

**Control de malezas con el herbicida
nicosulfuron reduciendo el pH en cuatro
fuentes de agua**

**Andrea Marcela Osorio Doblado
Gina Valeria Garate Zambrano**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Control de malezas con el herbicida nicosulfuron reduciendo el pH en cuatro fuentes de agua

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

Presentado por

**Andrea Marcela Osorio Doblado
Gina Valeria Garate Zambrano**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2016

Control de malezas con el herbicida nicosulfuron reduciendo el pH en cuatro fuentes de agua

Andrea Marcela Osorio Doblado
Gina Valeria Garate Zambrano

Resumen. La calidad del agua influye en un 95% o más en el éxito de la aplicación de herbicidas y uno de los aspectos que influye es el pH del agua. Unos herbicidas funcionan mejor con pH ácidos, pero el nicosulfuron es más eficaz a pH alcalinos. El objetivo fue determinar la efectividad del nicosulfuron con cuatro fuentes de agua y evaluar si bajar el pH del agua aumenta la efectividad. Se aplicaron en posemergencia 50 g de ingrediente activo con agua de cuatro fuentes sin modificar el pH y bajándolo con un regulador. El pH de las fuentes de agua era 5.94-8.27, la conductividad eléctrica 81.8-376.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la dureza entre 1.6-73.5 mg/L, de manera que eran aptas para usarlas. Se usaron cuatro réplicas en lotes de 4×7 m. Las malezas presentes eran: *Digitaria sanguinalis*, *Ixophorus unisetus*, *Eleusine indica*, *Amaranthus* spp., *Commelina diffusa*, *Galinsoga parviflora*, *Melampodium divaricatum*, *Portulaca oleracea* y *Cyperus* spp. Se determinó visualmente el porcentaje de control de malezas con una escala de 0-100% a los 7, 14, 21 y 28 después de la aplicación. Al final del experimento, la efectividad del nicosulfuron sobre gramíneas y hoja ancha fue afectada por la fuente de agua hasta el día 14 después de la aplicación, pero al final del experimento, a los 21 y 28 días después de aplicación no fue afectada por la fuente de agua utilizada. El reducir el pH del agua no aumentó el control de malezas con nicosulfuron.

Palabras claves: Agua ácida, agua alcalina, posemergencia.

Abstract. Water quality influences in 95% or more the application of herbicides and one of the parameters that influences it is water pH. Some herbicides are more effective in acid pH, but nicosulfuron performs better under alkaline pH. The objective was to determine the efficacy of nicosulfuron with four sources of water, and evaluate if water pH affects its efficacy. We applied 50 g of active ingredient with four water sources without modifying water pH and lowering it with a pH adjuster. Water pH in all water sources was 5.94-8.27, electrical conductivity 81.8-376.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and hardness between 1.6-73.5 mg/L, therefore, they were suitable to use. Four replicates were established with plots of 4×7 m. Weeds identified were: *Digitaria sanguinalis*, *Ixophorus unisetus*, *Eleusine indica*, *Amaranthus* spp., *Commelina diffusa*, *Galinsoga parviflora*, *Melampodium divaricatum*, *Portulaca oleracea* and *Cyperus* spp. Weed control was done visually with a scale from 0-100% at 7, 14, 21, and 28 days after application. The efficacy of nicosulfuron on grasses and broadleaf was affected by the water source until day 14 after the application, at 21 and 28 days after the application the control wasn't affected by the source of water used. Reducing water pH didn't increase weed control. At the end of the experiment, efficacy on grasses and broadleaves was affected by the water source 14 days after the application, at the end of the experiment, 21 and 28 days after the application the water source didn't affect. Lowering water pH did not increase weed control with nicosulfuron.

Key words: Acid water, alkaline water, postemergence.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
4. CONCLUSIONES	15
5. RECOMENDACIONES	16
6. LITERATURA CITADA	17

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Resultados del análisis químico del pH, la conductividad eléctrica (C.E.) y la dureza de las fuentes de agua usadas en el experimento (muestras tomadas el 16 de junio del 2016).....	3
2. Descripción de los tratamientos con nicosulfuron y número de las parcelas asignadas a cada tratamiento.	4
3. Determinación del pH inicial del agua usada para aplicar el nicosulfuron, al añadir el herbicida y al añadir el regulador (Thon pH) el día de la aplicación. ..	4
4. Sistema de evaluación visual de control de malezas usado en el experimento (ALAM 1974).....	5
5. Especies y cantidad de malezas presentes en un área de 1.0 m ² , en el lote 28 perteneciente a Zona 3, Zamorano, Honduras.	6
Figuras	Página
1. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 7 días después de la aplicación.....	7
2. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 14 días después de la aplicación. Los pH de las soluciones al momento de aplicar están en las barras.	8
3. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 21 días después de la aplicación.....	9
4. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 28 días después de la aplicación.....	10
5. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 7 días después de la aplicación.	11
6. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 14 días después de la aplicación. Los pH de las soluciones al momento de aplicar están en las barras.	12
7. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 21 días después de la aplicación.	13
8. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 28 días después de la aplicación.	14

1. INTRODUCCIÓN

La efectividad de una aplicación de herbicida depende de la selectividad del herbicida, el equipo de aplicación y las condiciones climáticas. También depende de la calidad del agua, aunque la mayoría de los productores no la toman en cuenta. El agua influye en un 95% o más en la aplicación de una solución. La acidez, la cantidad y tipo de minerales disueltos pueden interactuar con los ingredientes activos o aditivos del herbicida. El agua de mala calidad reduce la solubilidad y absorción del herbicida; como resultado tenemos una aplicación deficiente y la necesidad de reaplicar el herbicida (Whitford et al. 2013).

Si la calidad del agua no es apta como vehículo para aplicar un herbicida, este puede sufrir cambios químicos que involucran procesos de degradación, como la hidrólisis del herbicida. Esto resulta en la formación de sustancias con propiedades diferentes, que en el caso de los plaguicidas, disminuyen o alteran de alguna manera su efectividad (Marín 1999). El agua da lugar a reacciones de doble descomposición, en las que el soluto y el agua se descomponen. Dependiendo si el soluto es ácido o básico, este actuará como donador o aceptador de protones. La hidrólisis alcalina resulta cuando un plaguicida se expone a un pH mayor de 7.0 y la hidrólisis ácida cuando se expone a un pH menor de 7.0 (Marín 1999).

