*.

La utilización de las mezclas de herbicidas utilizadas en el cultivo de la caña de azúcar, se han sustentado en estudios hechos en diferentes condiciones, valorando ambientes y malezas presentes, y donde las mejores mezclas después de ser validadas han sido recomendadas a los productores y utilizadas comercialmente por los mismos. Sin embargo cuando se han estructurado estas mezclas no se ha tenido un respaldo técnico que asegure que las dosis utilizadas en mezcla con un herbicida específico son las más efectivas y económicas. Por tal motivo se estructuraron diferentes mezclas con base al poder graminicida expresado en el estudio anterior utilizando las dosis más bajas de cada herbicida para luego combinarlo con cada uno de los otros herbicidas variando sus dosis. Así se realizaron todas las combinaciones posibles y se aplicaron sobre plantas de *R. cochinchinensis* en estado de pre floración.

### Metodología y Resultados

Las aplicaciones se realizaron sobre 25 plantas sembradas previamente en cajas plásticas de dimensiones ya descritas con anterioridad y como se indicó en estado de pre floración. Las aplicaciones al igual que en los otros estudios se realizaron con una bomba de espalda prevista de un regulador de presión de 40 lbs PSI y una boquilla 80 03 calibrada para una descarga de 400 l / ha.

En el Cuadro 14 se presenta la conformación de las mezclas así como los respectivos porcentajes de control de la maleza obtenido por cada uno de los tratamientos evaluados 21 días posteriores a la aplicación.



**Figura 13. El Tratamiento Hexazinona + Diuron el incremento en la dosis de Diuron de 2 k/ha no representa ninguna diferencia.**

**Cuadro 14**  
**Resultados de la Evaluación de Diferentes Combinaciones de Herbicidas en el Control de**  
***Rottboellia cochinchinensis* en Condiciones de Invernadero**

<b>Herbicida 1</b>	<b>dosis / ha</b>	<b>Herbicida 2</b>	<b>Dosis / ha</b>	<b>% Control</b>
Diuron 80 WG	2 kg	Terbutrina 80 WG	1 kg	94
Diuron 80 WG	2 kg	Terbutrina 80 WG	2 kg	90
Diuron 80 WG	2 kg	Terbutrina 80 WG	3 kg	91
Diuron 80 WG	2 kg	Terbutrina 80 WG	4 kg	96
Diuron 80 WG	2 kg	Ametrina 50 SC	1 L	96
Diuron 80 WG	2 kg	Ametrina 50 SC	2 L	100
Diuron 80 WG	2 kg	Ametrina 50 SC	3 L	100
Diuron 80 WG	2 kg	Ametrina 50 SC	4 L	96
Diuron 80 WG	2 kg	Ametrina 50 SC	5 L	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Diuron 80 WG	1 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Diuron 80 WG	2 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Diuron 80 WG	3 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Terbutrina 80 WG	1 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Terbutrina 80 WG	2 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Terbutrina 80 WG	3 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Terbutrina 80 WG	4 kg	100
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Ametrina 50 SC	1 kg	50
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Ametrina 50 SC	2 kg	23
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Ametrina 50 SC	3 kg	84
Hexazinona 75 WG	0.25 kg	Ametrina 50 SC	4 kg	95
M.S.M.A 72 SL	1 L	Diuron 80 Wg	1 kg	8
M.S.M.A 72 SL	1 L	Diuron 80 Wg	2 kg	95
M.S.M.A 72 SL	1 L	Terbutrina 80 WG	1 kg	0
M.S.M.A 72 SL	1 L	Terbutrina 80 WG	2 kg	0
M.S.M.A 72 SL	1 L	Terbutrina 80 WG	3 kg	0
M.S.M.A 72 SL	1 L	Ametrina 50 SC	2 kg	0
M.S.M.A 72 SL	1 L	Ametrina 50 SC	3 kg	0
Terbutrina 50 SC	5 L	Ametrina 50 SC	2 kg	19
Terbutrina 50 SC	5 L	Ametrina 50 SC	3 kg	48
Terbutrina 50 SC	5 L	Ametrina 50 SC	4 kg	47
Terbutrina 50 SC	5 L	Ametrina 50 SC	5 kg	52

Como se observa en dicho cuadro en la mezcla **Diuron +Terbutrina** las dosis crecientes a partir de 1 kg / ha de Terbutrina, no mejoraron el porcentaje en el control de la maleza la cual

se mantuvo entre un 94 y 96 %. Esta misma situación se presentó con la mezcla **Diuron + Ametrina** en dosis crecientes de la Ametrina de 1 hasta 5 litros donde el control promedio fue de un 98,4 %.

Al mezclar **Hexazinona + Diuron** y **Hexazinona + Terbutrina**, también fueron bastante efectivas estas combinaciones ya que alcanzaron un 100 % del control de la maleza con las dosis más bajas de Diuron y Terbutrina.

Estos resultados son bastante alentadores en el sentido de que la dosis más baja en el segundo herbicida presentó, en todas las mezclas, un control igual al obtenido cuando se utilizaron dosis mayores. El herbicida Metanoarsonato monosódico conocido con las siglas **M.S.M.A**, es un herbicida no selectivo y de contacto, el cual gracias a su bajo costo, ha sido utilizado con éxito por algunos productores de algunas regiones cañeras del país. Por tal motivo se incluyó en estas pruebas y se encontró que utilizado en dosis bajas, sus efectos fitotóxicos son insignificantes. Sin embargo en la búsqueda de posibles combinaciones de este herbicida se evaluó con **Diuron** con el cual manifiesta un importante sinergismo utilizando este último a la dosis de 2 kg / ha como se observa en el Cuadro 14. Contrariamente se observa como al mezclarse este herbicida (MSMA) con **Terbutrina** y **Ametrina** se presenta un posible antagonismo entre estos productos. Por su parte la mezcla tradicional **Terbutrina + Ametrina** y en dosis altas no ofreció un control aceptable en la maleza aplicada. Con los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Se logró determinar el poder gramínicida de los principales herbicidas post emergentes utilizados para el control de *R. cochinchinensis*, donde la Hexazinona ocupó el primer lugar seguido por Diuron y Terbutrina; la Ametrina por su parte, fue el herbicida que presentó un menor control de esta maleza.
2. Se estructuraron las mezclas de herbicidas y se logró determinar las mejores dosis, donde las mismas ejercieron el mejor control de esta maleza en estado de prefloración.
3. Se determinó la existencia de sinergismos y antagonismos entre las mezclas usadas en el control, situación que favoreció la selección de las mejores combinaciones de herbicidas para lograr un control eficiente y económico de esta maleza.
4. Dosis bajas del segundo herbicida de la mezcla son suficientes para ocasionar un daño importante en la maleza *R. cochinchinensis*.
5. El Herbicida Diuron presente en la mayoría de mezclas induce a una acción sinérgica con todos los demás herbicidas evaluados.

