EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE CUATRO HERBICIDAS PREEMERGENTES APLICADOS SOBRE LOS RESIDUOS DE COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Ing. Roberto Alfaro Portuguez
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar-DIECA-
E-mail: ralfaro@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

Para obtener buenos rendimientos agroindustriales en el cultivo de la caña de azúcar es necesario implementar una gran cantidad y diversidad de labores importantes, diseñadas exclusivamente para obtener un efecto directo o una respuesta productiva económicamente satisfactoria.

Sin embargo al aplicar y conjugar dichas labores se debe tener presente los efectos indirectos que podrían desencadenar estas labores en el sistema.

Por ejemplo la forma y el momento en que se realizan labores como la preparación del suelo, la fertilización, el riego, la quema o la no quema para la cosecha y muchos más, no toman en cuenta el efecto de estas sobre la población de malezas y otras plagas (Burrows 1992 citado por Léon y Agüero 2001).

Hoy en día por diversas necesidades ambientales, técnicas y económicas se están introduciendo cambios sustanciales 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 beneficiosos pero para otros causa perjuicios o algunos inconvenientes.

Cambios como estos influyen directamente sobre la población de malezas presente en el agroecosistema, por tal motivo no se puede pensar en continuar con las mismas estrategias de control por lo que se deben buscar nuevas opciones que incluyen las particularidades del nuevo proceso o práctica del cultivo.

Monchini 1997 citado por Cavenaghi 2000 menciona que en la cosecha de la caña de azúcar son dejados en el suelo de 5 a 20 toneladas de rastrojo por hectárea y que cantidades mayores a 15 toneladas podrían disminuir en forma significativa la presencia de malezas en los campos cañeros.

La cantidad de rastrojo dejado en el campo posterior a la cosecha esta en función directa de las características de la variedad tales como la facilidad de la variedad para el despaje, hábito de crecimiento, uniformidad de los tallos y productividad.

Barnes 1987 citado por Herrera 2000 asegura que los residuos de cosecha en general afectan de forma drástica el establecimiento de las malezas en los campos de cultivo, pues limitan el acceso a la luz solar y con ello los cambios de temperatura de la superficie del suelo necesarios para lograr una buena germinación, propicia un aumento en la cantidad de microorganismos capaces de descomponer las semillas y liberan sustancias alelopáticas en el sistema.

Una de las malezas más importantes y dañinas que infestan los campos de caña es la *Rottboellia cochinchinensis* considerada como una de las 12 malezas más perniciosos del mundo y capaz de causar pérdidas superiores al 40% en la producción de tallos industriales de caña de azúcar (Ramalho 2001).

Por su alta capacidad de emitir semillas viables y rápido crecimiento esta maleza parece no limitarse como otras a crecer entre el rastrojo del campo sobre todo cuando hay una alta infestación de la misma.

Entre las medidas de control más efectivas para disminuir o aplacar la creciente población de esta especie es mediante el uso de herbicidas preemergentes con efecto residual prolongado que permita disminuir la germinación escalonada y prolongada de sus semillas.

Sin embargo la presencia del rastrojo de cosecha actúa como una barrera para que estos herbicidas no lleguen directamente al suelo, extenderse allí y actuar normalmente. Cavenaghi et al 2001 afirma que cuando un herbicida es aplicado sobre una cama de paja o rastrojo este es interceptado por la superficie de los residuos allí depositados y se vuelven vulnerables a la degradación por medio de la fotodescomposición y volatilización.

Debido al gran impulso que ha tenido la cosecha en verde en nuestro país, con su respectiva deposición de rastrojos sobre el suelo y la presencia en el mercado de diversos productos herbicidas preemergentes con capacidad de controlar *Rottboellia cochinchinensis*, nace la interrogante sobre el comportamiento que tendrán dichos herbicidas al ser aplicados sobre los rastrojos de cosecha de la caña de azúcar.

OBJETIVOS

Evaluar la capacidad de cuatro herbicidas preemergentes sobre rastrojos de cosecha para controlar la maleza *Rottboellia cochinchinensis*.

