

Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio

Domingo Tejeira Vega

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio

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

Presentado por

Domingo Tejeira Vega

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2015

Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio

Presentado por:

Domingo Tejeira Vega

Aprobado:

Abelino Pitty, Ph.D.
Asesor principal

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Rogelio Trabanino, M.Sc.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio

Domingo Tejeira Vega

Resumen: Los objetivos de este estudio fueron determinar el cambio del pH del agua con el uso de reguladores de pH, determinar el efecto de diez reguladores de pH en la eficiencia del herbicida glufosinato de amonio (Basta[®]15 SL) y determinar las propiedades de adherencia de seis reguladores de pH. Para el primer y segundo objetivo se evaluaron los reguladores de pH Mega Pega + pH, Sinercid Buffer, pH Master, Tron-pH, Biofase 1, pH Agro, Pegador pH, Agrex- abc 50 SL, Tri-Fol Plus y jugo de limón sobre el ajuste de pH del agua y el porcentaje de control de malezas en comparación al agua sin regulador. Para el tercer objetivo se evaluaron los reguladores de pH Sinercid Buffer, pH Master, Mega Pega + pH, pH Agro, Pegador pH y Pega Max que tienen propiedades de adherencia, según el fabricante. En este experimento todos los reguladores, menos el Mega Pega + pH y el Sinercid Buffer fueron igualmente de efectivo en resistir el lavado por la lluvia y mantener el herbicida en la hoja para que fuera absorbido. Se concluye que los reguladores de pH varían el pH de la solución, pero cada uno regula el pH en diferente proporción; no aumentan la eficiencia en el control de malezas del glufosinato de amonio, pero reducen el lavado del herbicida debido a sus propiedades de adherencia, después de una lluvia.

Palabras clave: Adherentes, Basta[®]15 SL, jugo de limón, reguladores de pH, variación de pH.

Abstract: The objectives of this study were to determine the water changes in pH with the use of pH regulators, to determine the effect of ten pH regulators on weed control of the herbicide ammonium (Basta[®]15 SL) and to determine the adherent properties of six pH regulators. For the first and second objective, pH regulators Mega Pega + pH, Sinercid Buffer, pH Master, Tron-pH, Biofase 1, pH Agro, Pegador pH, Agrex- abc 50 SL, Tri-Fol Plus and lime juice were evaluated to adjust water pH and the percentage of weed control in comparison to the water without any regulator. For the third objective, Sinercid Buffer, pH Master, Mega Pega + pH, pH Agro, Pegador pH and Pega Max were evaluated because they have adherent properties according to manufacturers. In this experiment, all regulators, except Mega Pega + pH and the Sinercid Buffer, were equally effective in reducing the effect of rain, to maintain the herbicide on the leaf in order to be absorbed. It was concluded that the pH regulators change the solution's pH, however, each one does it in a different proportion; they do not increase weed control efficiency of ammonium glufosinate, but they do reduce herbicide washout due to its adherent properties after rainfall.

Key words: Adherents, Basta[®]15 SL, lime juice, pH regulators, pH variation.

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.....	8
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Clasificación en porcentaje de los efectos de fitotoxicidad.....	7

Figuras	Página
1. Cambios en coloración del agua según el regulador de pH.....	3
2. Simulación de la lluvia para determinar la adherencia del herbicida por el uso de los reguladores de pH.....	7
3. Cambios en el pH del agua al añadir reguladores de pH con cinco dosis.....	8
4. Efecto en el control de maleza del glufosinato de amonio al día 30 días después de la aplicación.....	10
5. Porcentaje del control de maleza de 10 reguladores de pH y el testigo (agua sin regulador) a los 10, 20 y 30 días después de la aplicación.....	11
6. Efecto del lavado de la lluvia (20 minutos después de la aplicación) en la efectividad del control de maleza a los 7,14 y 21 días después de la aplicación del glufosinato de amonio con seis reguladores de pH y del testigo (agua sin adherente).	13

1. INTRODUCCIÓN

El uso de productos químicos en la agricultura es una realidad esencial para la alta producción e ingresos a base de la misma, esto se debe a las ventajas que ofrecen: menos manos de obra, disminuye costos y hace un control eficaz de las malezas. Para lograr que el uso de estos químicos representen una buena inversión y nos brinden una alta eficiencia se requiere que tomemos en cuenta ciertos factores esenciales como los siguientes: la buena elección del herbicida, la dosificación, la buena aplicación y el pH del agua (Farrera 2004).

Al aplicar estos químicos, la mayoría van a ser disueltos en agua cuya calidad es muy variable. Existe la posibilidad que estemos utilizando aguas calcáreas que puedan afectar la solubilidad del ingrediente activo utilizado, causando una sedimentación o reduciendo su efectividad en el control de la maleza (Rodríguez 2012). El pH del agua también puede influir en la solubilidad de los herbicidas y reducir su efectividad.

En el mercado se encuentran una gran cantidad de productos destinados a regular el pH de la solución a un rango óptimo, la mayoría de estos productos proveen varias características aparte de regular el pH, muchos actúan también como adherentes, dispersantes, acidificantes, antiespumantes, humectantes sin embargo las casas comerciales que venden estos productos no brindan al comprador suficiente información que aseguren y garanticen su uso. Generalmente, los agentes usados para bajar el pH del agua son a base de ácidos fuertes, pero el pH puede subir si se agregan formulaciones de herbicidas que son alcalinas lo que indica que estos productos no toman en cuenta la formulación del herbicida que se desea utilizar (Mc Mullan 2000).

Aún no está bien definido el efecto del pH del agua en la absorción del herbicida por la planta. En teoría, las plantas absorben con mayor eficiencia los herbicidas ácidos débiles que lo que están en forma neutral; entonces cuando hay un incremento en el pH de la solución, hay una mayor cantidad de moléculas del herbicida ácido débil transformada en formas ionizadas o con carga, que reducen en un gran margen la absorción por parte de la planta (Rodríguez 2012).