### **III Herbicidas Post emergentes y Adyuvantes**

Los adyuvantes son sustancias químicas que se adicionan a un herbicida o mezcla de estos para aumentar su efectividad, especialmente en condiciones climáticas adversas. Existen en el mercado una amplia variedad de productos comerciales de distinta composición química y diversos mecanismos de acción, capaces de realizar múltiples funciones, al punto que algunos pueden alterar el comportamiento típico y esperado de cualquier herbicida. Ante esta situación el beneficio de un determinado

adyuvante no esta completamente asegurado como lo afirman algunos autores “No obstante, la adición de un adyuvante a la mezcla de aspersión (agua –Herbicida) ,puede aumentar ,disminuir o no tener ningún resultado en la efectividad del producto. De esta forma un surfactante puede incrementar la actividad de un herbicida sobre determinada maleza y no en otras, o puede incrementar la actividad de un determinado herbicida sobre algunas malezas y no la de otros herbicidas.” (Kogan y Pérez 2001).

### 3.1 Evaluación de la Interacción de Diferentes Herbicidas y Adyuvantes para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Condiciones de Invernadero

Ante la necesidad de lograr un mayor aprovechamiento del efecto de los herbicidas, en procura de un menor costo y ante la incertidumbre de lograr los beneficios esperados por los diversos adyuvantes existentes en el mercado se establecieron por parte de DIECA , investigaciones interactuando dichos adyuvantes con los herbicidas utilizados y valorados en el control de la maleza *R. cochinchinensis* .Los resultados obtenidos son satisfactorios y aunque reafirman lo expuesto por Kogan y Pérez (2001) , sirven de sustento para proyectar a futuro nuevas investigaciones en otras malezas de importancia económica para el cultivo de la Caña de Azúcar.

#### **Metodología y Resultados**

Se seleccionaron un total de 11 adyuvantes comerciales y se agregaron en mezcla a cuatro herbicidas de acción post emergente a la maleza la cual se sembró en un suelo andisol y en microparcels de 0,27 m<sup>2</sup>. La cantidad de plantas asperjadas fueron 25 en estado de prefloración y el gasto de agua fue equivalente a 529 litros por hectárea.

Los herbicidas aplicados fueron **Diuron 80 WG** (1 kg /ha), **Terbutrina 80 WG** (1.5 kg / ha), **Hexazinona 75 WG** ( 0.125 kg / ha ) y **Ametrina 50 SC** (3.5 kg /ha). Las dosis utilizadas se redujeron con excepción de la Ametrina para permitir una clara y evidente manifestación de los adyuvantes.

La dosis general de los adyuvantes fue de 1ml / litro de agua (0.1 %) y las evaluaciones se realizaron 21 días después de la aplicación, contabilizando plantas muertas (% mortalidad) y plantas afectadas (% afectadas) las cuales presentaban lesiones importantes en sus hojas, pero no suficientes para producir la muerte.

En el Cuadro 15 se presentan las características de los adyuvantes seleccionados en este estudio preliminar y como se observan en su composición química es bastante variada en apariencia aunque existen compuestos diferentes que ofrecen un mismo efecto. Resulta ante esto difícil poder referirse a los productos si no es por su nombre comercial por lo que por facilidad se procederá de esta forma.

**Cuadro 15**  
**Características Funcionales y Químicas de los Adyuvantes Comerciales evaluados.**

<b>Nombre comercial</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Composición química</b>
NP7	Emulsificante, Humectante, Adherente Humectante y penetrante,	Monifenol poliglicol eter
KAITAR ACT SL	Emulsificante, humectante, y Antiespumante	Acido dodecilbencesulfonico Octifenoxietoxilado Isopropanol, silicona fosfatos sodio y potasio Hidroxido sodio
LIMONOIL 15 % SL	Surfactante, Penetrante, Solvente	Petroleun oil
INEX 27.65 % L	Penetrante	Eter de Polietilenglicol Glicol con oxido de etileno Dimetil Polisilosano
AGREX F 32.2 SL	Penetrante, adherente, dispersante humectante y antiespumante	Monil fenol Polioxietileno Dioctil sulfo Succinato
AGREX ABC	acidificante, dispersante, humectante, penetrante	Dioctil sulfo succinato Acidificante orgánico
COSMO IN D 27 SL	Penetrante, surfactante, Antiespumante, reductor de tensión e Indicador PH	Alcohol Etoxilado Polyoxiethylene Alquil Ether
WK 85 SL	Penetrante, Humectante	Monoxinol
SURLAQ 25 %	Humectante, Dispersante, penetrante	Alquil Aril Polietoxilatos Alquil sulfosuccinato Oxido polalquil hetome trisilosano
Silwet L77	Organo siliconado	Polialquilenoxido Heptamethyltrisilosano
TRANSPORE 30.4 SL	Penetrante, Humectante, Dispersante	Nonil Fenol Polietoxilado, Glicoles

Las evaluaciones correspondientes al porcentaje de plantas muertas y afectadas por cada tratamiento se realizaron a los 21 días después de la aplicación y sus resultados se presentan en el Cuadro.16

Entre los tratamientos se incluyó un tratamiento testigo el cual consistió en la aplicación del herbicida sin adyuvante.