Evaluar la residualidad de cuatro herbicidas preemergentes aplicados sobre los residuos de cosecha de caña de azúcar.

Evaluar el efecto del rastrojo de cosecha de la caña de azúcar para impedir la germinación de semilla de *Rottboellia cochinchinensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero de 102 m2 ubicado en la Estación Experimental DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) situada en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, cantón de Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es de 1000 msnm y se encuentra a 10º 05´ 18 ″ latitud norte y 84º 17´ 09 ″ longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 msnm y una temperatura media de 23 ^{o}C.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m^2. En cada una de estas cajas se deposito una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evitar la sobresaturación, posteriormente se coloco una capa de suelo de 15 cm de profundidad.

La semilla de *Rottboellia cochinchinensis* fue recolectada del campo un año antes y previo a la siembra se realiza una prueba de germinación para garantizar su viabilidad.

Se depositaron equidistantemente un total de 50 semillas por caja abarcando la totalidad del área de suelo, luego se le agregó a la superficie un total de 0,7 Kg de hoja seca (paja) de caña cubriendo el área de suelo y las semillas de *Rottboellia* sembradas.

La aplicación fue realizada con una bomba de espalda con un regulador de presión de 35 Lbs PSI y boquilla Tee Jet 8003 calibrada para una descarga de agua de 700 litros por hectárea.

Los herbicidas seleccionados para este estudio se presentan en el Cuadro 1 y las características fisioquímicas del suelo utilizado un Andisol se presentan en el Cuadro 2.

Como el ensayo se realizo en condiciones de invernadero se utilizó un sistema de riego programado con microaspersores con el fin de mantener y regular la humedad del suelo y por ende favorecer la germinación de la semilla sembrada y la efectividad de los herbicidas aplicados.

El sistema de riego automatizado permitió tres riegos diarios de 6 minutos de duración cada uno.

El diseño experimental que se utilizó en este experimento fue un irrestricto al azar en arreglo factorial 6x2 constituido de 5 factores referentes a cada herbicida y el Testigo y 2 factores constituidos por el uso o no uso de la cobertura.

Cada tratamiento tuvo tres repeticiones para un total de 36 unidades experimentales.

Los herbicidas utilizados tienen la capacidad de controlar la *Rottboellia* en preemergencia y presentar selectividad al cultivo y las dosis son las recomendadas comercialmente.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de plantas de *Rottboellia* germinadas respecto al Testigo, porcentaje de control y tamaño promedio de las 10 plantas de mayor tamaño en cada tratamiento.

Cuadro 1
Herbicidas Pre Emergentes Utilizados en el Estudio

Nombre Genérico	Nombre Comercial	Dosis/ha	Tipo	Costo $/ha
Acetoclor	90 EC	3 L	Acetanilida	27,12
Clomazone	48 EC	2,5 L	Isoxazoles	75,09
Hexazinona	75 WG	0,75 Kg	Triazina	43,32
Isoxaflutole	75 WG	0,11 Kg	Isoxazoles	19,91
Pendimentalina	50 EC	2,5 L	Dinitroanilidas	27,0

Se realizaron evaluaciones a los 15 – 45 y 65 días de los cuales se discutirán los resultados obtenidos a los 45 y 65 días.

La información obtenida en cada una de las evaluaciones y variables se le realizó una transformación log 10 (x +1) con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se le realizó el análisis de varianza (ANDEVA). Debido a la significancia de las interacciones Herbicida x Cobertura, se procedió a realizar una prueba de Medias (Tukey 5%).

Cuadro 2
Características Físico Químicas del Suelo Andisol Utilizado en este Estudio

pH	c mol/l				mg/l					Textura %			%
	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	Arena	Arcilla	Limo	Mo
5.7	0.25	2.1	0.7	0.36	4	1.2	15	7	89	54	16	30	3.8

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza Cuadro 3 los resultados obtenidos en la variable porcentaje de plantas germinadas indicaron que a los 45 días y 65 días se presentaron diferencias altamente significativas (1%) entre los diferentes tratamientos (herbicidas y testigo) y el uso de la cobertura así como la interacción de ambos.

