

# **EL USO DE COADYUVANTES Y ACIDIFICANTES EN EL MANEJO DE AGROQUÍMICOS EN LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA**

**Roberto Alfaro P.\***

**Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar**

## **INTRODUCCION**

En Costa Rica el control de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar prioritariamente se ha efectuado mediante la utilización de productos químicos (herbicidas) de diversa índole, por lo que DIECA ha ejecutado un programa de investigación a nivel nacional, orientado a que dicha actividad se realice dentro del concepto de una agricultura de manejo sostenible, mediante la racionalización de los productos químicos utilizados. Esto permite alcanzar una mayor eficiencia y una significativa economía en los recursos destinados a la producción, minimizando además el posible perjuicio provocado sobre el medio ambiente. Dentro de este concepto resulta ventajoso mejorar la eficiencia y eficacia de los herbicidas por medio del uso de químicos complementarios como son los acidificantes y coadyuvantes, ya que además de sus cualidades, bajas dosis y precio de los mismos no representan ningún incremento importante en los costos de la aplicación.

Después de investigaciones realizadas principalmente en los Estados Unidos en la década de los noventas, surgieron en diversas revistas agrícolas algunas recomendaciones referente a la necesidad de acondicionar la acidez de las aguas utilizadas en la aplicación de productos fitosanitarios en general.

Según los argumentos citados en estas publicaciones, muchos de los plaguicidas se ven afectados negativamente por el grado de alcalinidad que contenga el agua utilizada en la preparación del caldo de aplicación al degradarse la sustancia activa del plaguicida en otra sustancia inactiva, a esta reacción con el agua se le denomina “hidrólisis alcalina” por lo que se recomienda reducir la acidez del agua hasta un pH cercano a 5 mejorando con ello su estabilidad y efecto (4).

Producto de estas recomendaciones, en Costa Rica se generalizó el concepto de la acidificación de las aguas utilizadas sobre todo en la aplicación de herbicidas, entre los cuales se encontraban los usados en el cultivo de la caña de azúcar, además, simultáneamente aparecieron en el mercado de agroquímicos un buen número de productos acidificantes de diversa composición química y precio para ser adquiridos por los productores agrícolas en general.

Sin embargo, aun hoy día el grado de alcalinidad en el agua empleada para la aplicación de los herbicidas necesaria para reducir su actividad no esta bien definida, por lo que para evitar confusiones es preciso indicar de antemano que el consejo de acidificar el agua no debe ser de carácter general, ya que predominantemente esta práctica dependerá del herbicida, de la calidad del agua, de su contenido mineral, de la especie de maleza y de las condiciones ambientales durante la aplicación (7).

---

\*Roberto Alfaro P. E-mail: ralfaro@laica.co.cr

Además, se menciona, que en los estudios realizados la hidrólisis alcalina sufrida por algunos plaguicidas se evaluó en ensayos realizados a nivel de laboratorio y obtenida mediante soluciones altamente diluidas de las sustancias activas entre 1 y 5 mg/l, o sea muy por debajo de la concentración normal utilizada, la cual suele ser de 100 a 2000 mg/l (4).

La acidificación el agua de aspersión, por otra parte no debe aplicarse para todos los productos por igual, así cada fabricante recomienda o debe recomendar el pH idóneo para cada producto, por ejemplo en algunos casos no se recomienda acidificar el medio ya que el pH adecuado para herbicidas como Metribusin Imazapir y Diurón entre otros debe ser neutro (7).

Esta condición, es válida, si se utiliza un único producto o varios de ellos químicamente similares, pero lo habitual en la aplicación de herbicidas en la caña de azúcar es mediante el uso de mezclas, por lo que bajo esta condición se desconoce el efecto real de la alcalinidad presente en el agua sobre la efectividad de la mezcla utilizada.

Los coadyuvantes por su parte, utilizados complementariamente en la aplicación de los herbicidas, buscan incrementar la actividad del agua en su acción como solvente y la de los ingredientes activos de los agroquímicos a través de sus propiedades: como adherente, dispersante, humectante, emulsificante y penetrante entre otras, permitiendo así, mejorar sustancialmente la actividad y efectividad de un herbicida desde la fase de preparación de la mezcla hasta su penetración y acción en la planta.

Si la acción de un herbicida empleado es de “contacto” por ejemplo, el coadyuvante tiene la capacidad de incrementar el área de cubrimiento del ingrediente activo al obtener este una mayor humectación y dispersión sobre la hoja de la maleza. Si el producto es de acción sistémica, este debe necesariamente penetrar a través de las hojas una capa cerosa “de naturaleza impermeable” llamada cutícula, que dificulta por su composición el ingreso de muchas sustancias principalmente de carácter hidrofílico. En este caso se requiere de la acción emulsificante y penetrante del coadyuvante para favorecer y maximizar el aprovechamiento, y con ello la eficiencia de los herbicidas utilizados (1).

Ante la inminente ventaja que señala la teoría de utilizar un coadyuvante, así como también un acidificante en el uso de los herbicidas, algunos fabricantes de estos productos han incorporado ambas cualidades en un mismo producto, sin embargo dada la complejidad de reacciones químicas que ocurren en una mezcla de agroquímicos, surge la inquietud, sobre el beneficio real que se puede obtener con esta práctica, ante la diversidad de productos acidificantes y coadyuvantes que ofrece el mercado de agroquímicos y sus posibles reacciones químicas que pueden ocurrir en una aplicación.

Debido a la poca información existente en relación a esta práctica, DIECA ha realizado investigaciones de campo y laboratorio con el objeto de conocer más sobre el beneficio técnico-económico que puedan brindar algunos de los productos acidificantes y coadyuvantes más recomendados y usados por los productores cañeros de Costa Rica hoy día y que se darán a conocer en este documento.

## CALIDAD DEL AGUA

El agua utilizada como vehículo en la aplicación de los herbicidas, se obtiene de fuentes superficiales (ríos, lagunas, etc) y subterráneas como las extraídas de distintos acuíferos naturales. La calidad del agua esta determinada por su limpieza (ausencia de limo y materia orgánica en suspensión) y su contenido de iones minerales presentes, el cual depende en gran medida de las fuentes mencionadas (7).

El contenido mineral del agua radica en los muchos elementos químicos que pueden estar disueltos en el agua pero seis son los principales iones que aparecen disueltos en la mayoría de las aguas y entre ellos los cationes, Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y Sodio ( $\text{Na}^{+}$ ), además los aniones Sulfato ( $\text{SO}_4^{-}$ ) Cloro ( $\text{Cl}^{-}$ ) y Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ). Otros iones tales como Potasio ( $\text{K}^{+}$ ) el Hierro ( $\text{Fe}^{+2}$  o  $\text{Fe}^{+3}$ ) y los Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) pueden estar presentes también en pequeñas cantidades (7).