**Cuadro 16**  
**Resultados del Porcentaje de Control de *Rottboellia cochinchinensis* por Cuatro**  
**Herbicidas en Mezcla con 11 Adyuvantes Aplicados en Post Emergencia**

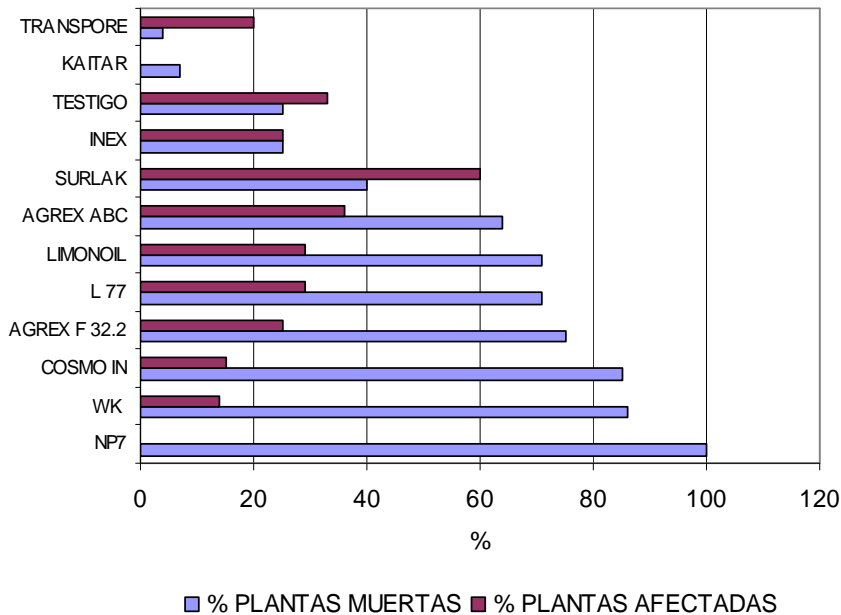
TRATAMIENTO	DIURON 80 WG 1 KG / HA		TERBUTRINA 80 WG 1..5 KG/HA		HEXAZINONA 75 WG 0.125 KG/HA		AMETRINA 50 SC 3.5 L / HA	
	% MORTALIDAD	% AFECCION	% MORTALIDAD	% AFECCION	% MORTALIDAD	% AFECCION	% MORTALIDAD	% AFECCION
W K	86	14	46	0	0	24	60	16
INEX	25	25	25	0	0	0	9	8
AGREX ABC	64	36	0	100	0	0		
COSMO IN	85	15	0	10	0	19	8	0
SURLAQ	40	60	0	0	0	100	15	4
L77	71	29	100	0	0	46	16	0
KAITAR	7	0	52	0	100	0	17	9
LIMONOIL	71	29	91	9	0	0	11	11
NP7	100	0	12	0	0	15	3	3
AGREX F32.2	75	25	28	0	0	0	19	4
TRANSPORE	4,1	94	22	88	100	0	31	69
TESTIGO	25	33	4	0	33	66	39	61

**% Afección = Variable en la que se Consideraron aquellas Plantas con Hojas Quemadas o algún Grado de daño en su Follaje pero Insuficiente para causar la Muerte de la Planta.**

### **Herbicida Diuron**

Como se observa en el Cuadro 16 y Figura 9 el herbicida Diuron presento un mayor control de la maleza con todos los adyuvantes, superando en forma significativa al tratamiento testigo el cual logró un 25 % de plantas muertas. Los adyuvantes NP7 con 100 % de mortalidad, WK y COSMO IN con un 86 % y 85 % fueron un buen ejemplo del uso de los adyuvantes adecuados para este herbicida. Algunos tratamientos con los adyuvantes KAITAR y TRANSPORE con un 7 y 4 % respectivamente, presentaron un pésimo control de la maleza, inferior que el testigo, este es también un ejemplo claro de que algunos adyuvantes en vez de mejorar el accionar del herbicida Diuron por el contrario pueden interferir negativamente con este.

La mayor efectividad obtenida con este herbicida, como se mencionó, se obtuvo cuando se le adicionó el adyuvante NP7, posiblemente esto se deba a que su fabricante BAYER, también es fabricante tradicional del herbicida Diuron, de ser así es un ejemplo de que si es factible desde su fabricación obtener moléculas de productos altamente sinérgicos.

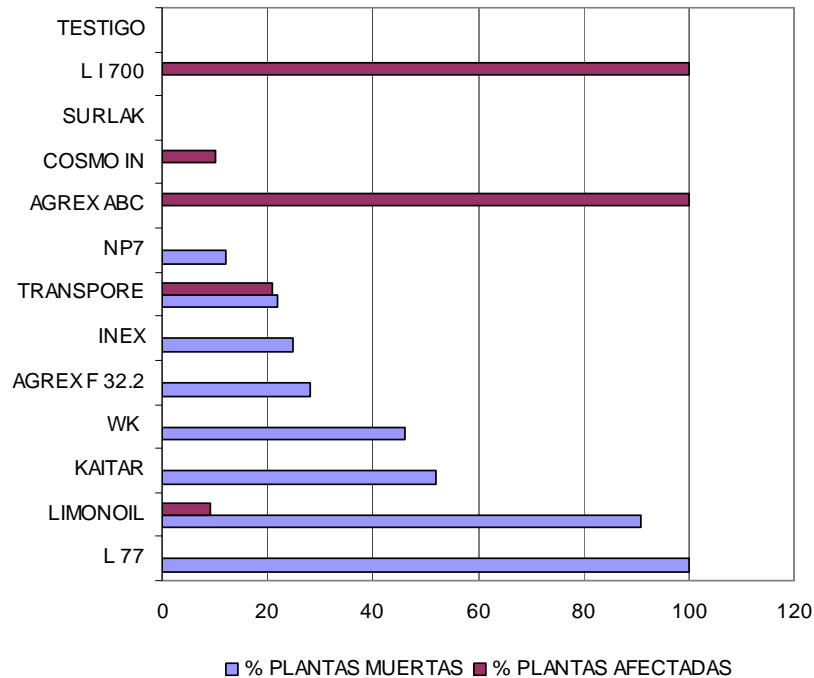


**Figura 14. Porcentaje de Control de la Maleza *Rottboellia* por el Herbicida Diurón y 11 Adyuvantes.**

### **Herbicida Terbutrina**

El herbicida **Terbutrina** también afecto mayoritariamente a la maleza *R. cochinchinensis* (Figura 10) cuando se le adicionaron algunos adyuvantes, entre los que destacan con un 100 % de plantas muertas el adyuvante órgano siliconado SILWETT L 77, seguido en segundo lugar por LIMONOIL con un 91 % ,contrastando ambos con el testigo sin adyuvante, el cual logro eliminar únicamente un 4 % de las plantas y sin causar afección en el resto de la población .Algunos adyuvantes como AGREX ABC, COSMO IN, y SURLAQ no aportaron nada a este herbicida en el control de esta maleza , solamente AGREX ABC fue muy eficaz en provocar daños en todas las plantas sin ocasionarles la muerte.

