

**Efectividad del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen)  
en el control de malezas al reducir el pH del agua  
con Sinercid Buffer<sup>®</sup>**

**Cristian David Moreno Ramos**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011



ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efectividad del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen)  
en el control de malezas al reducir el pH del agua  
con Sinercid Buffer<sup>®</sup>**

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

Presentado por

**Cristian David Moreno Ramos**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

# **Efectividad del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) en el control de malezas al reducir el pH del agua con Sinercid Buffer<sup>®</sup>**

Presentado por:

Cristian David Moreno Ramos

Aprobado:

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph.D.  
Director  
Carrera de Ingeniería Agronómica

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Moreno Ramos, C.D. 2011. Efectividad del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) en el control de malezas al reducir el pH del agua con Sinercid Buffer<sup>®</sup>. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 16 p.

La efectividad de algunos herbicidas posemergentes depende del pH del agua en que se mezclan, ya que el pH determina la cantidad de moléculas no disociadas en la mezcla. Los objetivos fueron determinar la efectividad del Fomesafen con 250 y 375 g de ingrediente activo y con y sin adición del regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup>; además, determinar el efecto del tiempo al aplicar inmediatamente o 24 horas después de preparar la mezcla. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA), el agua utilizada fue la del sistema de abastecimiento de la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, y el pH era 6.08. Al añadir el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> se acidificó el medio, pero al añadir el Fomesafen aumentó, indicando que es alcalinizante. A los 7 días después de la aplicación el control de malezas con 375 g de ingrediente activo fue mayor que con 250 g. Pero a los 14 y 21 días después de la aplicación no hubo diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre las dosis. Aplicar inmediatamente o 24 horas después de preparada la mezcla no influye en control de malezas. Al mezclar el Fomesafen con el Sinercid Buffer<sup>®</sup> hubo una precipitación y se formó un sedimento con todos los tipos de agua usados, el sedimento fue mayor cuando había cloro en el agua. Este sedimento formado tuvo fitotoxicidad a las malezas, lo que indica que parte del ingrediente activo está en el sedimento. El uso del regulador de pH no es necesario para lograr mayor control de malezas, al aumentar la dosis de 250 g de i.a a 375 g de i.a hubo más control de malezas en los primeros siete días, después de los 14 días no hubo diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en el control de malezas.

**Palabras clave:** Dosis, formulación, sedimento, tipos de agua.

**CONTENIDO**

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>15</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Clasificación en porcentaje de los efectos de fitotoxicidad.....	4
2. Cambio de pH del agua al agregar Sinercid Buffer <sup>®</sup> (regulador de pH), Flex <sup>®</sup> 25 SL (herbicida Fomesafen) y Break Thru <sup>®</sup> (surfactante). El pH se determinó inmediatamente y 24 horas después de preparada la mezcla.....	6
3. Control de malezas del herbicida Flex <sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) con y sin adición del regulador de pH Sinercid Buffer <sup>®</sup> a la mezcla al ser aplicado con dos dosis y a las 24 horas después de mezclarlo o inmediatamente después de mezclarlo.....	7
4. Cambio de pH del agua al agregar pH Sinercid Buffer <sup>®</sup> (regulador de pH), Flex <sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) y sedimento (g).....	8
5. Peso de sedimento (g) de las muestras con y sin cloro del Sistema de agua Zamorano y Agua desionizada.....	10
6. Cambio de pH del agua al agregar diferentes formulaciones de herbicida. El pH del agua después de adicionar Sinercid buffer <sup>®</sup> fue 4.41.....	11
Figuras	Página
1. Cambios observados en el agua al mezclar Fomesafen con el Sinercid Buffer <sup>®</sup> .....	8
2. Precipitación de las muestras de agua del sistema de agua potable de Zamorano (Z), agua desionizada (D), Río Santa Inés (RSI), Pozo George Pilz y el Pozo Luis Salinas al adicionar el regulador de pH Sinercid Buffer <sup>®</sup> (S) y Fomesafen (F).....	9
3. Fitotoxicidad al bledo ( <i>Amaranthus spinosus</i> ) causada por el sedimento formado al añadir Flex <sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) al agua acidificada con Sinercid Buffer.....	11

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los herbicidas posemergentes son ácidos débiles. En general, se cree que la absorción de los productos químicos en los tejidos vegetales es mayor a pH más bajos, esto se debe a que hay más moléculas presentes en forma no disociada (Liu 2002). Los herbicidas que son ácidos débiles se disocian parcialmente en dos moléculas cuando se mezclan con agua, una parte de las moléculas se disocian y el resto no. En las moléculas no disociadas, el compuesto permanece íntegro, estas moléculas tienden a ser absorbidas más fácilmente por el follaje que las moléculas que se disocian. La cantidad de moléculas disociadas depende del pH del agua (OSU s.f.).

