



**EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PREEMERGENTES DE BAJA
CARGA QUÍMICA PARA EL CONTROL DE *Rottboellia cochinchinensis*
EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**



Ing. Agr. Roberto Alfaro Portugal*
Programa Agronomía
DIECA-LAICA

Octubre 2020
Grecia, Costa Rica

Resumen

En condiciones de invernadero se realizaron varios experimentos, para los cuáles se utilizaron cajas plásticas como unidades experimentales de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m². En dichas cajas se sembró un total de 20 semillas de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* por cada unidad experimental y el diseño experimental comúnmente usado fue irrestricto al azar con 3 repeticiones. Utilizando los órdenes de suelo: Inceptisol, Mollisol, Vertisol y Ultisol y los herbicidas preemergentes de baja carga química: Indaziflan, Merlin Total y Mayoral los cuales fueron aplicados cada orden de suelo para valorar su accionar y residualidad.

La aplicación de los herbicidas se realizó después de la siembra utilizando un aplicador mecánico provisto de una presión de 30 lbs Psi (2 bar) y una boquilla DG TeeJet 8002 calibrada para una descarga de agua de 500 litros por hectárea. Los resultados obtenidos en estos experimentos se resumen a continuación:

- En todos los órdenes de suelo los herbicidas evaluados se comportaron en forma diferenciada tanto en su accionar como en su residualidad.
- Los herbicidas Indaziflan y Merlin Total presentaron los mayores porcentajes de control de la maleza y la mayor residualidad en los suelos Ultisol e Inceptisol.
- En los suelos Ultisol e Inceptisol el herbicida Mayoral presentó control de la maleza únicamente en la sembrada 45 días después de la aplicación.
- El herbicida Mayoral presentó un bajo control de la maleza (26,97 %) solamente en el suelo Mollisol y en el Vertisol (30,58%), sin embargo fue en este último en que perdió abruptamente su residualidad.
- La pérdida de residualidad del herbicida Indaziflan en los suelos Ultisol e Inceptisol fue de un 36 % en ambos suelos, representando un 0,8 % diario.
- El rastreo no influyó sobre el accionar del herbicida Indaziflan, sin embargo el Merlin Total perdió un 43,5 % y el Mayoral un 7,4 % en el control de *Rottboellia*.
- Las plántulas de *Rottboellia* no controladas por los herbicidas fueron afectadas en su crecimiento, en un 45 % por Indaziflan y un 65 % por Merlin Total.
- Los herbicidas evaluados afectaron el crecimiento o desarrollo de la variedad LAICA 07 20, aproximadamente en un 21 % en el crecimiento y un 15 % en el grosor de los brotes.
- Productivamente la variedad RB 98 710 en un suelo Ultisol fue afectada en la producción de azúcar (t/ha) en un 9 % con el Indaziflan, en un 10 % con el Mayoral y Merlin Total

INTRODUCCIÓN

La maleza *Rottboellia cochinchinensis*, conocida como “caminadora”, “invasor”, o “zacate Indio”, cuenta con una alta capacidad competitiva y rápida diseminación, características que la han convertido en una maleza importante en cultivos de gramíneas como arroz, maíz, y caña de azúcar en los que es la causa principal en el incremento de los costos de producción y además responsable directa de las pérdidas en producción ocasionadas por su competitividad (León y Agüero 2001).

En la caña de azúcar la caminadora por su desarrollo precoz compite ventajosamente por agua, luz, nutrimentos y espacio, como consecuencia, se ha encontrado que las pérdidas causadas por esta competencia fluctúan entre un 35 y un 60% para caña planta y un 30 a un 40% para caña soca o retoño, presentando los valores más altos en aquellas áreas de cultivo donde la “caminadora” se encuentra en un mayor grado de infestación (Villegas 1994).

En Colombia afirma Barrios (1997), que la competencia de la caminadora tuvo un efecto notable sobre la producción de caña cuando no se hizo ningún control, encontrando disminuciones del 22% en el tonelaje de caña en los primeros 90 días del cultivo siendo la caminadora la principal maleza. El control de esta maleza debe hacerse tempranamente antes de que esta produzca semillas para reducir su potencial de propagación y antes de que esta compita con el cultivo.

El uso de herbicidas representa una alternativa efectiva y económica para el control de la caminadora; sin embargo, es frecuente la utilización de herbicidas de acción post emergente y algunos de ellos con acción pre emergente muy leve o inexistente para esta maleza, provocando con ello la eliminación de las malezas presentes pero ineficaz en aquellas de segunda generación las cuales en poco tiempo infestarán nuevamente el cultivo (Alfaro *et al* 2006).

Para lograr un control químico efectivo en lotes con altas infestaciones de esta maleza es necesario y recomendable incorporar a las mezclas herbicidas de acción pre emergente que eviten la germinación de la *Rottboellia* en la segunda generación de plantas.

Por otra parte, la protección del medio ambiente hoy día se ha vuelto prioritaria y la contaminación del mismo por plaguicidas se ha incrementado en forma significativa en parte por el mal uso de los mismos. En este sentido a partir de año 2020, las más grandes compañías compradoras de azúcar del mundo, están exigiendo a sus proveedores que esta debe ser certificada por una entidad creada sin fines de lucro y dedicada a reducir los impactos ambientales y sociales comunes en todo el proceso de la producción de azúcar. Esta entidad a la que le han confiado la certificación se llama BONSUCRO y su misión es verificar que en los campos de caña de azúcar certificados, se logre una disminución en la carga química de los plaguicidas aplicados anualmente.

*Ingeniero Agrónomo, coordinador Programa de Agronomía, Departamento Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA - Liga Agrícola e Industrial de la Caña de Azúcar- LAICA. Correo electrónico raifaro@laica.co.cr, Tel 2494 1647.

La suma de las cantidades de ingredientes activos involucra herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y maduradores, los cuales no deberán sobrepasar los 5 kg /ha de ingrediente activo por hectárea por año.

Actualmente la mayoría de los herbicidas pre emergentes registrados en el cultivo de la caña de azúcar, presentan una elevada carga química por lo que es imprescindible valorar nuevos herbicidas de baja carga química en el cultivo.

Objetivo General

- Evaluar tres nuevos herbicidas preemergentes de baja carga química en diferentes condiciones de ambiente en el cultivo de la caña de azúcar.

Objetivos Específicos:

- Valorar el comportamiento residual de los herbicidas en diferentes órdenes de suelo
- Evaluar el efecto del rastrojo sobre el accionar de los herbicidas.
- Determinar el efecto fitotóxico de los herbicidas sobre el crecimiento inicial de una variedad susceptible.
- Evaluar el comportamiento productivo de la caña de azúcar aplicada con diferentes herbicidas pre emergente.

I. Características de los Herbicidas Evaluados

Muchas de las empresas fabricantes de agroquímicos han investigado y desarrollado nuevas moléculas de herbicidas, buscando principalmente que estos nuevos productos sean usados en dosis bajas, amigables con el ambiente y económicamente efectivos.

Muchas de estas moléculas son desarrolladas para diferentes cultivos, donde la selectividad no es fisiológica, apuntando en algunas ocasiones a la selectividad espacial o física, permitiendo con ello adaptar una molécula al control químico de las malezas de un cultivo específico como la caña de azúcar. Por esta situación, los fabricantes recomiendan la aplicación de estos herbicidas en momentos (selectividad espacial) en que no se encuentre presente el cultivo. A continuación se presentan las características y recomendaciones de algunos de estos herbicidas que se encuentran en proceso de ser inscritos en Costa Rica y son utilizados comercialmente en otros países de Latinoamérica.

Para este trabajo se seleccionaron tres nuevos herbicidas con las características que se presentan en el Cuadro 1, dichas características se tomaron de artículos técnicos publicados por las compañías fabricantes o distribuidoras de estos productos.

Cuadro 1.
Características de los herbicidas evaluados en este estudio.

Herbicida	Genérico	Dosis/ha	Grupo	Acción	Malezas
Alion 50 SC	Indaziflan	0,1-0,2 l/ha	Alkilazina	Preemergencia total	Gramíneas y Hoja Ancha
Mayoral 35 SL	Imazapic 26,2 % Imazapir 8,80 %	0,4-0,6 l/ha	Imidazolinonas	Preemergencia total	Gramíneas y Hoja Ancha
Merlin total 60 SC	Isoxaflutole 45 % Indaziflan 15 %	0,2 - 0,3 L	Alkilazina + Isoxasoles	Preemergencia total	Gramíneas y Hoja Ancha

1.1 Indaziflan 50 SC (Alion 50 SC).

Este es un herbicida desarrollado por la compañía BAYER de acción pre emergente y post emergente, utilizado para el manejo de malezas de hojas anchas y gramíneas, perteneciente al grupo químico de las Alkiltriazinas y posee un efecto residual de 90 días o más (Bayer Cropscience, 2013).

Su molécula es absorbida vía raíz, inhibiendo directamente la biosíntesis de celulosa e interfiriendo en la formación de los meristemos iniciales y los embriones de las semillas de las malezas. Con esta acción se inhibe la capacidad germinativa de las semillas de las malezas y la formación de las pequeñas plántulas. (Espinoza, 2013). Las dosis recomendadas por el fabricante en estricta pre-emergencia o renovaciones: 0,1 a 0,15 l / ha en post-emergencia temprana: 0,1 a 0,15 l / ha en mezcla con un herbicida post emergente y en un suelo pesado (arcilloso) se debe incrementar la dosis a 0,2 l/ha.