Es posible observar como adyuvantes que en mezcla con el herbicida **Diuron** fueron altamente efectivos como NP7 , en el caso del herbicida **Terbutrina** no logro afectar a la maleza en forma satisfactoria ,esta condición pone en evidencia el posible error de generalizar el uso de estos productos.



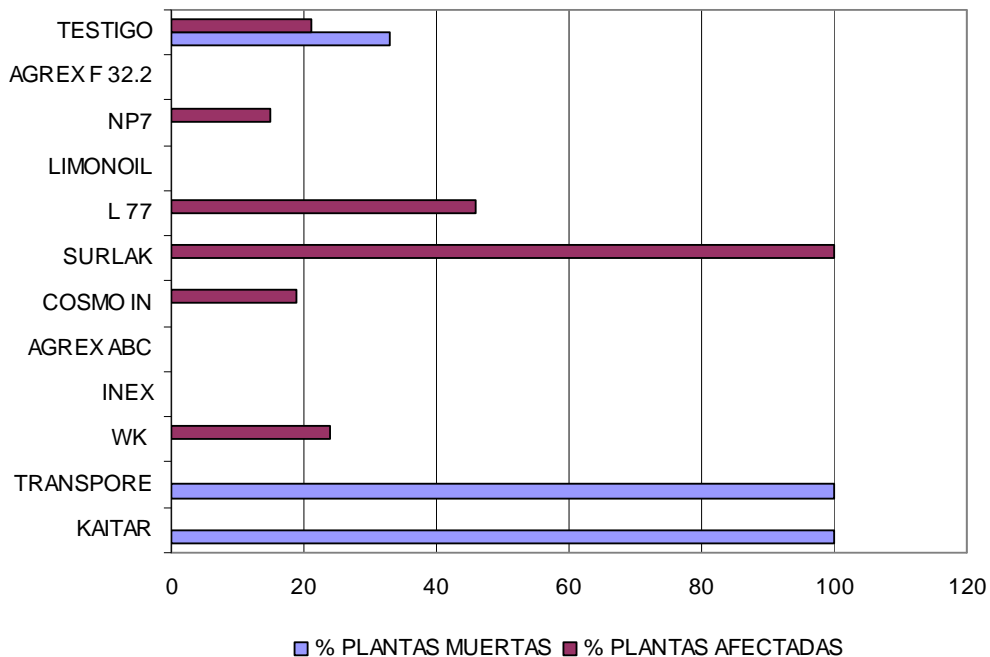
**Figura 15. Porcentaje de Control de la Maleza Rottboellia por el Herbicida Terbutrina y 12 Adyuvantes Comerciales.**

### **Herbicida Hexazinona**

Como se observa en el Cuadro 16 y Figura 11, en el caso del herbicida **Hexazinona** pocos adyuvantes mejoraron sustancialmente su accionar como ocurrió con los adyuvantes KAITAR y TRANSPORE con un 100 % del control de la maleza.

Este herbicida a pesar de dosificarse con la mitad de la dosis mínima recomendada el tratamiento testigo (sin adyuvante) presentó un 33 % de plantas muertas superando a los demás herbicidas que se dosificaron igual y con poca diferencia con Ametrina cuya dosis fue completa, así se evidencia el poder gramínicida de este herbicida.

Algunos adyuvantes como SURLAQ provocaron una afección importante en la mayoría de las plantas, pero también de alguna forma impidieron que este herbicida eliminara al menos las plantas que por sí solo lo habría hecho. El adyuvante SILWETT L77 a pesar de haber sido muy efectivo con el herbicida Terbutrina, en este caso solo logró afectar parcialmente un 46 % de las plantas de *R. cochinchinensis* presentes.



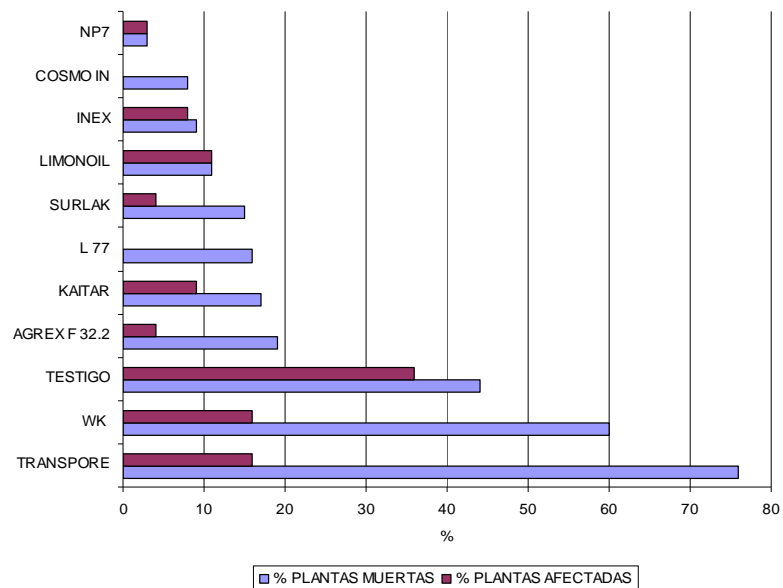
**Figura 16. Porcentaje de control de la maleza *Rottboellia* por el herbicida Hexazinona y 11 Adyuvantes Comerciales.**

### **Herbicida Ametrina**

Este herbicida sin adyuvante logro controlar en un 44 % las plantas de *R. cochinchinensis* aplicadas y afecto a un 36 % de estas, sin embargo como se indicó en principio, se utilizo una dosis de normal a alta (3.5 l/ha) respecto a los demás herbicidas evaluados, esto con la finalidad de que se manifestaran los adyuvantes.