La concentración del ión hidrógeno juega un rol significativo en la penetración de los herbicidas aplicados al follaje. El efecto del pH depende de la naturaleza química del herbicida, ya que tiene un efecto modificador en la membrana y en la actividad metabólica de las células involucradas en la respuesta de los procesos de translocación (Rao 2000).

La efectividad de Paraquat y Glifosato con tres reguladores de pH (pH+, Sinercid Buffer<sup>®</sup> y pH Master) no aumentó el control de malezas, pero aumentó los costos (Bustamante Espinosa 2007). En otro estudio, al añadir el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> a la mezcla del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen), se redujo el control y se observó un precipitado blanco, que posiblemente era la molécula del herbicida (Ramos Díaz 2009), lo que pudo contribuir a reducir el control de malezas.

Los herbicidas cambian el pH del agua. En un estudio, la formulación del Glifosato, Round up Max 68 SG, aumentó el pH del agua, no importando si era ácida, neutra o alcalina; mientras que la formulación Fusilade 12.5 EC (Fluazifop), bajó moderadamente el pH del agua, pero sin afectar la efectividad del herbicida; además la formulación Basagran 48 EC (Bentazon), aumentó el pH del agua, sin antagonizar la acción del herbicida (Gómez Vargas *et al.* 2006).

Los estudios de Green y Hale (2005) indican que al aumentar el pH del agua cuando se utiliza el herbicida Nicosulfuron ayuda a solubilizar y aumentar la actividad biológica del herbicida sobre los tejidos de las plantas. También reportaron que al bajar o subir el pH del agua aumenta la actividad del Nicosulfuron, dependiendo de la especie de maleza.

El uso de modificadores del pH del agua usada para aplicar herbicidas se ha convertido en una recomendación muy frecuente que los técnicos agrícolas dan a los agricultores en muchos lugares. Estas recomendaciones no parecen tener justificación porque en la etiqueta del herbicida el fabricante no recomienda que se modifique el pH del agua; y el



fabricante es la mejor fuente para las recomendaciones que permitan optimizar la actividad biológica del herbicida (Gómez Vargas *et al.* 2006).

Fomesafen es un herbicida de contacto selectivo para el control de hoja ancha en los cultivos de frijol y soya. Fomesafen actúa inhibiendo la protoporfirinógeno (Protox), una enzima que actúa en la síntesis de clorofila y biosíntesis de heme catalizando la oxidación de protoporfirinógeno IX (PPGIX) a protoporfirina IX (PPIX). La inhibición de protoporfirinógeno lleva a una acumulación de protoporfirina IX, el primer precursor de la clorofila. La acumulación de protoporfirinógeno IX aparentemente es transitoria, ya que cambia el ambiente normal en la membrana del tilacoide y oxida a protoporfirina IX. Esta oxidación puede ser catalizada por una enzima de plasmalema que contiene actividad de protoporfirinógeno pero es insensible a difenileteres (WSSA 2002).

La protoporfirina IX formada fuera de su ambiente de origen es probablemente separada del chelatase de Mg y otras enzimas que normalmente previenen la acumulación de protoporfirina IX. La absorción de luz por parte de la protoporfirina IX aparentemente produce un estado triple de protoporfirina IX el cual interactúa con oxígeno en estado basal para formar un oxígeno singulete. Ambos, el triple protoporfirina IX y el oxígeno singular pueden abstraer un hidrógeno de lípidos insaturados, produciendo un lípido radical e iniciando una cadena de reacción de peroxidación de lípidos. Los lípidos y proteínas son atacados y oxidados, resultando en la pérdida de clorofila y carotenoides y en membranas agujereadas, lo que causa que las células y sus organelos se sequen y desintegren rápidamente (WSSA 2002).

Los objetivos de este estudio fueron: evaluar la efectividad de Fomesafen con dos dosis y su efecto con y sin adición del regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup>, y determinar el efecto del tiempo después de la preparación de la mezcla sobre la efectividad del herbicida Fomesafen.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Evaluación del Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) y Sinercid buffer<sup>®</sup>.** Los estudios se realizaron en la Escuela Agrícola Panamericana, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. El sitio tiene una temperatura promedio anual de 24°C, una precipitación anual de 1,100 mm y a una altura de 800 msnm.

Los lotes fueron de 8 × 4 m y las malezas de hoja ancha predominantes fueron *Emilia fosbergii*, *Bidens pilosa*, *Portulaca oleracea* y *Amarantus spinosus*. Una semana antes de aplicar el Fomesafen, todos los lotes fueron aplicados con Fluazifop a 125 g de ingrediente activo por hectárea para el control de gramíneas.

