

# **Efectividad del Nicosulfuron al cambiar el pH del agua**

**Marcos Tulio Sánchez Medina**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Efectividad del Nicosulfuron al cambiar el pH del agua**

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

Presentado por

**Marcos Tulio Sánchez Medina**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# **Efectividad del Nicosulfuron al cambiar el pH del agua**

Presentado por:

Marcos Tulio Sánchez Medina

Aprobado:

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Asesor principal

---

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

---

Renan Pineda, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Sánchez Medina, M.T. 2011. Efectividad del Nicosulfuron al cambiar el pH del agua. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 12 p.

El uso de herbicidas es una de las prácticas principales para el manejo de malezas y está aumentando en los países en desarrollo. La calidad del agua es uno de los factores más importantes para la efectividad de los herbicidas. Uno de los aspectos importantes de la calidad del agua es el pH. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad del herbicida Nicosulfuron (Accent<sup>®</sup> 75 WG) al modificar el pH del agua, usando dos dosis comerciales del mismo. Los pH utilizados fueron ácido, 3.3, y alcalino, 8.5. Las dosis utilizadas para cada pH fueron 50 y 70 g/ha. Como reguladores de pH se utilizó hidróxido de sodio y pH+<sup>®</sup>, como surfactante se utilizó ADSEE<sup>®</sup> 775. Se utilizó diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cinco repeticiones. La efectividad del herbicida Nicosulfuron no aumentó al modificar el pH del agua, La dosis que tuvo más control sobre las malezas fue la de 70 g/ha. El efecto observado que el herbicida causó sobre las malezas fue una descoloración moderada, una marcada distorsión y recuperación esperada. También se realizó otro experimento para comparar el efecto de residualidad de dos lotes del herbicida, un lote vencido y un lote nuevo. El lote nuevo tuvo mayor efecto de residualidad que el lote vencido siendo 23% a los 7 días después de la aplicación y 16% a los 14 días después de la aplicación.

**Palabras clave:** Cambios de pH, dosificación, fitotoxicidad, hidrólisis alcalina, *sporobolus poiretii*.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	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>9</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>11</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>12</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Clasificación del porcentaje de los efectos de fitotoxicidad (Autralian Weeds Committee, 1979) .....	4
2. Diferencias significativas encontradas entre los niveles de los factores incluidos en el estudio, evaluados a los 7, 14, y 21 días después de la aplicación del herbicida. ..	6
3. Efecto de residualidad del Nicosulfuron en lote vencido y nuevo a dosis de 25 g/ha, en Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, octubre 2011.....	8
Figuras	Página
1. Control de <i>Sporobolus poiretti</i> Nicosulfuron a diferentes pH en el agua, en Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, agosto 2011. ....	7
2. Control de <i>Sporobolus poiretti</i> Nicosulfuron sobre el control de malezas a dosis de 50 y 70 g/ha, en Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, agosto 2011. ....	7
3. Efecto de residualidad del Nicosulfuron sobre rábanos a los 14 días después de la aplicación.....	8
Anexos	Página
1. Distribución de los tratamientos .....	12
2. Croquis de las parcelas de aplicación.....	12

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de herbicidas es una de las prácticas principales para el manejo de malezas y está aumentando en los países en desarrollo. Las compañías de agroquímicos continúan desarrollando nuevos herbicidas e invirtiendo cada año billones de dólares en investigación.

Un herbicida es un producto químico fitotóxico que se utiliza para destruir plantas indeseables, inhibir su crecimiento e interferir en la germinación de sus semillas (Gómez 1993). En la actualidad, los herbicidas selectivos han aumentado considerablemente en cantidad y grado de selectividad. Al ser un herbicida de carácter selectivo, causa toxicidad a unas plantas (malezas) sin afectar a otras (cultivo) (CIAT 1979).

El Accent<sup>®</sup> 75 WG es un herbicida posemergente, sistémico y selectivo, penetra a la planta por raíces y follaje. Se transloca por el xilema y el floema. Su principal efecto sobre las malezas es la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS), la cual es necesaria en la síntesis de aminoácidos (Anzalone, 2008).

La calidad del agua es uno de los factores más importantes para la efectividad de los herbicidas. Uno de los aspectos importantes de la calidad del agua es el pH. Los agroquímicos tienen un pH óptimo al cual expresan su mayor potencial, cuando los herbicidas se mezclan a pH arriba o por debajo del óptimo hay formación de sustancias con propiedades diferentes que alteran parcial o totalmente su efecto (CIAT 1979).