Como se observa en el Cuadro 16 y Figura 12 la mayoría de los tratamientos lograron controlar en alguna medida a la maleza, y entre los adyuvantes mas efectivos se encontraron: TRANSPORE con un 76 % de plantas muertas y WK con un 60 %.

Los demás adyuvantes no lograron superar al tratamiento testigo ni en el número de plantas muertas ni en el número de plantas afectadas.



**Figura 17. Porcentaje de Control de la Maleza *Rottboellia* por el Herbicida Ametrina y 10 Adyuvantes Comerciales.**

### 3.2 Evaluación de la Interacción de Diferentes Mezclas de Herbicidas y Adyuvantes para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Diferentes Condiciones de campo.

Como el control químico de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar no se realiza utilizando un solo herbicida, si no mezclas de estos, sería lógico esperar si se pretende obtener la máxima respuesta, utilizar los adyuvantes que mejoraron el accionar de cada herbicida que compondrían la mezcla a aplicar.

Para seleccionar dichos adyuvantes en una forma objetiva se consideraron los valores obtenidos en el porcentaje de mortalidad y afección de plantas de *R. cochinchinensis* por cada herbicida y adyuvante (Cuadro 16). Luego se seleccionaron aquellas mezclas que ofrecieron un buen control con las dosis más bajas de sus herbicidas (Cuadro 14) y se les adjudicó a cada una de ellas los mejores adyuvantes. Con esta información se logró establecer una serie de pruebas de verificación en el campo y en diferentes localidades, las cuales fueron consecutivas y no simultáneas con la finalidad de que permitieran seleccionar y descartar tratamientos y dosis en cada una de ellas. A continuación se presentan los resultados obtenidos en algunas de las diferentes pruebas establecidas bajo una misma modalidad y en donde se fueron descartando en algunos casos y modificando tratamientos con la finalidad de ajustar y verificar dichos resultados.

### 3.2.1 Evaluación de Diferentes Mezclas de Herbicidas y Adyuvantes en Atirro, Turrialba 2008

En el mes de agosto del 2008 se estableció en una finca del Ingenio Atirro en el Cantón de Turrialba, provincia de Cartago una prueba de valoración de 30 mezclas de herbicidas seleccionadas en el 2007 como producto del establecimiento de pruebas de evaluación en el valle Central y la región norte específicamente en el cantón de los Chiles. Dichas mezclas se detallan en el Cuadro 17.

#### Metodología y Resultados

Se seleccionó un lote cultivado con caña de azúcar con la variedad Pindar altamente infectado por la maleza *R. cochinchinensis* en estado de prefloración y se marcaron dos entresurcos de 15 metros de largo por tratamiento. La aplicación se realizó utilizando una bomba de espalda equipada de una boquilla 80 03 con tope de presión de 30 lbs PSI calibrada para una descarga 526 l / ha. Las evaluaciones se realizaron a los 21 días posteriores a la evaluación y los resultados obtenidos en el porcentaje de control, así como los diferentes tratamientos y su costo se presentan también en el Cuadro 17.

**Cuadro 17**  
**Resultados de la Evaluación de 30 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Turrialba, Cartago. Agosto 2008**

TRATAMIENTOS	Promedio	COSTO ¢/ Ha	Costo \$
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + WK 1 cc/l	100,00	¢21.453	37,64
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + NP-7 1 cc/l	100,00	¢22.491	39,46
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + AGREX F 32 1 cc/l	88,33	¢22.557	39,57
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + LIMONOIL 1 cc/l	86,67	¢21.681	38,04
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha	66,67	¢20.557	36,06
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + L 77 1 cc/l	100,00	¢26.000	45,61
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + INEX 1 cc/l	93,33	¢19.302	33,86
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + AGREX F 32 1 cc/l	91,67	¢19.617	34,42
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + LIMONOIL 1 cc/l	90,00	¢18.741	32,88
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + WK 1 cc/l	86,67	¢18.513	32,48
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + NP-7 1 cc/l	85,00	¢19.551	34,30
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + SURLAQ 1 cc/l	83,33	¢19.270	33,81
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha	75,00	¢17.617	30,91
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 72 SL 0.5 l/ha + KAITAR 1 cc/l	100,00	¢15.887	27,87
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 72 SL 0.75 l/ha + KAITAR 1 cc/l	100,00	¢16.830	29,53
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 72 SL 1 l/ha	100,00	¢16.932	29,71
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 2 kg/ha + KAITAR 1 cc/l	91,67	¢23.302	40,88
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + COSMO IN 1 cc/l	90,00	¢16.578	29,08

HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + WK 1 cc/l	85,00	€15.777	27,68
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + NP-7 1 cc/l	85,00	€16.815	29,50
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha TESTIGO	83,33	€14.881	26,11
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + L 77 1 cc/l	80,00	€23.326	40,92
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + KAITAR 1 cc/l	78,63	€15.721	27,58
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + SURLAQ 1 cc/l	71,67	€16.534	29,01
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 0.5 l/ha + KAITAR 1 cc/l	85,00	€11.025	19,34
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 0.75 l/ha + KAITAR 1 cc/l	85,00	€11.968	21,00
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 1 l/ha	85,00	€12.070	21,18
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + L 77 1 cc/l	91,67	€24.140	42,35
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha TESTIGO	70,00	€15.695	27,54
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + KAITAR 1 cc/l	65,00	€16.535	29,01

La mezcla **Diuron + Terbutrina** presento un excelente control de la maleza al combinarse esta con los adyuvantes WK y NP-7, superando al testigo sin adyuvante en más de un 30 % de control, con un incremento leve en su costo (menos de \$ 2.) En esta mezcla los adyuvantes AGREX F32.2 y LIMONOIL aportaron un beneficio adicional e importante al control de la maleza.

La mezcla **Diuron + Ametrina**, como se observa en el Cuadro 17, es más económica que la anterior y además cuenta con mayores y mejores alternativas de control, su combinación con adyuvantes como: SILWET L77, INEX, AGREX F32.2 y LIMONOIL entre otros proporcionaron un control superior al 90 % y una diferencia significativa al testigo sin adyuvante.