Se ha logrado concluir que la concentración del ion de hidrógeno juega un rol significativo en el follaje de la maleza al momento de la penetración del herbicida, entonces el efecto del pH va a depender de los ingrediente activos del herbicida, ya que tiene un efecto modificador en la membrana y en la actividad metabólica de las células que se involucran en la respuesta de los procesos de translocación (Rao 2000).

Son muchos los agricultores que utilizan estos productos debido a las recomendaciones que brindan los técnicos agrícolas sobre la combinación de los herbicidas con los

reguladores de pH. A pesar de que no hay justificación, ya que el fabricante del herbicida no recomienda la modificación del pH del agua en su etiqueta, al ser este el más indicado para hacerlo (Gómez Vargas *et al.*, 2006).

Se han demostrado que no hay efecto en el control de malezas con reguladores de pH, pero sí el incremento de costo se llegó a esta solución evaluando el efecto de tres reguladores de pH (pH master, Sinercid buffer y pH+ Corrector de agua) (Bustamante Espinosa 2007). Otro estudio demuestra que no hay diferencia en el control de malezas al evaluar el efecto del pH del agua en la efectividad de los herbicidas Fluazifop-p-butyl éster, Glifosato y Bentazon, lo que indica que el pH del agua no tiene ningún efecto sobre los herbicidas utilizados (Gómez Vargas *et al.*, 2006).

Los estudios sobre el efecto que causan los reguladores de pH en la actividad herbicida de las formulaciones comerciales de Nicosulfuron, demostraron que el incremento o disminución del pH del agua no tiene efecto en la efectividad del herbicida. Proponen que eso se debe a la formulación comercial, es decir a los ingredientes inertes de la formulación (Green y Hale 2005).

Unos estudios recomiendan el uso de estos reguladores para minimizar el rompimiento de la estructura de los ingredientes activos de los plaguicidas (Seaman y Riedl 1986). También se ha demostrado que el pH puede influir en la estabilidad de algunos herbicidas, fungicidas e insecticidas dentro del equipo aplicador (Deer y Bear 2001). Las casas comerciales también recomiendan el uso de su producto, tal es el caso de Wilbur-Ellis Company (Wilbur-Ellis Company s.f.), pero estas investigaciones se realizaron con otros plaguicidas y no específicamente con los herbicidas por lo cual no son tomados en cuenta por los expertos en estos temas.

Al momento de aplicar se hace necesario el uso de adherente con el objetivo de evitar pérdida del producto, ofreciendo las siguientes ventajas: Disminución de la tensión superficial, disminución de las pérdidas por escurrimiento por aumentar la adherencia de las gotas, establecen una película uniforme en las partes aplicadas (Siner 2006). Al crear estos reguladores de pH con estas características de adherencia le están dando un valor agregado a su producto, el cual compra el agricultor sin saber de cuanta efectividad poseen.

Los objetivos de esta investigación fueron:

- 1- Determinar el cambio del pH del agua con el uso de reguladores de pH.
- 2- Determinar el efecto de diez reguladores de pH en la eficiencia del herbicida glufosinato de amonio.
- 3- Determinar las propiedades aditivas de seis reguladores de pH.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, de mayo a julio de 2015. El sitio se encuentra a 800 msnm, latitud 14°4' Norte y longitud 87°22' Oeste; tiene una temperatura media anual de 23.3 °C, y una precipitación promedio anual de 1023 mm.

Se hicieron tres experimentos:

Determinación del cambio de pH del agua con los reguladores de pH.

De cada regulador de pH se adicionó al agua 1, 2, 3, 4 y 5 ml por litro de agua. El agua usada fue la del acueducto de Zamorano, el pH inicial del agua fue 5.74. Las mediciones se hicieron con un medidor de pH¹. Se hicieron tres repeticiones.

Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2009). Se realizó el análisis de varianza para el ajuste de los datos y la separación de medias Duncan a la probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$).

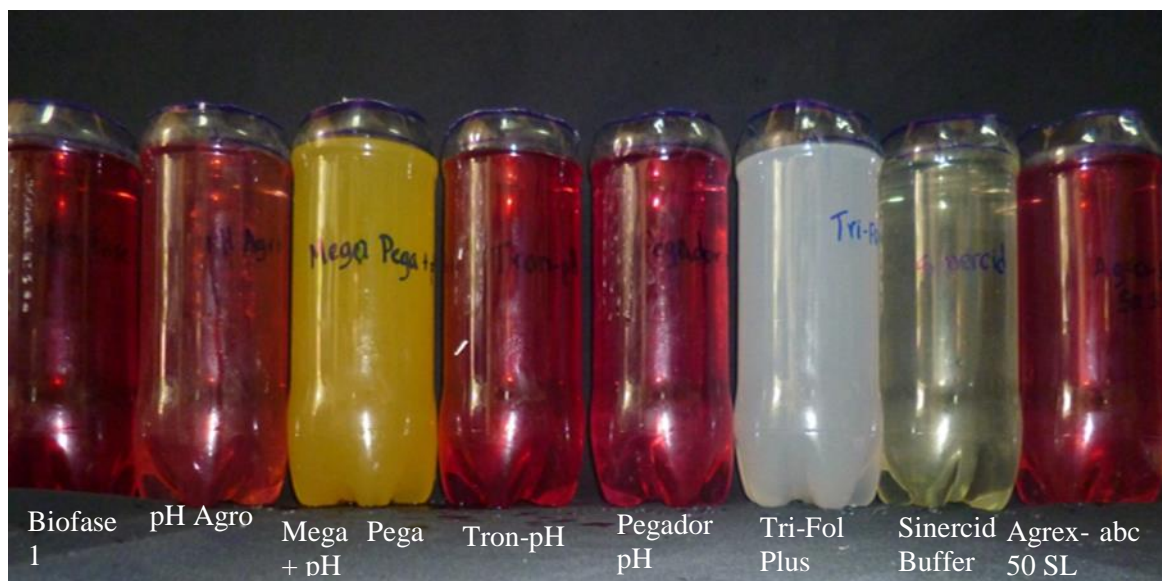


Figura 1. Cambios en coloración del agua según el regulador de pH.