1.2 Isoxaflutole + Indaziflan 60 SC (Merlin Total 60 SC).

Este herbicida es eficaz en el control de malezas gramíneas y de hojas anchas en el cultivo de caña de azúcar, contiene dos poderosos ingredientes activos, los cuales le permiten actuar en los estados de pre-emergencia, al intervenir en la formación de los meristemos iniciales y la formación de los embriones, inhibiendo la capacidad germinativa de la semilla de la maleza. Otra acción importante señala que este herbicida detiene la biosíntesis de la celulosa produciendo la muerte de las malezas.

Este herbicida está compuesto por dos ingredientes activos, Indaziflan 15% e Isoxaflutole 45% en pre emergencia de malezas gramíneas y dicotiledóneas, brindando un efecto residual

entre 80 y 100 días. Por su composición este herbicida pertenece a la familia de las Alkilazinas e Ixosazoles. Si es necesario hacer una segunda aplicación de pre-cierre, se recomienda utilizar la mitad de la dosis de este herbicida y agregar a la mezcla algún herbicida post-emergente de uso común en caña. Realizar las pruebas de compatibilidad previamente. El Intervalo entre la última aplicación y la cosecha es de 8 meses.

Este herbicida presenta fitotoxicidad al cultivo al provocar una ligera clorosis de color amarillo en las hojas, que supuestamente no tiene ninguna repercusión en el rendimiento y se elimina completamente de 15 a 20 días después de la aplicación. Se recomienda también, realizar la aplicación en un rango menor a 8 Días Después del Corte (DDC), ya que a medida que se reduce la ventana de aplicación se reducen o eliminan los riesgos fitotóxicos. Evitar aplicar antes de la siembra o resiembra del cultivo. Algunos síntomas de fitotoxicidad podrían ocurrir en presencia de suelos extremadamente arenosos, con niveles de materia orgánica inferiores a 1,5%, altamente pedregosos, agrietados e inundados que posibiliten la llegada del producto al sistema radicular de las plantas del cultivo (Bayer Cropscience, 2013).

1.3 Imazapic + Imazapir 35 SL (Mayoral 35 SL).

Las moléculas del Imazapic y el Imazapyr se absorben fácilmente a través de las hojas, tallos verdes y raíces, y son traslocados por la planta acumulándose en los meristemos. Ambos ingredientes activos son móviles por el floema y xilema, pero se traslocan principalmente por el floema. Son activadas en el suelo al aplicarlas en preemergencia, debido a su capacidad de fijación en carbón orgánico y alta solubilidad en agua.

Estas moléculas pertenecen al grupo de las Imidazolinonas e inhiben la enzima AHAS o sintasa de ácido acetohidróxido conocida también como sintasa de acetolactato-ALS, esencial en la síntesis de los aminoácidos de cadena ramificada como valina, leucina e isoleucina, aminoácidos esenciales en la formación de proteínas.

Este herbicida se recomienda para el control en preemergencia de malezas de hojas anchas, pastos anuales y perennes y la selectividad depende de la especie de planta y de la dosis.

Las plantas susceptibles tratadas en preemergencia detienen su crecimiento poco después del contacto con el herbicida y mueren antes de la emergencia. En post emergencia temprana la clorosis aparece primero en las hojas más nuevas, y va seguida de la muerte del tejido a modo de muerte descendente.

En plantas perennes, el Imazapic se transloca y controla órganos subterráneos lo cual previene los rebrotes. En algunas especies de plantas, la clorosis y la muerte del tejido puede no ser

aparente durante varias semanas después de la aplicación, incluso aplicado en preemergencia. La muerte completa de algunas especies de plantas puede tomar semanas o meses. Las plantas susceptibles a este herbicida presentan síntomas de intoxicación similares a aquellos por las sulfonilureas como detención del crecimiento, clorosis y coloración púrpura del follaje, desplegado anormal de las hojas, enrojecimiento de las venas, meristemos inhibidos y muerte de raíces. En la caña de azúcar este herbicida debe ser aplicado en preemergencia a las malezas o con máximo dos hojas de desarrollo de las mismas y que la cobertura de la maleza no sea mayor al 5%, asegurando máxima cobertura del suelo tratado.

II. Aspectos Metodológicos básicos

Se realizaron diferentes estudios con estos herbicidas valorándolos en diferentes ambientes en los que pueden influir positiva o negativamente sobre el desempeño de estos productos, se utilizó como planta referente la *Rottboellia cochinchinensis* por su importancia económica y fácil manipulación de la semilla.

Parte del estudio sobre estos herbicidas se realizó en un invernadero de 102 m² ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur, cantón de Grecia, Alajuela. El mismo se encuentra ubicado a 10° 05' 18' Latitud Norte y 84° 17' 09' Longitud Oeste, a una altitud de 1000 msnm, una temperatura media externa de 23°C. La evaluación productiva y el efecto fitotóxico se ejecutó en una finca de Coopeagri ubicada en la localidad de San Pedro, cantón de Pérez Zeledón en la Región Sur del país en un suelo del orden Ultisol.

En los estudios de invernadero 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 m². En la siembra se depositó un total de 20 semillas por cada unidad experimental y el diseño experimental comúnmente usado fue irrestricto al azar con 3 repeticiones. La aplicación de los herbicidas se realizó después de la siembra utilizando un aplicador mecánico provisto de una presión de 30 lbs Psi (2 bar) y una boquilla DG TeeJet 8002 calibrada para una descarga de agua de 500 litros por hectárea.

El invernadero donde se realizó este estudio se encuentra provisto de un sistema de riego con micro aspersores y programado con 3 riegos diarios de 6 minutos suficiente para mantener en cada unidad experimental la humedad a capacidad de campo.

A la información obtenida en cada una de estas investigaciones y variables se les realizó una transformación \sqrt{x} llamada angular o arco seno. Con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se les realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos de presentar significancia se realizó una prueba de medias (Tuckey 5%).

En los resultados al ser los herbicidas Mayoral y Merlin total una mezcla de dos ingredientes activos sin tener competencia con herbicidas genéricos, se hace la salvedad por facilidad de mencionarlos con el nombre comercial.

III. Evaluación en diferentes órdenes de suelo.

La aplicación de herbicidas en el campo es crítica y más 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 volatilización, la foto-descomposición y la lixiviación; la cual a la vez será dependiente de la textura de dicho suelo,

En Costa Rica la variabilidad de materiales parentales con 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 órdenes 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 órdenes 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, es importante y necesario realizar este estudio, y conocer el comportamiento de estos nuevos herbicidas pre-emergentes aplicados en el cultivo de la caña de azúcar cultivada en los diferentes tipos de suelo. Los órdenes taxonómicos de suelo seleccionados para el estudio fueron: **Mollisol, Inceptisol, Ultisol y Vertisol**, los cuales fueron trasladados de diferentes partes del país donde estos son abundantes.

La semilla en número de 10 se sembraron en la mitad de la caja (unidad experimental) (Figura 6) 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.

El diseño experimental aplicado fue irrestricto al azar con tres repeticiones y en arreglo factorial 4⁴. En el Cuadro 2 se presenta el ANDEVA aplicado a los resultados de la primera evaluación realizada 30 días después de la aplicación de los herbicidas, y una segunda evaluación del control ejercido por la residualidad de los herbicidas sobre una nueva siembra de semillas realizada 45 días después de la aplicación. Como se observa en dicho Cuadro, se obtuvo diferencias altamente significativas entre los suelos, los herbicidas y su interacción en ambos periodos de evaluación.

Cuadro 2

Porcentaje de control de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en diferentes órdenes de suelo aplicados con tres herbicidas pre emergentes y en dos periodos de evaluación.

		Primera siembra		siembra 45 DDA	
ANDEVA		% Control		% Control	
F.Variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)
Suelos	3	100,92	0,03	934,21	0
Herbicidas	3	19.882,08	0	2.323,29	0
Suelos x Herbicidas	9	620,5	0	494,93	0
Error	32	29,74		129,36	
Total	47	66.485,18		18.366,33	
Cv %		13		71,83	
Suelos					
Ultisol		45	a	27,43	a
Vertisol		38,04	b	12,02	b
Inceptisol		41,99	ab	17,16	ab
Mollisol		42,77	ab	6,73	b
Herbicidas					
Testigo		0	d	0	c
Mayoral		14,39	c	14,35	b
Merlin total		80,91	a	15,06	b
Indaziflan		72,5	b	33,93	a
Interacción					
Ultisol x Testigo		0	Ab	0	Ab
Ultisol x Mayoral		0	Bb	24,99	Aab
Ultisol x Merlin total		90	Aa	30,42	Aab
Ultisol x Indaziflan		90	Aa	54,28	Aa
Vertisol x Testigo		0	Ac	0	Aa
Vertisol x Mayoral		30,58	Ab	0	Aa
Vertisol x Merlin total		68,03	Ba	17,35	Aa
Vertisol x Indaziflan		53,56	Ba	30,71	ABa
Inceptisol x Testigo		0	Ab	0	Ab
Inceptisol x Mayoral		0	Bb	9,09	Ab
Inceptisol x Merlin total		84,77	Aa	12,45	Ab
Inceptisol x Indaziflan		83,19	Aa	47,09	Aa
Mollisol x Testigo		0	Ad	0	Aa
Mollisol x Mayoral		26,97	Ac	23,31	Aa
Mollisol x Merlin total		80,82	ABa	0	Aa
Mollisol x Indaziflan		63,26	Bb	3,61	Ba

Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre si según Tuckey 5%.

Letras mayúsculas agrupan en el sentido del primer factor y las minúsculas en el sentido del segundo factor.

Respecto al efecto de los suelos en general, el suelo Ultisol presentó el mayor control de la maleza tanto con las semillas de la primera siembra como las sembradas 45 DDA, presentándose una reducción en el control de solo un 17% respecto a la primera evaluación. En el suelo Vertisol posiblemente por ser arcillosos, en la primera evaluación (primera siembra), se presentó el menor control, significativamente diferente al suelo Ultisol en ambas evaluaciones y respecto a la segunda siembra se redujo el control en un 26%.