La mezcla **Hexazinona + Diuron** presentó un menor costo y un buen control con el adyuvante COSMO IN con un 90 % de control. En esta mezcla algunos adyuvantes no lograron superar al tratamiento testigo tal es el caso de SILWET L77, KAITAR y SURLAQ.

Con la mezcla **Hexazinona +Terbutrina** solamente el adyuvante SILWET L77 supero al Testigo en mas de un 20 % pero con un costo mucho mayor debido al precio principalmente del adyuvante.

El herbicida **MSMA** se mezcló con **Diuron** y con **Hexazinona** y es evidente el sinergismo entre el Diuron y este herbicida lo cual permite, reducir la dosis del MSMA prácticamente a la mitad (0.5 l/ha) disminuyendo el costo de la mezcla en forma significativa. En la combinación con **Hexazinona** también es posible reducir la cantidad de MSMA a la mitad (0.5 l/ha) proporcionando valores muy aceptables en el control de esta importante maleza y un efecto menos adverso para el cultivo.

Los resultados obtenidos en esta prueba fueron muy satisfactorios, pero no definitivos por lo que se procedió después de este primer estudio en la región realizar dos valoraciones similares en el año 2009 y a continuación se presentan en este documento.

### 3.2.2 Evaluación de Diferentes Mezclas de Herbicidas y Adyuvantes en, Miramar, Puntarenas 2009

La Región del Pacífico Central de Costa Rica se encuentra altamente infestada de la maleza *Rottboellia cochinchinensis*, y en especial las fincas del Ingenio El Palmar en las cuales esta maleza se ha extendido sin control, cobrando una gran importancia en los últimos años. Ante esta situación y en la necesidad de continuar evaluando la gran cantidad de mezclas probadas en Turrialba (Ingenio Atirro) el año anterior (2008) se procedió a establecer en estas fincas un nuevo estudio con la finalidad de verificar resultados y seleccionar las mejores alternativas químicas de control de esta maleza.

#### Metodología y Resultados

En el mes de Junio 2009 se seleccionó un lote cultivado con caña de azúcar y altamente infectado por la maleza *R. cochinchinensis* en estado de prefloración y se marcaron dos entresurcos de 15 metros de largo por tratamiento. La aplicación se realizó utilizando una bomba de espalda equipada de una boquilla 80 03 con tope de presión de 30 lbs PSI calibrada para una descarga 500 l / ha. Las evaluaciones se realizaron a los 21 días posteriores a la evaluación y los resultados obtenidos, así como los diferentes tratamientos con sus respectivos costos se presentan también en el siguiente Cuadro.

**Cuadro 18**  
**Resultados de la Evaluación de 30 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Miramar, Puntarenas. Junio 2009**

Tratamientos	% Control	Costo \$ / ha
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + NP-7 1 cc/l	75	\$39,46
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 2 kg/ha + NP-7 1 cc/l	95	\$52,43
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + WK 1 cc/l	100	\$37,64
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 2 kg/ha + WK 1 cc/l	95	\$50,61
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + INEX 1 cc/l	60	\$33,86
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 2 l/ha + INEX 1 cc/l	90	\$41,68
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + TRANSPORE 1 cc/l	95	\$38,73
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 2 l/ha + TRANSPORE 1 cc/l	90	\$46,55
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + COSMO IN 1 cc/l	100	\$33,88
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 2 l/ha + COSMO IN 1 cc/l	70	\$41,70
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + L 77 1 cc/l	95	\$45,61
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 2 l/ha + L 77 1 cc/l	100	\$53,43
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 0.5 l/ha + Kaitar 1cc/ L	90	\$27,87
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 1 l/ha	70	\$29,71
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + TRANPORE 1 cc/l	95	\$35,99
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 2 kg/ha + TRANSPORE 1 cc/l	90	\$45,48
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + COSMO IN 1 cc/l	90	\$36,27
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 2 kg/ha + COSMO IN 1 cc/l	75	\$50,16

HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 0.5 l/ha + KAITAR 1 cc/l	95	\$19,34
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 1 l/ha	95	\$21,18
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + TRANSPORE 1 cc/l	100	\$42,84
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 2 kg/ha + TRANSPORE 1 cc/l	100	\$52,60
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + L 77 1 cc/l	90	\$53,21
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 2 kg/ha + L 77 1 cc/l	95	\$46,75
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + LIMONOIL 1 cc/l	100	\$29,51
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 2 kg/ha + LIMONOIL 1 cc/l	95	\$42,48
TERBUTRINA 80 WG 3 kg / ha + AMETRINA 50 SC 3 l/ha + WK 1 cc/ L	95	\$63,94
TERBUTRINA 80 WG 3 kg / ha + AMETRINA 50 SC 3 l/ha + TRANSPORE 1 cc/ L	90	\$70,19

Las mezclas presentes en el Cuadro 18 con sus respectivos coadyuvantes son el producto de un proceso de selección por tal motivo los resultados obtenidos son como se observan bastante satisfactorios en general. Para verificar la respuesta positiva de cada una de las mezclas a bajas dosis se comparó cada mezcla con su homóloga a una dosis mayor.

La mezcla **Diuron + Terbutrina** presentó la mejor respuesta en el control de *R. cochinchinensis* con la dosis mínima de Terbutrina (1 kg /ha) y utilizando WK como adyuvante, con un incremento en la dosis de este herbicida a 2 kg /ha, el efecto es también positivo sin embargo su costo es superior en \$12.97. Por otra parte y a diferencia del trabajo anterior al agregar a esta mezcla el adyuvante NP7 no contribuyo con un mayor control de la *R. cochinchinensis* como lo hizo el adyuvante WK al reducir la dosis de Terbutrina a 1 kg / ha.

La mezcla de **Diuron + Ametrina** también presentó buenos resultados utilizando los diferentes adyuvantes, los cuales todos respondieron mejor como se observa en el cuadro anterior cuando se utilizo la dosis de Ametrina de 1 L / ha. Con respecto a la prueba anterior (Ingenio Atirro, 2008) se agregaron dos nuevos adyuvantes: TRANSPORE y COSMO iN los cuales respondieron con eficiencia al igual que INEX y SILWET L77 ya valorados con anterioridad.