En la variable correspondiente al tamaño de las malezas tomada a los 65 días de igual forma se obtuvo diferencias altamente significativas entre los herbicidas, la cobertura y la interacción de ambos.

Cuadro 3
Resultado del Análisis de Varianza Realizado en la Evaluación de Diferentes Herbicidas Preemergentes Aplicados Sobre Residuos de Cosecha de Caña de Azúcar Valores Transformados Log 10 x +1

Fuente variación	GL	% Plantas Germinadas				Tamaño maleza cm	
		45 días Cud. Medios	P (f)	65 días Cud. Medios	P (f)	65 días Cud. Medios	P (f)
Herbicidas	5	71,73	AS	55,23	AS	9,63	AS
Cobertura	1	17,59	AS	21,72	AS	20,24	AS
Herbicida* Cobertura	5	8,62	AS	8,16	AS	6,65	AS
Error	24	0,90		0,91		0,28	
Total	35	440,97		360,52		108,33	
% CV		16,77		18,34		15,96	

AS : Altamente significativo 1 %
P (F): Probabilidad de

Acetoclor

La respuesta obtenida de este herbicida en el control de la *Rottboellia* a los 45 días fue aceptable ya que presentó un comportamiento muy similar en ausencia y presencia del rastrojo como se observa en el Cuadro 4 con un 38,49% y 32,82% de plantas germinadas respectivamente. Estos valores implicaron un 61,51% y un 67,18% del control de la maleza respectivamente.

En la evaluación realizada a los 65 días Cuadro 5 el control de la maleza se mantuvo igual al presentar un 35,09% de germinación sin cobertura y un 32,82% con cobertura para un 64,91% y 67,18% de control respectivamente como se observa en ambos cuadros estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre ambos tratamiento según Tukey 5%.

A los 65 días cuando se evaluó el tamaño promedio de las diez plantas germinadas de mayor tamaño en cada tratamiento (Cuadro 6) se observa que las plantas germinadas en el tratamiento con cobertura fueron superiores en tamaño a las plantas germinadas sin cobertura con 26,75 cm y 7,74 cm respectivamente. Los valores obtenidos con este herbicida indican que a pesar de haber permitido germinar la maleza, esta al menos en el tratamiento sin cobertura no creció y se quedo pequeña en virtud del accionar de este herbicida cuando es aplicado directamente sobre el suelo sin cobertura.

Aparentemente los residuos de cosecha interfirieron con este herbicida negativamente interceptándolo e impidiendo que cantidades del ingrediente activo lleguen al suelo y actúen al menos impidiendo que la maleza crezca normalmente.

Estadísticamente no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con cobertura y sin cobertura según Tukey 5% en la variable porcentaje de germinación pero en

el tamaño de la maleza si se presentaron diferencias significativas entre ambos tratamientos en este herbicida.

Clomazone

La respuesta obtenida con este herbicida a los 45 días en el tratamiento sin cobertura fue excelente al no permitir la germinación de la maleza y brindando un 100% de control que se mantuvo hasta los 65 días como se observa en los Cuadros 4 y 5. Sin embargo la presencia del rastrojo afecto parcialmente el accionar de este herbicida al permitir un 41,08% a los 45 días y un 42,32% de plantas germinadas veinte días después.

Al evaluar el tamaño de la maleza (Cuadro 6) esta nos indica que al igual que el herbicida Acetoclor este herbicida no es capaz en presencia de rastrojo como barrera para impedir o retardar el crecimiento de la maleza la cual presento un promedio de 28,42 cm superando al Testigo sin herbicida.

Hexazinona

Este herbicida no logró controlar en un 100% la maleza en el tratamiento sin cobertura como se observa en el Cuadro 4 correspondiente a la evaluación de los 45 días presentando un 6,2% de plantas germinadas y 65 días después de la aplicación (Cuadro 6) un 7,2% valores poco significativos y que podrían mejorar con un incremento en la dosis de este herbicida.