El suelo Inceptisol por su parte redujo el control en más de un 24% respecto a la segunda siembra, con una diferencia estadística no significativa respecto a los suelos del orden Ultisol y Vertisol. El suelo Mollisol en la primera evaluación fue similar al suelo Inceptisol, sin embargo, en el control de la maleza de la segunda siembra la reducción fue la mayor con un 36%, lo que representa el doble de lo que se pierde en un suelo Ultisol (Figura 1)

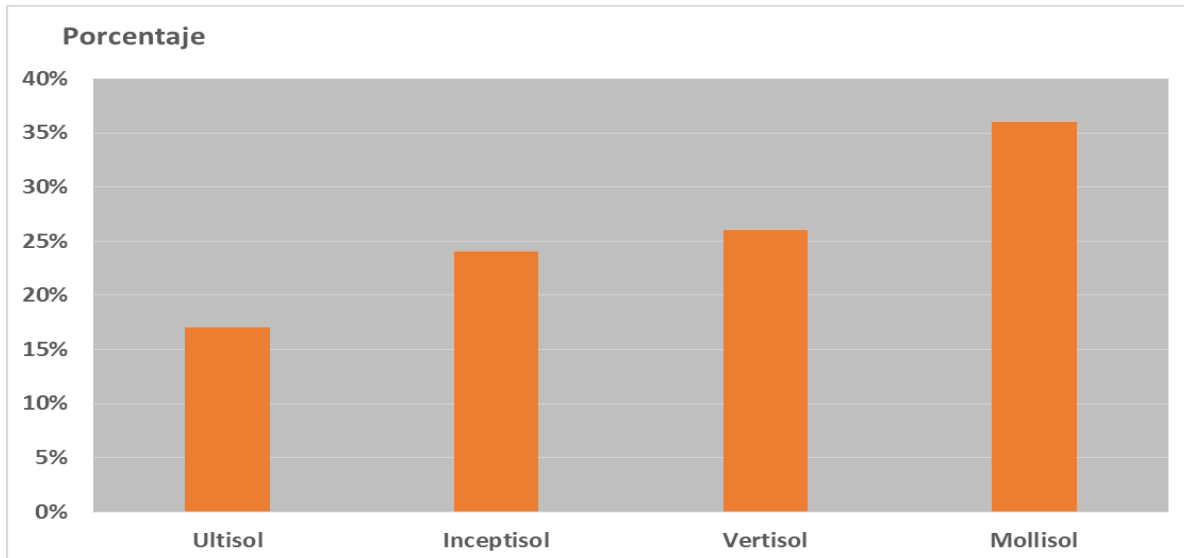


Figura 1. Porcentaje de pérdida de residualidad de los herbicidas a partir de 45 días después de la aplicación.

Respecto al comportamiento de los herbicidas en general, en la primera evaluación el Merlin Total fue el herbicida más efectivo con un 80,91%, con diferencias significativas según Tuckey 5% respecto a los demás herbicidas evaluados. El Indaziflan por su parte ocupó el segundo lugar en su capacidad de control con un 72,5%; el herbicida Mayorál fue el menos efectivo en el control de *Rottboellia* (14,39%), independientemente del suelo en que se aplicó.

En la evaluación de la segunda siembra (45 días post aplicación) el herbicida Merlin Total redujo significativamente su residualidad en un 65%. El herbicida Mayorál prácticamente no varió su capacidad de control entre la primera y la segunda evaluación. El herbicida Indaziflan redujo su capacidad de control (residualidad) en un 38,5% en forma general.

En la Figura 2 se observa el % de control de los herbicidas en cada orden de suelo, donde sobresale lo poco efectivo del herbicida Mayorál en los suelos Inceptisol y Ultisol, a pesar de ser este último suelo en el que mejor control ofrecieron Indaziflan y Merlin total con un 90%. En el suelo Ultisol se ha comprobado un eficiente accionar en la mayoría de los herbicidas pre emergentes, posiblemente debido al bajo contenido de arcilla y sobre todo materia orgánica, responsables directos de la adsorción de los herbicidas. Al ser las imidazolinonas ionizables

como ocurre con el Mayoral, la posibilidad de ser fuertemente adsorbido por los bajos niveles de pH y altos contenidos de óxidos de hierro y otros cationes que intervienen en su adsorción; así lo mencionan Leone *et al* (2001), citados por Gianelli (2012).

En el suelo Mollisol y Vertisol pareciera ser que los herbicidas presentan una menor efectividad, por causas físicas gracias al contenido de arcillas, sin embargo, es en estos suelos donde mejor control ofrece el herbicida Mayoral, al presentar estos valores más altos de pH en la solución del suelo.

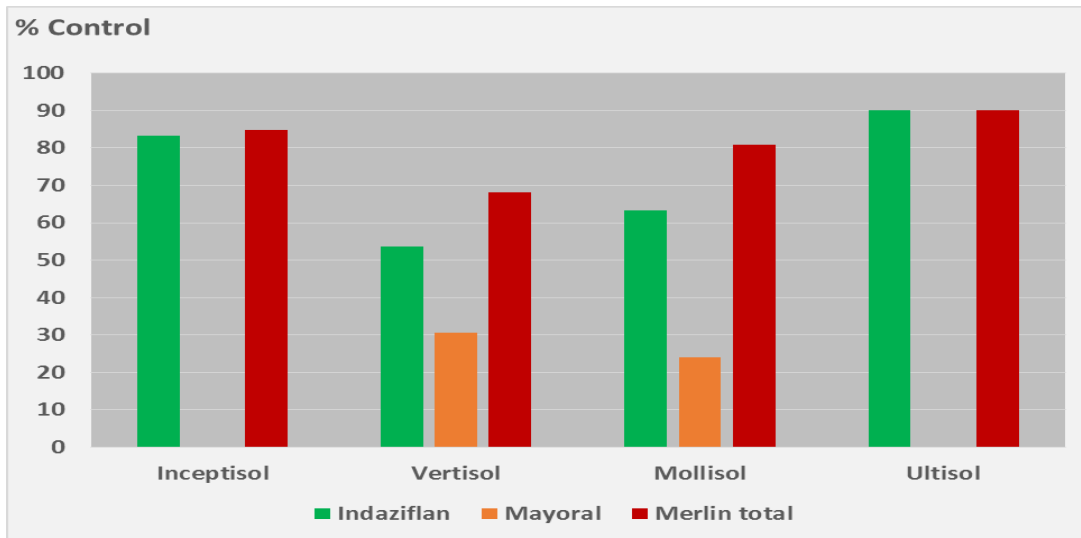


Figura 2 Resultado del control de los herbicidas pre emergentes sobre *Rottboellia cochinchinensis* en cuatro órdenes taxonómicos de suelo (primera siembra).

En la Figura 3 se observa la residualidad de los diferentes herbicidas en cada orden de suelo estudiado, donde sobresale el herbicida Indaziflan con mayor control (residualidad), excepto en el suelo Mollisol donde se redujo a un 3,61%. El herbicida Mayoral curiosamente mejora el control en el tiempo, ya que en la primera evaluación no presentó control en los suelos Inceptisol y Ultisol y en esta segunda evaluación, se presentó controlando un 9,09 y 24,99%, respectivamente.

Posiblemente este retardado efecto en el control de la maleza lo cual obedece posiblemente, a una alta fijación por parte de las arcillas de ambos suelos, que impiden su rápida dispersión, necesaria para tener contacto con las raíces emergentes de las plántulas de la maleza.

Cabe destacar que el herbicida Mayoral afectó el normal desarrollo de las plántulas de *Rottboellia* en ambos suelos y el resultado se presentara más adelante en este documento. En general se confirma el hecho de que en el suelo Ultisol, los herbicidas pre-emergentes presentan un mayor control y una mayor residualidad, como se observa en la Figura 3 al evaluar bajo la misma metodología otros herbicidas evaluados.

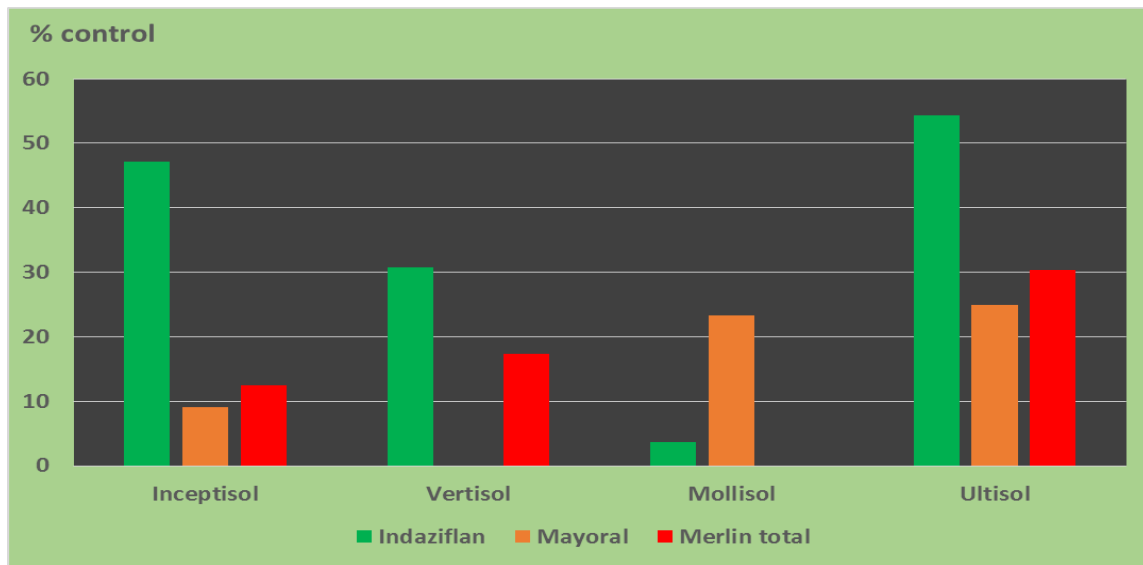


Figura 3 .Resultado en el control de *Rottboellia cochinchinensis* sembrada 45 días post aplicación por tres herbicidas pre emergentes en diferentes órdenes de suelo.

