

Antagonismo entre los herbicidas Clethodim y Bentazon en el control de malezas gramíneas

Elvis Erbuins Espinoza Valdés

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Agosto, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Antagonismo entre los herbicidas Clethodim y Bentazon en el control de malezas gramíneas

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Elvis Erbuins Espinoza Valdés

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Antagonismo entre los herbicidas Clethodim y Bentazon en el control de malezas gramíneas

Elvis Erbuins Espinoza Valdés

Resumen: El control de malezas es una labor importante en toda explotación agrícola y la efectividad de todo herbicida es un aspecto determinante en el rendimiento del cultivo. Los objetivos fueron evaluar la eficacia de las formulaciones Icaso 24 EC y Arrow 12 EC del herbicida Clethodim, también determinar el antagonismo del Clethodim con Bentazon. En dos experimentos se evaluó el control de malezas gramíneas y la fitotoxicidad al frijol, y en otro se evaluó el antagonismo al mezclar en el tanque el Clethodim (120 g de ingrediente activo por hectárea) con Bentazon (1,440 g de ingrediente activo por hectárea). Todas las aplicaciones fueron con una bomba de mochila de acero inoxidable modelo T presurizada con CO₂ a una presión de 35 psi, un aguilón de 2 m de ancho con cuatro boquillas de abanico plano separadas 50 cm entre ellas. En todos los experimentos se usó un diseño de bloques completamente randomizados y ninguno de los testigos sin aplicación de herbicida se usó en el análisis estadístico. La separación de medias fue con la prueba Duncan al 5%. En el primer experimento, a las 2 semanas después de la aplicación, la formulación Icaso 24 EC tuvo 86% de control y la del Arrow 12 EC fue 73%, ambas se aplicaron a 96 g del ingrediente activo por hectárea. En el segundo experimento, a las 3 semanas después de la aplicación, usando 96 g de ingrediente activo por hectárea, el control con Icaso 24 EC fue 40% y con Arrow 12 EC 33%, al aumentar a 120 g fue 45% con Icaso 24 EC y 36% Arrow 12 EC. El mayor control fue con Icaso 24 EC, que con Arrow 12 EC, por lo tanto, se atribuye la diferencia en el control de malezas a la formulación ya que los fabricantes añaden ingredientes inertes diferentes y algunos aumentan la eficacia del herbicida. En ninguna evaluación se observó fitotoxicidad al frijol. Esto indica que ninguna de las formulaciones ni los ingredientes inertes dañan al frijol. En la evaluación del antagonismo hubo diferencia estadística en el control de malezas entre las formulaciones y cuando las formulaciones se aplicaron solas o mezcladas con Bentazon. En ninguna evaluación hubo interacción, lo que indica que los factores (formulación y la mezcla con Bentazon) actúan independientes. A las 3 semanas después de la aplicación, al mezclar Bentazon con Icaso 24 EC el control se redujo de 74 a 25%, una reducción de 66%. Al mezclar Bentazon con Arrow 12 EC el control se redujo de 60 a 11%, una reducción de 82%. El Bentazon es antagonista a las dos formulaciones hay mayor antagonismo o reducción en el control con Arrow 12 EC que con Icaso 24 EC.

Palabras clave: Herbicida de contacto, herbicida selectivo, ingrediente activo, ingrediente inerte.

Abstract: Weed control is an important task in the any farm and the efficacy of all herbicides is a determining factor in crop yield. The objectives were to evaluate the efficacy of Icasso 24 EC and Arrow 12 EC formulations of the herbicide Clethodim, also to determine the antagonism between Clethodim and Bentazone. In two experiments, grass weed control and phytotoxicity to dry bean was evaluated; in another, the antagonism was evaluated by mixing in the tank the two formulations of Clethodim (120 g of active ingredient per hectare) with Bentazone (1,440 g of active ingredient per hectare). All applications were made with a backpack sprayer of stainless steel model T pressurized with CO₂ at 35 psi, a boom 2 m wide with four flat fan nozzles spaced 50 cm between them. In all the experiments, a completely randomized blocks design was used and none of the control without herbicide was used in the statistical analysis. The mean separation was made with the Duncan test at 5%. In the first experiment, at 2 weeks after application, the formulation Icasso 24 EC had 86% of control and Arrow 12 EC had 73%, both were applied at 96 g of the active ingredient per hectare. In the second experiment, at 3 weeks after the application, using 96 g of active ingredient per hectare, the control with Icasso 24 EC was 40% and with Arrow 12 EC 33%, by increasing to 120 g of active ingredient per hectare was 45% with Icasso 24 EC and 36% with Arrow 12 EC. The greatest control was with Icasso 24 EC, than Arrow 12 EC, therefore, the difference in weed control is attributed to the formulation since manufacturers add different inert ingredients that enhance the efficacy of the herbicide. No phytotoxicity to dry bean was observed in any of the experiments. This indicates that none of the formulations and neither inert ingredient cause damage to the dry bean. In the evaluation of antagonism, statistical difference was found between formulations and when the formulations were applied alone or mixed with Bentazone. In all evaluations there was no interaction, which indicates that the factors (formulation and mixing with Bentazone) act independently. At 3 weeks after the application, mixing Icasso 24 EC with Bentazone control was reduced from 74 to 25%, a reduction of 66%. When mixing Bentazone with 12 EC Arrow the control was reduced from 60 to 11%, a reduction of 82%. The Bentazon is antagonistic to both formulations and there is a greater antagonist effect or reduction in the control with Arrow 12 EC than with Icasso 24 EC.