En ambos periodos de evaluación en los tratamientos con cobertura este herbicida fue parcialmente interceptado y por ello permitió un 33,46% y 35,77% de plantas germinadas para un 66,54% y 64,23% de control respectivamente.

Este herbicida al igual que Acetoclor y Clomazone en el tratamiento con cobertura o rastrojo el crecimiento de la maleza fue similar con 27,75 cm superando también al Testigo sin herbicida.

Las marcadas diferencias entre los valores obtenidos fueron significativamente diferentes según Tukey al 5%.

Isoxaflutole

Este herbicida aparentemente actúa más lentamente que los otros herbicidas valorados en este estudio ya que a los 45 días de la aplicación tanto en presencia y ausencia de cobertura permitió la germinación de más de un 80% de las plantas situación que se redujo aproximadamente a la mitad 20 días después (65 días de la aplicación) como se observa en el Cuadro 5 al presentar un 35,7% de plantas en el tratamiento sin cobertura y un 43,74% en presencia de esta para un 64,3 y 56,26% de control respectivamente.

Sin embargo al valorar el crecimiento de la maleza y contrario a lo obtenido en el herbicida Acetoclor el tratamiento con cobertura el Isoxaflutole actúo limitando el crecimiento de la maleza en un promedio alcanzado a los 65 días de 4,25 cm y 13,18 en el tratamiento sin cobertura. Este resultado revela que la cobertura no ofrece un impedimento físico para el accionar de este herbicida.

Pendimentalina

A los 45 días y 65 días de aplicado este herbicida no permitió la germinación de la maleza, tanto en presencia y ausencia del rastrojo presentando con ello diferencias estadísticas significativas con el tratamiento Testigo (Cuadro 4 y Cuadro 5). Es importante resaltar que este herbicida fue el único que logró controlar la *Rottboellia cochinchinensis* en su totalidad y que con ello es factible asegurar que su accionar no se vio limitado con la cobertura o rastrojo.

La variable comportamiento de algunos herbicidas ante la presencia de los rastrojos 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 influye sobre la adsorción de la mayoría de los herbicidas porque provee de un largo número de sitios de adsorción.

La materia orgánica es producto de la degradación de la lignina que contiene los residuos de las plantas y en este caso la hoja de caña, a la vez la misma esta compuesta de polifenoles con una alta superficie de contacto, un alto pH dependiendo de la posición de la carga negativa la cual es capaz de realizar interacciones orgánofiticas con herbicidas ligados de carga neutra, positivas y negativas. (Cavenaghi 2002).

Cuadro 4
Porcentaje de Germinación de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis* obtenido 45 Días Después de Aplicados los Herbicidas Preemergentes Sobre el Suelo y Sin Cobertura

Herbicidas	Cobertura	Porcentaje Plantas Germinadas		Porcentaje Control
ACETOCLOR	Sin Cobertura	38,49	ABa	61,51
	Con Cobertura	32,82	BCa	67,18
CLOMAZONE	Sin Cobertura	0	Cb	100
	Con Cobertura	41,08	ABCa	58,92
HEXAZINONA	Sin Cobertura	6,2	BCb	93,8
	Con Cobertura	33,46	BCa	66,54
ISOXAFLUTOLE	Sin Cobertura	82,91	ABa	17,09
	Con Cobertura	84,59	ABa	15,41
PENDIMETALINA	Sin Cobertura	0	Ca	100
	Con Cobertura	0	Ca	100
TESTIGO	Sin Cobertura	100	Aa	0
	Con Cobertura	100	Aa	0

Valores con Igual Letra No Difieren Estadísticamente Entre Si Según Tukey 5%.
Letras Mayúsculas Agrupan en el Sentido del Primer Factor y Letras Minúsculas en el Sentido del Segundo Factor.