Nicosulfuron es un herbicida selectivo, descubierto y elaborado por ISK. Es una sulfonilurea para controlar malezas en maíz y se distribuye desde 1990. Es de amplio espectro y controla malezas anuales y perennes (ISK 2015). Se aplica en posemergencia, es sistémico y penetra a la planta por las raíces y el follaje. Se transloca por el xilema y el floema. Su efecto principal en las malezas susceptibles es la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS), necesaria en la síntesis de los aminoácidos esenciales isoleucina, leucina y valina, lo que causa que se detenga la división celular y el crecimiento de la planta (DuPont 2016).

Algunos herbicidas tienen una mayor eficacia bajo pH ácidos, pero nicosulfuron funciona mejor a pH alcalinos (Green y Cahill 2003). Al incrementar el pH del agua, nicosulfuron aumenta su solubilidad y actividad biológica (Green y Cahill 2003). La fuerza de disociación de las moléculas del nicosulfuron (pKa) es de 4.3; a medida que el pKa baja, la fuerza del ácido aumenta. Su solubilidad en agua es baja cuando el pH de la mezcla está por debajo de su pKa y el producto forma una dispersión de agregados. Cuando el pH está por encima de su pKa, nicosulfuron es mucho más soluble. La solubilidad en agua es de 360, 12,200 y 29,200 ppm a un pH de 5.0, 6.9 y 8.8, respectivamente (Green y Hale 2005). En la evaluación de la efectividad del nicosulfuron al cambiar el pH del agua no hubo diferencia significativa entre los dos pH utilizados. Sin embargo hubo tendencia de mayor control en pH de 8.5 (Sánchez Medina 2011).

Después de una alcoholisis e hidrólisis, el nicosulfuron puede mantenerse estable cuando se aumenta el pH de 4.0 a 8.0 (Sabadie 2002). En las tesis de Zamorano “Efecto de tres reguladores de pH en la efectividad de Paraquat y Glifosato” (Bustamante Espinosa 2007) y “Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio” (Tejeira Vega 2015) se reporta que un regulador de pH baja el pH del agua del agua, pero no aumenta la efectividad de los herbicidas. El nicosulfuron es diferente, ya que se muestra más efectivo a pH alcalinos (Green y Cahill 2003). La función principal de un regulador de pH es acidificar el agua, sin embargo en el caso de nicosulfuron bajar el pH reduce el control. En la actualidad, no hay reguladores en Honduras que aumenten el pH del agua.

El agua del acueducto de Zamorano varia en pH según donde esté; es difícil lograr que un herbicida, en este caso el nicosulfuron, logre tener un buen funcionamiento debido a este factor. Cuando el herbicida nicosulfuron se encuentra en baja concentración y la solubilidad no es un factor limitante, la absorción es mayor a pH bajos. Sin embargo, cuando la concentración aumenta y la solubilidad es limitante, aumenta la absorción en pH altos (Zhu et al. 2009). Por esta razón, se probó la efectividad del herbicida nicosulfuron con un regulador de pH (Tron-pH), en agua proveniente del río Yeguaré, la quebrada El Gallo, la laguna de acuacultura y del acueducto del campus de Zamorano.

Los objetivos de este estudio fueron determinar la efectividad del nicosulfuron en cuatro fuentes de agua y determinar si bajar el pH del agua afecta la efectividad del herbicida nicosulfuron.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El experimento se hizo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano a 30 km en la carretera de Tegucigalpa a Danlí. Zamorano está ubicado en el Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El lugar tiene una precipitación promedio de 1023 mm, temperatura promedio de 23.3 °C y está a una altura de 800 msnm.

Establecimiento del experimento. Se rastreó con una rastra liviana el 17 de junio del 2016 el lote número 28 en Zona #3. Se eligió un área sin cultivos e infestado con malezas. Se establecieron cuatro réplicas, las parcelas eran de 4 × 7 m y la parcela útil era de 18 m² ya que en cada unidad experimental se eliminó 0.5 m de su periferia para reducir el efecto de borde.

Tratamientos y aplicación. El 16 de junio del 2016 se tomaron muestras del pH del agua de las cuatro fuentes y se enviaron al Laboratorio de Suelos Zamorano para un análisis químico y determinar el pH, conductividad eléctrica y dureza del agua (Cuadro 1). Se aplicó en posemergencia el herbicida nicosulfuron¹ a una dosis de 50 g de ingrediente activo por hectárea. Se agregaron 200 mL del adherente ADSEE por cada 100 L de agua a todos los tratamientos. Para bajar el pH del agua, por cada 100 L de agua se añadieron 25 mL del regulador de pH Tron-pH², según las recomendaciones de la etiqueta. Cada fuente de agua se aplicó sin bajar el pH y bajando el pH con el regulador. Hubo un testigo que no fue aplicado con herbicida y no se usó en el análisis estadístico (Cuadro 2).

Cuadro 1. Resultados del análisis químico del pH, la conductividad eléctrica (C.E.) y la dureza de las fuentes de agua usadas en el experimento (muestras tomadas el 16 de junio del 2016).

Fuente de agua	pH	C.E. (µS/cm)	Dureza (mg/L)
Quebrada El Gallo	7.40	376.9	73.5
Río Yeguaré	7.81	365.2	59.9
Laguna Acuicultura	8.27	271.1	26.9
Acueducto Zamorano	5.94	81.8	1.6

¹ Nicosulfuron es el ingrediente activo de una formulación de la empresa ROTAM, este aún no ha sido comercializada (ROTAM 2016).

² Tron-pH es fabricado por Atlántica Agricultura Natural (Atlántica Agrícola 2016).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos con nicosulfuron y número de las parcelas asignadas a cada tratamiento.

Tratamientos	
Fuente de agua	Regulador de pH
Acueducto Zamorano	Sin
Acueducto Zamorano	Con
Río Yeguaré	Sin
Río Yeguaré	Con
Laguna Acuicultura	Sin
Laguna Acuicultura	Con
Quebrada El Gallo	Sin
Quebrada El Gallo	Con
Testigo sin herbicida	

Los tratamientos se aplicaron el 14 de julio del 2016 con una bomba de mochila de acero inoxidable presurizada con CO₂ a 35 psi, el aguilón era de 2.0 m de ancho con cuatro boquillas separadas a 50 cm, las boquillas eran de abanico plano modelo XR Teejet® 8002 VS y se calibró para aplicar 250 L/ha. Antes de hacer las mezclas se midió el pH inicial del agua; luego se añadió el herbicida y se tomó el pH nuevamente y después se añadió el regulador de pH (Thon pH) y se midió el pH de la solución otra vez (Cuadro 3).