Se aplicó el herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) en dosis de 250 y 375 g de ingrediente activo por hectárea. Se adicionó el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> a una concentración de 1.0 mL por litro de agua (0.10% volumen:volumen). A todos los tratamientos se les agregaron 2.5 ml por litro de agua (0.25% volumen:volumen) del surfactante Break Thru<sup>®</sup> para aumentar la absorción del herbicida. Se aplicó con una bomba de mochila de acero inoxidable, presurizadas con CO<sub>2</sub>, un aguilón de 2 m de ancho con cuatro boquillas abanico plano XR 8003 a una presión de 32 psi.

Los factores evaluados fueron: herbicida con y sin regulador de pH, dosis (250 y 375 g de ingrediente activo por hectárea) y el tiempo de aplicación (24 horas después de mezclar el herbicida o aplicado inmediatamente después de la mezcla). Se utilizó el agua del sistema potable de Zamorano, se midió el pH inicial con un pHmetro<sup>1</sup> antes y después de adicionar Sinercid Buffer<sup>®</sup> (regulador de pH), Flex<sup>®</sup> 25 SL (herbicida Fomesafen) y Break Thru<sup>®</sup> (surfactante).

El control de malezas de hoja ancha se determinó visualmente, siguiendo la metodología del Australian Weeds Committee (Cuadro 1), las evaluaciones del control de malezas se efectuaron en los días 7, 14 y 21 después de la aplicación. Los porcentajes de control no fueron transformados al arcoseno porque presentaban una distribución normal.

Composición química de Sinercid Buffer<sup>®2</sup>. El regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> está compuesto en un 30% de Alcohol tridecílico Polioxietilénico, un 12% de ácido fosfórico y 58% de diluyentes y acondicionadores.

---

<sup>1</sup> Oakton<sup>®</sup> pHTestr3+ Double Junction. Fabricado por Oakton Instruments; P.O. Box 5136 Vernon Hills, IL 60061-1830, Estados Unidos.

<sup>2</sup> Intrakam. 2007. Ficha técnica del regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup>.



Composición química del Flex<sup>®3</sup> 25 SL. El producto con el nombre comercial Flex<sup>®</sup> contiene 250 g/L de Fomesafen y 750 g/L de ingredientes inertes.

Composición química de Break Thru<sup>®4</sup>. Tiene 75% de polyether – polymethylsiloxane como ingrediente activo y 25% de ingredientes inertes.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro repeticiones en un arreglo factorial (2 × 2 × 2), los factores fueron: dos horas de preparación, se utilizó dos dosis de herbicida, por cada hora se realizaron dos tratamientos, uno contenía regulador de pH y el otro sin el regulador de pH. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System V9.1 2002<sup>®</sup> (SAS), utilizando la prueba Duncan para separación de medias con un nivel de significancia de P<0.05.

Cuadro 1. Clasificación en porcentaje de los efectos de fitotoxicidad (Australian Weeds Committee, 1979).

Clasificación (%)	Efectos
0	No evidencia.
10	Despreciable: decoloración, distorsión o apenas retraso del crecimiento.
20	Leve decoloración, distorsión o claro retraso del crecimiento.
30	Daño moderado: decoloración moderada, marcada distorsión o aclaramiento. Recuperación esperada.
40	Daño substancial: mucha decoloración, distorsión o aclaramiento, algún daño probablemente irreversible.
50	Mayoría de las plantas dañadas, muchas irreversibles, algunas necróticas, decoloración y distorsión severa.
60	Casi todas las plantas dañadas, mayoría irreversible, algunas plantas muertas (<40%), necrosis y distorsión substancial.
70	Severo: número substancial de plantas muertas (40-60%), mucha necrosis y distorsión.
80	Muy severo, la mayoría de plantas muertas (60-80%), el resto de plantas muestran mucha necrosis y marchitamiento.
90	El resto de plantas viva es <20%, la mayoría decolorada y distorsionadas permanentemente o disecadas.
100	Completa pérdida de las plantas o el área cultivada.

<sup>3</sup> Syngenta.2008. Ficha técnica del Herbicida Flex<sup>®</sup>.

<sup>4</sup> BASF. 2005. Ficha técnica del Break Thru<sup>®</sup>.

**Determinación del sedimento de Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) con varios tipos de agua.**

Se colectaron muestras del sistema de agua potable de Zamorano, agua desionizada, río Santa Inés, y de dos pozos. La muestra del río Santa Inés se tomó en el punto 13°59'15.92'' N y a 86°59'26.34'' O. El pozo George Pilz se encuentra en la ubicación de 13°59'50.9'' N y a 87°01'18.02'' O, el pozo Luis Salinas está ubicado a 13° 59'0.018'' N y a 86° 59.37'37.51'' O. A cada una de las muestras se le midió el pH inicial y después de adicionar Sinercid Buffer<sup>®</sup> y Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) a 375 g de i.a/ha. Se dejó que se precipitara durante 24 horas para luego secar en un horno de convección a una temperatura de 105 °C, luego se pesó el precipitado que se sedimentó.