Keywords: Active ingredient, contact herbicide, inert ingredient, selective herbicide.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen.....	iii
Contenido	v
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	11
5. RECOMENDACIONES	12
6. LITERATURA CITADA	13

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS

Cuadros	Página
1. Porcentaje del control de malezas gramíneas con dos formulaciones del herbicida Clethodim.....	6
2. Porcentaje del control de malezas gramíneas con dos formulaciones y dos dosis del herbicida Clethodim.	7
3. Control de la maleza estrella africana (<i>Cynodon nlemfuensis</i>) con dos formulaciones de Clethodim (Icasso 24 EC y Arrow 12 EC) aplicadas solas o mezcladas con Bentazon (Basagran 48 SL).....	8

Figuras	Página
1. Antagonismo entre Clethodim y Bentazon a los 24 días después de la aplicación. A). Icasso 24 EC aplicado solo a 120 g de Clethodim. B). Icasso 24 EC aplicado a 120 g de Clethodim + Basagran 480 SL 3.0 L/ha, control a los 24 días después de la aplicación.....	9
2. Antagonismo entre Clethodim y Bentazon. Fotos de acercamiento tomadas 24 días después de la aplicación. A). Icasso 24 EC solo, control a los 24 días después de la aplicación. B). Icasso 24 EC 500 ml/ha + Basagran 480 SL 3.0 L/ha, control a los 24 días después de la aplicación.....	10

1. INTRODUCCIÓN

El Clethodim 2-[(1E)-1-[[[(2E)-3-chloro-2propenyl]oxy]imino] propyl]-5-[2-(ethylthio) propyl]-3-hydroxy-2-cyclohexen-1-one es un herbicida selectivo de posemergencia. Actúa Inhibiendo la acción de la acetil coenzima A carboxilasa (ACCase), la enzima comprometida en la catalización de nuevos ácidos grasos (WSSA 2007). El crecimiento cesa en tejidos jóvenes y en crecimiento; una clorosis y necrosis se desarrollan entre la semana uno y tres después de la aplicación (WSSA 2007). La translocación del Clethodim, presumiblemente, es similar al Sethoxydim, se mueve principalmente en el simplasto (incluyendo el floema) y se acumula en los puntos de crecimiento (WSSA 2007).

Clethodim es fabricado bajo varios nombres comerciales, algunos son: Select[®], Prism[®], Arrow[®], Envoy[®], Segard[®], Ospray[®] (WSSA 2007), Crop\$mart™, Diler, Gramadal, Clethodim y Grass Out Max. El ingrediente activo, Clethodim, es el mismo en todas las formulaciones, pero los ingredientes inertes pueden ser diferentes y generalmente el tipo de ingrediente inerte y las cantidades añadidas son desconocidas.

La eficacia de los herbicidas es influenciada por los adyuvantes en la formulación, la especie de maleza, la calidad del agua y las condiciones climáticas (Hatzios y Penner 1985). Las diferencias en los ingredientes inertes en las formulaciones pueden afectar ciertos parámetros como la deposición y retención en la hoja, la absorción (Dodds *et al.* 2007) y translocación en la planta (Wanamarta y Penner 1989). Además, pueden disminuir la exposición del Clethodim a la luz ultravioleta (Nandula *et al.* 2007) y aumentar el control ya que la luz ultravioleta degrada al Clethodim (Ahrens 1994). Los ingredientes inertes, además de aumentar la eficacia (Culpepper *et al.* 1999a), la facilidad de manejar la formulación y la vida de anaquel del ingrediente activo, también pueden causar fitotoxicidad en el cultivo en el cual se aplica. Por lo tanto, se deben evaluar las nuevas formulaciones para comparar su eficacia y daño a los cultivos con las formulaciones ya en el mercado.

La adición de adyuvante a cualquier formulación de Clethodim aumenta la absorción del Clethodim y el control de la maleza *Cynodon dactylon*. Aplicándolo con adyuvantes es mejor, ya que mejora la absorción y translocación del herbicida en la planta, en comparación de aplicarlo sin adyuvante (Nandula *et al.* 2007). Se presume que el comportamiento sea similar en la maleza estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), ya que pertenecen a la misma familia (Poaceae).

En los sistemas de producción de cultivos convencionales es habitual mezclar varios herbicidas en el tanque para reducir los costos de aplicación. Sin embargo, en algunos casos causa reacciones antagónicas que reducen el control de malezas (Holshouser y Coble 1990, Burke *et al.* 2002).

Antagonismo es el nombre dado a la interacción negativa entre dos o más compuestos (Kruse *et al.* 2006). En general, cuando la mezcla de productos tiene un efecto menor que la de los productos individuales, se dice que existe antagonismo (De Prado y Osuna 1999). Hay herbicidas que con otros productos son incompatibles y su mezcla no es aconsejable. Por ejemplo, que se combinen, dando una acción imprevisible, o que sus mecanismos de acción interfieran entre sí.

El control de malezas gramíneas anuales y perennes se reduce debido a la mezcla de Sethoxydim con herbicidas para el control de hojas anchas, tales como Bentazon o Acifluorfen (Wanamarta *et al.* 1989, Holshouser y Coble 1990). Sethoxydim y Clethodim son herbicidas de la misma familia (Ciclohexanodionas), por lo tanto se esperaría que tengan un comportamiento similar. Se ha reportado que Bentazon reduce la absorción foliar del Sethoxydim en la maleza gramínea *Eleusine indica* (Rhodes y Coble 1984, Holshouser y Coble 1990).