¹ Oakton® pHTestr3 Double Junction (± 0.1). Fabricado por Oakton Instruments; P.O. Box 5136 Vernon Hills, IL 60061-1830, Estados Unidos.

Efectividad de los reguladores de pH: Se utilizaron 10 reguladores de pH con el herbicida glufosinato de amonio (Basta[®] 15 SL). La dosis del herbicida utilizada fue de 450 ml de ingrediente activo por hectárea y de los reguladores de pH utilizados fue 1 ml por litro de agua. Se eligió un área sin cultivos e infestado con las malezas *Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*. Antes de mezclar el herbicida con los reguladores se determinó el pH del agua, luego se añadió el regulador de pH y se tomó el pH y por último se añadió el herbicida y se volvió a tomar el pH final de la solución final. El pH se determinó con el mismo medidor de pH usado en el experimento anterior.

Las aplicaciones se hicieron con bomba de mochila de acero inoxidable², presurizada con CO₂, un aguilón de 2.0 m de ancho con cuatro boquillas separadas a 50 cm. Las boquillas eran de abanico plano modelo XR Teejet[®] 8002 VS³, se usó una presión de 35 psi y una calibración de 250 L/ha de solución.

Se establecieron cuatro réplicas con parcelas de 4 × 6 m. Se evaluó el control de malezas en comparación con el agua sin regulador utilizando el método del Australian Weeds Committee (Committee Australian Weeds 1979) (Cuadro 1) a los 10, 20 y 30 días después de la aplicación. En cada unidad experimental se eliminó 0.5 m de su periferia, para reducir el efecto de borde. La evaluación de los tratamientos se hizo por cuatro evaluadores y se tomó el promedio de las cuatro evaluaciones en el análisis estadístico.

Los reguladores de pH evaluados fueron:

- 1- **pH Master⁴**. Corrector de pH, ablandador de aguas duras, adherente y dispersante. Está compuesto por anhídrido fosfórico soluble en agua (27.5%), nitrógeno (3.70%) y Nitrógeno ureico (3.70%).
- 2- **Sinercid Buffer⁵**. Acondicionador de pH y buferizante. Está compuesto por alcohol tridecílico polioxietilénico (30.0%), ácido fosfórico (12.0%), diluyentes y acondicionadores (58.0%).
- 3- **Tron-pH⁶**. Corrector de pH para caldos fitosanitarios, con efecto mojante, penetrante y antiespumante. Está compuesto por nitrógeno (3.0%), pentóxido de fósforo (15.0%), tenso activos no iónicos (10.0%) e ingrediente inertes (72.0%).
- 4- **Mega Pega + pH⁷**. Dispersante, humectante, emulsificante, adherente, antiespumante y acondicionar de pH. Está compuesto por butano butil alcohol (40.0%), ácido fosfórico (10.0%), ácido cítrico (5.0%) e ingrediente inerte (45.0%).

² 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.

³ Fabricado por Spraying Systems Company/Teejet; North Ave. & Schmale Rd. PO Box 7900 Wheaton IL, 60189, Estados Unidos.

⁴ Distribuido por AGR0 VETERINARIA VALENZUELA S. de R.L. (AGROVAL).

⁵ Distribuido por INTRAKAM.

⁶ Distribuido por ATLANTICA AGRICOLA S.A.

⁷ Distribuido por SAMPLIK S.A.

- 5- **Biofase 1**⁸. Acidificante-buferizante para agua de aspersión, solución acuosa. Está compuesto por agentes acidificantes (40.8%), alcohol tridecílico polioxi etileno (20.0%), di etilenglicol (6.0%) e ingrediente inerte (33.2%).
- 6- **pH Agro**⁹. Corrector del pH, mineral ácido fosfórico. Está compuesto por ácido fosfórico (28.7%) e ingredientes inerte (71.2%).
- 7- **Pegador pH**¹⁰. Estabilizador de aguas duras, adherente, humectante. Está compuesto por nitrógeno (1.0%), ácido fosfórico (6.0%) y alcohol etoxilado (10.0%).
- 8- **Agrex-abc 50 SL**¹¹. Coadyuvantes-No iónico, acidificantes, humectante, penetrante. Está compuesto por acidificante (ácido inorgánico) (25.0%), mezcla de tenso activos no iónicos (20.2%), dioctil sulfosuccinato (1.8%) e ingredientes inerte (53.0%).
- 9- **Tri-Fol Plus**¹². Acidificante-buferizante para agua de aspersión. Está compuesto por nonilfenol etoxilatos, alquilaril polietoxilatos, isopropanol y compuestos de siliconas, policarboxilato alifático (70.0%) e ingredientes inerte (30.0%).
- 10- **Pega Max**. Adherente. Está compuesto por alcohol polivinílico (9.04%), alquil-aril poliéster alcohol (0.45%), formaldehído (0.22%) e ingrediente inerte (90.29%).
- 11- **Jugo de limón**. Acidificante, tiene un pH de 4.67, la variedad utilizada fue limón persa.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro bloques. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS; 2009). Se realizó el análisis de varianza para el ajuste de los datos y la separación de medias Duncan a la probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$).