**Determinación de la actividad herbicida del sedimento de Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen).**

Se tomaron muestras del sistema potable de Zamorano y de agua desionizada, se determinó la cantidad del sedimento en agua con y sin cloro. Se adicionó el herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) en dosis de 250 de ingrediente activo para 250 litros de agua. El regulador de pH usado fue Sinercid Buffer<sup>®</sup> a una concentración de 1.0 mL por litro de agua (0.10% volumen:volumen). Se utilizó hipoclorito de sodio (NaClO) al 4.72% como fuente de cloro y se añadió a una concentración de 1.0 mL por litro de agua (0.10% volumen:volumen). Se utilizaron 500 mL de cada muestra de agua para preparar las mezclas. Después de 24 horas de preparadas se secó el sedimento en un horno de convección a una temperatura de 105 °C durante 24 horas y se pesó el sedimento.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones por cada tratamiento (sedimento). Los tratamientos fueron: cantidad (g) del sedimento usando el agua del sistema potable de Zamorano y agua desionizada, con y sin cloro. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System V9.1 2002<sup>®</sup> (SAS), utilizando la prueba Duncan para separación de medias con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

Se adicionó el sedimento secado en el horno a dos litros de agua, para aplicarlos en tres lotes de 8 × 4 m, las malezas de hoja ancha predominantes fueron *Portulaca oleracea* y *Amarantus spinosus*. Se evaluó el control de malezas el día 7 y 14 después de la aplicación para determinar si el sedimento contenía el ingrediente activo del Flex<sup>®</sup> 25 SL.

**Determinación del cambio de pH del agua con varios herbicidas.** Se agregaron diferentes formulaciones de herbicidas al agua para determinar el cambio de pH. Los herbicidas fueron: Fluazifop (Fusilade<sup>®</sup> 12.5 EC), Fomesafen (Flex<sup>®</sup> 250 SL), Alaclor (Lazo<sup>®</sup> 48 EC), Paraquat (Gramoxone<sup>®</sup> 20 SL), Glifosato (Glifosato Alemán<sup>®</sup> 35.6 SL y Touch Down<sup>®</sup> 33 SL). Se utilizó la dosis más baja recomendada por el fabricante. Se utilizó el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> a una concentración de 1.0 mL por litro de agua (0.10% volumen: volumen), el regulador se agregó al agua antes de adicionar los herbicidas. El pH inicial del agua a la que se agregaron los herbicidas fue 4.41.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Evaluación del Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) y Sinercid buffer<sup>®</sup>.** El regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> bajó el pH del agua inmediatamente que se añadió al agua, y permaneció bajo hasta por lo menos 24 horas después de añadido al agua (Cuadros 2). Al añadir Flex<sup>®</sup> 25 SL el pH aumentó con cualquiera de las dos dosis usadas, el aumento ocurrió inmediatamente y permaneció alto por lo menos hasta 24 horas después de mezclarlo (Cuadros 2).

Los cambios en pH con Sinercid Buffer<sup>®</sup> eran los esperados (Intrakam 2007) e igual a lo reportado en otros estudios (Ramos Díaz 2009). La formulación Flex<sup>®</sup> 25 SL aumentó el pH del agua, lo que indica que la formulación tiene algún alcalinizante como ingrediente inerte o es un efecto del ingrediente activo Fomesafen. El aumento del pH al añadir Flex<sup>®</sup> 25 SL reduciría el beneficio del Sinercid Buffer<sup>®</sup> que indican los vendedores (Intrakam 2007) y los agricultores que bajan el pH del agua para aplicar herbicidas. Los cambios en pH del agua al agregar los herbicidas han sido reportados por Gómez Vargas *et al.* (2006), aunque usando otras formulaciones de herbicidas.

Cuadro 2. Cambio de pH del agua al agregar Sinercid Buffer<sup>®</sup> (regulador de pH), Flex<sup>®</sup> 25 SL (herbicida Fomesafen) y Break Thru<sup>®</sup> (surfactante). El pH se determinó inmediatamente y 24 horas después de preparada la mezcla.