El Bentazon 3-(1-methylethyl)-1*H*-2,1,3-benzothiadiazin-4(3*H*)-one 2,2-dioxide es un herbicida selectivo de posemergencia. Actúa Inhibiendo la fotosíntesis en el fotosistema II, ocurre una reducción de la plastoquinona por la proteína D₁ en la membrana del tilacoide. Este herbicida se enlaza a la proteína D₁, con lo que se obstruye el enlace de la plastoquinona. Al inhibirse el enlace, el proceso de transferencia fotosintética de electrones es interrumpido y por lo tanto la síntesis de ATP y NADPH en el cloroplasto es afectada. Esto da como resultado una incapacidad para la fijación de CO₂, necesaria para la producción de los carbohidratos indispensables para la sobrevivencia de la planta (WSSA 2007). Los síntomas de daños se manifiestan como clorosis, disecación foliar y necrosis que se desarrollan entre los 3 a 5 días después de la aplicación (WSSA 2007). Las plantas lo absorben a través de sus hojas y la translocación es basipetal a varios tejidos (WSSA 2007).

Al mezclar en el tanque Bentazon con Sethoxydim, la absorción del Sethoxydim por las hojas es menor (Holshouser y Coble 1990), inhibiéndose severamente el efecto del Sethoxydim por el sodio presente en la molécula del Bentazon. Reemplazando el sodio del Bentazon por las sales de amonio se previene el antagonismo o la absorción del Sethoxydim (Wanamarta *et al.* 1989). Las sales de amonio (sulfato, fosfato o nitrato de amonio) se unen en este caso al Sethoxydim eliminando el efecto antagónico causado por el sodio del Bentazon. Esto sucede gracias a la inhibición por las sales de amonio a los iones de sodio Na⁺ (Wanamarta *et al.* 1989).

Los objetivos del estudio fueron determinar el control de malezas gramíneas usando el ingrediente activo Clethodim, con las formulaciones Icasso 24 EC¹ y Arrow 12 EC², determinar si hay fitotoxicidad al frijol con las dos formulaciones y si existe antagonismo al mezclar en el tanque Clethodim con Bentazon.

¹ Icasso fabricado por Rotam en febrero del 2012, lote número 20120229001

² Arrow fabricado y formulado por Proficol Andina, Colombia, en noviembre de 2011, lote número PF 11111174.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron tres experimentos entre marzo y julio del 2013 en lotes de producción de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Los primeros dos experimentos se llevaron a cabo en el lote de producción llamado El Pivote, y el tercer experimento se estableció en un lote de la sección de Horticultura, llamado zona 2.

Evaluación de la eficacia de las formulaciones. Se sembró con sembradora el frijol variedad DeOrho el 2 de marzo de 2013, se aplicó el insecticida Imidacloprid – Thiodicarb (Blindage 60 FS) a razón de 4 ml del producto comercial por kilogramo de semilla. Se fertilizó con DAP 18-46-0 a 159 kg/ha (3.50 qq/ha). La distancia entre surcos fue de 50 cm y se colocaron 10 semillas por metro lineal (densidad de 200,000 plantas por hectárea). Los lotes fueron irrigados con un pivote según la necesidad del cultivo.

Se marcaron los lotes de 10 × 5 m en un arreglo de bloques totalmente randomizados con cuatro repeticiones. Ninguno de los testigos sin aplicación de herbicida se usó en el análisis estadístico. La separación de medias se realizó con la prueba Duncan al 5%. Los tratamientos fueron:

- Icasso 24 EC (Clethodim) 400 ml/ha, equivalente a 96 g de ingrediente activo
- Icasso 24 EC (Clethodim) 500 ml/ha, equivalente a 120 g de ingrediente activo
- Arrow 12 EC (Clethodim) 800 ml/ha, equivalente a 96 g de ingrediente activo
- Testigo absoluto sin control de malezas
- Testigo desyerbado con azadón (para determinar fitotoxicidad).

Veinte días después de la siembra, se desmalezaron los lotes testigos desyerbados con azadón y cinco días después se aplicaron todos los herbicidas en una mezcla con 233 L/ha. Se aplicó con una bomba de mochila modelo T, de acero inoxidable³, presurizada con CO₂ a una presión de 35 psi, un aguilón de 2 m de ancho con cuatro boquillas tipo abanico plano separadas 50 cm entre ellas.

A todos los tratamientos con herbicidas se le agregó Basagran 48 SL⁴ (Bentazon) a 3.0 L/ha equivalente a 1,440 g de ingrediente activo por hectárea; además se añadió el surfactante Adsee[®] 775⁵ a 0.25% v/v. Debido a que la flora de malezas está compuesta por gramíneas y hojas anchas, se mezcló el Basagran (control de hojas anchas) con el Clethodim (control de gramíneas), que es una aplicación estándar en el frijol para controlar los dos tipos de malezas.

³ Mochila modelo T, equipada con contenedor de acero inoxidable de 11.35 L, cilindro de aluminio de CO₂ de 2.27 kg, regulador de presión y aguilón para cuatro boquillas. Fabricado por Bellspray, Inc.; P.O. Box 269, Opelousas, LA 70571-0269, Estados Unidos.