Las pruebas se realizaron con el herbicida glufosinato de amonio (Basta®15 SL). El glufosinato de amonio pertenece al grupo químico fosfónico, glufosinato de amonio como ingrediente activo tiene una concentración del 15%, su formulación es concentrado soluble (SL), banda y clasificación toxicológica verde y IV. Es un herbicida de posemergencia, no selectivos, tiene un mecanismo de acción translaminar que se absorbe por el follaje, pero tiene acción sistémica limitada. Es resistente a las lluvias después de 4 a 6 horas debido a que es absorbido rápidamente (Bayer CropScience 2014).

Actúa interfiriendo la acción de la enzima glutamina sintetasa, la cual cataliza la síntesis del aminoácido glutamina. Además, aumenta en forma anormal los niveles de amonio y las células mueren intoxicadas; la fotosíntesis se transforma debido a que inhibe la fotorrespiración y la formación de los aminoácidos histidina y metionina, la maleza

⁸ Distribuido por Grupo Bioquímico Mexicano, S.A. de C.V.

⁹ Distribuido por PROMOAGRO S.A.

¹⁰ Distribuido por ENLASA.

¹¹ Distribuido por Laboratorios AGROENZYMAS, S.A. DE C.V.

¹² Distribuido por WILBUR ELLIS COMPANY.

muere. Basta 15[®] SL no se absorbe por las raíces de las malezas (Bayer CropScience 2014).

Determinación de las propiedades de adherencia de los reguladores de pH: Para evaluar las propiedades de adherencia de seis reguladores de pH, se sembró arroz en bandejas de 35 × 35 cm. Se esperó que tuvieran un tamaño de 10 cm para la aplicación. Antes de mezclar el herbicida con los reguladores se determinó el pH del agua, luego se añadió el regulador de pH y se tomó el pH; por último se añadió el herbicida y se volvió a tomar el pH final de la solución final. El pH se determinó con el mismo medidor de pH usado anteriormente. Los reguladores de pH utilizados fueron: pH Master, Sinercid Buffer, Mega Pega + pH, pH Agro, Pegador pH y Pega Max.

El experimento fue un factorial de 7 × 2 (dos factores, con lluvia y sin lluvia), se usaron seis reguladores y un testigo al que no se le añadió regulador. Cada tratamiento contaba con ocho bandejas de arroz, las aplicaciones se hicieron con bomba de mochila de acero inoxidable, presurizado con CO₂, un aguilón de 2.0 m de ancho con cuatro boquillas separadas a 50 cm. Las boquillas eran de abanico plano modelo XR Teejet[®] 8002 VS, se usó una presión de 35 psi y una calibración de 250 L/ha de solución.

Para llevar a cabo el experimento, se aplicaron todos los tratamientos con la solución preparada, utilizando una dosis del herbicida de 3 L/ha que equivale a 450 ml de ingrediente activo por hectárea. Los reguladores de pH con propiedades de adherencia se aplicaron a una dosis de 1 ml por litro de agua.

Después de la aplicación se separaron por tratamiento, de cada tratamiento se escogieron cuatro bandejas y a estas se le simuló una lluvia de 11 mm. Para la simulación de la lluvia se usó la misma bomba, boquilla y presión usada para aplicar el herbicida. La lluvia se simuló a los 20 minutos después de la aplicación de los tratamientos. Se llenó con agua el contenedor de la bomba, seleccionadas las cuatro bandejas de arroz de cada tratamiento, se le aplicó el agua a una altura de 50 cm del follaje de la planta (Figura 2), se colocó un pluviómetro y seis recipiente plásticos, distribuidos al azar entre los tratamientos, para determinar la cantidad de agua aplicada, al final se llegó a tener una lectura promedio de 11 mm de agua.

Se evaluó el control a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación, se siguió la metodología del Australian Weeds Committee (Committee Australian Weeds 1979) (Cuadro 1). La variable medida fue el porcentaje de daño de las plantas, comparando las réplicas de los tratamientos con el testigo absoluto. La evaluación se hizo por tres evaluadores y se tomó el promedio de las tres evaluaciones.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2009). Se realizó el análisis de varianza para el ajuste de los datos y la separación de medias Duncan a la probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$).



Figura 2. Simulación de la lluvia para determinar la adherencia del herbicida por el uso de los reguladores de pH.

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

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del cambio de pH con los reguladores de pH.

El pH inicial del agua usada fue de 5.74. Todos los reguladores fueron efectivos en reducir el pH del agua. Los más efectivos fueron: Biofase 1 (2.42), Agrex-abc 50 SL (2.46), pH Agro (2.50), Pegador pH (2.55), Tron-pH (2.66), pH Master (2.69). Los menos efectivos fueron el Tri-Fol Plus (3.10), Limón (3.03), Sinercid Buffer (2.90), Mega Pega + pH (2.88) (Figura 3).