Horas	Dosis (g de i.a.)	Sinercid Buffer <sup>®</sup> (pH)		pH al agregar Flex <sup>®</sup> 25 SL		pH al agregar Flex <sup>®</sup> 25 SL + Surfactante	
		Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
0	250	6.12	5.10	6.62	6.09	6.86	6.15
0	375	6.12	5.10	6.70	6.43	6.90	6.44
24	250	6.08	4.80	6.84	5.22	7.00	5.43
24	375	6.08	4.80	6.97	5.63	7.08	5.82

El regulador pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> con Flex<sup>®</sup> 25 SL no aumentó el control de malezas (Cuadro 3). Sin embargo, en todas las evaluaciones hubo una tendencia a que el regulador de pH redujera el control de malezas, posiblemente causada por la precipitación del Fomesafen al añadir Sinercid Buffer<sup>®</sup>. En un estudio similar, se reportó que el uso de Sinercid Buffer<sup>®</sup> con Flex<sup>®</sup> 25 SL redujo 12% la fototoxicidad causada al rábano (Ramos Díaz 2009) y se indicó que fue debido al precipitado del Fomesafen. Sin embargo, en nuestro estudio, Sinercid Buffer<sup>®</sup> no redujo significativamente el control de malezas, según los reportado por Ramos Díaz (2009). Posiblemente se debió a que las malezas estaban muy grandes al momento de la aplicación, ya que el control solamente llegó a

alrededor de 60%, aun con las dosis alta de 375 g de i.a. por hectárea. Las malezas presentes eran susceptibles al Fomesafen.

Al día 7 después de la aplicación, la dosis de 375 g de ingrediente activo de Fomesafen aumentó significativamente ( $P < 0.05$ ) el control de malezas, con relación a la dosis de 250 g de ingrediente activo (Cuadro 3). Sin embargo, para las evaluaciones de los días 14 y 21 no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre las dos dosis. Esto se puede atribuir a que el tamaño de las malezas era muy grande y ni siquiera la dosis más alta las podía controlar.

Cuadro 3. Control de malezas del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) con y sin adición del regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> a la mezcla al ser aplicado con dos dosis y a las 24 horas después de mezclarlo o inmediatamente después de mezclarlo.

Tratamiento	Días después de la aplicación		
	7	14	21
<b>Uso del Regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup></b>			
Sin	55 a	61 a	56 a
Con	52 a	53 a	54 a
<b>Ingrediente activo (g/ha)</b>			
250	48 a	54 a	58 a
375	58 b	60 a	52 a
<b>Aplicación (Horas después de preparación)</b>			
0	54 a	59 a	56 a
24	53 a	55 a	53 a

Los promedios en la columna con diferente letra son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba Duncan ( $P < 0.05$ ).

No se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el tiempo de aplicación después de la preparación de la mezcla. Los mismos resultados fueron reportados por Ramos Díaz (2009), ya que no encontró diferencias significativas en el control de malezas al aplicar la mezcla inmediatamente, 6, 12, 24 o 30 horas después de su preparación. Esto indica que la reacción entre el Sinercid Buffer<sup>®</sup> y Flex<sup>®</sup> 25 SL para formar el precipitado es inmediata.

Al añadir el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> se formó un sedimentado, en los que únicamente se usó el herbicida Fomesafen no hubo sedimentación (Figura 1). Los mismos resultados fueron obtenidos por Ramos Díaz (2009). El sedimento formado puede reducir el control de malezas del herbicida, en vez de aumentarlo, bajando el pH del agua.



Figura 1. Cambios observados en el agua al mezclar Fomesafen con el pH Sinercid Buffer<sup>®</sup>. El orden de los tratamientos se presenta de izquierda a derecha; 250 g de i.a de Fomesafen con regulador de pH, 375 g de i.a de Fomesafen con regulador de pH, 250 g de i.a sin regulador de pH, 375 g de i.a sin regulador de pH, el mismo orden para los últimos cuatro tratamientos, pero se prepararon 24 horas antes que los primeros cuatro tratamientos.

**Determinación del sedimento de Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) formado con varios tipos de agua.** Al agregar Sinercid Buffer<sup>®</sup> el pH del agua bajó (Cuadro 4) en las cinco muestras de agua, pero al añadir el Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) el pH del agua aumentó. El mismo efecto se observó en el agua del sistema de agua potable de Zamorano, agua desionizada, río Santa Inés, pozo George Pilz y el pozo Luis Salinas. El pH final de la mezcla fue mayor que el valor inicial, esto se pudo observar en las cinco muestras de agua. Esto indica que la reacción y la formación del precipitado ocurre en todo tipo de agua.

Cuadro 4. Cambio de pH del agua al agregar pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> (regulador de pH), Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) y sedimento (g).

Agua	pH inicial	Con Sinercid Buffer <sup>®</sup> (pH)	Con Sinercid Buffer <sup>®</sup> + Flex <sup>®</sup> 25 SL (pH)	Sedimento (g)
Sistema de Zamorano	4.96	4.41	5.19	0.50
Desionizada	5.00	4.16	5.66	0.25
Río Santa Inés	6.23	4.24	5.82	0.30
Pozo George Pilz	6.00	4.62	5.31	0.20
Pozo Luis Salinas	6.68	5.38	6.02	0.20



Hubo más sedimento en el agua del sistema potable de Zamorano (Cuadro 4), después de adicionar el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> y Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen). El segundo valor más alto se presentó en el agua del río Santa Inés, el peso del sedimento encontrado en los de pozos George E. Pilz y Luis Salinas fue igual. Esto indica que el tipo de agua determina la cantidad de sedimento formada, lo que puede deberse a las diferencias en los minerales disueltos en el agua.