Como se observa en la Figura 4, donde se presentan las diferencias entre los dos periodos de evaluación (residualidad de los herbicidas) en los distintos suelos, las características intrínsecas de las moléculas de los herbicidas como su grado de lipoficidad, su carga química y su constante de disociación ácida o básica (Pka, Pkb), son factores determinantes que inciden directamente sobre la adsorción. Por su parte, en los suelos el contenido de materia orgánica, tipo y contenido de arcilla entre otros aspectos, hacen que se presenten estas diferencias en la residualidad de los herbicidas evaluados en este estudio. Por estos motivos y por la naturaleza en la composición del herbicida Mayoral, este herbicida se encuentra propenso a los fenómenos de adsorción por parte de los suelos, como se observa los otros herbicidas evaluados, al menos en la primera evaluación presentaron controles aceptables; sin embargo, su residualidad se redujo en forma significativa como le sucedió al Indaziflan en el suelo Mollisol y al Merlin total en el suelo Inceptisol. El comportamiento del herbicida Mayoral en los suelos Ultisol e Inceptisol el cual en la primera evaluación no presentó control, pero en la segunda evaluación se activa, posiblemente en respuesta a cambios en el pH, al ser estas moléculas de tipo polipróticas (Gianelli 2012).

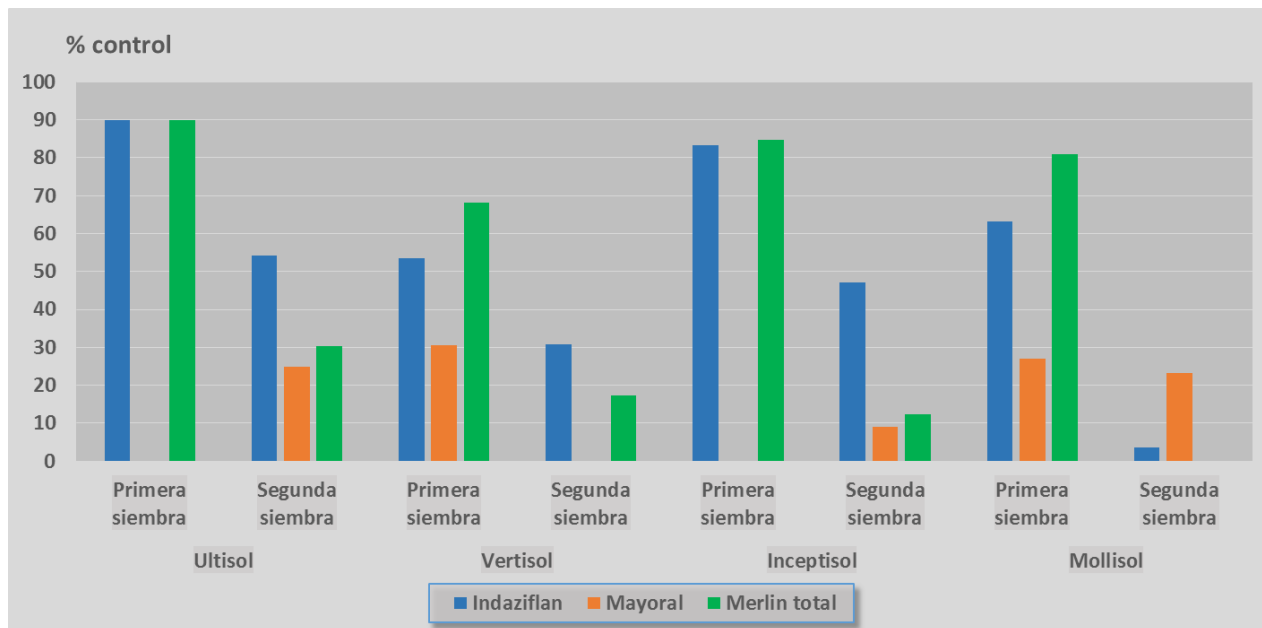


Figura 4. Diferencias en la residualidad de los tres herbicidas entre la primera y segunda evaluación en diferentes órdenes de suelo.

IV. Respuesta de los herbicidas pre emergentes tradicionales

Los herbicidas pre-emergentes aplicados tradicionalmente al cultivo de la caña de azúcar, también fueron evaluados hace unos años utilizando la misma metodología a los herbicidas de baja carga química, y el resultado se presenta en el Cuadro 3, donde 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 del orden Inceptisol y en el Mollisol presentó valores similares con un 76,57% y 73,49%, respectivamente.

En la segunda siembra este herbicida declino significativamente en 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 Mollisol se logró una mayor residualidad con 13,54% y 12,29%, respectivamente. 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. 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. Además, este herbicida presento su mayor residualidad en todos los órdenes de suelo superado únicamente por Hexazinona.

Cuadro 3
Resultado de la evaluación de diferentes herbicidas pre emergentes en el control de *Rottboellia cochinchinensis* en dos periodos de siembra y evaluación

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

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 Mollisol 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 ordenes de suelo.

La Hexazinona al ser comparada con los demás herbicidas presento una respuesta satisfactoria al reducir su control en el suelo Mollisol 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 grado de control bastante aceptable respecto a los demás herbicidas, el cual fue de un 31% a un 38% en los suelos Inceptisol, Vertisol y Mollisol y en el suelo Ultisol duplicó su control a un 64,42%, como se observa en la Figura 5.

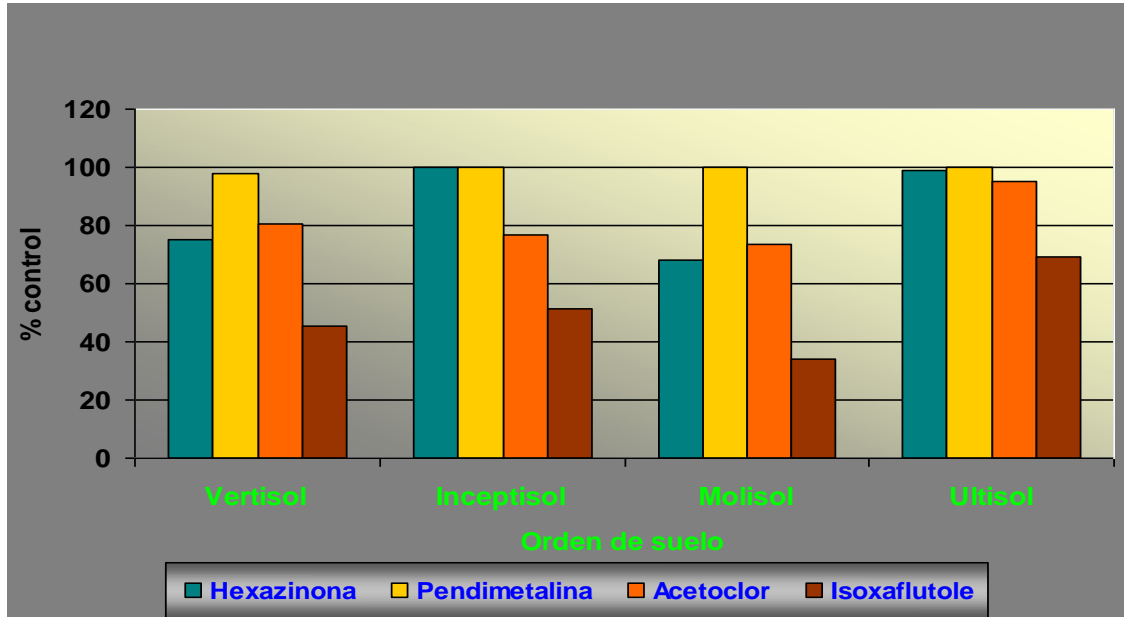


Figura 5 Resultado del porcentaje de control de *Rottboellia cochinchinensis* ejercido por diferentes herbicidas pre emergentes, en varios ordenes de suelo



Figura 6 .Vista del Invernadero donde se desarrolló la investigación

V. Efecto del Rastrojo sobre los herbicidas pre emergentes de baja carga química

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 preemergentes, los cuales encuentran una 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 el motivo señalado 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 la ejecución del presente trabajo. 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, utilizando un suelo del orden Mollisol. Como rastrojo se utilizó hojas y vainas secas de caña recogida del campo y pesadas antes de depositarlas en cada caja, con el objetivo de uniformar en todos los tratamientos el mismo espesor de cobertura, el cual fue de aproximadamente un 20 cm.

El diseño experimental empleado fue irrestricto al azar con 3 repeticiones y 8 tratamientos en arreglo factorial 4². En el Cuadro 4 se presentan los resultados del efecto del rastrojo sobre el accionar de los herbicidas pre-emergentes, como se observa en dicho cuadro, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los herbicidas, el efecto del rastrojo y la interacción de ambos.

Respecto a los herbicidas, el que mayor control de *Rottboellia* ejerció fue Merlin Total con un 65,57%, seguido por Indaziflan con un 50,67% pero sin diferencias significativas entre ambos herbicidas, según la prueba de medias Tuckey 5%, presentando ambos diferencias con respecto a Mayoral y el tratamiento testigo. La presencia del rastrojo presentó diferencias estadísticas significativas respecto a la no presencia de rastrojo el cual el control se vio afectado en un 12,61%, independientemente del herbicida aplicado. En la interacción entre el herbicida y el rastrojo, como se observa en Cuadro 4 y la Figura 7, el Merlin Total presentó el mayor control (87,37%) sin la presencia del rastrojo, pero fue el más afectado cuando este estuvo presente reduciéndose a un 43,78% en el control de la maleza. El herbicida Mayoral mostró una leve reducción (7,4%) en el control al estar presente el rastrojo y el herbicida Indaziflan fue el que menos fue afectado, presentando valores de control muy similares en este tipo de suelo entre la presencia o no del rastrojo.