La combinación de los herbicidas **Diuron + MSMA y Hexazinona + MSMA** presentan un alto sinergismo que se manifiesta al reducir la dosis del MSMA a la mitad y siempre con buenos resultados, además estos tratamientos se distinguen por su bajo costo.

La mezcla **Hexazinona + Diuron** es una mezcla muy utilizada y presenta también un alto poder gramínicida si se compara con los demás tratamientos. El aporte de los adyuvantes es también muy positivo aunque hay menos alternativas que en otras mezclas, como se observa en el cuadro 18 los adyuvantes TRANSPORE y COSMO iN de nuevo contribuyen a un mayor control cuando se da una reducción del 50% de la dosis del herbicida **Diuron**.

La mezcla **Hexazinona + Terbutrina** con los adyuvantes TRANSPORE, SILWET L77 y LIMONOIL presentaron un excelente control de la maleza con la dosis normalmente recomendada de Terbutrina (2 kg / ha ) y la dosis reducida al 50 % de este herbicida. Esta mezcla es poco utilizada comercialmente y en el proceso de selección de los tratamientos en estudio, únicamente al combinarse esta con el adyuvante SILWET L77, con la incorporación de TRANSPORE y LIMONOIL también se lograron mejores resultados, respecto al estudio realizado en Turrialba en el 2008.

La combinación de **Terbutrina + Ametrina** es utilizada en la región de Guanacaste en las dosis aquí valoradas (anotadas en Cuadro 18) y como se observa por su alta concentración de ingrediente activo el costo de estas mezclas es sumamente alto si se compara con las demás mezclas valoradas en esta prueba y sus resultados no son del todo satisfactorios.

### 3.2.3 Evaluación de diferentes mezclas de herbicidas y Adyuvantes en Atirro, Turrialba 2009

En el mes de junio del 2009 nuevamente se estableció en una finca del Ingenio Atirro en el Cantón de Turrialba, provincia de Cartago una prueba de valoración de 21 mezclas de herbicidas algunas seleccionadas de las pruebas anteriores en esta y otras regiones del país. Dichas mezclas se detallan en el Cuadro 19.

#### **Metodología y Resultados**

Se seleccionó un lote cultivado con caña de azúcar con la variedad Pindar infectado por la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en estado de prefloración y se marco un entresurco de 40 metros de largo por tratamiento. La aplicación se realizó utilizando una bomba de espalda equipada de una boquilla 80 03 con tope de presión de 30 lbs PSI calibrada para una descarga 400 l / ha. Las evaluaciones se realizaron a los 21 días posteriores a la evaluación y los resultados obtenidos, así como los diferentes tratamientos se presentan también en el siguiente Cuadro.



**Figura 18. Tratamiento Testigo a la Izquierda y Efecto de la Mezcla Hexazinona 0.25 k + Diuron 1 k + Cosmo In.**

**Cuadro 19**  
**Resultados de la Evaluación de 21 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia***  
***cochinchinensis* en Turrialba, Cartago. Junio 2009**

TRATAMIENTOS	% Control	Costo ¢/ha
DIURON 80 WG 2 KG/HA + MSMA 72 SL 1 L/HA	99	29,19
DIURON 80 WG 2 KG/HA + MSMA 72 SL 0,5 L/HA + KAITAR	97	27,39
DIURON 80 WG 2 KG/HA + AMETRINA 50 SC 2 L/HA ( testigo )	94	45,80
DIURON 80 WG 2 KG/HA + AMETRINA 50 SC 1 L/HA + L77	95	44,82
DIURON 80 WG 2 KG/HA + AMETRINA 50 SC 1 L/HA + INEX	91	33,27
DIURON 80 WG 2 KG/HA + AMETRINA 50 SC 1 L/HA + COSMO IN	90	38,34
DIURON 80 WG 2 KG/HA + AMETRINA 50 SC 1 L/HA + TRANSPORE	88	38,06
DIURON 80 WG 2 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 2 KG/HA ( testigo )	98	56,48
DIURON 80 WG 2 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 1 KG/HA + NP-7	99	39,46
DIURON 80 WG 2 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 1 KG/HA + LIMONOIL	97	37,38
DIURON 80 WG 2 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 1 KG/HA + WK	95	36,98
TERBUTRINA 80 WG 3 KG/HA + AMETRINA 50 SC 3 L/HA + TRANSPORE	93	68,98
TERBUTRINA 80 WG 3 KG/HA + AMETRINA 50 SC 3 L/HA + WK	92	62,83
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + MSMA 72 SL 0,5 L/HA + KAITAR	99	29,52
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + MSMA 72 SL 1 L/HA	99	32,42
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 2 KG/HA	98	55,18
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 1 KG/HA + L 77	93	52,29
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + TERBUTRINA 80 WG 1 KG/HA + TRANSPORE	92	42,10
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + DIURON 80 WG 2 KG/HA (testigo )	100	41,71
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + DIURON 80 WG 1 KG/HA + COSMO IN	99	35,64
HEXAZINONA 75 WG 0,25 KG/HA + DIURON 80 WG 1 KG/HA + TRANSPORE	98	35,36

1 \$ = ¢580

En este estudio además de verificar los resultados obtenidos en Miramar se procedió a comparar cada una de las mezclas con sus respectivos adyuvantes y la misma mezcla sin adyuvante (Testigo), pero con un incremento del 100 % en la dosis del segundo herbicida en cada mezcla.

En la mezcla **Diuron + MSMA** se presentó nuevamente el mismo control obtenido en el ensayo anterior por lo que se confirma que una reducción en la dosis del MSMA a la mitad es suficiente para lograr un excelente control de *R. cochinchinensis* a un bajo costo.

La combinación de los herbicidas **Diuron + Ametrina** con los diversos adyuvantes presentaron valores similares al tratamiento testigo sin adyuvante y con una mayor dosis del herbicida Ametrina (2 L / ha). En esta ocasión el tratamiento que contenía el adyuvante INEX

mejoró su accionar respecto a la prueba de mezclas realizada en Miramar de Puntarenas, y confirmó nuevamente el buen desempeño ofrecido en este mismo lugar un año atrás.