La dureza del agua es causada principalmente por la cantidad de Calcio y Magnesio presentes, y expresada en función del Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ); generalmente estos cationes se denominan metales Alcalinotérreos y son aditivos en su antagonismo a los herbicidas. Por otra parte, la presencia de iones sulfato en el agua contribuyen a la reducción del antagonismo provocado por el Calcio y Magnesio hacia los herbicidas, pero para ser efectivo, la concentración de este anión debe triplicar la concentración del calcio, situación que no ocurre normalmente, porque la cantidad natural de Sulfatos en el agua es insuficiente, de allí que una de las formas de evitar dicha interferencia seria mediante el agregado de Sulfato de Amonio en el agua de aspersión (7).

El agua es considerada dura cuando la concentración total de estos iones esta por encima de cierto nivel, por ejemplo agua con menos de 50 ppm es considerada una agua blanda, de 50 a 100 ppm como de dureza media y entre 100 y 200 ppm como aguas duras. Con esta clasificación y después de realizar DIECA un muestreo en todas las regiones cañeras de Costa Rica, abarcando diferentes fuentes de agua utilizadas en las aplicaciones de herbicidas por parte de los productores, se logró determinar, que las aguas en general son blandas con durezas que en su gran mayoría oscilan entre 50 y 100 ppm (7) (1).

El pH del agua esta íntimamente ligado al nivel de alcalinidad de la misma y esta a su vez, dependerá de la presencia de sales de bicarbonato en ella y del contacto con el  $\text{CO}_2$ , libre o combinado. El  $\text{CO}_2$  reacciona con el agua y con los carbonatos presentes de Calcio y Magnesio, produciendo a su vez bicarbonatos (alcalinidad) y liberando los cationes de Calcio y Magnesio (dureza) dispuestos a antagonizar con los herbicidas (6).

El verdadero problema del agua dura con respecto al uso y efectividad de los herbicidas radica en que estos iones liberados de Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y Hierro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), en algunos casos reaccionan con las sales de los herbicidas y con algunos de sus surfactantes para formar sales insolubles las cuales precipitan removiendo parcial o totalmente el ingrediente activo o surfactante de la solución y consecuentemente disminuyendo su fitotoxicidad (7).

Al reducir el pH del agua al agregar el acidificante, este reacciona con las sales de bicarbonato, quedando libre el ión carbonato, dispuesto a unirse a los cationes libres de Calcio y Magnesio para formar carbonatos de Calcio y Magnesio que son muy insolubles (6).

Sin embargo, la recomendación de reducir el pH del agua con el fin de minimizar el efecto adverso no está bien definido para algunos herbicidas catalogados como ácidos débiles, los cuales, penetran mejor las superficies foliares en una forma neutra, por otra parte los herbicidas foliares que son neutros (post emergentes) se reportan como no influenciados directamente por el pH de la solución, mientras que en los herbicidas de reacción básica (Triazinas), su actividad puede ser reducida en condiciones ácidas (7).

Ante este dilema, los fabricantes de algunos herbicidas recomiendan el pH óptimo del agua como se observa en el Cuadro 1 donde la mayoría de ellos requieren de condiciones ácidas (pH 4-6) y algunos otros condiciones neutras (pH 7), por lo que generalizar la práctica de acondicionar el pH del agua debe ser específica y no generalizada.

**Cuadro 1**  
**Condición Óptima de pH del Agua de Algunos Herbicidas**  
**Empleados en el Cultivo de la Caña de Azúcar**

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>pH</b>	<b>Observaciones</b>
<b>ATRAZINA</b>	4-6	Descomposición lenta en aguas alcalinas rápida con Cationes Presentes
<b>DICAMBA</b>	5	Estable pH 5 y 6
<b>GLIFOSATO</b>	4-5	Afectado por aguas con altos contenidos de Ca, Mg, Na, Fe, etc.
<b>FLUAZIFOP P-BUTIL</b>	4-6	pH 7= 150 días
<b>METRIBUZIN</b>	7	No es afectado por pH
<b>2,4-D</b>	5	pH 5 = 60 días pH 7= 17 h pH 9= 10 minutos
<b>DIURON</b>	7	Estable pH Neutro

Fuente: (1)

Otra forma de determinar la calidad del agua es mediante la determinación de la suma de todos los minerales disueltos en una muestra de agua y referido como total de sólidos disueltos (TSD). Cuanto más alto es el valor de TSD mayor será la conductividad eléctrica (CE), en Microsiemens/ cm (uS/cm) a 25° C, por tanto, cuando se presenta una mayor conductividad aumenta la solubilidad del CaCO<sub>3</sub>. La conductividad eléctrica CE en el agua puede ser determinada rápida y fácilmente en el laboratorio y si esta es menor de 500 microsiemens /cm la calidad del agua para uso de herbicidas carece de problemas (6).

La calidad del agua es determinante si se desea obtener una mayor eficacia del accionar de la mayoría de los herbicidas utilizados en la caña de azúcar y como se ha discutido no todos los productos requieren acondicionar las aguas y cuando estos se encuentran en mezcla químicamente podrían reaccionar positiva o negativamente a la acidificación.

Es claro por ello la necesidad de realizar más investigaciones en este sentido, con el fin de determinar como responden las principales mezclas de herbicidas a esta práctica, por otra parte las aguas empleadas para la aplicación en Costa Rica como se indicó, son aguas blandas o semiduras por lo que podría esperarse poco o ninguna respuesta a la acidificación.

Un análisis previo del agua utilizada en la aplicación de los herbicidas y sus mezclas en lo referente a su contenido de sales, dureza y pH proveerá una guía importante para determinar los posibles efectos sobre la eficacia de los herbicidas. En el Cuadro 2 se observan los requerimientos en la calidad del agua de algunos productos utilizados en el control químico de malezas en el cultivo de la caña de azúcar.

**Cuadro 2**  
**Influencia de la Calidad del Agua en Algunos Herbicidas**

Herbicidas	Calidad del Agua			
	Sucia	Pura	Salina	Alcalina
Glifosato	X	X	/	X
Atrazina y Simazina	/	/	O	O
Diuron	/	/	/	/
Metsulfuron	/	/	/	/
Fluazifop	/	/	/	X
2,4-D (Amina)	/	X	/	X
MCPA (Amina)	/	X	/	X
Terbutrina	/	/	/	O
Metribuzin	/	/	/	X

*Agua de Calidad ( / )*

*No usar reduce eficacia ( X )*

*Puede Usarse si es necesario aplicar tan pronto sea posible ( O )*

*Fuente: (7)*

## ACIDIFICANTES

Los acidificantes son productos químicos de diverso género que tienen la capacidad de reducir la alcalinidad y el pH del agua utilizada como medio de solución en las aplicaciones de herbicidas. Algunos actúan como simples acidificantes y otros, además de provocar cambios en el pH del agua tiene la particularidad de actuar como un coadyuvante, por ejemplo, mejorando la compatibilidad de los concentrados emulsificantes con los polvos mojables (humectante) y mejorando la penetración del herbicida a nivel cuticular o rompiendo la tensión superficial de la gota de agua actuando como un dispersante.