Cuadro 4.
Efecto del rastrojo sobre la efectividad de tres herbicidas pre emergente sobre el control de
***Rottboellia cochinchinensis* en condiciones de invernadero en un suelo Mollisol.**

ANDEVA	G.L.	% Control	
		CM	P(f)
F de Variación			
Herbicidas	3	5.085,20	0
Cobertura	1	953,81	0,01
Herbicidas x cobertura	3	659,55	0,01
Error	16	120,94	
Total	23	20.123,15	
CV %		31,53	
Herbicidas		FACTOR A	SEP
Testigo		0	c
Indaziflan 50 SC		50,67	a
Mayoral 35 SL		23,27	b
Merlin total 60 SC		65,57	a
Cobertura		FACTOR B	SEP
Sin Rastrojo		41,18	a
Con Rastrojo		28,57	b
Interacción		INTER A*B	SEP
Testigo sin Basura		0	Ca
Testigo con Basura		0	Ca
Indaziflan sin Basura		50,39	Ba
Indaziflan con Basura		50,95	Aa
Mayoral sin Basura		26,97	BCa
Mayoral con Basura		19,57	BCa
Merlin T sin Basura		87,37	Aa
Merlin T con Basura		43,78	ABb

**Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre si según Tuckey 5%.
 Letras mayúsculas agrupan en el sentido del primer factor y las Minúsculas
 en el sentido del segundo factor.**

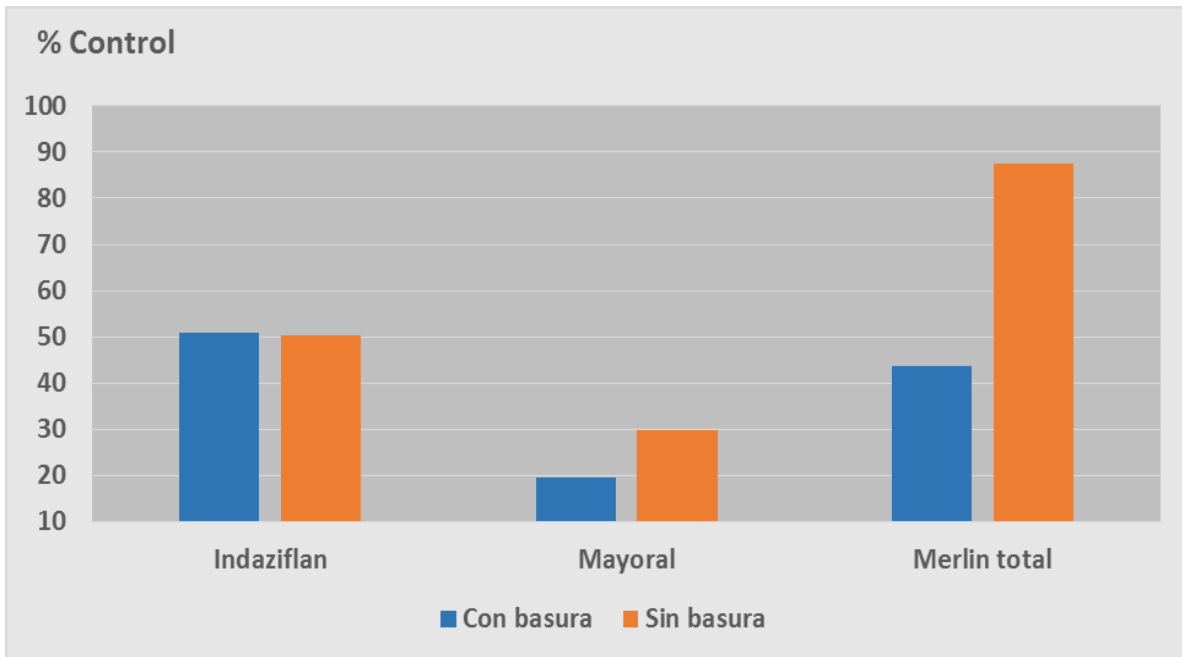


Figura 7. Resultado del efecto del rastreo sobre el accionar de los herbicidas en el control pre-emergente de *Rottboellia cochinchinensis*.

VI. Efecto Fitotóxico sobre *Rottboellia cochinchinensis*

En general los herbicidas pre-emergentes actúan sobre las plántulas en el momento preciso de la germinación (por contacto), o tiempo después de la misma cuando la radícula absorbe el herbicida. En ambos casos cuando al herbicida se le escapan algunas plántulas, estas logran absorber parte del herbicida en cantidades insuficientes como para eliminarlas pero suficientemente para detener total o parcialmente el crecimiento. En este experimento, las plántulas de *Rottboellia* que lograron escapar al control inicial de los herbicidas, fueron medidas en su tamaño y promediado sus valores de tres repeticiones, para conocer en cada orden de suelo el grado de afectación en su crecimiento provocado por el herbicida. En el Cuadro 5 y Figura 8, se presenta el tamaño (cm) de las plantas de la maleza que no fueron controladas por los herbicidas, observándose que el tratamiento testigo en promedio presentó una altura de 9 cm, obteniendo el mayor crecimiento en los suelos de los órdenes Vertisol y Mollisol, respectivamente. Con el herbicida Mayoral por su parte el crecimiento de las plántulas de *Rottboellia* fueron muy similares al tratamiento testigo, incluso en el suelo Mollisol supero levemente al testigo, indicando con ello que en todos los órdenes de suelo su afectación fue mínima.

De los tres herbicidas evaluados, Merlin Total afecto mayoritariamente el crecimiento de las plántulas emergidas en un 65% respecto al testigo.

Cuadro 5.

Efecto de los herbicidas sobre el crecimiento inicial de la maleza en cada orden de suelo.

Orden /herbicida	Tamaño plantulas de <i>Rottboellia</i> en cm			
	Indaziflan	Mayoral	Merlin total	Testigo
Inceptisol	3,26	6,43	2,3	8,33
Ultisol	0	2,63	0	3,5
Mollisol	7,58	14,3	6,66	10,73
Vertisol	8,9	12,96	3,36	13,43
Promedio	4,94	9,08	3,08	9,00

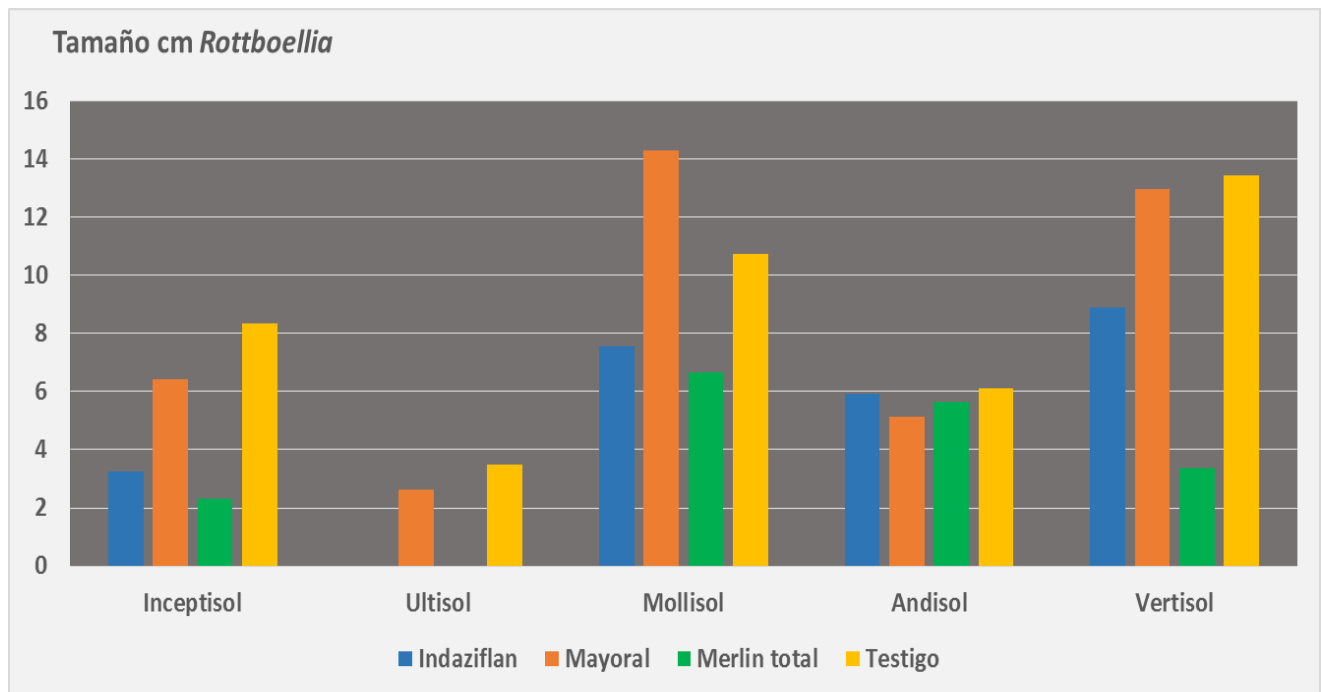


Figura 8. Efecto sobre el crecimiento de las plántulas de *Rottboellia cochinchinensis* provocada por los herbicidas en cada orden de suelo.