⁴ Basagran fabricado y formulado por BASF SE, BASF Societas Europaea, Alemania, lote número 1444074700

⁵ Adsee fabricado por West Trade Guatemala

El control de malezas y el daño al cultivo se determinó visualmente siguiendo la metodología del Australian Weeds Committee (1979). Los daños se evaluaron en porcentaje y no hubo transformación al arcoseno porque los datos tenían una distribución normal, no había valores extremos de 0 ni 100%. El testigo absoluto (0% de control) se usó para comparar el control de malezas con los lotes aplicados. El testigo desyerbado con azadón (0% de fitotoxicidad) se usó para comparar la posible fitotoxicidad al frijol causada por las formulaciones.

Para evitar el efecto del borde, en cada lote se eliminaron los dos surcos exteriores y 1.0 m al inicio y al final de los surcos. Se evaluó el control de malezas y el daño al cultivo 1 y 2 semanas después de la aplicación. Los porcentajes de control se tomaron con dos evaluadores y se tomó el promedio de los dos evaluadores como el control de maleza del lote evaluado.

Evaluación de las dos formulaciones de Clethodim utilizando dos dosis. El experimento se estableció en un lote de producción de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, llamado El Pivote. El 2 de mayo de 2013, el frijol se sembró con sembradora en camas levantadas de unos 30 cm de alto. Se sembró en camas ya que se acercaba la época lluviosa. La distancia del centro de una cama a otra era de 1.50 m y la distancia entre los surcos de frijol en la cama era de 50 cm. Los lotes eran de 10 × 6.0 m. El 11 de mayo de 2013, los testigos se desmalezaron con azadón. Ese mismo día, se aplicaron los herbicidas, los tratamientos fueron:

- Icasso 24 EC (Clethodim) 400 ml/ha, equivalente a 96 g de ingrediente activo
- Icasso 24 EC (Clethodim) 500 ml/ha, equivalente a 120 g de ingrediente activo
- Arrow 12 EC (Clethodim) 800 ml/ha, equivalente a 96 g de ingrediente activo
- Arrow 12 EC (Clethodim) 1000 ml/ha, equivalente a 120 g de ingrediente activo
- Testigo absoluto sin control de malezas
- Testigo desyerbado con azadón (para determinar fitotoxicidad).

La aplicación fue igual que en el experimento anterior (equipo, boquillas, presión), pero la cantidad de agua fue menor, se utilizó una mezcla de 217 L/ha. La toma de datos fue realizada en las semanas 1, 2 y 3 después de la aplicación de los herbicidas y fue similar a la del experimento anterior.

A todos los tratamientos con herbicidas se le agregó Basagran 48 SL (Bentazon) a 3.0 L/ha equivalente a 1,440 g de ingrediente activo por hectárea; además se añadió el surfactante Adsee[®] 775 a 0.25% v/v. Debido a que la flora de malezas está compuesta por gramíneas y hojas anchas, se mezcló el Basagran (control de hojas anchas) con el Clethodim (control de gramíneas), que es una aplicación estándar en el frijol para controlar los dos tipos de malezas.

La evaluación del control de malezas fue similar a la que se hizo en el primer experimento. Se usó un diseño de bloques totalmente randomizados y ninguno de los testigos sin aplicación de herbicida se usó en el análisis estadístico. La separación de medias fue con la prueba Duncan al 5%.

Evaluación del antagonismo entre Clethodim y Bentazon. El experimento se estableció en un lote de producción de zona II, en la sección de Horticultura. El 6 de junio de 2013 se estableció el experimento en un lote en el cual no existía cultivo, pero la maleza predominante era el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*).

Se marcaron parcelas de 8 × 4 m en un arreglo de bloques totalmente randomizados con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron:

- Icasso 24 EC (Clethodim) 500 ml/ha, equivalente a 120 g/ha de ingrediente activo
- Arrow 12 EC (Clethodim) 1000 ml/ha, equivalente a 120 g/ha de ingrediente activo
- Icasso 24 EC (Clethodim) 500 ml/ha, equivalente a 120 g/ha de ingrediente activo, combinado con Basagran 48 SL (Bentazon) 3000 ml/ha equivalente a 1440 g/ha de ingrediente activo
- Arrow 12 EC (Clethodim) 1000 ml/ha, equivalente a 120 g/ha de ingrediente activo, combinado con Basagran 48 SL (Bentazon) 3000 ml/ha equivalente a 1440 g/ha de ingrediente activo.
- Testigo absoluto sin control de malezas con herbicidas, ni desmalezado a mano.

La aplicación de los herbicidas se realizó igual que los experimentos anteriores (equipo, boquillas y presión). La cantidad de agua fue de 275 L/ha y a todos los tratamientos se añadió el surfactante Adsee[®] 775 a 0.25% v/v. La toma de datos también fue similar que en los dos experimentos anteriores, se evaluó el control en la semana 1, 2 y 3 después de aplicar los herbicidas.