Cuadro 3. Determinación del pH inicial del agua usada para aplicar el nicosulfuron, al añadir el herbicida y al añadir el regulador (Thon pH) el día de la aplicación.

Fuente de agua	Inicial	Agua + herbicida	Agua + herbicida + regulador
Quebrada El Gallo	8.5	6.4	4.1
Río Yeguaré	8.1	6.8	4.4
Laguna Acuicultura	8.1	7.8	4.6
Acueducto Zamorano	8.1	5.7	3.8

La aplicación comenzó a las 2:40 pm, la humedad relativa era de 54%, la temperatura de 31.1 °C y la velocidad del viento 4.2 km/h. La aplicación culminó a las 3:57 pm, la humedad relativa era de 53%, la temperatura de 32.2 °C y la velocidad del viento de 4.1 km/h; durante la aplicación no llovió.

Evaluación de las malezas presentes y la densidad. Se identificaron las especies presentes en los cuatro lotes testigos. Se marcaron dos puntos fijos seleccionados aleatoriamente en cada parcela útil. Se contaron las malezas de cada especie dentro de un

marco de 50 × 50 cm. Estos conteos se realizaron el día de la aplicación (día 0) y a los 7 y 14 días después de la aplicación de los tratamientos (DDA).

Control de malezas. El control de malezas se determinó con una estimación visual del porcentaje de control de malezas (gramíneas y hojas anchas) en el área de la parcela útil, a los 7, 14, 21 y 28 DDA. La estimación del control fue la comparación entre los lotes aplicados y el testigo de cada réplica. Se utilizó una escala de 0 a 100 %; donde 0 = ausencia de control, 100 % = control total (Cuadro 4).

Cuadro 4. Sistema de evaluación visual de control de malezas usado en el experimento (ALAM 1974).

Control (%)	Denominación
0 – 40	Ninguno a pobre
41 – 60	Regular
61 – 70	Suficiente
71 – 80	Bueno
81 – 90	Muy bueno
91 – 100	Excelente

Diseño experimental. Se utilizó el diseño de bloques al azar (BCA), para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 2001). Se usó un factorial de 4 × 2, los dos factores fueron las cuatro fuentes del agua y el regulador de pH; en el análisis estadístico no se usó el testigo que no fue aplicado con herbicidas. Se hizo el análisis de varianza para el ajuste de los datos y la separación de medias Duncan a la probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de malezas. El día de la aplicación (día 0), el total de malezas era 225, 27 y 118 plantas por metro cuadrado, de hojas anchas, gramíneas y ciperáceas, respectivamente (Cuadro 4). A los 7 DDA las malezas de hojas anchas, gramíneas y ciperáceas eran 235, 78 y 160, respectivamente. A los 14 DDA las malezas de hojas anchas, gramíneas y ciperáceas eran 208, 42 y 149, respectivamente (Cuadro 5). Las especies *Amaranthus hybridus* y *Amaranthus spinosus* fueron agrupadas como *Amaranthus* spp. porque era difícil distinguirlas; igualmente las especies de *Cyperus esculentus* y *Cyperus rotundus* fueron agrupadas como *Cyperus* spp.

El terreno tenía un porcentaje desuniforme de distribución de malezas de hojas anchas y gramíneas. Se identificaron tres especies de gramíneas, seis de hoja ancha y dos de ciperáceas, todas eran especies comunes de la flora de malezas presente en Zamorano. La altura de las plantas era entre los 8 a 12 cm.

Cuadro 5. Especies y cantidad de malezas presentes en un área de 1.0 m², en el lote 28 perteneciente a Zona 3, Zamorano, Honduras.

Especies de malezas	Día 0	Día 7	Día 14
Gramíneas	27	78	42
<i>Digitaria sanguinalis</i>	4	30	7
<i>Ixophorus unisetus</i>	18	26	28
<i>Eleusine indica</i>	5	22	7
Hojas Anchas	225	235	208
<i>Amaranthus</i> spp.	124	111	88
<i>Commelina diffusa</i>	3	3	1
<i>Galinsoga parviflora</i>	74	94	100
<i>Melampodium divaricatum</i>	6	5	5
<i>Portulaca oleracea</i>	18	22	14
Ciperáceas	118	160	149
<i>Cyperus</i> spp.	118	160	149
Total	370	473	399

Evaluación del control de gramíneas. El control a los 7 DDA fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.0001$) entre las fuentes de agua. El mayor control fue con el agua de la quebrada El Gallo (43%). No hubo diferencia en el control entre las demás fuentes de agua. El control, al reducir el pH del agua con el regulador fue menor (33%) que sin añadir el regulador (36%), sin embargo, esta diferencia en el control no fue diferente estadísticamente (Figura 1).

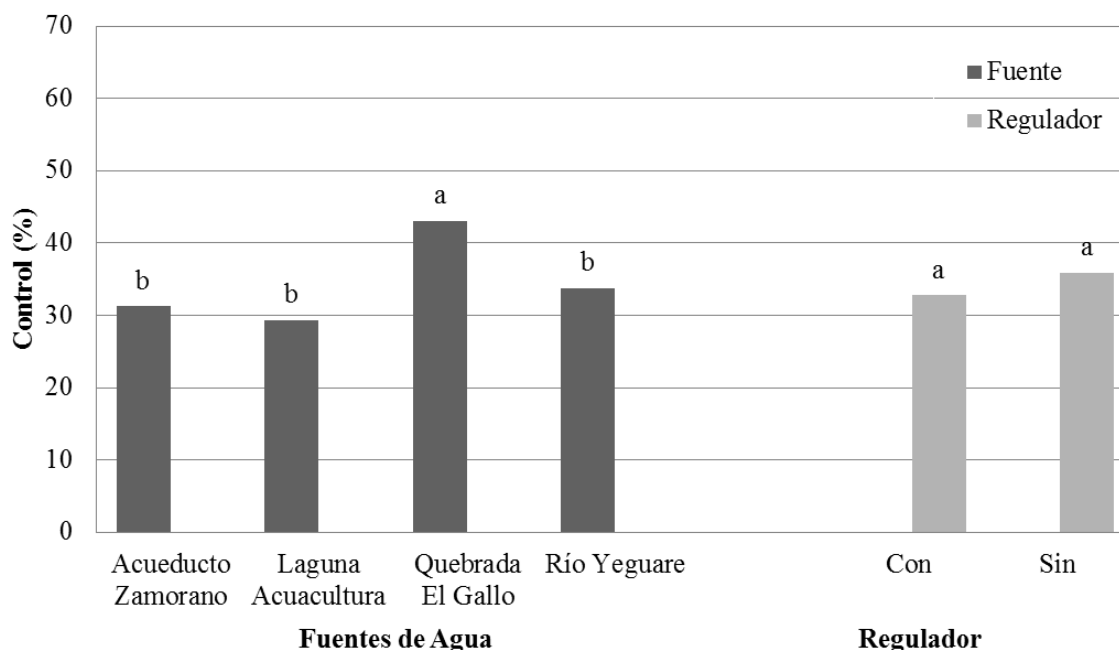


Figura 1. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 7 días después de la aplicación.