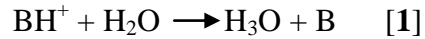
El agua tiene un pH neutro o levemente alcalino. Este nivel de pH no afecta los procesos de hidrólisis que puedan degradar el herbicida antes de su penetración a la planta (Faccini y Leguizamón 2000). El agua presenta una característica de poder comportarse como ácido y como base. Es decir, el agua es una sustancia anfiprótica. Esta característica hace posible las reacciones de hidrólisis (Rodríguez 1999).

El agua da lugar a reacciones de doble descomposición en las que el soluto y el agua se descomponen mutuamente. En estos casos, dependiendo de que el soluto sea ácido o básico con respecto al agua, ésta actuará como donador de protones o comoceptor de estos (Rodríguez 1999).

La hidrólisis alcalina resulta cuando un producto se expone a un pH mayor de 7 y por el contrario, se obtiene hidrólisis ácida cuando el producto se expone a un pH menor de 7. Este tipo de reacción se da principalmente con la sobre dosificación de productos

acidificantes que no tienen capacidad amortiguante y donde fácilmente puede inducirse una acidez extrema (COSMOCEL 2004).

Reacciones de hidrólisis:



En la reacción 1 el agua acepta un protón. En la reacción 2 cede un protón.

Si la calidad del agua no es apta como vehículo de un herbicida, este se verá afectado, puede sufrir una serie de cambios químicos, los cuales involucran procesos de degradación como la hidrólisis de dicho herbicida. Esto da como resultado la formación de sustancias con propiedades diferentes que en caso de los plaguicidas disminuyen o alteran de alguna manera su efecto (Gómez 1999).

El pH del agua es una medida de la concentración de iones de  $\text{H}^+$  en el agua. Cuando el pH del agua disminuye se vuelve más ácida y el número de iones de  $\text{H}^+$  incrementan. Condiciones ácidas del agua, pH entre 3 y 6, son las recomendadas para mezclar con herbicidas clasificados como ácidos débiles (OSU s.f.).

Los herbicidas que son ácidos débiles se disocian parcialmente cuando son mezclados con el agua. Al mezclarse una porción de la molécula de los herbicidas se disociará, quedando otra porción sin disociar. La porción no disociada es más disponible para el follaje de la planta que aquella que fue disociada. Esta disociación dependerá del pH del agua (OSU s.f.).

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad del herbicida Nicosulfuron (Accent<sup>®</sup> 75 WG) al modificar el pH del agua, usando dos dosis comerciales del mismo. El objetivo del otro estudio fue comparar el efecto de residualidad de dos lotes del producto Nicosulfuron, un lote vencido y un lote nuevo.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** El estudio se realizó en Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, departamento de Francisco Morazán, Honduras, durante los meses de agosto y septiembre de 2011. El lugar se encuentra a 800 msnm, tiene una temperatura promedio anual de 24° C y una precipitación promedio anual de 1100 mm.

**Experimentos 1.** Se utilizaron dos niveles de pH del agua mezclados con dos dosis, del herbicida Nicosulfuron (Accent® 75 WG). Los niveles de pH fueron ácido 3.3, y alcalino 8.5. Las dosis utilizadas para cada pH fueron 50 g/ha y 70 g/ha, estos tratamientos se mezclaron para formar una solución con 250 L/ha de agua. También se utilizaron dos reguladores de pH, hidróxido de sodio y pH+®, adicionalmente, se utilizó el surfactante ADSEE® 775. Cada parcela midió 2 × 8 m y por cada tratamiento se tuvieron cinco réplicas.

Para subir el pH a 8.5 se usó hidróxido de sodio y para bajarlo a 3.3 se usó el regulador pH+® se agregó al agua la dosis recomendada por el fabricante 2.5 ml/L de agua. A todos los tratamientos se le agregó adherente ADSEE® 775 a la dosis recomendada por el fabricante, la cual fue 2.5 ml/L de agua.

**Aplicación.** Las aplicaciones se realizaron con 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 8003VS a una presión de 30 psi.

Malezas que controla el herbicida: *Echinochla crus-galli*, *Echinochloa colona*, *Brachiaria extensa*, *Avena fatua*, *Leptochloa* spp., *Sorghum vulgare*, *Sorghum halapense*, *Amaranthus* spp., *Portulaca oleracea*, *Sporobolus poiretii*.

### **Composición química del herbicida Nicosulfuron (Accent®):**

Ingrediente activo: nicosulfuron (IUPAC):

2-(4, 6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbamoilsulfamoil)-N,N-dimetilnicotinamida	75%
Ingredientes aditivos e inertes	25%

**Composición química del hidróxido de sodio (NaOH):** Sodio 23 g, oxígeno 16 g, hidrógeno 1 g.

**Composición química del pH<sup>+</sup>®:** Ingredientes inertes 90%, agente quelante (Brown Agent) 5%, agente acidificante (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 5%.