Existen en el comercio muchos productos destinados a modificar el pH del agua, a pesar de que el beneficio técnico y económico por su uso aun no esta muy claro en lo que compete al uso de los herbicidas en la caña de azúcar; además las pocas investigaciones existentes sobre esa materia son foráneas y se han realizado mayoritariamente a nivel de laboratorio.

La teoría química señala la enorme ventaja de utilizar un acidificante del agua y o un coadyuvante, pero dada la complejidad de reacciones químicas que se establecen en la solución, permite también dudar sobre el beneficio final, por tal motivo y ante la escasa información que sobre este tema existe en el país y obviamente en el sector azucarero, DIECA ha valorado complementariamente diversos productos con el fin de mejorar la eficiencia de los herbicidas en procura de que los resultados obtenidos sirvan para orientar futuras investigaciones, y que estas a su vez contribuyan después de un proceso a obtener resultados y conclusiones determinantes para una recomendación específica.

### Evaluación de Diferentes Acidificantes y Coadyuvantes en una Mezcla de Herbicidas en Esparza Puntarenas (3)

Se evaluaron cinco productos acidificantes y dos coadyuvantes (Cuadro 3) en una mezcla de herbicidas en la región de Esparza Puntarenas y en un ensayo con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones y 10 tratamientos aleatorizados, para un total de 40 parcelas.

La variedad de caña sembrada fue SP 71-5574 y entre las principales malezas presentes se encontraban : *Rottboellia cochinchinensis*, *Conmelina difusa*, *Digitaria sanguinalis*, *Borreria lavis*, *Ipomoea spp* y *Bidens pilosa* entre otras las cuales tenían una altura promedio de 15 a 20 cm con excepción de la maleza *Rottboellia* la cual por su rápido crecimiento natural sobrepaso los 60 cm de altura.

**Cuadro 3**  
**Características de los Acidificantes y Coadyuvantes Adicionados a una Mezcla Comercial de Herbicidas Empleados para el Control de Malezas en la Caña de Azúcar en Esparza, Puntarenas.**

Nombre Comercial *MR	Nombre Genérico/Químico	Características	Dosis	Presentación	Precio Unitario	
					¢	\$
INDICATE 60% L	Acido Inorgánico + Polyols	Acidificante	1,5 ml/l	Litro	3.345,00	9,98
CQ. 250 2.5%	Acido Etano Dioico	Acidificante	0,5 ml/l	Litro	623,10	1,86
COSMO AGUAS 100 SP	Citratos + Edetatos	Acidificante	0,5 gr/l	Kg	2.207,00	6,59
SAREFI ÁCIDO CÍTRICO ANHIDRO 99%	Acido Cítrico	Acidificante	0,5 gr/l	Kg	998,30	2,98
JUGO DE LIMÓN	Acido Cítrico	Acidificante	2,0 ml/l	Litro	167,50	0,50
KEM-KOL 99 EC	Polimero de Bloqueo Llineal C 10 a C 8	Coadyuvante	0,125 ml/l	50 ml	1.675,00	5,00
NP -7 10,4 L	Poli Alquilaril	Coadyuvante	0,5 ml/l	Litro	2.519,00	7,52
IGRAN 50 SC	Terbutrina	Herbicida	3,0 l/ha	Litro	3.688,00	11,01
KILURON 48 SC	Diuron	Herbicida	3,0l/ha	Litro	2.328,00	6,95
HEDONAL 68,2 SL	2,4-D	Herbicida	2,0 l/ha	Litro	1.698,45	5,07

\* MR: Marcas registradas

Tipo de Cambio US\$= ¢335

\* Precios obtenidos en los Almacenes de las Cámaras Productores de Caña del país y distribuidores de los productos más recientes en el mercado.

El tratamiento que contenía el coadyuvante KEM-KOL recibió un trato diferente, al reducir la dosis de la mezcla de herbicidas básicos en un 25 y 50%, por sugerencia, recomendación e interés particular del distribuidor, debido a que este producto según criterio de los mismos, permite esta reducción al aumentar la eficiencia de los herbicidas, particularidad que constituyó también un elemento investigativo a evaluar.

La acidificación del agua se realizó previo a la adición de la mezcla, la cual presentaba un valor inicial de pH de 6,7 y una dureza total de 63.2 ppm. La mezcla de herbicida básica utilizado fue TERBUTRINA 50 SC 3l/ha + DIURON 48 SC 3l/ha + 2,4-D 68.2 SL 2L/HA por ser muy utilizada en la mayoría de las fincas de esta y otras regiones cañeras del país al igual que los productos acidificantes y coadyuvantes con excepción del CQ 250 y el coadyuvante KEM-KOL los cuales se encontraban en etapa de valoración e investigación.

Se realizó una única evaluación de efectividad a los 30 días posteriores a la aplicación y se determinó el costo en cada uno de los tratamientos, consultando para ello los almacenes de la Cámara de Productores de Caña del país y del distribuidor en aquellos casos si el producto no estaba disponible en dichos almacenes.

El análisis de varianza realizado al porcentaje de control de malezas indicó que se presentaron diferencias estadísticas significativas al 4%. En el Cuadro 4 se verifica y anota el grado promedio de control de las malezas ejercido por los diferentes tratamientos evaluados, a los cuales se les aplicó la prueba de medias Tuckey ( 5%).

**CUADRO 4**  
**TRATAMIENTOS ESTUDIADOS Y RESULTADO DEL CONTROL DE MALEZAS**  
**OBTENIDO EN LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES ACIDIFICANTES Y**  
**COADYUVANTES. ESPARZA, JULIO 2001.**

No.	Tratamientos*	% Control Malezas **	Costo/ha \$
1	MEZCLA + CQ-250	80,00 a	57,67
2	MEZCLA + INDICATE	78,37 ab	61,61
3	MEZCLA + COSMOAGUAS	76,87 ab	58,11
4	MEZCLA + JUGO DE LIMON	73,75 ab	57,42
5	MEZCLA (75% DE LA DOSIS) + KEM-KOL	65,62 ab	46,58
6	TESTIGO (MEZCLA SIN ACIDIFICAR EL MEDIO)	64,37 ab	57,12
7	MEZCLA + ACIDO CITRICO ANHIDRO	63,75 ab	57,57
8	MEZCLA + NP-7	60,00 ab	58,25
9	MEZCLA +INDICATE + NP-7	58,75 ab	62,74
10	MEZCLA (50% DE LA DOSIS) +KEM-KOL	49,37 b	32,3

Tipo de Cambio US \$= ¢335,00

\*\* Cada valor es el promedio de las lecturas realizadas por 3 evaluadores en 4 repeticiones para un total de 12 datos por tratamiento. Valores con igual letra no son estadísticamente diferentes entre si, según Prueba de Tuckey al 5%

El Tratamiento correspondiente a la mezcla de los herbicidas previamente tratadas con el acidificante CQ-250 presentó el mayor control promedio de malezas (80%), pese a lo cual las diferencias con los otros tratamientos no fueron estadísticamente diferentes, con excepción del

Tratamiento No. 10 en el cual se redujo las dosis de la mezcla de herbicidas en un 50%, utilizando KEM-KOL como coadyuvante. Entre los demás tratamientos no se presentaron diferencias estadísticas significativas, según Tuckey 5%, sobresaliendo también los tratamientos en que se usaron INDICATE y COSMO AGUAS como acidificantes, respectivamente, al alcanzar valores de control superiores al 76%.