VI. Efecto fitotóxico en la caña de azúcar

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 su parte, la residualidad del herbicida en el suelo dependerá de factores como: textura, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, tipo de arcillas, etc. Las variedades de caña cultivadas también presentan diferentes grados de susceptibilidad, algunas pueden ser tolerantes y hasta incrementar el desarrollo o, por el contrario, limitar sustancialmente el crecimiento. Por ejemplo, en las Figuras 9 y 10 se presentan síntomas de fitotoxicidad del herbicida Indaziflan en dos variedades de caña diferentes.



Figura 9. Clorosis leve sobre el follaje de la caña de azúcar aplicada con Indaziflan 50 SC

También es importante señalar que se puede presentar un efecto fitotóxico oculto en el cultivo, donde no se presentan síntomas visibles; sin embargo, en el momento de la cosecha se llegan a presentar una disminución en la producción de hasta un 25%.



Figura 10. Sintomatología como detención del crecimiento, clorosis y coloración púrpura del follaje en una plantación de caña de azúcar aplicada con Indaziflan 50 SC en un suelo Ultisol.

VIII. Efecto sobre el crecimiento

Por este motivo y ante el desconocimiento del comportamiento fitotóxico de los herbicidas, se procedió a establecer estudios en etapas iniciales de crecimiento de una variedad de caña (LAICA 07 20) de reconocida susceptibilidad a la presencia de los herbicidas en general. Se seleccionaron tallos homogéneos en grosor y tamaño y de ellos se tomó un esqueje de tres yemas de la parte central del tallo, para ser sembrado en pares en cajas plásticas de 0,2552 m² de área, utilizando un suelo Ultisol, luego se les depositó encima una capa de suelo de aproximadamente 2 cm de espesor. El diseño estadístico utilizado fue irrestricto al azar con tres repeticiones.

La aplicación de los herbicidas fue dirigida mojando el follaje de la caña y se realizó cuando esta había emergido y los brotes presentaban más de dos hojas verdaderas, se utilizó un aplicador mecánico equipado con una boquilla 8002, con los detalles expuestos al inicio de este documento. Aproximadamente 30 días después de la aplicación, se midió la altura y el grosor de los brotes; estos resultados fueron analizados estadísticamente y los mismos se presentan en el Cuadro 6, donde se observa que tanto en el tamaño de los brotes y su grosor se presentaron diferencias estadísticas significativas. De acuerdo a la prueba de medias Tuckey 5%, el tratamiento testigo como era de esperar, presentó el mayor tamaño y grosor de los hijos de caña presentando diferencias significativas únicamente con el herbicida Merlin Total; sin embargo, en el grosor no se presentaron diferencias estadísticas significativas de acuerdo a esta prueba de medias.

En la Figura 11 se observa el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de los brotes de caña, donde se evidencia respecto al testigo la fitotoxicidad de los herbicidas evaluados, de igual forma en la Figura 12 se observa el resultado sobre el grosor de los hijos de la caña en cuyo caso fue el herbicida Mayoral el que presentó una disminución en el diámetro de los tallos.

Cuadro 6.

Resultados del análisis de varianza aplicado a las variables altura y grosor de los brotes (cm) a la variedad LAICA 07 20 asperjada con los herbicidas evaluados.

ANDEVA	G.L.	Tamaño brotes cm		Grosor brotes cm	
		CM	P(f)	CM	P(f)
tratamientos	3	8,47	0,01	0,01	0,07
Error	8	1,26		0	
Total	11	35,49		0,06	
% CV		8,97		10,39	
DMS		3,39		0,17	
Herbicidas		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Allion		11,64	ab	0,55	a
Merlin total		11,07	b	0,52	a
Mayoral		12,44	ab	0,46	a
Testigo		14,89	a	0,6	a

Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre si según Tuckey 5%.

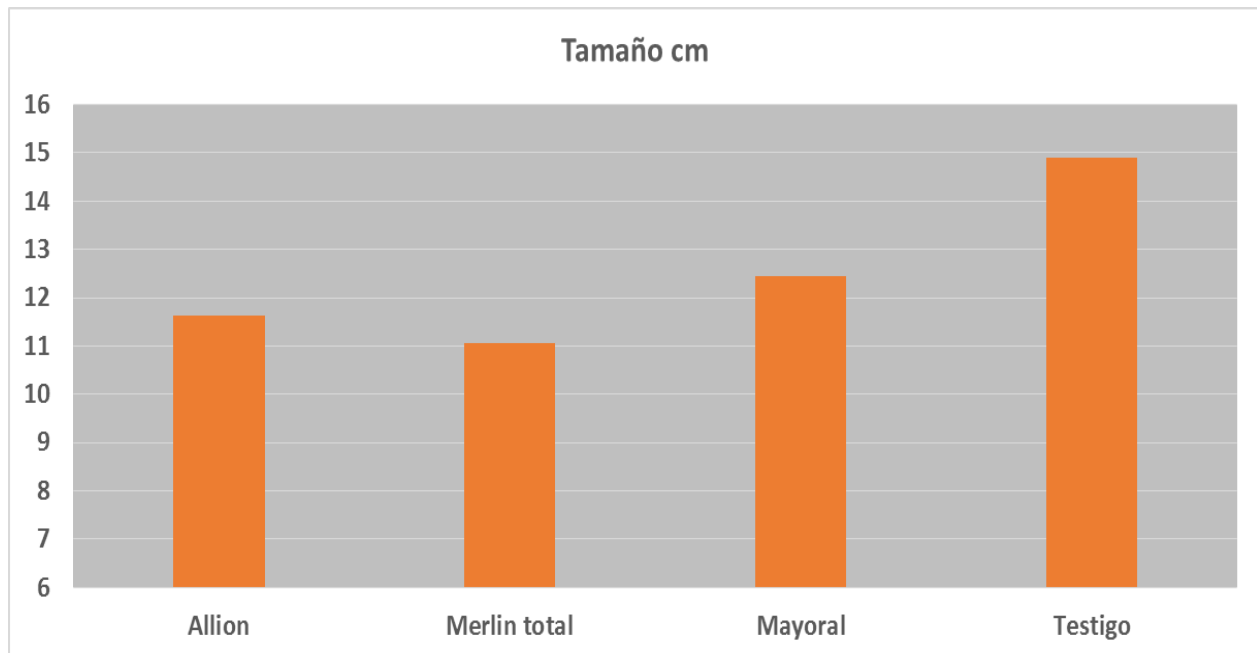


Figura 11. Tamaño de los brotes de la Variedad LAICA 07-20 asperjada con los herbicidas evaluados.

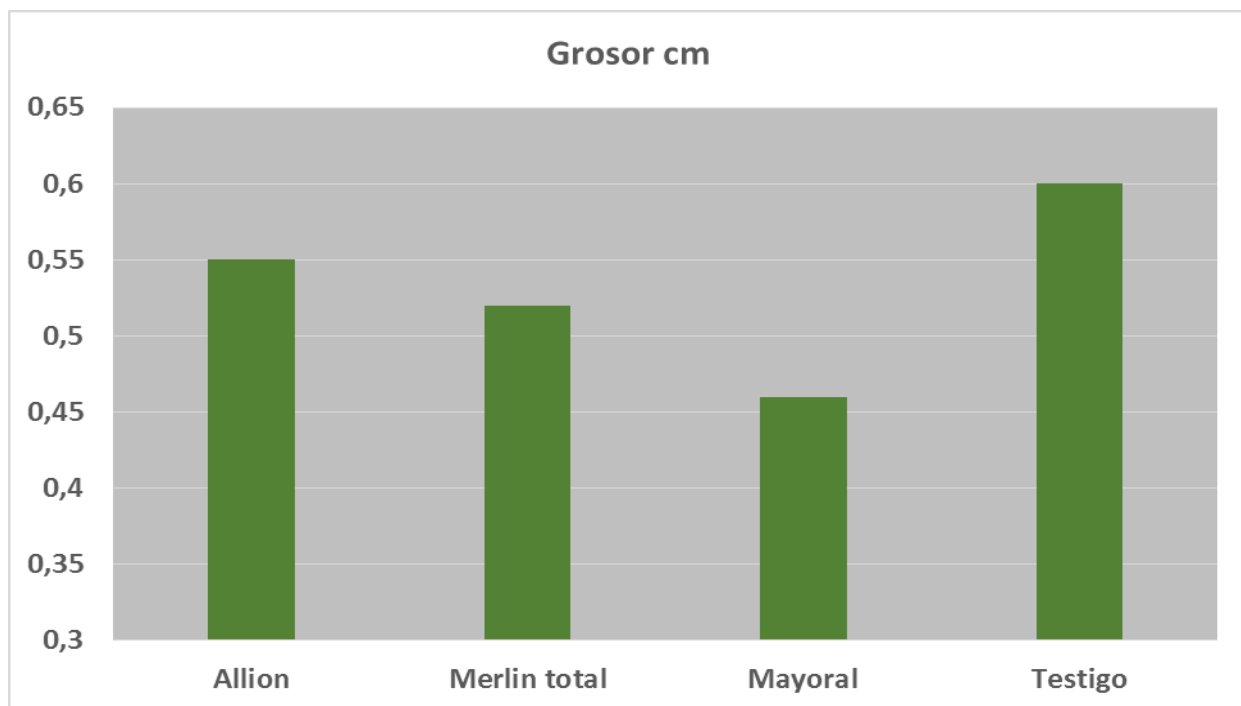


Figura 12. Grosor de los brotes de la Variedad LAICA 07-20 asperjada con los herbicidas evaluados.