Al evaluar el pH en las cinco muestras de agua ocurrió el mismo efecto de precipitación al adicionar el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> (Figura 2). El Sinercid Buffer<sup>®</sup> actuó como un acidificante del medio, pero el Flex<sup>®</sup> 25 SL subió el pH de la mezcla, lo que indica que la formulación es alcalinizante.

Solamente hubo formación del sedimento en el agua con el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> (Figura 2). En las muestras del sistema de agua potable de Zamorano se observó mayor precipitación en comparación a la demás muestras, posiblemente porque el agua del sistema de agua potable de Zamorano es la única que tenía cloro, es posible que se deba a una interacción entre el cloro y el ingrediente activo Fomesafen o los ingredientes inertes de la formulación Flex<sup>®</sup> 25 SL. Es posible también que la interacción del cloro sea con los componentes del Sinercid Buffer<sup>®</sup>.

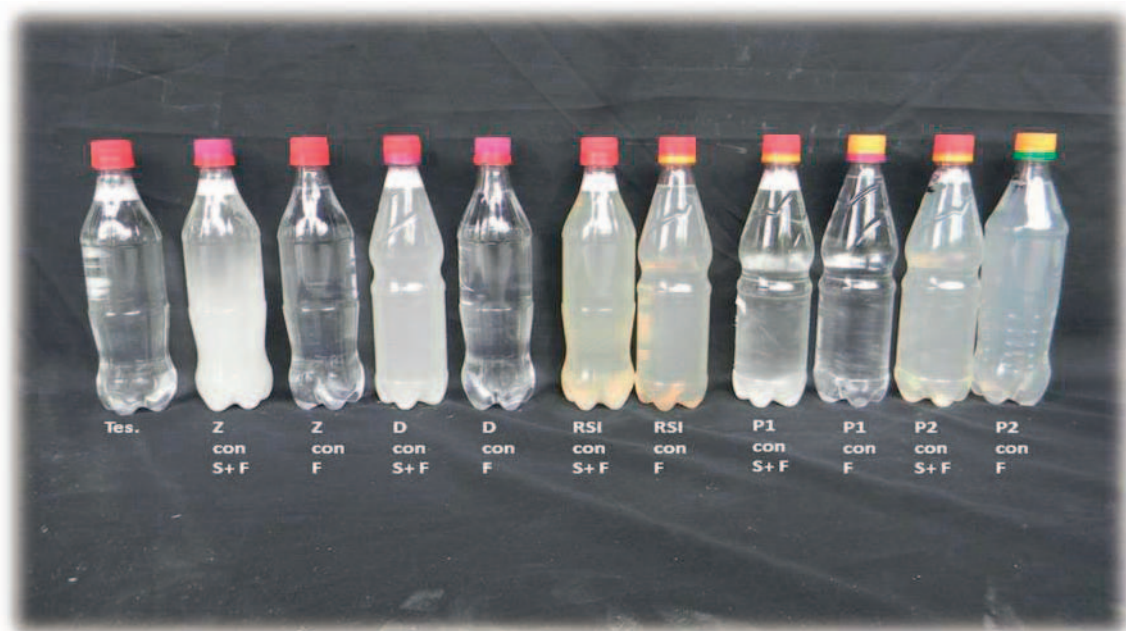


Figura 2. Precipitación de las muestras de agua del sistema de agua potable de Zamorano (Z), agua desionizada (D), río Santa Inés (RSI), Pozo George Pilz (P1) y el Pozo Luis Salinas (P2), al adicionar el regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup> (S) y Flex<sup>®</sup> 25 SL (F). Se utilizó un testigo (Tes.) el cual solo contenía Fomesafen.

Según lo observado por Gómez Vargas *et al.* (2006), los herbicidas posemergentes ácidos débiles se precipitan bajo condiciones alcalinas, formando sólidos insolubles. El herbicida

Fomesafen presentó estas características, ya que en condiciones de acidez se precipitó formando sólidos después de los 10 minutos de ser mezclados.