El ÁCIDO CÍTRICO, el producto KEM-KOL con una reducción del 75% de la dosis de la mezcla de herbicidas y el Testigo sin acidificar el medio, fueron muy similares entre si en cuanto al control de malezas ejercido con valores del 63,7%, 65,6% y un 64,3%, respectivamente.

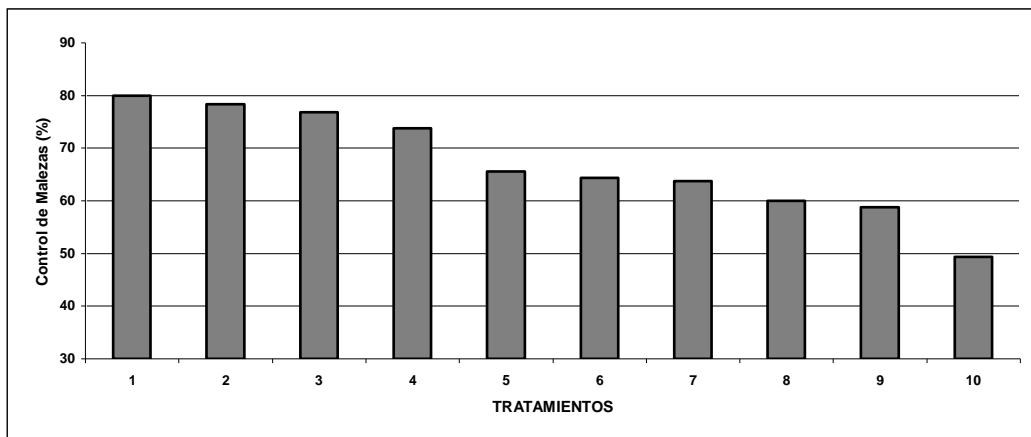
Por otra parte, se evidencio el hecho de que al combinar la acidificación con el uso de un coadyuvante como el NP-7, Tratamiento No. 9 la eficiencia en el control en las malezas ejercido se redujo cerca de un 20%, comportamiento no esperado y que debe valorarse en otro estudio.

Resulta digno de destacar el buen efecto provocado por el JUGO DE LIMÓN, producto barato y muy fácil de encontrar, preparar y adicionar, por lo que debe ser muy tomado en cuenta en las circunstancias actuales de costos, pese a lo cual se deben investigar otros tópicos relacionados como son la estabilidad de la mezcla posterior a su preparación.

En la Figura 1 se muestran gráficamente los resultados obtenidos y antes anotados en el Cuadro 4, donde los tratamientos correspondientes al uso de los acidificantes INDICATE, CQ 250 y COSMO AGUAS respectivamente, presentaron conjuntamente con la mezcla de herbicidas usada, el mayor control de las malezas, superando al testigo sin acidificante en más de un 16%, valor importante pero estadísticamente no significativo según la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad.

De acuerdo con la Escala de Control establecida previamente y los resultados promedio obtenidos en el estudio (Cuadro 4), la categorización alcanzada fue apenas moderada para todos los tratamientos.

Figura 1  
Control de Malezas Alcanzado en la Evaluación de Diferentes Acidificantes y Coadyuvantes, Aplicados a una Mezcla de Herbicidas Empleada en el Control de Malezas en la Caña de Azúcar.



## **Evaluación de la Calidad de Algunos Acidificantes en Función de la Estabilidad del pH en el agua**

La calidad de un producto acidificante, depende de su capacidad de mantener el pH estable por un periodo de tiempo suficiente que permita la aplicación de la mezcla de herbicida en el campo. Cuando se utilizan acidificantes comunes ( ácido fosfórico, cítrico, etc), las sales de carbonato, bicarbonato de calcio y magnesio, resisten el cambio de pH “efecto Buffer”. Es decir que después de reducir el pH del agua y agregar los herbicidas al tanque, el pH tenderá a cambiar de nuevo al pH alcalino, de aquí que un buen producto acidificante debería impedir que el pH se vuelva alcalino, sin importar los productos que se agreguen al tanque.

A pesar de que el jugo de limón reduce el pH del agua en igual forma como lo hacen los productos acidificantes se cuestiona su uso porque se afirma de que carece de la capacidad de mantener estable el pH del agua tiempo después de su aplicación, esta misma interrogante debería aplicarse a los diversos productos que se ofrecen en el mercado de agroquímicos y cuya diferencia de precios en algunos casos son significativas.

Para valorar la capacidad buffer de los productos acidificantes más comúnmente utilizados en el ensayo anterior, discutido se tomaron dichos productos y se aplicaron al agua antes de adicionar una de las mezclas más alcalinas reportadas en el Cuadro 5, la cual fue AMETRINA 80 WG 3K/ha + DIURON 80 WP 2 Kg/ha + 2,4-D 60 SL 2l/ha. Las dosis utilizadas de los acidificantes y el respectivo pH del agua tratada se observa en el Cuadro 6. Es importante indicar que las dosis en algunos productos se recomiendan en rangos por tanto estos dependerán del pH del agua utilizada y su correspondiente dureza. Los resultados obtenidos Cuadro 7 y Figura 2 demostraron que todos los productos mantuvieron el pH de la solución muy por debajo del agua potable utilizada en la preparación de la misma y con lecturas de pH durante las primeras horas apropiadas a la recomendación general cerca de 5 como se indico anteriormente. Productos como el jugo de los cítricos (limones) por su parte, lograron reducir y mantener los valores de pH de la solución en unos casos inferiores y otros igual a los demás productos acidificantes comerciales.

Cabe resaltar el hecho de que el objetivo de valorar el jugo de estos cítricos en especial, es con la finalidad de ofrecer a los pequeños productores una alternativa de bajo costo y fácil adquisición para mejorar si así se demuestra la efectividad en las aplicaciones de los herbicidas en pequeña escala como hay muchos casos en nuestro país.

El ácido cítrico tiene la particularidad de que con dosis muy bajas reduce drásticamente el pH del agua, así se observa en las lecturas y en la Figura 2, por lo que se debe tener precaución con esto debido a que una baja acidez del agua provoca que algunos herbicidas se “coagulen” e inactiven.