La mezcla **Diuron + Terbutrina** presento también un excelente control con todos sus adyuvantes ya evaluados anteriormente como NP7 y WK .El adyuvante LIMONOIL agregado en este estudio como nueva alternativa resulto ser también un excelente tratamiento superando al testigo en forma significativa en el control y sobre todo en el costo.

La mezcla **Terbutrina + Ametrina** con sus altas dosis, continúa ofreciendo un buen control de la maleza al igual que las pruebas anteriores pero su alto costo lo hacen poco viable su aplicación.

**Hexazinona + MSMA** por sus buenos resultados, continúa siendo la mezcla más económica y efectiva de las evaluadas hasta hoy por el programa como se observa en los diferentes cuadros presentados en este documento.

La combinación de **Hexazinona + Terbutrina** y con los adyuvantes SILWET L77 y TRANSPORE continúan ofreciendo un buen control de la maleza al ser comparado con el tratamiento testigo.

La mezcla **Hexazinona + Diuron** presento, al igual que la valoración realizada en Miramar, un buen comportamiento con los adyuvantes COSMO iN y TRANSPORE casi igualando al tratamiento testigo con un incremento en la dosis de Diuron lo que incremento el costo de esta mezcla aproximadamente en un 15 %.

## **Conclusiones**

- 1- Un alto porcentaje de los adyuvantes evaluados y seleccionados fueron bien direccionados hacia las mezclas con base en los resultados de la evaluación individual en cada herbicida.
- 2- Mayores porcentajes de afección y de mortalidad de las plantas influyeron en el comportamiento del adyuvante en cada una de las mezclas valoradas.
- 3- Se presentaron diferencias marcadas entre los diferentes adyuvantes y su no uso en una misma mezcla en el control de la maleza demostrando con ello su necesidad de empleo en las aplicaciones.
- 4- Algunos adyuvantes en algunas mezclas no superaron al tratamiento testigo sin adyuvante, revelando con ello la posibilidad de un efecto adverso al esperado.
- 5- El herbicida Diuron resulto ser el herbicida mas compatible con la mayoría de los adyuvantes, situación que se manifestó en aquellas mezclas en que este herbicida estuvo presente.

- 6- Es importante señalar que el conocimiento preciso del mecanismo de acción de los surfactantes es bastante oscuro y que desafortunadamente no se puede esperar siempre que la disminución en la tensión superficial inducida por estos productos provoquen un aumento en la retención, absorción foliar y actividad o eficacia del tratamiento herbicida., por lo tanto es imprescindible continuar valorando nuevos productos y sobre todo su accionar en otras malezas de importancia económica para el cultivo de la Caña de Azúcar.
- 7- Ante los resultados de este estudio, quedo claramente demostrado que no todos los adyuvantes a pesar de sus cualidades físico- químicas ofrecen por igual resultados satisfactorios en su función como activadores o potencializadores de los herbicidas en general. De esta forma se debe evitar en alguna forma la generalización de las recomendaciones.
- 8- La valoración de las mezclas con dosis reducidas y fortalecidas con los adyuvantes específicos para cada una de las mezclas es concordante en la búsqueda de proteger el cultivo el medio ambiente y el bolsillo del productor cañero nacional.

### **Revisión de Literatura**

1. Alfaro. P,R. .2006. Evaluación de la Efectividad de Cuatro Herbicidas Pre emergentes Aplicados sobre los Residuos de Cosecha de la Caña de Azúcar. In XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América ATALAC y XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica ATACORI. Memoria .Vol. II. San José. Costa Rica p: 719 -724.
2. Alfaro. P,R; Bolaños P, J;Barrantes. M, J C. 2006.Control Químico Pre emergente de *Rottboellia cochinchinensis* en Condiciones de Campo e Invernadero. In XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América ATALAC y XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica ATACORI. Memoria .Vol. II. San José. Costa Rica p: 725 -731.
3. Alfaro.P,R;Bolaños.PJ;Blanco.R,M. 2006. Efecto de Cuatro Herbicidas Pre emergentes sobre el Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Cuatro Ordenes de Suelo dedicados al Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica . In XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América ATALAC y XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica ATACORI. Memoria .Vol. II. San José. Costa Rica p: 725 -731.
4. Cavenaghi,La .et al 2002.Dinámica de herbicidas en Palhada de Caña de Azúcar. Memorias IIX Congreso Nacional de STAB. Pernambuco. Brasil. p 170 - 174
5. García T, L; C Fernández 1991. Fundamentos sobre Malas Hierbas y Herbicidas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España.
6. García, E; Bortolussi, O; Blatner,L. 2003 Formulaciónes y Adyuvantes. El Sitio de la Producción Animal, INTA , Boletín de Divulgación Técnica Mayo 2003. 28 Pag.

7. Hess, F.D.1985. Herbicide Absorción and Translocations and their Relationship to Plant Tolerances and Susceptibility, In weeds Physiology Volume II Herbicide Physiology Pag. 192 – 214) Ediciones SO Duke CRC Press INC Boca Raton , FL,USA.
8. Kogan, M; Pérez, A 2001. Herbicidas: Fundamentos Fisiológicos y Bioquímicos del Modo de Acción Colección en Agricultura Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. 333 Pag.
9. Lallana ,M ; Billard; Elizalde, J; Lallana,V.2006. Breve Revisión sobre Características de la Cutícula Vegetal y Penetración de Herbicidas. Revista Ciencia, Docencia y Tecnología n 33 Año XVII, noviembre 2006 Pag. 229 -241.
10. Prado, B; Solar del; Soto A, 2001. Adyuvantes, sus Propiedades y Efectos en las Aplicaciones de Agroquímicos SIDALC Sistemas de Información y Documentación Agropecuaria de las Américas .Consultado 16 abril 2009 .Disponible en [http www.orton.catie.ac.cr](http://www.orton.catie.ac.cr).
11. Villegas.TF; Torres.S,J.1994. Evaluación de Herbicidas para el control de caminadora. Rev.Sugar Journal.Vol 96. N° 1143 pag 113