**Determinación de la fitotoxicidad del sedimento de Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen).**

Se encontró diferencia significativa entre las muestras a la cual se le adicionó cloro y las que no contenían cloro (Cuadro 5). La muestra del sistema de agua de Zamorano tuvo un peso promedio de 0.65 g, por lo que fue significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) con relación a 0.35 g que fue el peso promedio de la muestra a la que no se adicionó cloro. El agua desionizada a la cual se le agregó cloro el precipitado fue de 0.55 g y fue significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), con relación a 0.42 que fue el peso de la muestra de agua desionizada sin cloro. No se encontró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las muestra del sistema de agua de Zamorano y el agua desionizada que contenían cloro, tampoco se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre la muestra del sistema de agua de Zamorano y el agua desionizada, las cuales no contenían cloro. Esto indica que la interacción entre el herbicida y el Sinercid Buffer<sup>®</sup> puede deberse a la reacción con el cloro.

Cuadro 5. Peso de sedimento (g) de las muestras con y sin cloro del sistema de agua Zamorano y agua desionizada.

Tipo de agua	Peso (g)
Sistema de Zamorano + Cloro	0.65 a
Desionizada + Cloro	0.55 a
Sistema de Zamorano	0.35 b
Desionizada	0.42 b

Los promedios en la columna con diferente letra son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba Duncan ( $P < 0.05$ ).

El sedimento formado cuando se acidifica el agua con Sinercid Buffer<sup>®</sup> resultó fitotóxico al bledo (*Amaranthus spinosus*) (Figura 3), lo que indica que el sedimento contiene el ingrediente activo Fomesafen. Sin embargo, la fitotoxicidad no fue muy alta, posiblemente se debe a que el sedimento se secó en un horno a 105 °C y la temperatura pudo descomponer la molécula.

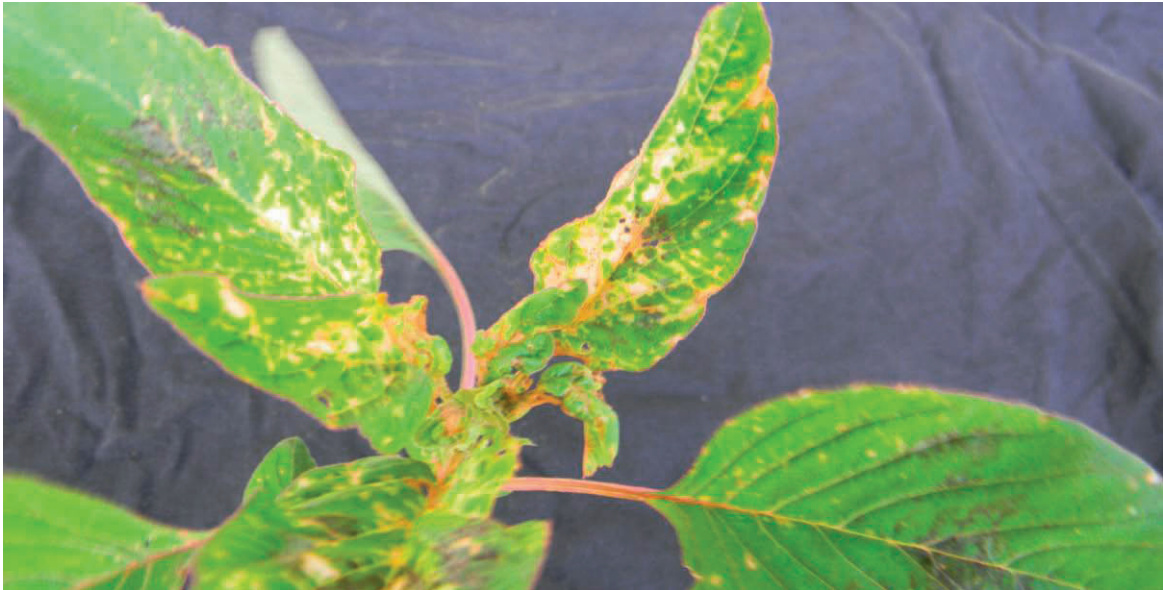


Figura 3. Fitotoxicidad al bledo espinoso (*Amaranthus spinosus*) causada por el sedimento formado al añadir Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) al agua acidificada con Sinercid Buffer<sup>®</sup>.

**Determinación del cambio de pH del agua al utilizar varios herbicidas.** Al evaluar siete formulaciones de herbicidas sobre el efecto que tienen en el cambio de pH en el agua (cuadro 6), se observó que el herbicida que mayor efecto tuvo sobre el pH del agua fue el Fluazifop, ya que actuó como alcalinizante del medio, contrario a lo reportado por Gómez Vargas *et al.* (2006), posiblemente esto se deba a que se utilizó regulador de pH. Los herbicidas que menos efectos tuvieron sobre el pH fueron el Fomesafen y Alachlor, pero se observó que el Glifosato elaborado por diferentes casas comerciales varió de acuerdo al tipo de formulación, siendo el Glifosato de nombre comercial Touch Down<sup>®</sup> 33 SL el que más subió el pH.