El diseño utilizado fue bloques completamente al azar y se analizó como un arreglo factorial de 2 × 2. De esta forma se puede comparar el control de cada tratamiento. El testigo no se usó en el análisis estadístico. La separación de medias fue con la prueba Duncan al 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la eficacia de las formulaciones. Las malezas gramíneas predominantes eran *Eleusine indica*, *Digitaria* spp., *Chloris virgata*, *Chloris radiata* y *Sorghum halepense*. En la primera evaluación, una semana después de la aplicación, el control de gramíneas fue similar con las dos dosis de la formulación Icaso 24 EC, sin embargo, el control con Arrow 12 EC fue menor que con las dos dosis de Icaso 24 EC (Cuadro 1). La misma respuesta ocurrió a las 2 semanas, con Icaso 24 EC, en sus dos dosis, el control fue estadísticamente mayor que con Arrow 12 EC (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje del control de malezas gramíneas con dos formulaciones del herbicida Clethodim[¶].

Nombre comercial y formulación	Producto comercial (ml/ha)	Ingrediente activo (g/ha)	Semanas después de la aplicación	
			1	2
Icaso 24 EC	400	96	68 a [§]	86 a
Icaso 24 EC	500	120	66 a	91 a
Arrow 12 EC	800	96	63 b	73 b

[¶] A todos los tratamientos se le agregó Basagran 48 SL (Bentazon) a 3.0 L/ha equivalente a 1,440 g de ingrediente activo por hectárea; además se añadió el surfactante Adsee® 775 a 0.25% v/v.

[§] Valores en la columna, seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuando la cantidad de ingrediente activo aplicado fue la misma en las formulaciones Icaso 24 EC y Arrow 12 EC (96 g/ha de ingrediente activo), el control fue mayor con Icaso 24 EC, por lo tanto, se atribuye la diferencia en el control de malezas a la formulación ya que los fabricantes añaden ingredientes inertes diferentes y algunos de los ingredientes inertes aumentan la eficacia del herbicida (Culpepper *et al.* 1999a). La eficacia puede aumentar por una mayor absorción del herbicida (Dodds *et al.* 2007), por un mayor contacto con la hoja o menos lavado por la lluvia (Culpepper *et al.* 1999b).

No se observó fitotoxicidad al frijol causada por las formulaciones. Esto indica que ninguna de las formulaciones del ingrediente activo daña al frijol, y tampoco los ingredientes inertes que tiene el Icaso 24 EC o el Arrow 12 EC.

Evaluación de las dos formulaciones de Clethodim utilizando dos dosis. Las malezas gramíneas presentes eran *Eleusine indica*, *Digitaria* spp., *Chloris virgata*, *Chloris radiata*, *Sorghum halepense* y *Rottboelia cochinchinensis*. El control a la primera semana después de la aplicación fue errático, el mayor control (43%) fue con Icaso 24 EC a 96 g/ha de

ingrediente activo y fue mejor que el Icaso 24 EC (36%) con la dosis de 120 g/ha de ingrediente activo; con la formulación Arrow 12 EC fue similar (Cuadro 2). Al final de la segunda semana, el control fue mayor con el herbicida Icaso 24 EC en las dos dosis (60%) que las dos dosis del Arrow 12 EC (50 y 49%). A la tercera semana, el mayor control de todos los tratamientos fue con Icaso 24 EC a 120 g/ha de ingrediente activo (45%). El control más bajo fue con Arrow 12 EC a 96 g/ha de ingrediente activo y de 120 g/ha de ingrediente activo, 33 y 36%, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje del control de malezas gramíneas con dos formulaciones y dos dosis del herbicida Clethodim[†].

Nombre comercial y formulación	Producto comercial (ml/ha)	Ingrediente activo/ha (g)	Semanas después de la aplicación		
			1	2	3
Icaso 24 EC	400	96	43 a [§]	60 a	40 b
Icaso 24 EC	500	120	36 b	60 a	45 a
Arrow 12 EC	800	96	42 ab	50 b	33 c
Arrow 12 EC	1000	120	37 ab	49 b	36 cb

[†] A todos los tratamientos se le agregó Basagran 48 SL (Bentazon) a 3.0 L/ha equivalente a 1,440 g de ingrediente activo por hectárea; además se añadió el surfactante Adsee[®] 775 a 0.25% v/v.

[§] Valores en la columna, seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes al 5%.

En todos los tratamientos, el control a la segunda semana fue mayor que el de la primera semana, pero bajó de la segunda a la tercera semana ya que las malezas se recuperaron del efecto del herbicida y empezaron a crecer nuevamente. Una posible explicación al control bajo es que puede haber un antagonismo al mezclar en el tanque el Clethodim con Bentazon (Basagran). Se ha reportado una reducción en el control de malezas cuando se mezcla Clethodim con herbicidas como Acifluorfen (Blazer), Bromoxynil (Culpepper *et al.* 1999a, Culpepper *et al.* 1999b) o Basagran (Bentazon) (WSSA 2007, Kidd y James 1991) y aún con otros herbicidas (Burke y Wilcut 2003, Burke *et al.* 2002).

En el experimento se regó el frijol con el pivote central que existe en el lugar. Se observó estrés por falta de agua, posiblemente porque se sembró en camas altas, por lo tanto era más difícil proporcionar suficiente agua al cultivo ya que durante el riego el agua escurría de la cama al fondo del surco. En el experimento anterior no se sembró en camas y no se observó tanto estrés por sequía. Posiblemente, el estrés de las malezas por falta de agua en este experimento favoreció la manifestación de un posible antagonismo, ya que se ha reportado más antagonismo con los herbicidas Fluazifop y Acifluorfen cuando hay estrés por sequía (Godley y Kitchen 1986).