A los 7 DDA, en gramíneas no hubo una interacción entre la fuente de agua y el regulador. Con este tipo de herbicidas se ve el mayor efecto entre la semana tres y cuatro después de la aplicación (Rosales y Esqueda 2006). Ninguna de las fuentes de agua estaba en el rango para considerarse dura, sin embargo el agua de la quebrada El Gallo presenta un mayor control, aunque es el agua más dura (73.5 mg/L). Las sulfonilureas tienen un mayor desempeño a pH mayores de 7.0 (Purdue 2009, Green y Cahill 2003). Al igual que lo encontrado por Sánchez Medina (2011) no hubo diferencia significativa entre la aplicación de nicosulfuron con o sin regulador de pH.

En el control a los 14 DDA hubo interacción ($P \leq 0.0001$) entre la fuente de agua y el uso del regulador de pH. El mayor control fue sin bajar el pH del agua, excepto con el agua de la quebrada El Gallo (Figura 2). El agua del acueducto de Zamorano sin regulador tuvo el mayor control (58%), pero no presentó diferencia estadística al control con el agua de la laguna de Acuicultura con regulador (44%), laguna de Acuicultura sin regulador (48%), quebrada El Gallo con regulador (45%) ni el río Yeguaré sin regulador (35%). Las soluciones de la quebrada El Gallo sin regulador y el río Yeguaré con regulador, causaron un control de 36 y 35%, respectivamente. La solución con el pH más bajo (3.8) fue el

agua del acueducto del campus de Zamorano y tuvo un control de 25%, la de menor control entre todas (Figura 2).

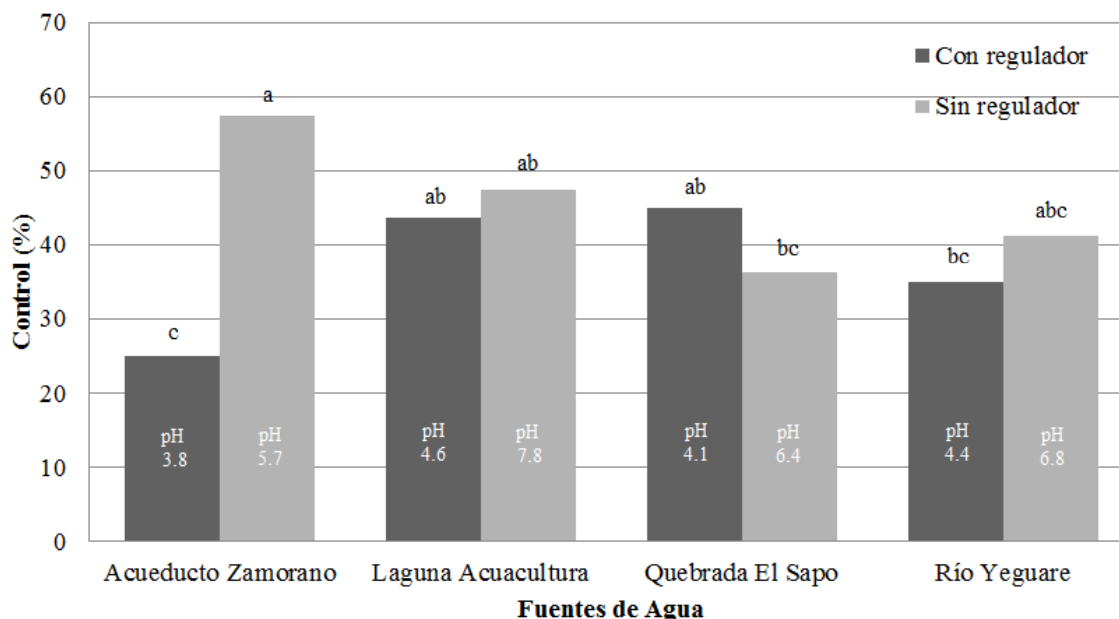


Figura 2. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 14 días después de la aplicación. Los pH de las soluciones al momento de aplicar están en las barras.

El agua del acueducto de Zamorano sin regulador es la que obtuvo el mayor control ya que el efecto del nicosulfuron puede ser mayor al no bajar el pH (Purdue 2009, Green y Cahill 2003). Además de que se encuentra dentro del rango óptimo de pH de 4.0-6.5, al igual que el agua de la laguna de Acuacultura con regulador de pH, quebrada El Gallo con y sin regulador (Purdue 2009). El control con el agua de la laguna de Acuacultura y del río Yeguaré sin regulador igualmente no tienen diferencias significativas comparadas con el agua del acueducto de Zamorano sin regulador ya que muestran un control similar a las otras fuentes porque este tipo de herbicidas de la familia sulfonilureas igualmente tiene control a pH entre 6.0 a 8.0 (Purdue 2009, Green y Cahill 2003).

La quebrada El Gallo sin regulador y el río Yeguaré con regulador obtuvieron diferencias significativas, esto se atribuye a que a pesar de estar dentro del pH óptimo de aplicación, es curso del agua pasa por la comunidad de El Jicarito que está a aproximadamente 1.0 km de donde empieza el pueblo a donde se tomó el agua. Esta agua puede contener sustancias o nutrientes que reduzcan el control que pueda ocasionar el herbicida. Ambas fuentes de agua contienen los niveles de dureza más altos, aunque ninguna de las fuentes de agua puede ser considerada agua dura ya que la concentración de minerales es menor a 114 ppm (Purdue 2009). El agua proveniente del acueducto de Zamorano con el regulador de pH es la que tuvo el menor control de todas las fuentes porque el rango óptimo de pH

para los herbicidas generalmente oscila entre 4.0-6.5, y este tiene un pH de 3.8 (Purdue 2009).