**Cuadro 5**  
Lecturas del pH de Diferentes Mezclas de Herbicidas Usadas en el Cultivo de la Caña de Azúcar después de su Preparación

Mezcla Herbicida y Respectivas dosis/ha	Horas					
	0	24	48	72	168	Promedio
Pendimetalina 50 EC ( 2l) + Terbutilazina 50 SC ( 2l) + 2,4-D 60 SL (2l)	7,1	7,3	7,3	7,2	7,1	7,2
Ametrina -Terbutrina 65 WP (4Kg) + 2,4-D 60 SL (2l)	7,1	7,4	7,2	7,2	7,1	7,2
Diuron -Hexazinona 63 WP (2Kg) + 2,4-D 60 SL (2l)	7,1	7,4	7,5	7,5	7,6	7,4
Terbutrina 50 SC (3l) + Diuron 80 WP (2Kg) + 2,4-D 60 SL ( 2l)	7,4	7,7	7,8	7,7	7,6	7,6
Terbutrina 50 SC (3l) + Terbutilazina 50 SC (3l) + 2,4-D 60 SL (2l)	7,0	7,2	7,2	7,1	6,7	7,1
Ametrina 80 WG (3Kg) + Hexazinona 75 WG (0.5 Kg) + 2,4-D 60 SL (2l)	7,9	8,0	7,6	7,5	7,4	7,7
Diuron 80 WP ( 3Kg) + 2,4-D 60 SL ( 2l)	7,7	8,0	8,0	8,1	8,0	8
Ametrina 80 WG ( 3 Kg) + Diuron 80 WP (2 Kg) + 2,4 60 SL (2l)	8,0	7,7	7,6	7,4	8,0	8,1
Hexazinona 75 WG (0.25 Kg) + Diuron 80 WP (2 Kg) + 2,4-D 60 SL (2l)	7,6	7,8	8,0	7,9	7,8	7,8
Diuron 80 WP (2 Kg) + 2,4-D - Fluroxipir 13 EC (2l)	7,1	7,5	7,5	7,3	7,3	7,3
Agua Potable	6,7	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8

Fuente: (1)

**Cuadro 6**  
Dosis Utilizadas en los Productos Acidificantes y pH  
Final del Agua Previo a la Aplicación de la Mezcla de Herbicida

Productos y dosis	pH
Limón Mandarina (2ml/L de agua)*	4,0
Limón Mesina ( 2ml/L de agua)**	3,6
Acido Citrico (0,5gr/L de agua)	2,8
COSMO-AGUAS (0,5 gr/L de agua)	4,8
C.Q. 250 (0,5ml/L de agua)	3,1
INDICATE ( 0,5ml/L de agua)	3,4
Agua Potable	6,4

**Dureza Total del agua 62 ppm**

\* *Solanum quitoense*

\*\* *Citrus aurantifolia*

**Cuadro 7**  
**Evaluación del Cambio de pH de una Mezcla de Herbicida Disuelta en una Agua**  
**Acidificada con Diferentes Productos**

Horas	0	1	2	3	5	7	11*	24
<b>Acidificante + Herbicidas</b>								
Limón Mandarina + Mezcla	5,6	5,7	5,8	5,8	6,1	6,0	6,2	6,3
Limón Mesina + Mezcla	5,7	5,7	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2
Acido Cítrico + Mezcla	4,9	4,8	4,7	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9
Cosmo-Aguas + Mezcla	5,7	5,7	5,7	6,0	5,9	5,9	6,0	6,1
C.Q. + Mezcla	5,6	5,7	5,7	6,1	5,8	6,0	6,3	6,4
Indicate + Mezcla	5,8	5,9	5,9	6,4	6,2	6,3	6,5	6,6
Agua Potable + Mezcla	6,3	6,4	6,6	6,6	6,7	6,9	7,3	7,8

\* Lectura de pH tomada al día siguiente

Mezcla: AMETRINA 80 WG 3 K/ha + DIURON 80 WP (2Kg/ha) + 2,4-D 60 SL (2l/ha)

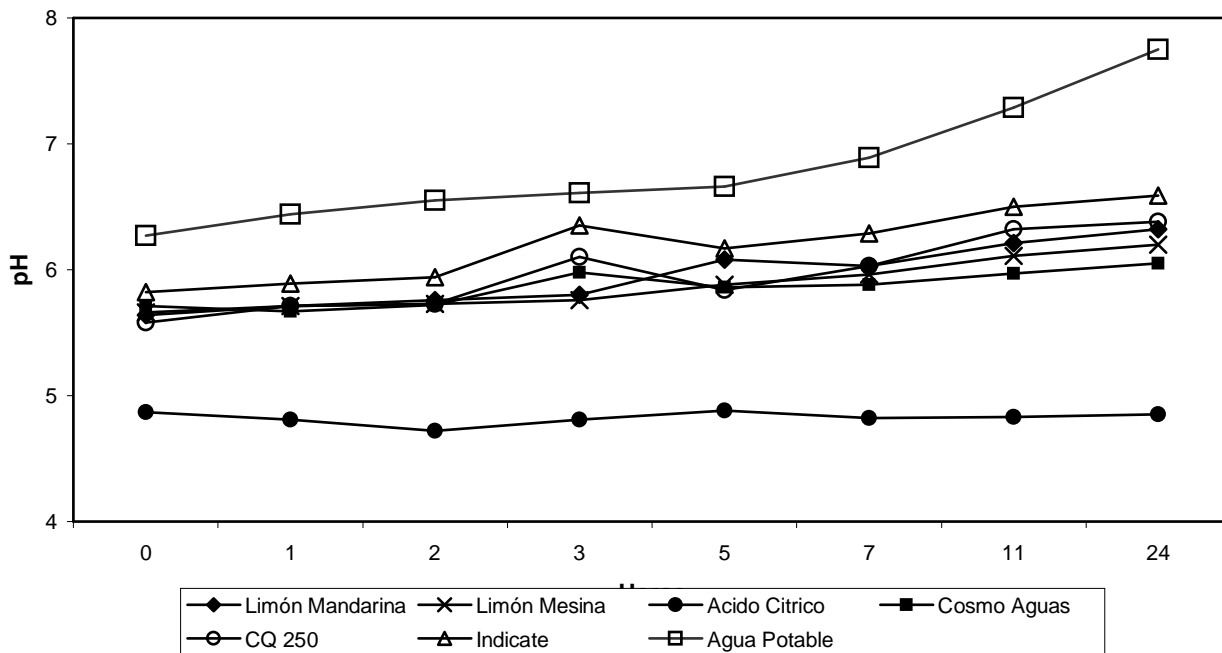


Figura 2. Comportamiento del pH Obtenido de una Mezcla de Herbicida disuelta en una Agua Tratada con Diferentes Productos Acidificantes.