**Evaluación.** La evaluación de fitotoxicidad que causó el herbicida se determinó basado en la clasificación del porcentaje de los efectos fitotóxicos contra *Sporobolus poiretti*, esta evaluación se hizo a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación, de manera visual utilizando un testigo para compararlo con los tratamientos:

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

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

**Diseño experimental:** Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial 2 × 2, factor A dos niveles de pH, factor B dos dosis, con cinco repeticiones. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System V9.1 2002<sup>®</sup> (SAS), se utilizó la prueba Duncan para separación de medias con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .

**Experimento 2.** Se realizó otro experimento para comparar el efecto de residualidad del herbicida Nicosulfuron existente en dos lotes del producto, un lote vencido (permaneció en almacén por varios años) y el lote nuevo del producto (seis meses de almacén). El ensayo se realizó en bandejas de plásticos de  $37 \times 35 \times 15$  cm en cada bandeja se sembraron 100 semillas de rábano, el mismo día de la siembra se hizo la aplicación. La dosis utilizada fue de 25 g/ha de producto comercial.

La aplicación se hizo con una bomba de mochila de acero inoxidable, presurizada con  $\text{CO}_2$ , un aguilón de 2 m de ancho con cuatro boquillas abanico plano Teejet XR8003VS a una presión de 30 psi.

La evaluación de fitotoxicidad que causó el herbicida se determinó basado en la clasificación del porcentaje de los efectos fitotóxicos, esta evaluación se hizo a los 7 y 14 días después de la aplicación, de manera visual utilizando un testigo para compararlo con los tratamientos.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres repeticiones para cada tratamiento. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System V9.1 2002<sup>®</sup> (SAS), se utilizó la prueba Duncan para separación de medias con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La probabilidad de que los niveles de los factores considerados en el estudio (tratamientos) y la interacción de los mismos sean estadísticamente diferentes con respecto al nivel de significancia  $P \leq 0.05$  fue variable (Cuadro 2). No hubo diferencia significativa entre los niveles de pH o la interacción de  $\text{pH} \times \text{Dosis}$ . Sin embargo, se encontró diferencia significativa entre dosis a los 7 y 21 días después de la aplicación. A los 14 días después de la aplicación no hubo diferencia significativa.

Cuadro 2. Diferencias significativas encontradas entre los niveles de los factores incluidos en el estudio, evaluados a los 7, 14, y 21 días después de la aplicación del herbicida.

Fuentes	DF	Días después de la aplicación		
		7	14	21
		Pr > F	Pr > F	Pr > F
Bloques	4	0.7592	0.9781	0.8874
pH	1	0.1270	0.0792	0.2569
Dosis	1	0.0451	0.0792	0.0116
pH $\times$ Dosis	1	0.6627	0.9004	0.7711

El nivel de significancia ( $P \leq 0.05$ ).

Según Liu (2009), cuando el herbicida Nicosulfuron se encuentra en baja concentración y la solubilidad no es un factor limitante, la absorción es mayor a pH bajo. Sin embargo, cuando la concentración aumenta y la solubilidad es limitante, entonces aumenta la absorción en los pH altos.

En las tres evaluaciones después de la aplicación no hubo diferencia significativa entre los dos niveles de pH utilizados. Sin embargo hay una tendencia a mayor control en pH 8.5 (Figura 1).

Jerry Green y William Cahill (2003), realizaron un experimento utilizando varios reguladores de pH, no encontraron diferencia cuando solo utilizaron los reguladores, pero cuando combinaron los reguladores de pH con AMS si hubo diferencia significativa entre los reguladores, pero hay que tomar muy cuenta que ellos realizaron este experimento en laboratorio, es decir, bajo condiciones controladas.