Los controles a los 21 y 28 DDA no fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.0001$) y tampoco hubo interacción. La reducción del pH del agua con el regulador no afectó el control (Figuras 4 y 5), sin embargo se observa un mayor control con la aplicación sin bajar el pH con regulador. Además, al momento de aplicar, las malezas tenían un tamaño mayor a lo recomendado que es de 3 a 5 cm (ROTAM 2016) y se usó una dosis baja porque este terreno es para la producción de hortalizas, razón por la cual no se observó el control esperado.

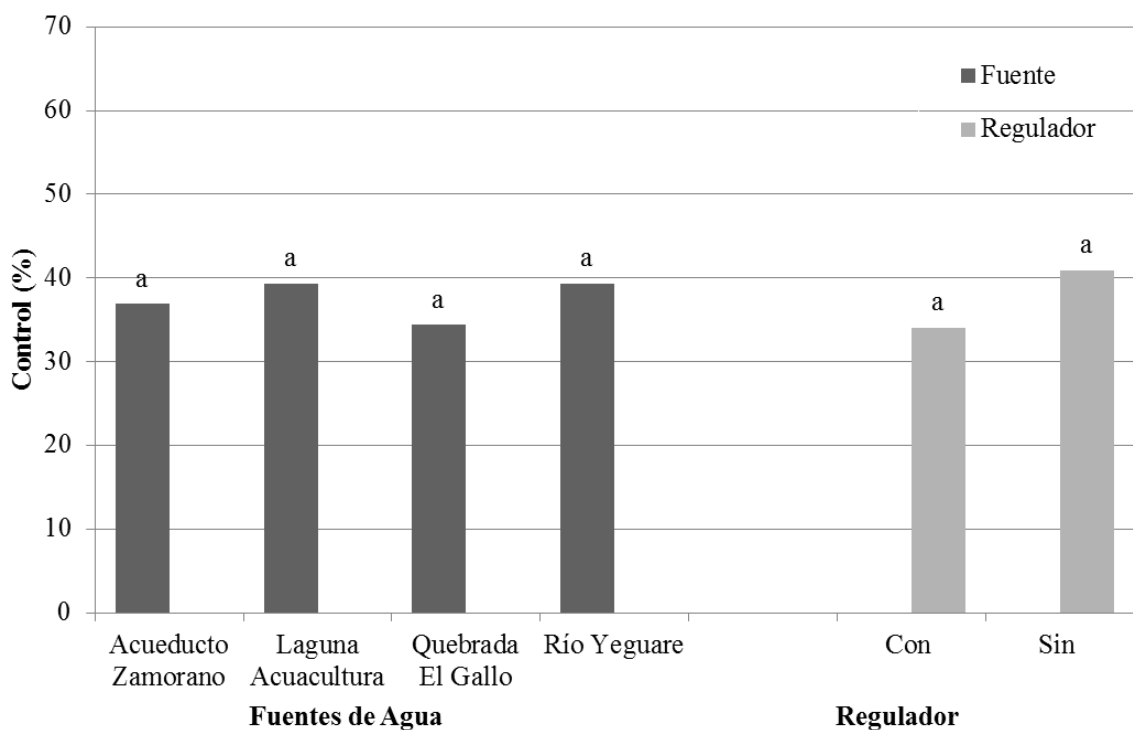


Figura 3. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 21 días después de la aplicación.

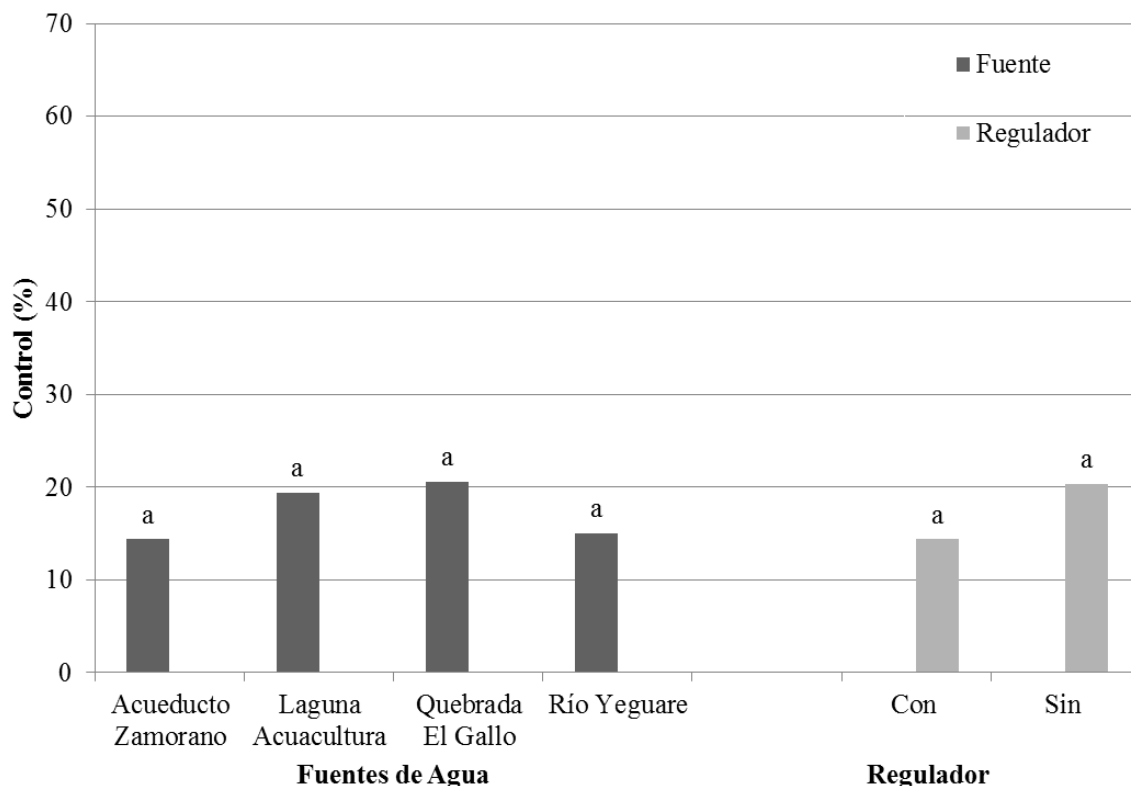


Figura 4. Estimaciones visuales del control de gramínea causado por nicosulfuron a los 28 días después de la aplicación

Evaluación del control de hojas anchas. El control a los 7 DDA, no fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.0001$), ni hubo interacción entre las fuentes de agua y el pH de la solución. El control con las aplicaciones sin regulador de pH fue 20% y al bajar el pH con el regulador fue 14%, pero no hubo diferencia estadística entre ellos (Figura 5).