No se observó daño al frijol causado por ninguna de las formulaciones del herbicida. Esto confirma que el ingrediente activo no daña al frijol, y tampoco los ingredientes inertes que tiene el Icaso 24 EC o el Arrow 12 EC.

Evaluación del antagonismo entre Clethodim y Bentazon. En las tres evaluaciones hubo diferencia estadística en el control de las dos formulaciones. También hubo

diferencia cuando las formulaciones se aplicaron solas o mezcladas con Bentazon. En ninguna evaluación hubo interacción, lo que indica que los factores (formulación y mezcla de Clethodim con Bentazon) actúan independientes.

En las tres evaluaciones, el control fue mayor con la formulación Icasso 24 EC que con Arrow 12 EC, lo que indica que la formulación Icasso 24 EC es más efectiva que Arrow 12 EC para controlar la maleza *Cynodon nlemfuensis* (Cuadro 3). El mayor control con Icasso 24 EC se atribuye a los ingredientes inertes ya que se aplicó la misma cantidad del ingrediente activo con las dos formulaciones (120 g de Clethodim). Los ingredientes inertes aumentan la eficacia del herbicida ya que afectan ciertos parámetros como la deposición, retención en la hoja, adherencia, difusión, absorción y translocación en la planta (Culpepper *et al.* 1999a, Culpepper *et al.* 1999b, Wanamarta y Penner 1989, Underwood 2000).

Cuadro 3. Control de la maleza estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con dos formulaciones de Clethodim (Icasso 24 EC y Arrow 12 EC) aplicadas solas o mezcladas con Bentazon (Basagran 48 SL)[†]

Nombre comercial	Ingrediente activo (g/ha)	Semanas después de la aplicación		
		1	2	3
Icasso 24 EC	120	61 a [§]	75 a	74 a
Icasso 24 EC + Basagran 48 SL	120 + 1440	31 c	27 c	25 c
Arrow 12 EC	120	54 b	61 b	60 b
Arrow 12 EC + Basagran 48 SL	120 + 1440	19 d	14 d	11 d

[†] A todos los tratamientos se le añadió el surfactante Adsee[®] 775 a 0.25% v/v.

[§] Valores en la columna, seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes al 5%.

Las dos formulaciones de Clethodim sin mezclar con Bentazon tuvieron mayor control que cuando se mezclaron en el tanque con Bentazon (Cuadro 3), lo que indica que hubo antagonismo (Figura 1 y 2) que redujo el control. A la tercera semana después de la aplicación, al mezclar Bentazon con Icasso 24 EC el control se redujo de 74 a 25%, una reducción de 66%. Al mezclar Bentazon con Arrow 12 EC el control se redujo de 60 a 11%, una reducción de 82% (Cuadro 3). Hubo mayor antagonismo o reducción del control con la formulación Arrow 12 EC que con Icasso 24 EC. Se determinó que existe antagonismo al mezclar en el tanque Clethodim con Bentazon, en ambas formulaciones hubo antagonismo, pero fue mayor con Arrow 12 EC que con Icasso 24 EC.

El antagonismo se ha reportado con el herbicida Sethoxydim (graminicida) al mezclarlo con herbicidas Bentazon o Acifluorfen para el control de hojas anchas (Wanamarta *et al.* 1989, Holshouser y Coble 1990). También se ha reportado que Bentazon reduce la absorción foliar del Sethoxydim en el control de la maleza gramínea *Eleusine indica* (Rhodes y Coble 1984, Holshouser y Coble 1990). Debido a que Sethoxydim y Clethodim son herbicidas de la misma familia (Ciclohexanodionas), se espera que tengan un comportamiento similar y por eso se presentó este antagonismo con Clethodim y Bentazon.

Se ha reportado que al mezclar en el tanque Bentazon con Sethoxydim, la absorción del Sethoxydim por las hojas es menor (Holshouser y Coble 1990), inhibiéndose severamente el

efecto del Sethoxydim. Este antagonismo se ha atribuido al sodio que tienen la molécula del Bentazon. Posiblemente lo mismo ocurre con el Clethodim y Bentazon en este estudio.