La alta dureza del agua podría cambiar más rápidamente la estabilidad obtenida en el pH por los diversos productos acidificantes, por tal motivo se evaluó nuevamente dicha estabilidad utilizando una agua que contenía una mayor dureza que la anterior, para ello se tomo una muestra del “Río Cañas”, Cantón Carrillo Guanacaste y después de un análisis químico realizado en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas C.I.A se determinó que su pH fue de 7,59 y una dureza total de 272 ppm expresada como CaCO<sub>3</sub> . Las dosis de los acidificantes y el respectivo pH corregido se presenta en el Cuadro 8 donde se ajustaron las dosis previamente para obtener un pH cercano a 5.

En el Cuadro 9 y Figura 3 se presentan las lecturas de pH obtenidas algunas horas posteriores a la acidificación donde se observa que después de transcurrir seis horas posteriores a la acidificación las lecturas correspondientes al agua acidificada con el jugo de limón aumento respecto a los demás productos evaluados en este estudio. El producto INDICATE y COSMO AGUAS presentaron una buena estabilidad en el pH aunque al igual que todos y en forma lenta el agua tratada tendió a retornar a su pH inicial.

Con estos y otros resultados queda claro de que realmente existe un efecto “buffer” del agua y este esta ligado a la dureza del agua y el retorno correspondiente a su pH es sumamente lento y ocurre por igual en todos los productos valorados.

**Cuadro 8**  
**Productos Acidificantes con sus Respectivas Dosis y pH Final**  
**Corregido con los mismos al ser Aplicados a una Muestra de**  
**Agua del “Río Cañas” Carrillo Guanacaste**

<b>Acidificante</b>	<b>Dosis usada/L (gr o ml)</b>	<b>pH corregido</b>
Indicate	1,40	5,00
Acido Citrico	0,37	4,85
C.Q. 250	2,1	4,96
Jugo de Limón	5,00	5,07
Cosmo-Aguas	1,25	5,12

Nota: pH agua 7,59 Dureza Total 272 ppm  
Muestra Tomada en Febrero 2003

Es importante resaltar el hecho de que la mayoría de los tratamientos presentan un comportamiento similar en las lecturas correspondientes de pH a pesar de ser químicamente diferentes y que los pequeños cambios ocurren horas después de preparada la solución.

**Cuadro 9**  
**Comportamiento del pH del Agua Acidificada con Diferentes Productos Posterior a su Preparación**  
**en una Muestra de Agua del “Río Cañas” en Carrillo Guanacaste**

<b>Horas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>46</b>
Acido Cítrico	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6,1
Cosmo-Aguas	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1
Jugo de Limón	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	6,1	6,2	6,2	6,5
C.Q. 250	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	6,0	6,0	6,0	6,2
Indicate	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1

<b>Horas</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>70</b>	<b>74</b>	<b>78</b>	<b>142</b>
Acido Cítrico	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6	5,6
Cosmo-Aguas	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8
Jugo de Limón	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
C.Q. 250	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8
Indicate	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7

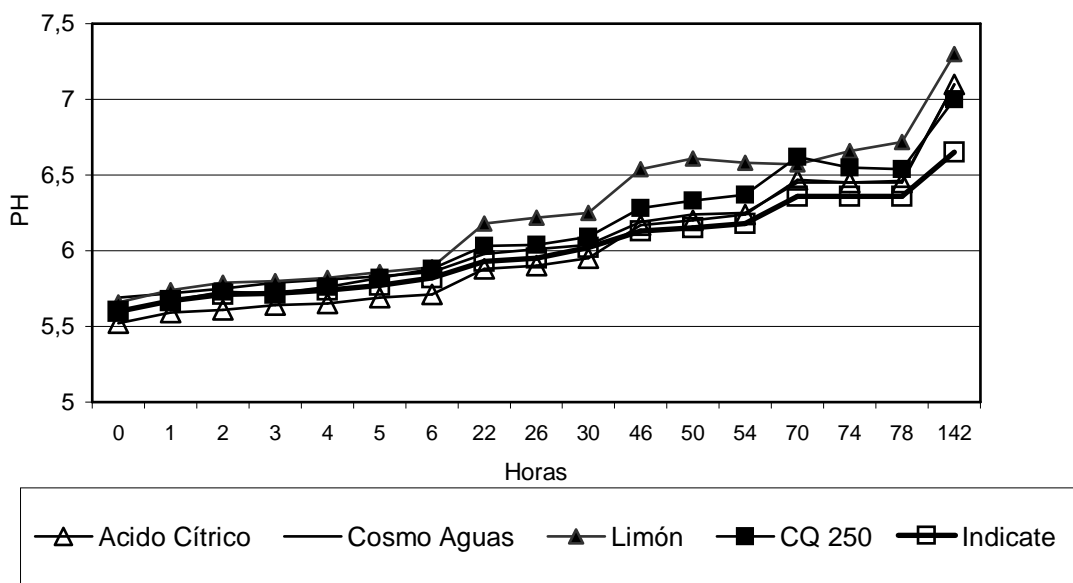


Figura 3. Comportamiento del pH en una Mezcla de Herbicida Disuelta en una Agua Tratada Con Diferentes Productos Acidificantes

## COADYUVANTES

Los coadyuvantes al igual que los acidificantes sirven para mejorar la actividad fitotóxica de los herbicidas debido a las propiedades que presentan como adherentes, dispersantes y penetrantes. Algunos productos presentan todas o algunas de estas propiedades, por lo que surge la interrogante de acuerdo a su modo de acción de cual de ellos es el más efectivo al tipo de herbicidas a utilizar según nuestro interés.

El uso de un coadyuvante apropiado que mejore la efectividad de los herbicidas, es posible lograr reducir las dosis de los mismos y con ello los costos para controlar malezas comunes y problemáticas en los campos cultivados con caña de azúcar. La búsqueda de dicho coadyuvante entre numerosos productos de esta naturaleza existentes en el comercio, DIECA ha evaluado algunos de los más utilizados por los productores cañeros con el fin de despejar la interrogante planteada en este sentido. Sin embargo surgieron nuevas dudas al combinar tanto producto químico en una solución ( Acidificante + Herbicida + Coadyuvante) por lo que se integraron en un estudio las prácticas de la acidificación y la combinación de diferentes coadyuvantes y así conocer si realmente hay algún sinergismo al respecto.

### **Evaluación de la Interacción de la Acidificación del Agua y el Uso de Diferentes Coadyuvantes Agregados a una Mezcla de Herbicidas en Turrialba. (2)**

Se evaluaron un total de 12 tratamientos en un ensayo cuyo diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar en arreglo factorial con 4 repeticiones aleatorizados para un total de 48 parcelas en la finca del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Turrialba, provincia de Cartago.