Al igual que las gramíneas (Figura 1) no hubo interacción entre la fuente de agua y el regulador durante la primera semana. A pesar de que no hubo una interacción, con el agua de la Laguna de Acuicultura hubo mayor control, lo que se atribuye a que el pH del agua era de 7.8 y las demás fuentes de agua tenían un pH menor. En un estudio (Roskamp et al. 2013) se demostró que los herbicidas que están expuestos a pH más alcalinos son más solubles. Además, hay mayor solubilidad (Green y Cahill 2003) y la efectividad del herbicida en el área foliar se maximiza.

Las únicas malezas que sufrieron un daño severo y no rebrotaron fueron *Amaranthus hybridus* y *Amaranthus spinosus*. Esto concuerda Matocha y colaboradores (Matocha et al. 2006) que reportaron que con herbicidas pertenecientes a la familia de sulfunilureas el control en estas malezas es de 88% (Matocha et al. 2006).

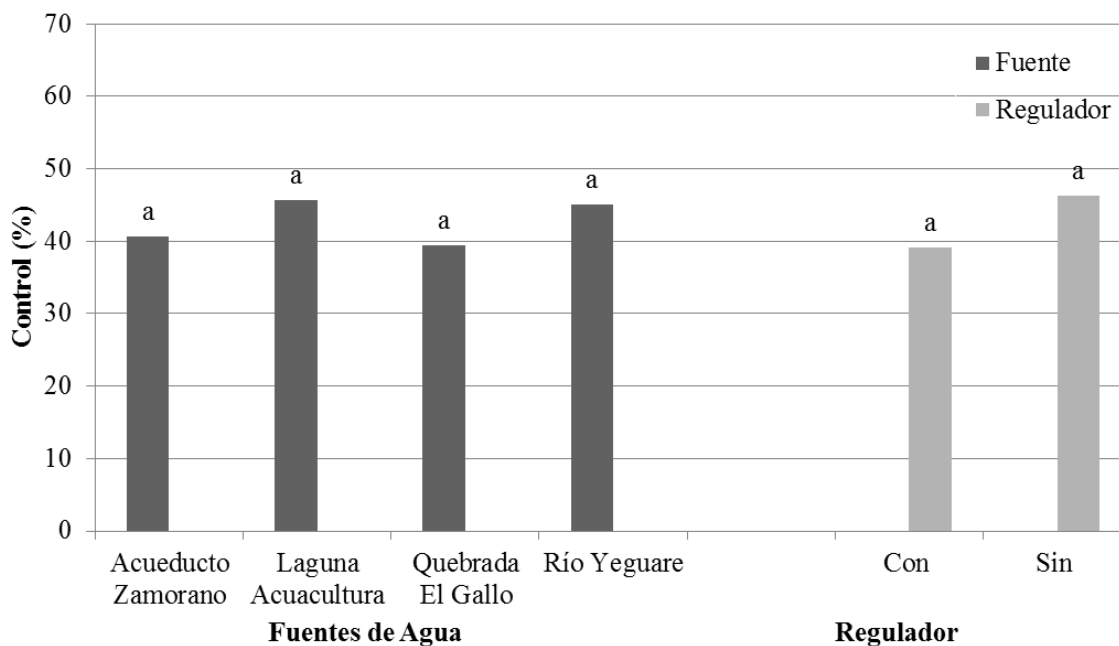


Figura 5. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 7 días después de la aplicación.

En el control a los 14 DDA hubo interacción ($P \leq 0.0001$). El mayor control fue sin bajar el pH del agua, excepto con las soluciones de la quebrada El Gallo y del río Yeguaré (Figura 6). El agua de la laguna de Acuicultura sin regulador tuvo el mayor control (61%), sin embargo no presentó diferencia estadística con el control con el agua del acueducto Zamorano sin regulador (60%), la laguna de Acuicultura con regulador (45%), la quebrada El Gallo con regulador (45%), el río Yeguaré con regulador (50%) ni el río Yeguaré sin regulador (44%). Las soluciones de la quebrada El Gallo sin regulador y el acueducto del campus de Zamorano con regulador, tuvieron un control de 33 y 35%, respectivamente. La solución con el pH más bajo (3.8) fue la de menor control, 33% (Figura 6).

Nicosulfuron tiene un mejor desempeño a pH mayores de 7.0 (Purdue 2009, Green y Cahill 2003). La aplicación con el agua de la laguna de Acuicultura fue la fuente con mayor control. También la fuente del acueducto de Zamorano presentó un control similar a la laguna de Acuicultura, posiblemente porque estas fuentes eran las que tenían un menor contenido de minerales o menos duras (Cuadro 1). A pesar que ninguna de las fuentes estaba dentro del rango para ser considerada dura, estas presentaban menor dureza. Los herbicidas son más solubles y muestran un mejor desempeño con una fuente de agua que no sea dura (Purdue 2009).

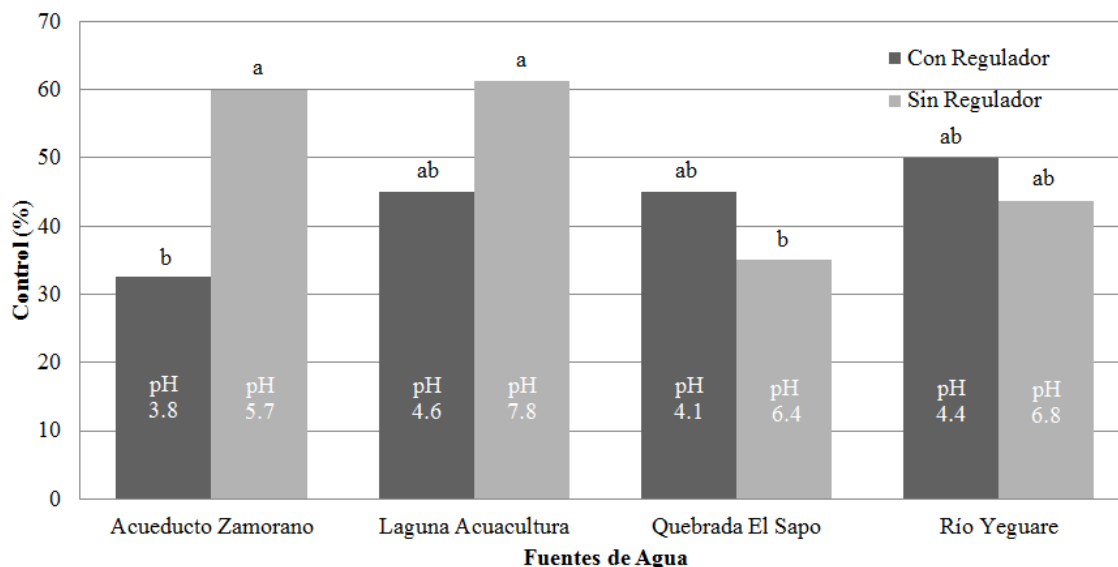


Figura 6. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 14 días después de la aplicación. Los pH de las soluciones al momento de aplicar están en las barras.