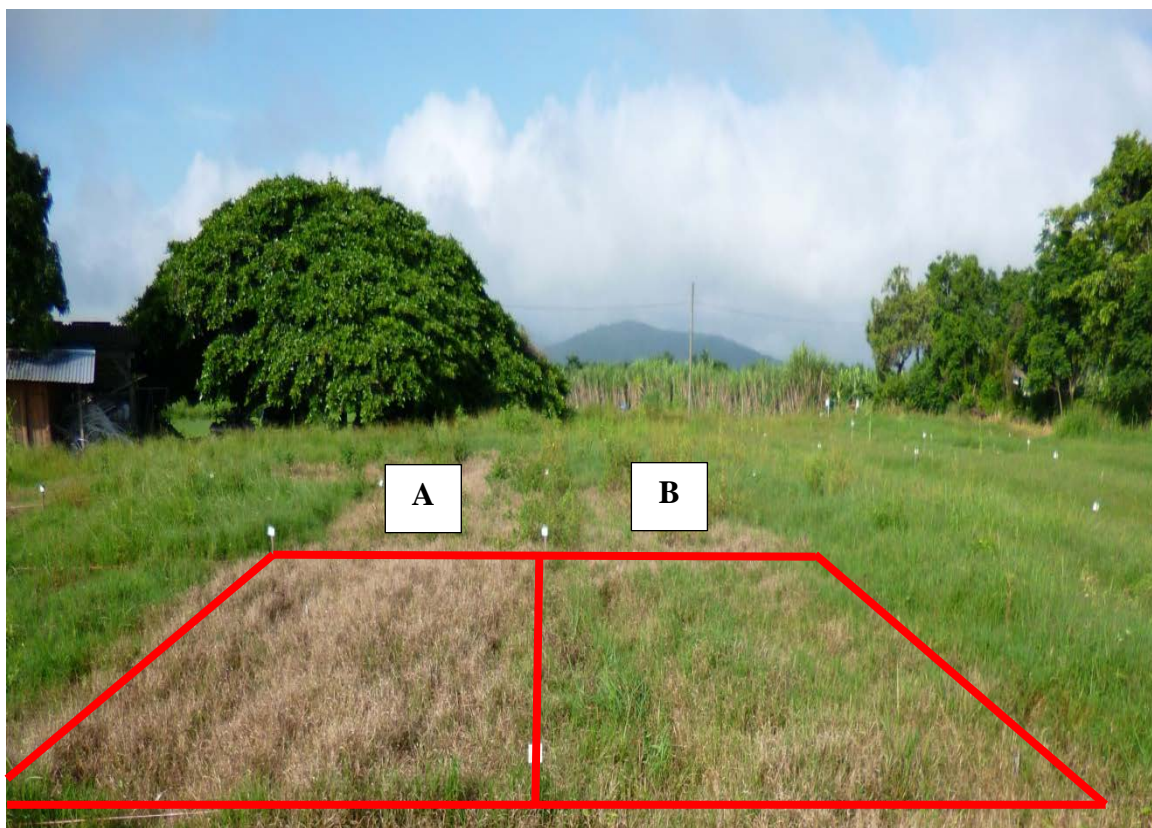


Figura 1. Antagonismo entre Clethodim y Bentazon a los 24 días después de la aplicación. **A).** Icasso 24 EC aplicado solo a 120 g de Clethodim. **B).** Icasso 24 EC aplicado a 120 g de Clethodim + Basagran 480 SL 3.0 L/ha, control a los 24 días después de la aplicación.