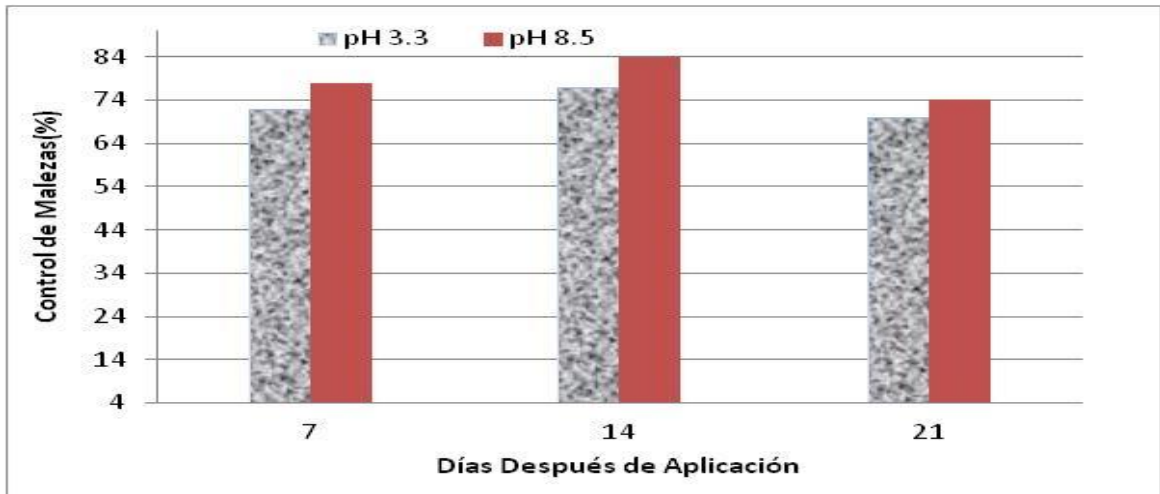


Figura 1. Control de *Sporobolus poiretti* Nicosulfuron a dos pH del agua, en Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, agosto 2011. El nivel de significancia ( $P \leq 0.05$ ).

Hubo diferencia significativa entre las dosis utilizadas. Esta diferencia se ve en las evaluaciones a los 7 días y a los 21 días después de la aplicación (figura 2). En la evaluación a los 14 días no se encontraron diferencias significativas, esto es debido al error experimental, estadísticamente nos dice que no hay una diferencia significativa, hay diferencia a una probabilidad de 0.0792 Aunque el herbicida no actuó de manera adecuada sobre el control de las malezas posemergentes. La dosis de 70 g/ha causó un mayor control sobre las malezas que la dosis de 50 g/ha, debido a una mayor concentración de ingrediente activo en la mezcla.

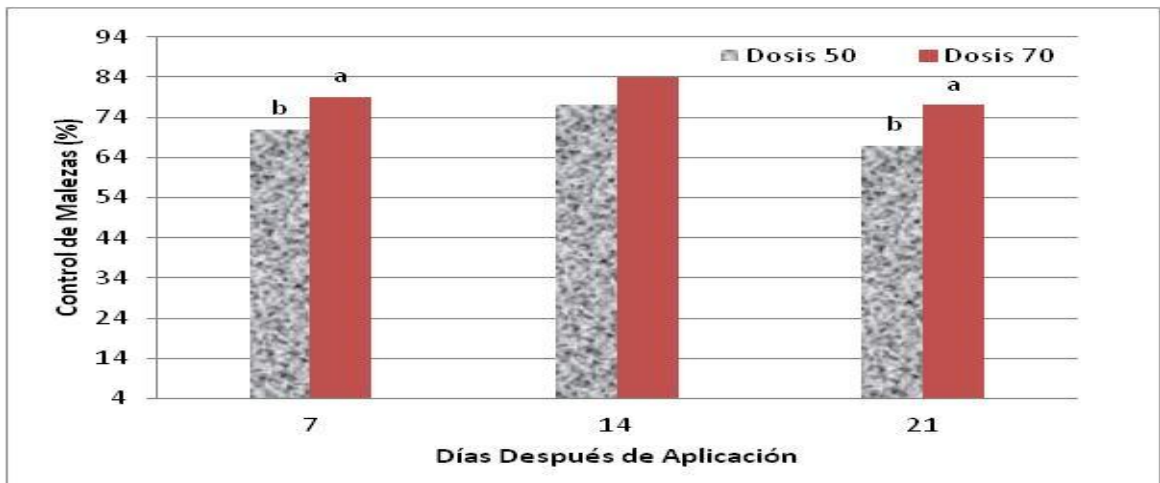


Figura 2. Control de *Sporobolus poiretti* Nicosulfuron sobre el control de malezas a dosis de 50 y 70 g/ha, en Santa Inés, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, agosto 2011. Los datos que no están acompañados con una letra en la columna indican que no hubo diferencia significada entre las dosis ( $P \leq 0.05$ ).

Hubo diferencia en las dos evaluaciones después de aplicación, el herbicida nuevo tuvo mayor efecto residual que el herbicida vencido (cuadro 3). El herbicida del lote nuevo mostró diferencia de control de 23% a los 7 días después de la aplicación, a los 14 días tuvo una diferencia de control de 16%.