Las fuentes de la laguna de Acuacultura, quebrada El Gallo y el río Yeguaré, todas con regulador de pH, y el río Yeguaré sin regulador de pH no presenta diferencias significativas entre sí, presentan un control similar. Todas las aplicaciones con la fuente de la laguna de Acuacultura, la quebrada El Gallo y el río Yeguaré con regulador de pH presentan un control similar. Esto se atribuye a que el pH de estas fuentes de agua oscilan entre 4.0 y 6.5 el cual es el ideal para una aplicación (Purdue 2009). Solamente el agua del río Yeguaré presenta un pH que está dentro del rango ideal, pero que no contiene regulador y tuvo menor control comparado con la aplicación con regulador. Esto se debe a que cuando el nicosulfuron se encuentra a una baja concentración y la solubilidad no es un factor limitante, la absorción es mejor a pH bajos (Zhu et al. 2009). En este caso, la solubilidad no es un problema ya que está dentro del rango ideal de pH y la dureza de la fuente del agua está dentro del rango óptimo para una aplicación.

El agua del acueducto de Zamorano con regulador y de la quebrada El Gallo sin regulador son las fuentes con menor control. En las aplicaciones de hojas anchas y gramíneas la fuente de agua del acueducto Zamorano con regulador (pH de 3.8) es la que presenta menor control de todas las aplicaciones. Una aplicación efectiva normalmente oscila en pH de 4.0-6.5 (Purdue 2009). El agua de la quebrada El Gallo tuvo un control similar a la del acueducto de Zamorano, a pesar de tener un pH de 6.4. Esto puede ser porque esta fuente pasa por el medio de una comunidad y el agua puede contener sustancias que hagan que el herbicida actúe de manera contraria al control con gramíneas, el cual es más efectivo sin el regulador de pH.

Los controles a los 21 y 28 DDA no fueron estadísticamente diferente ($P \leq 0.0001$), ni hubo interacción. La reducción del pH del agua con el regulador no afectó el control

(Figuras 8 y 9). Al igual que en gramíneas esto se debe a que los efectos con nicosulfuron se ven entre los días 4 a 10 después de la aplicación (Sánchez Medina 2011). Además, al momento de realizar la aplicación las malezas tenían un tamaño mayor a lo recomendado que es de 3 a 5 cm (ROTAM 2016) y se usó una dosis media (50 g/ha), por lo cual no se observó el control esperado. Gómez y colaboradores en su estudio demostró que utilizar regulador de pH en Fluazifop-p-butyl y Bentazon no aumenta el control (Gómez et al. 2006).

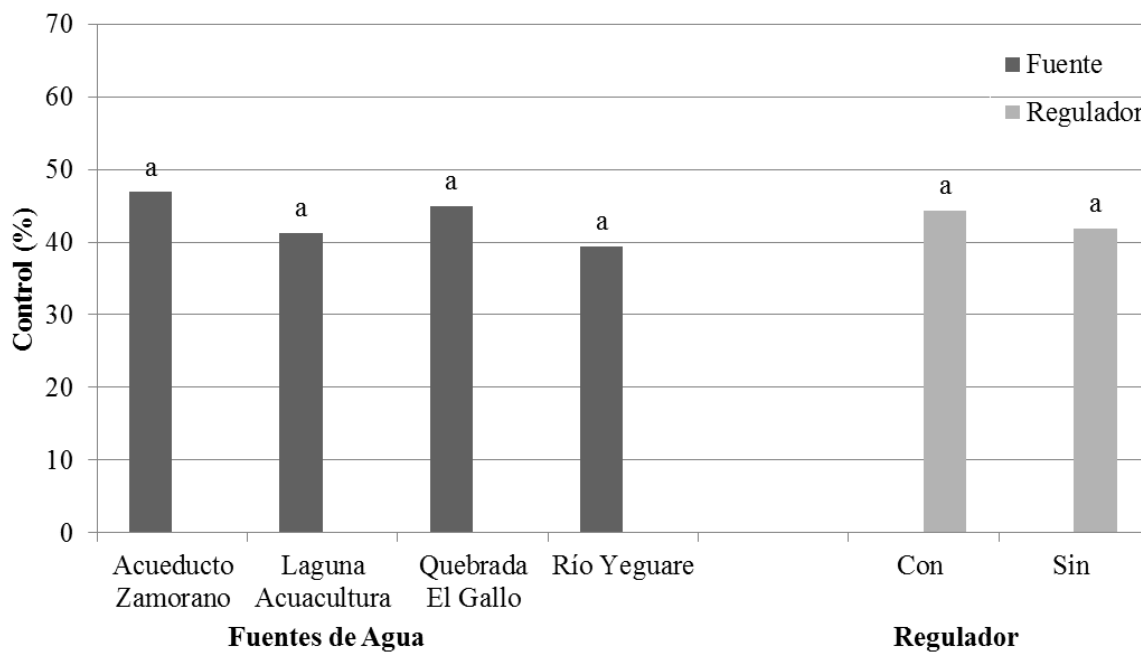


Figura 7. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 21 días después de la aplicación.