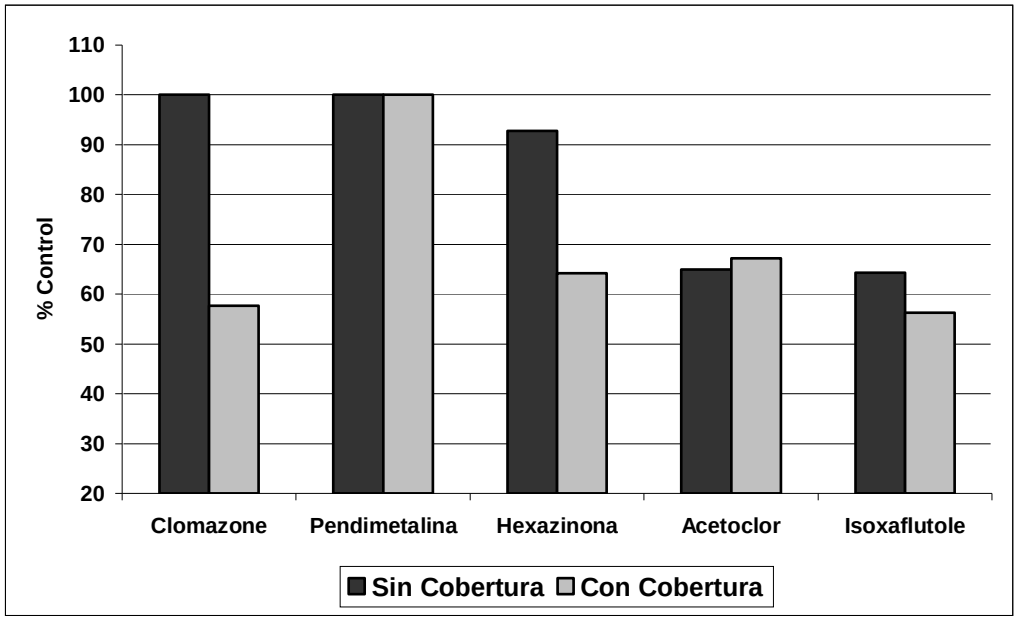
Cuadro 5
Porcentaje de Germinación de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis* obtenido 65 Días Después de Aplicados los Herbicidas Preemergentes sobre el Suelo Con y Sin Cobertura

Herbicidas	Cobertura	Porcentaje Plantas Germinadas		Porcentaje Control
ACETOCLOR	Sin Cobertura	35,09	BCa	64,91
	Con Cobertura	32,82	BCa	67,18
CLOMAZONE	Sin Cobertura	0	Cb	100
	Con Cobertura	42,32	BCa	57,68
HEXAZINONA	Sin Cobertura	7,21	BCa	92,79
	Con Cobertura	35,77	BCa	64,23
ISOXAFLUTOLE	Sin Cobertura	35,7	Ba	64,3
	Con Cobertura	43,74	ABa	56,26
PENDIMETALINA	Sin Cobertura	0	Ca	100
	Con Cobertura	0	Ca	100
TESTIGO	Sin Cobertura	100	Aa	0
	Con Cobertura	100	Aa	0

Cuadro 6
Tamaño (cm) Promedio de 10 Plantas de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis* obtenido 65 días Después de Aplicados los Herbicidas Preemergentes sobre el Suelo Con y Sin Cobertura

Herbicidas	Cobertura	Tamaño promedio 10 plts Germinadas(cm)	
ACETOCLOR	Sin Cobertura	7,74	ABb
	Con Cobertura	26,75	ABa
CLOMAZONE	Sin Cobertura	0	Bb
	Con Cobertura	28,42	Aa
HEXAZINONA	Sin Cobertura	6,84	ABb
	Con Cobertura	27,75	ABa
ISOXAFLUTOLE	Sin Cobertura	13,18	ABa
	Con Cobertura	4,25	Ba
PENDIMETALINA	Sin Cobertura	0	Ba
	Con Cobertura	0	Ba
TESTIGO	Sin Cobertura	15,89	Aa
	Con Cobertura	24,45	ABa

Figura 1
Efecto de la Cobertura en el Control de *Rottboellia cochinchinensis* con Cinco Herbicidas Aplicados en Preemergencia



CONCLUSIONES

Al evaluar el tamaño de la maleza es evidente que en la mayoría de los casos la cobertura favoreció el crecimiento de la maleza posiblemente debido a un crecimiento inicial acelerado en búsqueda de la luz a través de la Paja o Rastrojo.