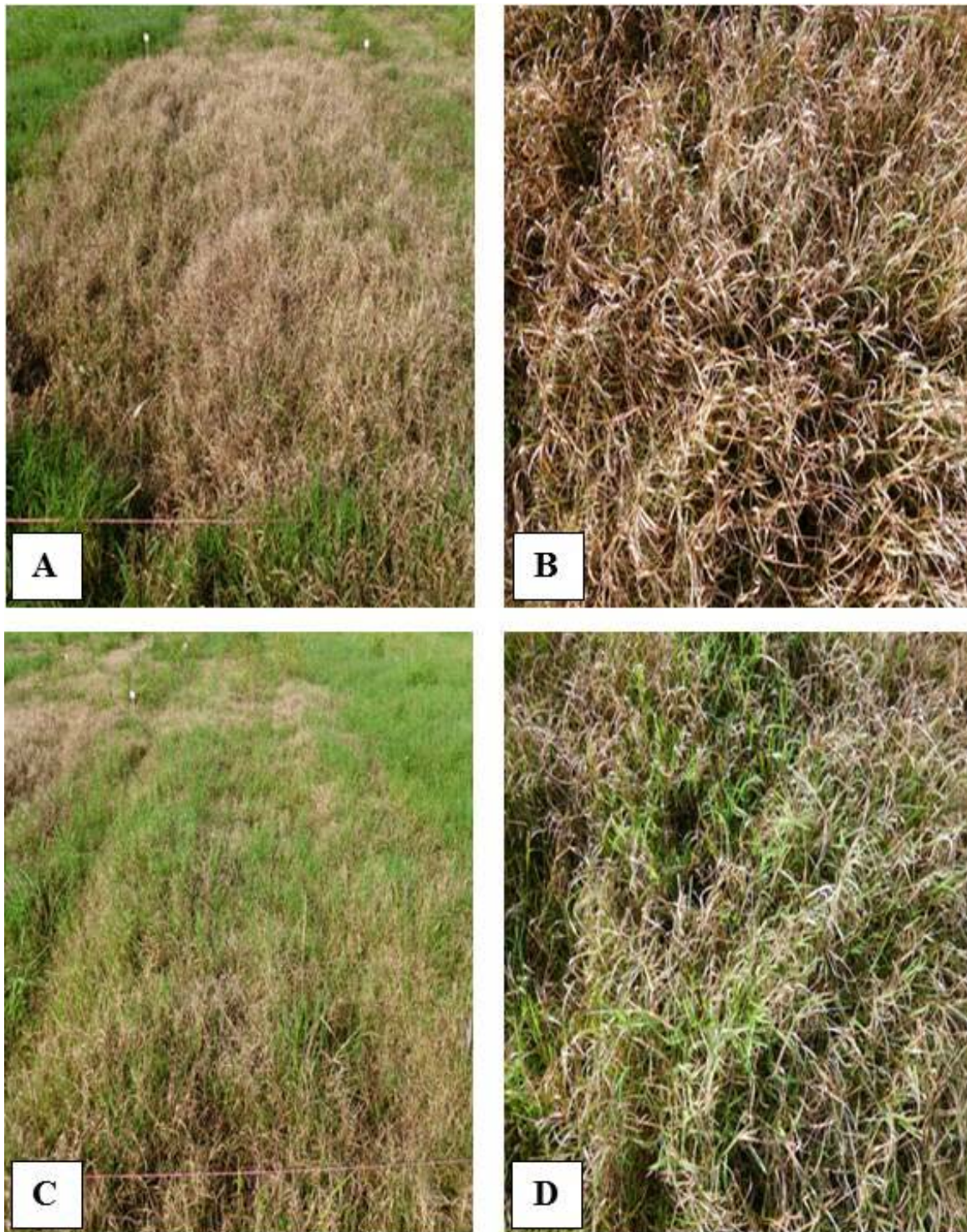


Figura 2. Antagonismo entre Clethodim y Bentazon. Fotos tomadas 24 días después de la aplicación. **A).** Icasso 24 EC solo, control a los 24 días después de la aplicación. **B).** Acercamiento del lote aplicado con Icasso 24 EC solo. **C).** Icasso 24 EC + Basagran 48 SL, control a los 24 días después de la aplicación. **D).** Acercamiento del lote aplicado Icasso 24 EC + Basagran 48 SL.

4. CONCLUSIONES

El control fue mayor con la formulación Icasso 24 EC que con Arrow 12 EC.

No se observó daño al frijol con ninguna de las formulaciones del herbicida, esto confirma que el ingrediente activo no daña al frijol, y tampoco los ingredientes inertes que tiene el Icasso 24 EC o el Arrow 12 EC.

Existe antagonismo al mezclar en el tanque Clethodim con Bentazon.

5. RECOMENDACIONES

No mezclar en el tanque Clethodim con Bentazon ya que es una mezcla antagónica.

Evaluar la mezcla con dosis diferentes, para determinar niveles de antagonismo.

Evaluar la aplicación de Clethodim más Bentazon, pero por separado, no mezclado en el tanque.

6. LITERATURA CITADA

Ahrens, W. H. 1994. *Herbicide Handbook*, 7th ed. Champaign, IL: Weed Science Society of America. 352 p.

Australian Weeds Committee. 1979. *Guidelines for Field Evaluation of Herbicides*. Australian Government Publishing Service. Canberra, Australian. 200 p.

Burke, I.C., J.W. Wilcut. 2003. Physiological basis for antagonism of clethodim by CGA 362622. *Weed Science* 51:671–677.

Burke, I.C., J.W. Wilcut y D. Porterfield. 2002. CGA 362622 antagonizes annual grass control with clethodim. *Weed Technology* 16:749-754.

Culpepper, A.S., A.C. York, C. Brownie. 1999a. Influence of bromoxynil on annual grass control by graminicides. *Weed Science* 47:123-128.

Culpepper, A.S., D.L. Jordan, A.C. York, F.T. Corbin y Y. Sheldon. 1999b. Influence of adjuvants and bromoxynil on absorption of clethodim. *Weed Technology* 13:536-541.

De Prado, R., y Osuna, M.D. 1999. Resistencia a herbicidas. Detección en Campo y Laboratorio. Congreso 1999 de la SEMh, p. 435-440.

Dodds, D.M., D.B. Reynolds, J.H. Massey, M.C. Smith, y C.H. Koger. 2007. Effect of adjuvant and urea ammonium nitrate on Bispyribac efficacy, absorption, and translocation in Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). II. Absorption and Translocation. *Weed Science* 55(5):406-411.

Godley, J.L. y Kitchen L.M. 1986. Interaction of Acifluorfen with Fluazifop for Annual Grass Control. *Weed Science* 34:936-941.

Hatzios, K. K. y D. Penner. 1985. Interactions of herbicides with other agrichemicals in higher plants. *Weed Science* 1:1–63.

Holshouser, D.L. y Coble, H.D. 1990. Compatibility of sethoxydim with five postemergence broadleaf herbicides. *Weed Technology* 4:128-133.

Kidd, H. y James, D.R. (eds). 1991. *The Agrochemicals Handbook*, Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK.

Kruse, N.D., Vidal, R.A. y Trezzi, M.M. 2006. Curvas de resposta e isoblograma como forma de descrever a associação de herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. *Planta Daninha* 24(3): 579-587.

Nandula, V.K., Poston D.H., Reddy, K.N., y Koger, C.H. 2007. Formulation and Adjuvant Effects on Uptake and Translocation of Clethodim in Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.). *Weed Science* 55:6-11.

Rhodes, G. N., Jr. y H. D. Coble 1984. Influence of Bentazon on absorption and translocation of sethoxydim in gosegrass (*Eleusine indica* L.). *Weed Science* 32:595-597.

Underwood, A.K. 2000. Adjuvant Trends for the New Millennium. *Weed Technology* 14:765-772.

Wanamarta, G. y D. Penner. 1989. Identification of efficacious adjuvants for sethoxydim and bentazon. *Weed Technology* 3:60-66.

Wanamarta, G., D. Penner, y J. J. Kells. 1989. Overcoming antagonistic effects of Na Bentazon on Sethoxydim absorption. *Weed Technology* 7:322-325.

WSSA (Weed Science Society of America). 2007. *Herbicide Handbook*. 9 ed. S.A. Senseman. 9 ed. Laurence, Kansas, Estados Unidos. p 11, 19-21.

WSSA (Weed Science Society of America). 2007. *Herbicide Handbook*. 9 ed. S.A. Senseman. 9 ed. Laurence, Kansas, Estados Unidos. p 11, 132-133.