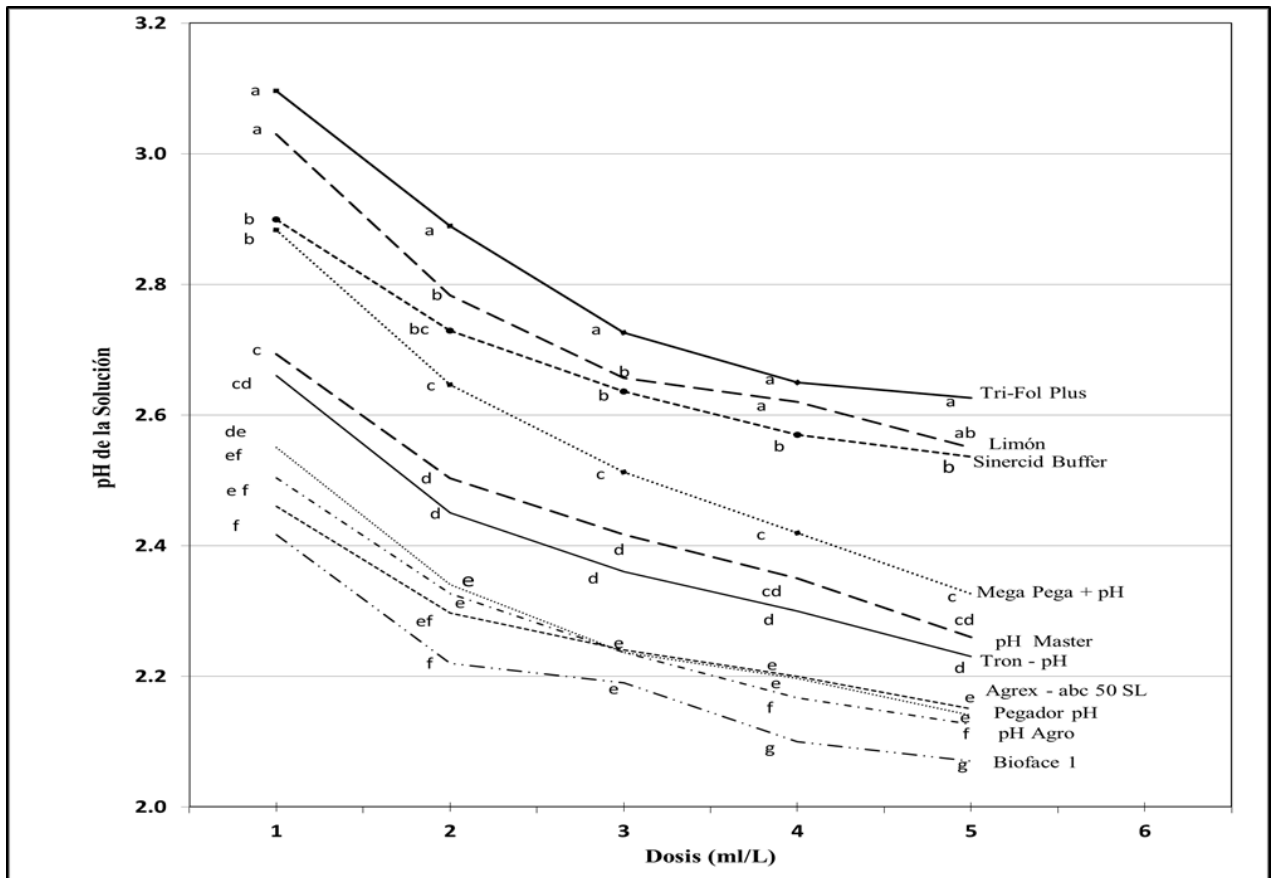


Figura 3. Cambios en el pH del agua al añadir reguladores de pH con cinco dosis (ml/L).

A pesar de que todos los reguladores de pH fueron efectivos en bajar el pH del agua, no lo hicieron en la misma proporción. La diferencia en la efectividad es atribuida a la composición de cada regulador. Los reguladores más efectivos fueron los que tienen

mayor porcentaje de agentes acidificantes, respecto al total de los componentes de la formulación. El Biofase 1 tiene 40.8% de un agente acidificante; pH Agro tiene 28.7% de ácido fosfórico; Agrex-abc 50 SL tiene 25% de un ácido inorgánico; Tron-pH está compuesto de 15% de pentóxido de fósforo; pH Master tiene 27.5% de anhídrido fosfórico.

Los reguladores que fueron menos eficientes tienen un porcentaje menor de compuestos acidificadores. El Tri-Fol Plus está compuesto por nonifenol etoxilatos, que es un ácido débil; el jugo de limón, a pesar de estar compuesto por ácido cítrico, no mantiene estabilidad a medida se le aumentaba la dosis, además que posee un pH de 4.67 por lo que la reducción de pH se ve afectada; Sinercid Buffer tiene 12% de ácido fosfórico; Mega Pega + pH tiene 10% de ácido fosfórico (Datos tomados de las etiquetas de cada regulador de pH). La reducción del pH del agua va a estar influenciada por la cantidad de agentes acidificante. Generalmente, los agentes utilizados para bajar el pH del agua son a base de ácidos fuertes (McMullan 2000). La tendencia de ir bajando el pH se mantuvo en todos los reguladores a medida que se iba aumentando la dosis del regulador de pH.

Ya que los reguladores de pH reducen el pH del agua según su composición química, los agricultores deben entender la etiqueta y leerla, antes de decidir cuál van a comprar. Además, deben entender que algunos reguladores tienen otras características tales como penetrantes, adherentes, surfactantes o humectantes.

Efectividad de los reguladores de pH.

A los 10 días después de la aplicación (dda) hubo diferencia estadística entre los reguladores de pH y el agua sin regulador (testigo). El Tron-pH (91%), Tri-Fol Plus (90%) fueron más eficiente en controlar las malezas que el agua sin regulador (84%) y a los siguientes reguladores de pH Sinercid Buffer (84%), pH Agro (85%) y el jugo de limón (83%) (Figura 5). Los demás reguladores de pH no fueron diferentes al agua sin regulador en controlar las malezas. A los 20 dda hubo diferencia estadística entre reguladores de pH y el agua sin regulador. El Tron-pH (99%) mostró un mayor control de malezas en comparación al agua sin regulador (96%), también fue diferente al Sinercid Buffer (95%), al jugo de limón (95%). Los otros reguladores de pH no tuvieron diferencias significativas con el agua sin regulador en controlar las malezas. A los 30 dda, con excepción del limón (78%), no hubo diferencias significativas entre los demás reguladores y el agua sin regulador (Figura 5).