Algunos herbicidas como Acetoclor y Isoxaflutole a pesar de haber permitido germinar la maleza en un alto porcentaje, estas se quedaron pequeñas y no desarrollaron normalmente en virtud de un efecto parcial del herbicida aplicado.

El herbicida Pendimentalina controlo en un 100% la maleza en los tratamientos con y sin cobertura indicando con ello que la presencia de la cobertura en el campo no impide su accionar como herbicida preemergente.

El herbicida Acetoclor logró un control parcial de la maleza y no se vio afectado por la presencia del rastrojo.

El herbicida Hexazinona desminuyó el control de la maleza aproximadamente en un 40% cuando este fue aplicado sobre el rastrojo.

El herbicida Clomazone controlo en un 100% la maleza en el tratamiento sin rastrojo y en el tratamiento con rastrojo la misma fue controlada parcialmente en un 58%.

El herbicida Isoxaflutole controlo parcialmente la maleza aproximadamente en un 60% y la presencia del rastrojo no interfirió en el mismo.

RECOMENDACIONES

En presencia de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en campos cultivados de caña de azúcar se recomienda el uso del herbicida Pendimentalina como preemergente en dosis iguales o superiores de 2,5l/ha y en presencia o ausencia del rastrojo de cosecha.

El herbicida Isoxaflutole en la dosis de 0,11 -0,15 Kg/ha es otra alternativa viable de uso si la población de *Rottboellia* no es muy alta en el cultivo de la caña de azúcar.

LITERATURA CONSULTADA

1) Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo 15 p.

2) Barrios. P, J. 1997. Control de *Rottboellia cochinchinensis* ¨Caminadora¨ en Caña Soca con Pendimentalina. Guatemala. Memoria 11 avo. Congreso de ATACORI. Tomo II. Condovac. Guanacaste.

3) Bolaños, J; Alfaro, R. 1999. Diagnóstico Preliminar sobre la Distribución y Propagación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. In Memoria XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Volumen II. Manejo de Cultivos. 196 p.

4) Bowen, E. J. Kratky, A. B. 1998. Herbicidas Químicos ¿ Armas de Doble Filo ?. Revista Agricultura de las Américas. Setiembre-Octubre 1998.

5) Cavenaghi et al 2002. Dinámica de Herbicidas en Palhada de Cana de Acucar. Octavo Congreso Nacional de STAB. Pernambuco Brasil. pag 170-174.

6) Cavenaghi, L.A. et al 2002. Dinámica de Herbicidas en Palhada de Cana de Acucar. Memorias IIX Congreso Nacional de STAB. Pernambuco Brasil pag. 170-174.

7) Cassa. 2001. Manejo Integrado de la Caminadora *Rottboellia cochinchinensis* ¨Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 pag.

8) Chaves, S. M.A; Alvarado, H. A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (Saccharum spp) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. San José. Costa Rica. DIECA. Julio. 41 p.

9) Léon, R; Agüero, R. 2001. Efecto de la Profundidad del Suelo en *Rottboellia cochinchinensis* (LOUR) Clayton en Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) Agronomía Mesoamericana 12. (1). pag. 65-69.

10) Léon, R, Agüero, R. 2001. Efecto de Tipos de Labranza sobre la Población de Malezas en Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L). Agronomía Mesoamericana 12 (1). Pag. 71-77.

11) Locatelli, E. Myron, S._____ Residuos de Herbicidas en el Suelo. Principios Básicos sobre el Manejo de Malezas. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Zamorano Honduras. pag ____.

12) Petty, A. Nuñez, R. 1979. Gruía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.

13) Ramalho DFGP. 2001. Control Químico do Capim Camalote (*Rottboellia exaltata*) en Sequeiros de Cana de Acucar no Estado do Rio de Janeiro. Memorias de IIX Congreso Nacional de STAB. Pernambuco Brasil. pag 167-169.

14) Villegas. T.F; Torres. S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.