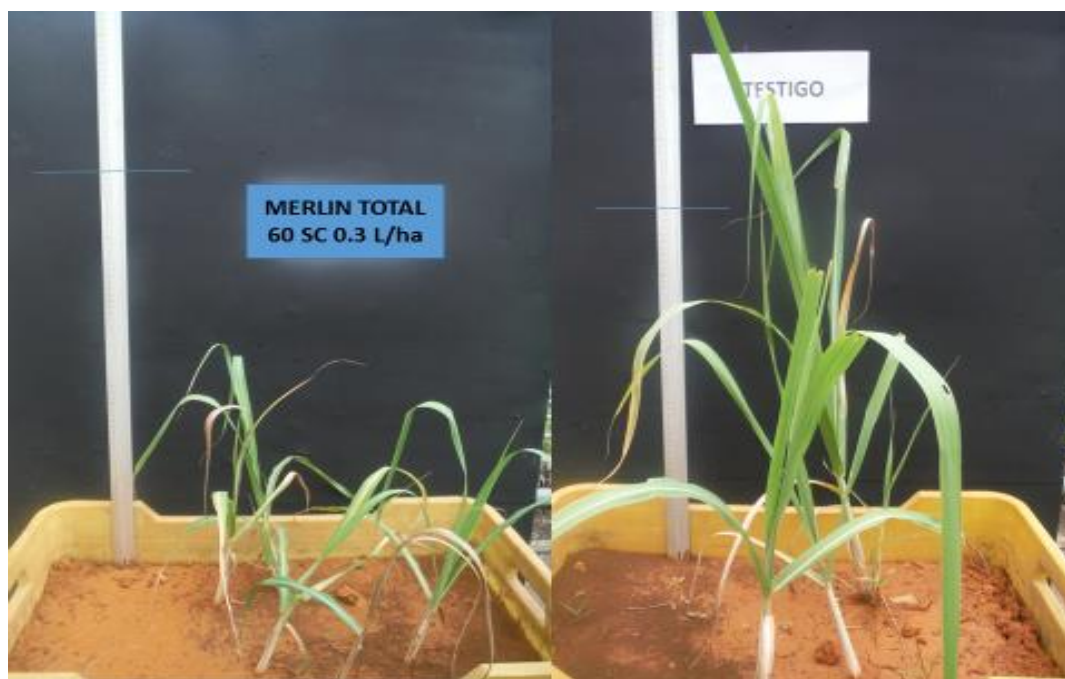


Figura 13. Efecto del herbicida Merlin Total sobre la variedad LAICA 07-20.

IX. Efecto sobre la producción (caña planta).

Para medir el efecto de los herbicidas sobre la producción de la caña de azúcar, se estableció un ensayo con el objetivo de verificar y valorar el efecto de diferentes tratamientos de herbicidas preemergentes y sus mezclas sobre la productividad de la caña de azúcar. El estudio se ubicó en la Región Sur, específicamente en la Finca “La jungla”, situada en el distrito San Pedro, cantón de Pérez Zeledón, provincia de San José, a una altitud de 600 m.s.n.m, una temperatura media de 25,1°C y una precipitación anual de 2.934 mm. (Alfaro, R; Ocampo, R; Barrantes, J.C. 2020. Informe Anual Agronomía DIECA - LAICA).

El suelo se clasifica como un Ultisol y el diseño utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones y doce tratamientos aleatorizados en el área experimental, para un total de 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida de 5 surcos de 5 metros de largo, para un área total de 37,5 m². La parcela útil la represento toda la parcela.

La variedad de caña utilizada en el estudio fue RB 98-710, la cual está comercialmente distribuida en la región. La siembra de la caña se realizó con tres tallos por surco seleccionados en esquejes de tres yemas depositados al fondo del surco de siembra con el tipo de fertilizante y dosis recomendada por DIECA en la región. Posterior a la siembra y antes de que las malezas y la caña emergieran, se aplicaron los herbicidas en forma no aleatoria. Previo a la aplicación de los herbicidas se calibró el aplicador y el equipo utilizando, una bomba de espalda CARPI con boquilla TEEJET AI 11003 para un volumen de descarga de 380 litros por hectárea. Los herbicidas utilizados en este estudio se presentan en el Cuadro 7 y sus dosis comerciales utilizadas son las recomendadas y obtenidas de diversos trabajos de investigación. El tratamiento testigo (sin herbicida), se mantuvo limpio de malezas en forma manual, con el objeto de comparar el efecto fitotóxico de los herbicidas sobre la producción.

El resultado en la primera cosecha se presenta en el Cuadro 8, donde el análisis de varianza aplicado en las variables % fibra, producción de caña (t/ha) y producción de azúcar (t/ha), presentaron diferencias estadísticas altamente significativas. Según la prueba de medias Tuckey 5% en la producción de caña, la mayoría de tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas, excepto con el tratamiento compuesto por la mezcla Pendimetalina 50 EC + Arsenal 240 A (Imazapir) y con la mezcla Pendimetalina 50 EC + Plateau 70 GD (Imazapic). En estas dos mezclas que contienen Pendimetalina es importante aclarar que este herbicida no es el responsable de la disminución en la producción, ya que en diversos trabajos anteriores y por la dinámica de acción de este herbicida, es posible asegurar que presenta una alta selectividad y con ello inocuidad al cultivo, por lo que los herbicidas acompañantes Imazapic y Imazapir al ser herbicidas no selectivos, posiblemente son la causa de la significativa disminución en la producción de caña.

Cuadro 7.
Tratamientos de herbicidas pre emergentes valorados por su efecto
en la producción de la caña de azúcar.

#	TRATAMIENTO	DOSIS PC (kg ó l/ha)	CARGA QUÍMICA (kg i.a./ha)
1	Pendimetalina 50 SC + Terbutilazina 50 SC	3 - 2	2,5
2	Pendimetalina 50 SC + Isoxaflutole 75 WG	1,5 - 0,15	0,82
3	Pendimetalina 50 SC + Plateau 70 GD (Imazapic)	3 - 0,21	1,65
4	Pendimetalina 50 SC + Hexazinona 75 WG	2 - 0,7	1,35
5	Isoxaflutole 75 WG	0,15	0,11
6	Mayoral 35 SL (Imazapic 26,2% + Imazapyr 8,80 %)	0,6	0,21
7	Indaziflan 50 SC	0,15	0,075
8	Allion Pro 51,75 SC (Indaziflan 3,75 % + Metribuzin 48 %)	1,5	0,78
9	Merlin Total 60,0 SC (Isoxaflutole 45% + Indaziflam 15%)	0,25	0,15
10	Testigo deshierbado		-
11	Pendimetalina 50 SC + Arsenal 240 A	3 - 0,5	0,87
12	Hexazinona 75 WG	0,8	0,6

En la variable producción de azúcar (t/ha) se observa que también las mezclas Pendimetalina 50 EC + Arsenal 240 A (Imazapir) y Pendimetalina 50 EC +Plateau 70 GD (Imazapic), presentaron los menores valores pero con diferencias significativas con los tratamientos #8, #4 y # 10, superando el testigo a estos tratamientos en un 29 y un 36%, respectivamente.

En la Figura 11 se observa la producción de azúcar (t/ha) de cada tratamiento y donde la mayor producción se presentó con el tratamiento testigo, seguida de mezclas donde participan la pendimetalina y el metribuzin, herbicidas de muy bajo efecto fitotóxico para el cultivo; como ejemplo las mezclas: Pendimetalina 50 EC + Hexazinona 75 WG, Alion Pro 51,75 SC conformado por la combinación de Indaziflan 3.75 % + Metribuzin 48 % y la mezcla Pendimetalina 50 EC + Isoxaflutole 75 WG. Otras mezclas de herbicidas evaluadas con herbicidas de muy baja o ninguna selectividad, presentaron una importante disminución en la producción como lo indicado con anterioridad.

Es importante señalar que en el rendimiento industrial (kg Azúcar/t) no se presentaron variaciones importantes por lo que el mayor efecto repercutió directamente en la producción de caña, al menos en esta primera cosecha. Los tratamientos se repetirán por varios años con el objetivo de evaluar el efecto acumulativo asociado a la residualidad de los herbicidas aplicados.

Cuadro 8.
Resultado del Análisis de Varianza aplicado a las variables de producción
de la caña de azúcar asperjada con los herbicidas pre emergentes (caña planta).

ANDEVA	G.L.	% Brix		% Sacarosa		% Pureza		% Fibra		Kg azúcar / T		T caña/ha		T azúcar / ha	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
F. variación															
Bloques	2	0,45	1	0,16	1	18,63	1	0,51	0,11	2,36	1	15,75	1	0,35	1
Tratamientos	11	0,76	1	0,66	1	6,81	1	0,44	0,07	49,27	1	272,08	0	4,88	0
Error	22	1,16		1,88		20,27		0,21		89,26		31,58		0,96	
Total	35	34,85		49		558,24		10,43		2.510,30		3.719,06		75,53	
CV %		5,46		8,43		5,45		3,84		8,74		5,9		9,5	
Tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Allion Pro 51,75 SC (Indaziflan 3,75 % + Metribuzin 48 %)		19,91		16,83		84,47		12,47	a	112,42		101,33	a	11,4	a
Hexazinona 75 WG		19,24		15,41		80,05		12,01	a	101,17		96,27	a	9,73	ab
Indaziflan 50 SC		19,17		15,89		82,99		11,67	a	107,31		98,67	a	10,58	ab
Isoxaflutole 75 WG		19,93		16,32		81,59		11,65	a	109,45		97,33	a	10,6	ab
Mayoral 35 SL (Imazapic 26,2% + Imazapyr 8,80 %)		19,3		15,84		81,98		12,13	a	105,06		100,18	a	10,53	ab
Merlin Total 60,0 SC (Isoxaflutole 45% + Indaziflam 15%)		20,03		16,56		82,64		11,86	a	111,05		93,6	ab	10,42	ab
Pendimetalina 50 SC + Arsenal 240 A		19,91		15,97		80,25		11,84	a	105,36		79,38	bc	8,34	b
Pendimetalina 50 SC + Hexazinona 75 WG		19,57		16,36		83,67		11,64	a	111,05		103,82	a	11,55	a
Pendimetalina 50 SC + Isoxaflutole 75 WG		19,6		16,41		83,78		11,77	a	110,98		99,82	a	11,05	ab
Pendimetalina 50 SC + Plateau 70 GD (Imazapic)		18,97		16,06		84,58		11,34	a	101,21		73,33	c	7,44	b
Pendimetalina 50 SC + Terbutilazina 50 SC		20,54		16,73		81,47		12,08	a	110,78		94,67	ab	10,49	ab
Testigo deshierbado		20,5		17,03		83,06		12,72	a	111,89		104,71	a	11,7	a

Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre si según Tuckey 5%.