A los 10 días, la diferencia probablemente se debió a que el regulador Tron-pH tiene propiedades penetrantes lo que le permitió una rápida absorción, comparado con Sinercid buffer, pH Agro, el agua sin regulador y el jugo de limón. A los 20 días la diferencia se mantuvo entre Tron-pH, el agua sin regulador, el jugo de limón y el Sinercid buffer. A los 30 dda se redujo el control de las soluciones (herbicida + regulador de pH), posiblemente por rebrote de la maleza. La diferencia en control solo fue con el juego de limón que tuvo un menor control en comparación a los otros reguladores de pH. Esto pudo deberse a que el jugo de limón no cuenta con otras propiedades que tienen los demás reguladores

(adherencia, dispersantes, penetrante o humectante) (Datos tomado de la etiqueta de los reguladores de pH).

El cambio en el control a los 10 dda pudo deberse a la capacidad del herbicida de moverse dentro de la planta de acuerdo a la radiación solar. Por ejemplo, el paraquat necesita luz para que actúe y pueda matar las plantas (Robinson 2009), actúa de diferentes formas si se es aplicado en horas de alta luminosidad o al atardecer (Putnam y Ries 1968). Si la radiación solar no es muy alta, su efecto fitotóxico se reduce y de esta manera el herbicida tiene la capacidad de moverse dentro de la planta porque no mata a las células (Putnam y Ries 1968, Wood y Cosnell 1966, Robinson 2009, Wersal *et al.* 2010). Una mayor translocación del paraquat puede aumentar el control de malezas (Wersal *et al.* 2010), lo que no puede ocurrir si se aplica al final de la tarde, pues en la noche el herbicida no causa daño porque no hay luz y no hay fotosíntesis.

Los resultados son similares a los obtenidos por Bustamante Espinoza (Bustamante Espinoza 2007) que evaluó el efecto de tres reguladores de pH y encontró que el uso de pH+, Sinercid Buffer y pH Master no aumentó la efectividad de los herbicidas Paraquat ni Glifosato, pero en todo caso aumentó los costos. También son iguales a los resultados obtenidos por Mis Solval (Mis Solval 2010), quien evaluó la efectividad del Cletodim y glufosinato de amonio con cuatro reguladores de pH del agua.

El estudio no mostró diferencia entre la utilización y no utilización de reguladores (Figura 4). Por lo tanto, el reducir el pH del agua con los reguladores de pH no influye en las interacciones químicas o físicas entre el ingrediente activo del herbicida y el de los reguladores de pH. Esto pudo deberse a que el incremento o disminución de pH de agua no afecta la eficiencia en el control de malezas. Green y Hale, quienes hicieron estudios sobre el efecto que causan los reguladores de pH en la actividad herbicida de las formulaciones comerciales de Nicosulfuron (Green y Hale 2005), propusieron que se debe a la formulación comercial es decir a los ingredientes inertes de la formulación.



Figura 4. Efecto en el control de maleza del glufosinato de amonio al día 30 dda.