Cuadro 6. Cambio de pH del agua al agregar diferentes formulaciones de herbicida al agua acidificada con Sinercid buffer<sup>®</sup>. El pH del agua después de añadir Sinercid Buffer<sup>®</sup> fue 4.41.

Herbicida	pH al agregar el herbicida	Diferencia en pH
Fluazifop (Fusilade <sup>®</sup> 12.5 EC)	6.04	+ 1.63
Glifosato (Touch Down <sup>®</sup> 33 SL)	5.66	+ 1.25
Glifosato (Roundup Max <sup>®</sup> 68 SG)	5.12	+ 0.71
Glifosato (Glifosato Alemán <sup>®</sup> 35.6 SL)	5.09	+ 0.68
Paraquat (Gramoxone <sup>®</sup> 20 SL)	4.78	+ 0.37
Fomesafen (Flex <sup>®</sup> 250 SL)	4.61	+ 0.20
Alaclor (Lazo <sup>®</sup> 48 EC)	4.57	+ 0.16

Al observar el efecto sobre el pH del agua de los herbicidas (Cuadro 6) comprobamos lo reportado por Gómez Vargas *et al.* (2006), ya que el cambio del pH varió de acuerdo al tipo de formulación del herbicida. Esto indica que el pH de la mezcla al momento de aplicar los herbicidas va a depender de la formulación del herbicida. Es muy probable que el cambio en el pH se deba a los ingredientes inertes, ya que las tres formulaciones de Glifosato tuvieron pH diferentes, a pesar de tener el mismo ingrediente activo.



#### 4. CONCLUSIONES

- El control de malezas del herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) no aumenta al reducir el pH del agua con Sinercid Buffer<sup>®</sup>.
- El Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) aumenta el pH del agua acidificada con Sinercid Buffer<sup>®</sup>.
- El uso de Sinercid Buffer<sup>®</sup> con Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) causa una precipitación y el sedimento formado es fitotóxico.
- El sedimento formado al usar Sinercid Buffer<sup>®</sup> con Flex<sup>®</sup> 25 SL (Fomesafen) ocurre con cualquier tipo de agua, pero hay mayor sedimento en aguas que contienen cloro.
- Al aumentar la dosis de 250 g de i.a a 375 g de i.a de Fomesafen (Flex<sup>®</sup> 25 SL) aumentó el control de malezas solo en los primeros siete días, después de los 14 días no hubo diferencia en el control de malezas.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Repetir el experimento cuando la maleza tenga menos de 15 cm de altura.
- Evaluar la efectividad del Fomesafen cuando se utilizan diferentes tipos de agua.
- Evaluar el efecto del cloro sobre el Flex<sup>®</sup> 25 SL.

## 6. LITERATURA CITADA

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

BASF. 2005. Ficha técnica del Break Thru<sup>®</sup>.

Bustamante Espinosa, A. 2007. Efecto de tres reguladores de pH en la efectividad de Paraquat y Glifosato. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 15 p.

Gómez Vargas, J.M., Pitty. A. y Miselem, J.M. 2006. Efecto del pH del agua en la efectividad de los herbicidas glifosato, fluazifop-p-butyl y bentazon. Zamorano, Honduras. Ceiba 47(1-2):19-23.

Green, J.M y Hale, T. 2005. Increasing and Decreasing pH to Enhance the Biological Activity of Nicosulfuron. Weed Technology 19:468-475.

Intrakam. 2007. Ficha técnica del regulador de pH Sinercid Buffer<sup>®</sup>. Consultado 28 junio de 2011. Disponible en <http://www.intrakam.com.mx/fichaprod.asp?id=35>.

Liu, Z.Q. 2002. Lower formulation PH does not enhance Bentazone uptake into plant foliage. New Zealand Plant Protection 55:163-167.

OSU (Oregon State University).sf. Water quality affects herbicide efficacy (en línea). Consultado 23 de agosto de 2011. Disponible en [http://oregonstate.edu/dept/nursery-weeds/feature\\_articles/spray\\_tank/spray\\_tank.htm](http://oregonstate.edu/dept/nursery-weeds/feature_articles/spray_tank/spray_tank.htm)

Ramos Díaz, R. 2009. La adición del regulador de pH Sinercid buffer reduce la efectividad del herbicida Fomesafen. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 23 p.

Rao, V. S. 2000. Principles of Weed Science. Second Edition. California, USA. Science Publishers., Inc. 555 p.

Syngenta.2008. Ficha técnica del Herbicida Flex<sup>®</sup> 25 SL. Consultado 28 junio de 2011. Disponible en:  
<http://www.syngenta.com/country/cl/cl/soluciones/proteccioncultivos/Documents/Etiquetas/Flex.pdf>



WSSA (Weed Science Society of America). 2002. Herbicide Handbook of the Weed Science Society of America. 8 ed. Lawrence, Kansas, U.S.A. 301 p.