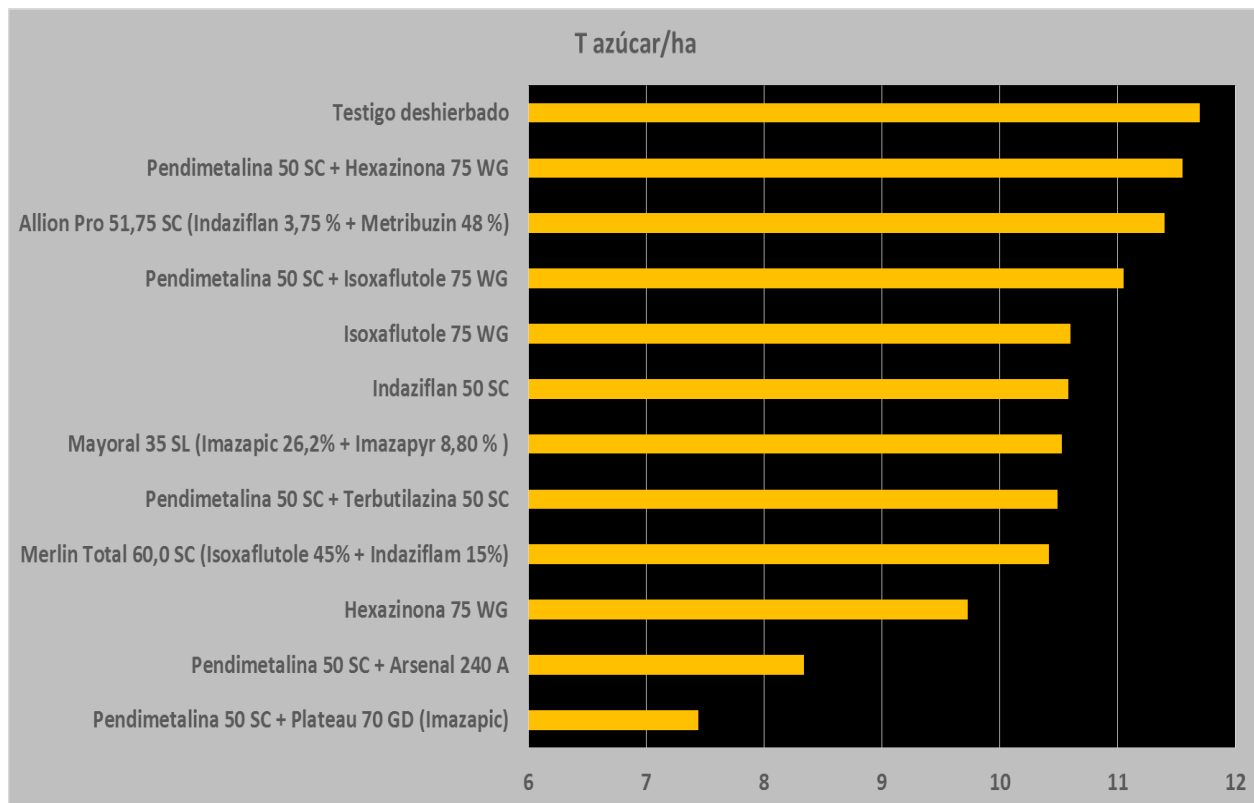


Figura.11. Resultado de la producción de azúcar (t/ha) en respuesta a los diferentes tratamientos de herbicidas aplicados a la caña de azúcar en caña planta.

X. CONCLUSIONES.

- En todos los órdenes de suelo los herbicidas evaluados se comportaron en forma diferenciada, tanto en su accionar como en su residualidad.
- Los herbicidas Indaziflan y Merlin Total presentaron los mayores porcentajes de control de la maleza, y la mayor residualidad en los suelos del orden Ultisol e Inceptisol.
- En los suelos Ultisol e Inceptisol el herbicida Mayoral presentó control de la maleza únicamente en la sembrada 45 días después de la aplicación.
- El herbicida Mayoral presentó un bajo control de la maleza (26,97%) solamente en el suelo Mollisol y en el Vertisol (30,58%), sin embargo, fue en este último en que perdió abruptamente su residualidad.
- La pérdida de residualidad del herbicida Indaziflan en los suelos Ultisol e Inceptisol fue de un 36% en ambos suelos, representando un 0,8% diario.
- El rastreo no influyó sobre el accionar del herbicida Indaziflan, sin embargo, el Merlin Total perdió un 43,5% y el Mayoral un 7,4% en el control de *Rottboellia*.
- Las plántulas de *Rottboellia* no controladas por los herbicidas fueron afectadas en su crecimiento, en un 45% por Indaziflan y un 65% por Merlin Total.

- Los herbicidas evaluados afectaron el crecimiento o desarrollo de la variedad LAICA 07-20, aproximadamente en un 21% en el crecimiento y un 15% en el grosor de los brotes.
- Productivamente la variedad RB 98-710 en un suelo Ultisol fue afectada en la producción de azúcar (t/ha) en un 9% con el Indaziflan, en un 10% con el Mayoral y Merlin Total.

XI. LITERATURA CITADA

- 1) Alfaro Portuguez, R.; Rodríguez Rodríguez, M.; Bolaños. Porras, J. 2001. Evaluación de 11 mezclas de herbicidas para el control de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton y otras malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo. 15 p.
- 2) Alfaro Portuguez, R.; Ocampo Chinchilla, R.; Barrantes .Mora, J. 2020. Evaluación del efecto de 11 mezclas de herbicidas pre-emergentes sobre la producción de la caña de azúcar en la Región Sur. LAICA DIECA Informe Anual de Agronomía.
- 3) Alfaro Portuguez, R. 2006. Evaluación de la efectividad de cuatro herbicidas pre emergentes aplicados sobre los residuos de cosecha de la caña de azúcar. En: 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.
- 4) Alfaro. Portuguez, R; Bolaños Porras, J; Barrantes. Mora, J C. 2006.Control químico pre emergente de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton 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.
- 5) Alfaro .Portuguez R; Bolaños. Porras .J; Blanco .R, M. 2006. Efecto de cuatro herbicidas pre emergentes sobre el control de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en cuatro órdenes 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.
- 6) Alfaro Portuguez, R. 2018. Estrategias y medidas pragmáticas orientadas a reducir la carga química activa por uso de agroquímicos en plantaciones de caña de azúcar. Agosto. LAICA-DIECA. Congreso Nacional de DIECA. San Carlos, Alajuela, Costa Rica.
- 7) Barrios, P.J. 1997. Control de *Rottboellia cochinchinensis* "Caminadora" en caña soca con pendimetalina. Guatemala. Memoria 11^{avo} Congreso de ATACORI. Tomo II. Carrillo. Guanacaste.

- 8) BAYER CROPSCIENCE GT. 2018. Alion (en línea). Guatemala. Consultado en Febrero 2018. Disponible en:
http://www.bayercropscienceca.com/contenido.php?id=163&id_prod=635.
- 9) Bertsch Hernández, F. 1995. La fertilidad de los suelos. Asociación Costarricense de las Ciencias del Suelo. 1 edición. San José, Costa Rica. 157 p.
- 10) Bolaños Porras, J.; Alfaro Portuguez, 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.
- 11) Cassa. 2001. Manejo integrado de la “Caminadora” *Rottboellia cochinchinensis* Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 p.
- 12) Chaves Solera, M.A.; Chavarria Soto, E. 2017. Aproximación taxonómica y territorial de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica. I Ordenes de suelo. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 51 p.
- 13) De la Cruz, R. 1987. Notas sobre pruebas de herbicidas en el campo. Manejo Integrado de Plagas. San José, Costa Rica.
- 14) Gianelli Valeria, R. 2012. Persistencia y adsorción de Imazapir en tres suelos de Argentina Tesis de Grado. Facultad Ciencias Agronómicas. Universidad Nacional de Mar Del Plata. Balcarce, Argentina. 85 p. Tomado de: <http://www.repertorio.inta.gob.ar/xm/lu/bitstrea>
- 15) Hance, J. R. 1987. Introducción al control de malezas. Publicación de la Compañía Novartis Basilea, Suiza. 119 p.
- 16) León, 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): 65-69.
- 17) León, 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).
- 18) Petty, A.; Nuñez, R. 1979. Guía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula, Honduras. 220 p.
- 19) Sánchez, G.V. 1999. Control Biológico de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton. Informe Técnico No. 308. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 218 p.

- 20) Vargas A., D. 1993. Diagnóstico Preliminar Sobre la Distribución de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. Mayo. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 31 p.
- 21) Vargas, A.J. 1996. Alternativas de Control de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en Plantaciones de Caña de Azúcar, Ciclo Planta y Soca, San Carlos, Costa Rica. Memoria X Congreso Agronómico Nacional VI. San José, Costa Rica. EUNA. p: 440.
- 22) Villegas, T.F.; Torres S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.
- 23) WSSA. 2007. Herbicide Hanbook novena edición Lawrence, KS USA. 458 pag.