La variedad utilizada fue B 77-95 y se cultivo en parcelas constituidas de 5 surcos de 9 metros distanciados a 1,5 m entre sí. Dichas parcelas presentaron una buena cobertura de malezas entre las cuales se encontraban mayoritariamente: *Digitaria sanguinalis*, *Conmelia difusa*, *Braquiaria spp*, *Borreria lavis*, *Echinocloa colonum* y *Rottboellia cochinchinensis* entre otras.

La mezcla de herbicidas seleccionada fue **TERBUTRINA 50 SC 3l/ha + DIURON 48 SC 2l/ha + 2,4-D –FLUROXIPIR 13 EC 1.5l/ha**, comúnmente utilizada hoy en día en la mayoría de las fincas cañeras de ésta y otras regiones cañeras del país, por ser relativamente económica y muy efectiva para controlar las malezas de hoja ancha y gramíneas. La composición y naturaleza de los tratamientos estudiados se indica en el Cuadro 10, tipificando su composición química o nombre genérico, las dosis utilizadas y su respectivo costo.

En el caso del tratamiento que contenía el coadyuvante KENKOL, la dosis de herbicidas se redujo en un 25% por sugerencia del distribuidor, debido a que dicho producto permite según su criterio dicha reducción al aumentar complementariamente la eficiencia de los herbicidas empleados en la mezcla.

Se realizó una sola aplicación en el campo con la maleza en estado de post emergencia temprana y con una edad de la caña de 3 meses en ciclo de caña soca. El volumen de aplicación fue de 300 litros/ha.

La acidificación del agua se realizó mediante el uso del producto comercial CQ 250 (2,5%) en forma previa a la preparación de la mezcla; posteriormente se aplicaron los herbicidas y el coadyuvante correspondiente. El valor de pH del agua fue de 6,0 antes de efectuar la acidificación disminuyendo y ajustándose finalmente en 3,5 luego de agregar el acidificante.

Los resultados indicaron que se encontró diferencias estadísticas significativas al 1% únicamente entre las repeticiones y entre los diferentes coadyuvantes evaluados, no así en el empleo del acidificante y sus diversas interacciones.

En el Cuadro 11 y la Figura 4 se observan los resultados obtenidos a partir de la evaluación del control de las malezas para cada uno de los 12 Tratamientos estudiados, como lo expresa Cuadro 11; aunque también se valoró de manera independiente la acción acidificante del agua para cada coadyuvante, lo que generó un valor promedio cuya representación se anota en el mismo Cuadro y Figura 4.

**CUADRO 10**  
**Características de los Productos Utilizados en la Acidificación**  
**del Agua y Adición de Coadyuvantes a una Mezcla de Herbicidas Empleados**  
**Para el Control de Malezas en la Caña de Azúcar**

NOMBRE COMERCIAL *	NOMBRE GENÉRICO/ QUÍMICO	DOSIS	PRESENTACIÓN	PRECIO UNITARIO		PROPIEDAD
				¢	\$	
CQ 250 2,5%	Acido Etano Dióico	1,0 ml/l	Litro	623,0	1,86	Acidificante
WK 85% SL	Monoxinol	1,5 ml/l	Litro	1.333,0	3,98	Coadyuvante
CPCP 27,65% L	Eter Polietileno Glicóxido Eti-Dimetilpolis	4,0 ml/l	Litro	2.398,0	7,16	Coadyuvante
KENKOL	Polímero de Bloque Lineal C 10 a C 8	0,125 ml/l	50 ml	33.500,0	100,0	Coadyuvante
NP-7 10,4 L	Poli Alquilaril	0,5 ml/l	Litro	2.522,0	7,53	Coadyuvante
COSMO IN 27 SL	Alcohol Eto Polioxietileno- Alkil Eter	3,0 ml/l	Litro	2.412,0	7,20	Coadyuvante
IGRAN 50 SC	Terbutrina 50%	3,0 l/ha	Litro	3.691,0	11,02	Herbicida
KILLURON 48 SC	Diuron 48%	2,0 l/ha	Litro	2.330,0	6,95	Herbicida
TRUPER 13 EC	2,4-D (12%) + Fluroxypyr(1%)	1,5 l/ha	Litro	1.035,0	3,09	Herbicida

\* **Marcas Registradas (MR)**

**Tipo de cambio 1US= ¢335,00**

\*\* Precios consultados al distribuidor y almacenes de las Cámaras de Productores de Caña del país.

Se evidencia en esa información las diferencias verificadas en la acción de control de la mezcla por parte de los diferentes coadyuvantes, al mejorar la efectividad de los herbicidas empleados, a pesar de que en la prueba de medias (Tuckey 5%) dichas diferencias no fueron significativas para la acidificación del agua desde el punto de vista estadístico, no marcando por tanto variación entre las mismas.

El único tratamiento donde la presencia del acidificante promovió y favoreció un mayor control de las malezas presentes, fue donde se utilizó el WK como coadyuvante con un valor promedio de 85,62% de control, el cual es calificado según la escala adoptada como ADECUADO y por tanto satisfactorio.

Lo anterior resulta aún más relevante al verificar que su incremento en el costo significa apenas un aumento del 4,5% por hectárea respecto al tratamiento Testigo, generando complementariamente un 15% más de efectividad en el control de las malezas, lo que dimensiona su efectividad.

Con la adición del coadyuvante WK posiblemente se favoreció una mayor y más rápida absorción de los herbicidas (mezcla) debido a su acción penetrante, y con ello, un mejor aprovechamiento de la mezcla y acción fitotóxica sobre las malezas presentes.

Los demás coadyuvantes evaluados mostraron también una importante mejoría en el accionar de los herbicidas sobre el control de malezas, aunque en menor proporción respecto al WK. El porcentaje de control fue en promedio de un 73,4% para el NP-7; un 75,3% para el CPCP Coadyuvante y un 70,6% para el COSMO IN, respectivamente.

**CUADRO 11**  
**RESULTADOS DEL CONTROL DE MALEZAS EN LA EVALUACION DEL EFECTO DE LA**  
**ACIDIFICACIÓN DEL AGUA EN INTERACCION CON DIFERENTES COADYUVANTES**  
**EN UNA MEZCLA DE HERBICIDAS EN TURRIALBA, CARTAGO.**

No.	Tratamientos	Grupo	Porcentaje		Costo	
			Control	Promedio*	€	\$
1	MEZCLA + WK + <b>Acidificante</b>	<b>A</b>	85,62 a	78,43 a	17.893,50	53,68
2	MEZCLA + WK		71,25 a			
3	MEZCLA + CPCP coad + <b>Acidificante</b>	<b>B</b>	69,75 a	75,37 a	20.253,50	60,46
4	MEZCLA + CPCP coad		81,00 a			
5	MEZCLA (75% Dosis) + KENKOL + <b>Acidificante</b>	<b>C</b>	61,87 a	63,43 a	14.314,50	42,73
6	MEZCLA (75% Dosis) + KENKOL		65,00 a			
7	MEZCLA + NP-7 + <b>Acidificante</b>	<b>D</b>	71,87 a	73,43 a	17.816,00	53,18
8	MEZCLA + NP-7		75,00 a			
9	MEZCLA + COSMO IN + <b>Acidificante</b>	<b>E</b>	69,37 a	70,62 a	19.553,50	58,37
10	MEZCLA + COSMO IN		71,87 a			
11	MEZCLA + <b>Acidificante</b>	<b>F</b>	66,25 a	65,93 a	17.383,50	51,89
12	MEZCLA + ( Testigo)		65,62 a			