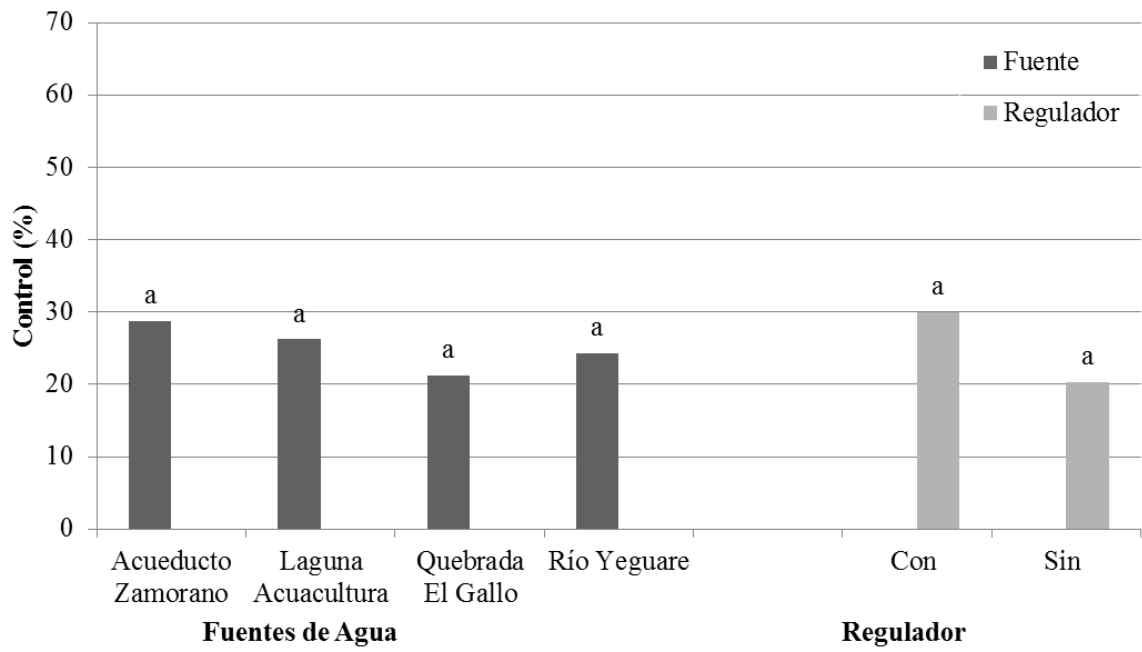


Figura 8. Estimaciones visuales del control de hoja ancha causado por nicosulfuron a los 28 días después de la aplicación.

4. CONCLUSIONES

- La efectividad del nicosulfuron sobre gramíneas y hoja ancha fue afectada por la fuente de agua hasta el día 14 después de la aplicación, pero al final del experimento, a los 21 y 28 días después de aplicación no fue afectada por la fuente de agua utilizada.
- Reducir el pH del agua no aumenta el control de las malezas con nicosulfuron.

5. RECOMENDACIONES

- Replicar el experimento con dosificaciones más altas y malezas de menor tamaño.
- Analizar la cantidad de materia orgánica y nutriente en análisis de agua para las siguientes investigaciones.
- Evaluar la eficiencia del nicosulfuron con el agua de la quebrada El Gallo tomada antes y después que pase por la comunidad de El Jicarito, Francisco Morazán, Honduras.
- No utilizar reguladores de pH con nicosulfuron porque no aumenta el control de las malezas.

6. LITERATURA CITADA

- ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). 1974. Resumen del panel de métodos de evaluación de control de malezas en Latinoamérica. Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. p. 6-38
- Atlántica Agrícola. 2016. Trayectoria de Atlántica Agrícola . Consultado en Atlántica Agrícola; [consultado 2016 agosto 10] http://www.atlanticaagricola.com/atlantica_agricola.php
- Bustamante Espinosa, A. 2007. Efecto de tres reguladores de pH en la efectividad de Paraquat y Glifosato [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 27 p.
- Dupont. 2016. Global. Consultado en Dupont - The miracles of science [consultado 2016 agosto 09]. <http://www.latam.training.dupont.com/global-overview/ubicaciones-regionales>
- Gómez JM, Pitty A, Miselem JM. 2006. Efecto del pH del Agua en la Efectividad de los Herbicidas Glifosato, Fluazifop-p-butyl y Bentazon. Ceiba, 47(1-2):19-23.
- Green JM y Cahill W. 2003. Enhancing the Biological Activity of Nicosulfuron with pH Adjusters. Weed Technology 17(2): 338-345.
- Green JM y Hale T. 2005. Increasing and Decreasing pH to Enhance the Biological Activity of Nicosulfuron. Weed Technology 19(2): 468-475.
- ISK. 2005. Nicosulfuron - Selective systemic herbicide. [consultado 2015 noviembre 24]. <https://www.iskweb.co.jp/eng/products/pdf/Nicosulfuron.pdf>
- Marín R. 1999. Dinámica fisicoquímica de aguas. Madrid (España); [consultado 2015 noviembre 21]. <https://books.google.hn/books?id=0gt-ra9MHHwC>
- Matocha MA, Krutz LJ, Senseman SA, Koger CH, Reddy KN, Palmer EW. 2006. Spray carrier pH effect on absorption and translocation of trifloxysulfuron in Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and Texasweed (*Caperonia palustris*). Weed Science, 54:969.
- Purdue. 2009. The impact of water quality on pesticide performance. [consultado 2016 septiembre 15]. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ppp/ppp-86.pdf>
- Rosales E y Esqueda V. 2006. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. [consultado 2016 septiembre 13]. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/686/34.pdf?sequence=1>
- Roskamp JM, Turco RF, Bischoff M, Johnson WG. 2013. The Influence of Carrier Water pH and Hardness on Saflufenacil Efficacy and Solubility. Weed Technology, 27:527-533.
- ROTAM. 2016. Acerca de ROTAM. Consultado en ROTAM. [consultado 2016 agosto 09] <https://www.rotam.com/argentina/home/page.html?cid=373&aid=139692941313660>

- Sabadie J. 2002. Nicosulfuron: Alcoholysis, Chemical Hydrolysis, and Degradation on Various Minerals. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 50(3):526–531.
- Sánchez Medina MT. 2011. Efectividad del Nicosulfuron al cambiar el pH del agua [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 18 p.
- Tejeira Vega D. 2015. Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 23 p.
- Whitford F, Penner D, Johnson B., Bledsoe L, Wagoner N, Garr J, Wise K, Obermeyer J, Blessing A. 2013. The Impact of Water Quality on Pesticide Performance, The Little Factor that Makes a Big Difference. Purdue University. 10 p.
- Zhu B, Zhang Z, Gang L, Feng L. 2009. Organic Modified Bentonite and Its Effect on the Physical Stability of Nicosulfuron Oil-suspension. *Chinese Journal of Applied Chemistry*. [consultado 2015 noviembre 22]. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-YYHX200908003