Los herbicidas Sulfonilurea inhiben la enzima acetolactato sintetasa, la dosis de aplicación va de 2 a 75 g/ha de ingrediente activo. Estos herbicidas tienen muy baja toxicidad debido a que se degradan con facilidad por los organismos del suelo. Las sulfonilureas se absorben bien a través de las hojas y las raíces, se mueven fácilmente en el apoplasto y el simplasto para acumularse en los meristemos. A sólo pocas horas de la aplicación el crecimiento de los tallos y raíces se detiene, pero los síntomas fitotóxicos, como la clorosis del follaje, se desarrollan en un plazo de cuatro a diez días después de la aplicación. Se aplican en pre y posemergencia para controlar varias malezas de hoja ancha y algunas gramíneas (Brown 1990).

Cuadro 3. Efecto de residualidad del Nicosulfuron de un lote vencido y nuevo a dosis de 25 g/ha de producto comercial, en Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, octubre 2011.

Formulación	Días después de la aplicación	
	7 días	14 días
Nuevo	83 a	86 a
Vencido	60 b	70 b



Figura 3. Efecto de residualidad del Nicosulfuron sobre rábanos a los 14 días después de la aplicación.

Al testigo no se aplicó Nicosulfuron (Figura 3). El herbicida Nicosulfuron por ser ácido débil y estar mucho tiempo almacenado adsorbe humedad entonces se puede formar una hidrólisis y al momento de ser aplicado a las malezas no va ejercer ningún efecto.

## **4. CONCLUSIONES**

- El herbicida Nicosulfuron (Accent<sup>®</sup> 75 WG) no aumenta la efectividad al cambiar el pH del agua.
- La dosis que tuvo un mejor efecto de control sobre las malezas es la de 70 g/ha.
- El herbicida nuevo tiene mejor efecto residual que el herbicida vencido.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Utilizar las dosis más altas recomendadas por el fabricante 70 g/ha.
- Realizar otro estudio en un lugar donde se encuentren más malezas de la familia de las gramíneas.
- Evitar almacenar mucho tiempo herbicidas ácidos solubles.
- Hacer experimentos bajo condiciones controladas laboratorios, invernaderos y bandejas.
- Evaluar con diferentes malezas a diferentes estadios vegetativos.



## 6. LITERATURA CITADA

Anzalone, A. 2008. Herbicidas: modos y mecanismo de acción en plantas. Fondo Editorial de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela. 144 p.

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

CIAT. 1979. Guía de estudio CIAT: Principios básicos sobre la selectividad de los herbicidas. CIAT. Cali, Colombia. 40 p.

Cosmocel. 2004. Coadyuvantes (en línea). México DF, México. Consultado el 21 septiembre 2011. Disponible en: <http://www.cosmocel.com.mx/a-coad.htm>

Faccini D., Leguizamón E. 2000. Comportamiento de los herbicidas aplicados al follaje (en línea). Santa Fé, AR. Consultado 22 sept. 2011. Disponible en: [www.fcarg.unr.edu.ar/malezas/apuntes/herbicidas\\_follaje.doc](http://www.fcarg.unr.edu.ar/malezas/apuntes/herbicidas_follaje.doc)

Gómez, J. 1993. Control químico de malezas. Trillas. México. 250 p.

Gómez, J. 1999. Corrección de aguas duras y pH. S.A. Praxis. Guatemala. 3 p.

Jerry, G. y Cahill, W. 2003. Enhancing the Biological Activity of Nicosulfuron with pH Adjuster. *Weed Technology* 17:338-345

OSU (Oregon State University). S.f. Water quality affects herbicide efficacy (en línea). Oregon, US. OSU Academic Press. Consultado 22 sept. 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)

Owen, M. D. K. 1997. Herbicidas: aplicación, formulación y deriva. In: A. Pitty (ed) *Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas*. Zamorano Academic Press. p 140.

Ramos Díaz R. 2009. La adición del regulador de pH Sinercid Buffer reduce la efectividad del herbicida Fomesafen. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 17 p.

Rodríguez, J. 1999. *Fisicoquímica de agua*. Diaz de Santos. Madrid, España. 463 p.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Distribución de los tratamientos

Tratamientos		
Dosis g/ha	pH	Número de Parcela
70	8.5	11,23,34,41,52
70	3.3	12,24,31,43,51
50	8.5	13,21,33,42,54
50	3.3	14,22,32,44,53

### Anexo 2. Croquis de las parcelas de aplicación.

51	52	53	54
41	42	43	44
31	32	33	34
21	22	23	24
11	12	13	14