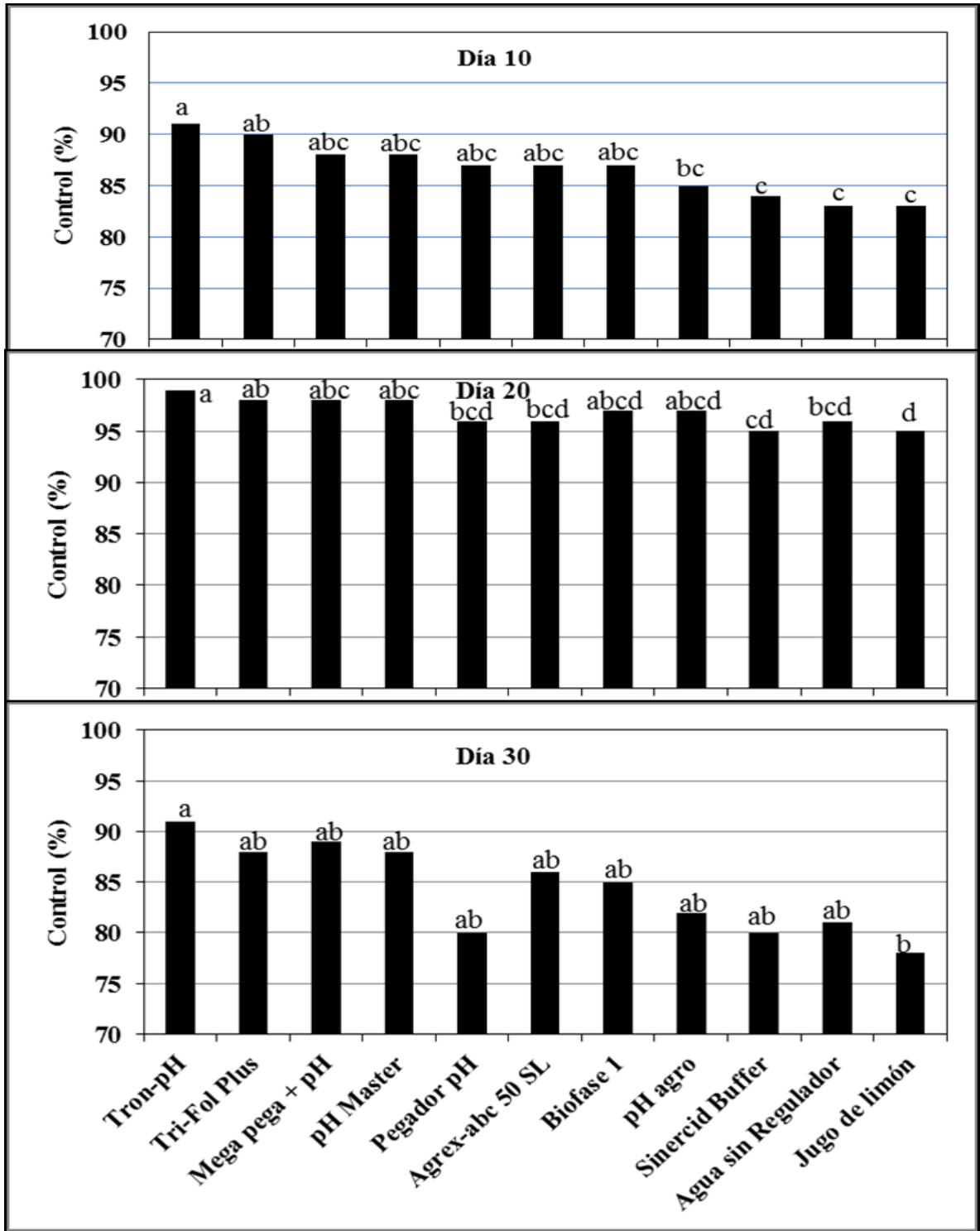


Figura 5. Porcentaje del control de maleza de 10 reguladores de pH y el testigo (agua sin regulador) a los 10, 20 y 30 días después de la aplicación del glufosinato de amonio.

Determinación de las propiedades de adherencia de los reguladores de pH.

En ninguna de las evaluaciones hubo interacción entre el regulador de pH y la lluvia simulada, lo que indica que el efecto de los factores (el regulador de pH y la lluvia simulada) es independiente. Todos los reguladores fueron afectados de igual manera por la lluvia; la lluvia afectó por igual a todos los reguladores.

En las evaluaciones a los 7 y 14 dda ninguno de los reguladores de pH aumentó el control respecto al agua sin adherente (testigo). A los 21 dda hubo diferencia estadística entre los reguladores de pH y el agua sin adherente. El agua sin adherente (35%) fue diferente al Sinercid Buffer (16%), Mega Pega + pH (12%). Entre los reguladores también hubo diferencia pH Master (41%) fue diferente al pH Agro (23%), Sinercid Buffer (16%), Mega Pega + pH (12%), con los demás reguladores de pH no hubo diferencia significativa entre ellos (Figura 6); todos fueron igualmente efectivos en resistir el lavado por la lluvia y mantener el herbicida en la hoja para que fuera absorbido y matara a la planta.

En las tres evaluaciones, el control se redujo con la lluvia simulada; a los 7, 14 y 21 dda se redujo 65, 67 y 44%, respectivamente (Figura 6). Todos los reguladores fueron efectivos en reducir el lavado por la lluvia manteniendo el herbicida en la hoja para que fuera absorbido y matara a la planta, lo que indica que las etiquetas de los reguladores de pH con propiedades aditivas dicen la verdad. La reducción del lavado por la lluvia se debe a que disminuyen la tensión superficial, lo que disminuye las pérdidas por escurrimiento ya que aumentan la adherencia de las gotas a la superficie de la hoja y establecen una película uniforme en las partes aplicadas (Siner 2006).

El control del agua sin adherente (35%) no fue diferente al pH Master (41%), esto pudo deberse que el herbicida Basta[®]15 SL, es absorbido después de las 4 hora de haberse aplicado por la planta, lo que pudo absorber parte de ese herbicida y generar el control (Bayer CropScience 2014). La diferencia entre el pH Master y estos tres reguladores con propiedades de adherencia pH Agro, Mega Pega + pH y el Sinercid Buffer, probablemente se debió a que el regulador pH Master trae ingredientes con propiedades aditivas (24%) que ayudan a adherir el herbicida en las hojas lo que le permitió una rápida adherencia y un buen control de la maleza a pesar de la lluvia simulada, comparado con pH Agro, Mega Pega + pH y Sinercid Buffer los cuales a pesar de que se indica en la etiqueta que tienen propiedades aditivas, no mencionan la cantidad, ni cuales ingredientes ejercen esa función por lo que no hay seguridad que en verdad traigan estos ingredientes con propiedades aditivas por lo que el control de maleza se vio afectado.

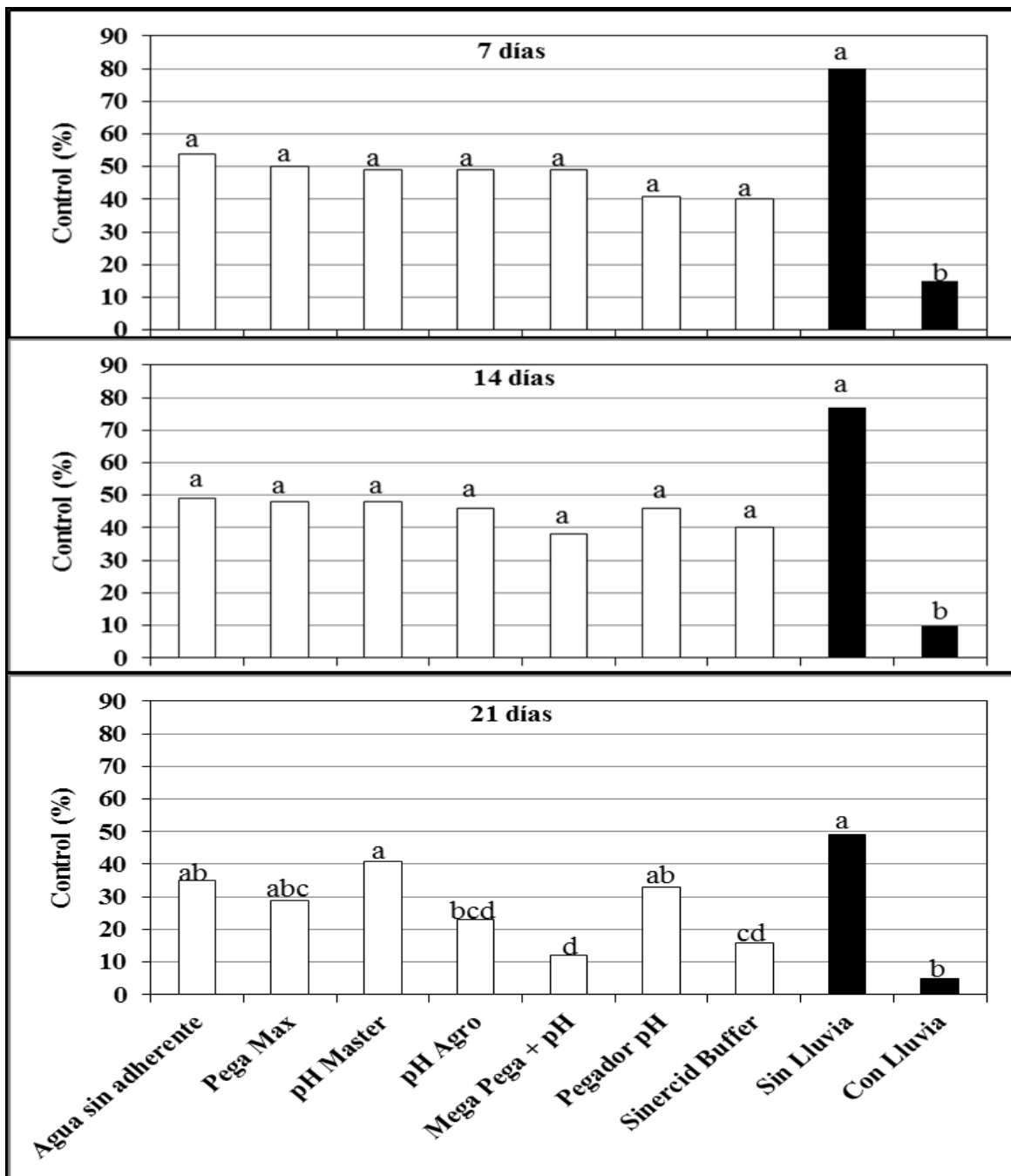


Figura 6. Efecto del lavado de lluvia (20 minutos después de la aplicación) en la efectividad del control de maleza a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación del glufosinato de amonio con seis reguladores de pH y del testigo (agua sin adherente).

4. CONCLUSIONES

- Todos los reguladores de pH evaluados son efectivos en reducir el pH del agua, pero cada uno reduce de manera diferente la proporción del pH del agua.
- El uso de los diez reguladores de pH (pH Master, Sinercid Buffer, Tron-pH, Mega Pega + pH, Biofase 1, pH Agro, Pegador pH, Agrex-abc 50 SL, Tri-Fol Plus, jugo de limón), no aumentó la eficiencia del herbicida Basta[®] 15 SL.
- Al utilizar los regulador de pH (Pega Max, pH master, pH Agro, Pegador pH), como adherente nos asegura que se reducirá el lavado del herbicida por la lluvia.

5. RECOMENDACIONES

- Comparar en un estudio los adherentes con los reguladores de pH con propiedades aditivas para determinar si los reguladores con propiedad aditiva tienen la misma eficiencia.
- Evaluar otros reguladores de pH del agua con el herbicida glufosinato de amonio, ya que los evaluados no aumentaron, ni redujeron la eficiencia del herbicida.
- Evaluar los reguladores de pH utilizando herbicidas con ingrediente activos diferentes al glufosinato de amonio.

6. LITERATURA CITADA

Bayer CropScience. 2014. Basta 15 SL (en línea). Consultado el 25 de agosto del 2015. Disponible en:
http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=163&id_prod=528

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. 17 p.

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

Deer, H., y Bear, R. 2001. Effect of water pH on the chemical stability of pesticides. U. S. Extension (Ed.) Pesticides Facts. 3 p.

Farrera, R. 2004. Acerca de los plaguicidas y su uso en la agricultura. CENIAP HOY, 6.

Gómez Vargas, J., A Pitty., y J Miselem. 2006. Efecto del pH del Agua en la Efectividad de los Herbicidas Glifosato, Fluazifop-p-butil y Bentazon. Ceiba 47(1-2): 19-23.

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

McMullan, P.M. 2000. Utility adjuvants. Weed Technology 14:792-797.

Mis Solval, L.A. 2010. Efectividad de cletodim y glufosinato de amonio con cuatro reguladores de pH del agua. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.

Putnam, A.R. y Ries, S.K. 1968. Factors influencing the phytotoxicity and movement of Paraquat in quackgrass. Weed Science 16(1):80-83.

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

Robinson, M. 2009. Application and effective use of herbicides (en línea). Consultado el 21 de octubre de 2015. Disponible en http://www.earlscliffe.com/use_of_herbicides.htm

Rodríguez, N. 2012. Calidad de agua y agroquímicos (en línea). Consultado el 24 de mayo de 2015. Disponible en: www.agronort.com

SAS[®]. 2001. SAS Users Guide, Statistical Analysis Institute Inc. Cary N.C.

Seaman, A. y Riedl, H. 1986. Preventing decomposition of agricultural chemicals by alkaline hydrolysis in the spray tank. New York's Food and Life Sciences Bulletin 118: 7 p.

Siner. 2006. Coadyudantes (en línea). Consultado 10 de mayo, 2015. Disponible en: http://sinersa.com.ar/Agroquimicos_Coadyudantes.htm

Wersal, R.M., J.D Madsen., J.H Massey., W Robles., y J.C Cheshier. 2010. Comparison of daytime and night-time applications of Diquat and Carfentrazone-ethyl for control of parrotfeather and Eurasian Watermilfoil. Journal of Aquatic Plant Management 48:56-58

Wilbur-Ellis Company. s.f. Tri-fol acidifier and buffering agent. s.n.t. 1 p

Wood, G.H. y Cosnell, J.M. 1966. Some factors affecting the translocation of radioactive paraquat in *Cyperus* species. Proceedings of The South African Sugar Technologists Association Marzo 1966. p 286-292.