Tratamientos con igual letra no son estadísticamente diferentes entre sí, según Prueba de Tukey al 5%

\* Evaluación del Efecto del Surfactante

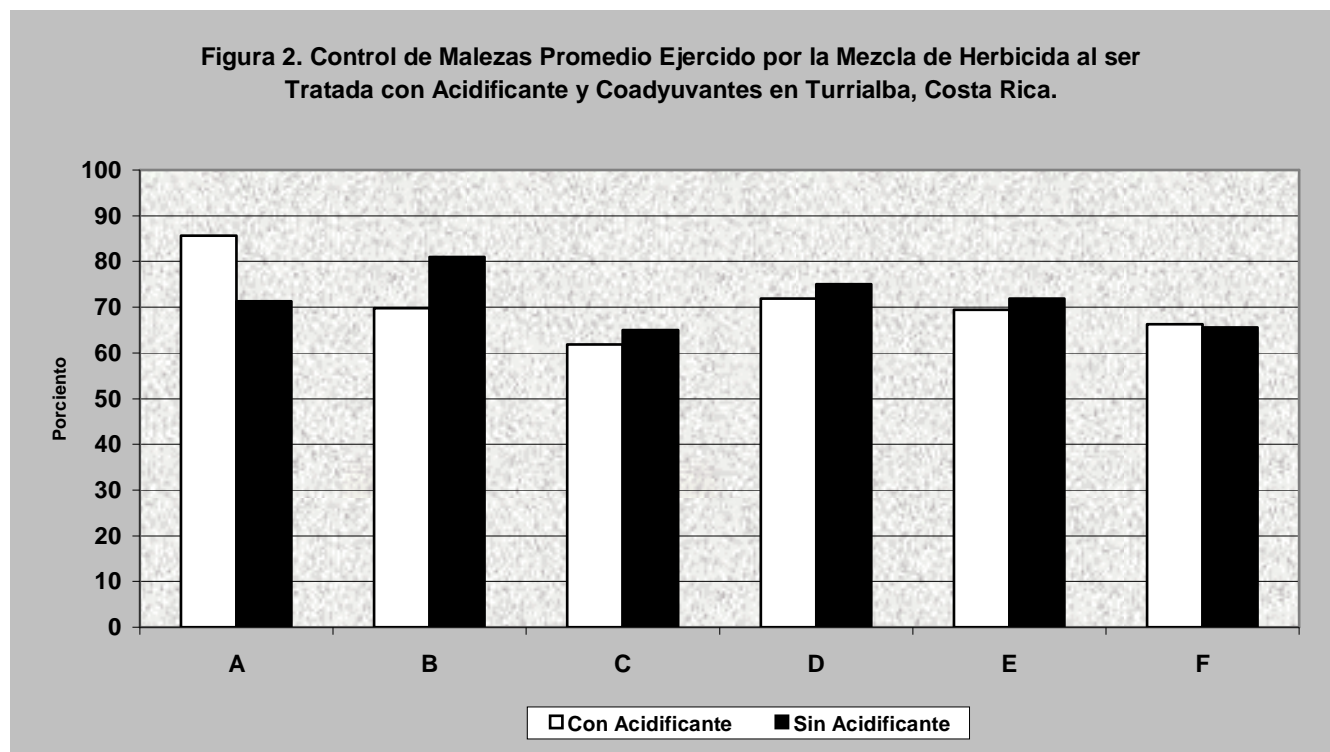
1US\$=€335,00

Por su parte, en el caso del tratamiento con KENKOL como se mencionó anteriormente y por sugerencia del distribuidor, la mezcla de herbicidas empleada se redujo en un 25%, con lo cual se logró controlar la maleza en un 63,4%, valor similar y muy próximo al verificado por el tratamiento Testigo (con el 100% de la dosis) con un 65,9% del control, lo que resultó económica y ambientalmente muy favorable.

El producto acidificante (CQ 250) aplicado no marcó en general ninguna diferencia sobre el efecto de control de las malezas como se observa entre los Tratamientos No 11 y 12 (Figura 4). La acidificación complementada con la presencia del coadyuvante tuvo una tendencia levemente negativa y contraria a los esperado en el control de malezas, con excepción del Tratamiento No 1 como se mencionó y comentó anteriormente.

Una valoración simple del efecto de acidificar el agua sobre la acción del coadyuvante, revela que sólo en el caso del Testigo y el WK se alcanzó un mejoramiento de la acción de control de las malezas, al incrementarse éste en un +3,63 y +14,37%, respectivamente. En el resto de los coadyuvantes evaluados, la acidificación más bien desmejoró el efecto del control de las malezas en un -6,25% en el caso del CPCP, un -3,13% en el KENKOL, un -3,13% en el NP-7 y un -2,50% en el COSMO IN.

La acidificación del agua es indudablemente una práctica importante para mejorar la solubilidad y estabilidad del ingrediente activo de algunos herbicidas; sin embargo, como se nota existen algunas excepciones a la regla por lo que se debe realizar un análisis previo de cada situación para elegir la práctica y los productos más adecuados.



\* Los grupos se anotan y describen en el Cuadro

Con la adición del coadyuvante WK posiblemente se favoreció una mayor y más rápida absorción de los herbicidas (mezcla) debido a su acción penetrante, y con ello, un mejor aprovechamiento de la mezcla y acción sobre las malezas presentes.

## CONCLUSIONES

Después de conocer los resultados obtenidos en diversos estudios de investigación donde se han puesto a prueba productos acidificantes y coadyuvantes en el campo bajo diferentes condiciones es posible concluir lo siguiente:

- La acidificación del agua utilizada en la aplicación de los herbicidas en el cultivo de la caña de azúcar no debe realizarse en forma generalizada para todas las mezclas ni para todas las aguas, por lo que se recomienda un análisis detallado de las aguas utilizadas en la aplicación de los herbicidas.
- Todos los productos acidificantes evaluados redujeron el pH del agua y fueron capaces de mantener el mismo por mucho tiempo a pesar de la dureza del agua.
- La acidificación del agua de aplicación podría dar beneficios adicionales en algunas mezclas de herbicidas y en condiciones de pH y dureza elevados ( $\text{pH} > 7$  y dureza 100 ppm) sin embargo al respecto falta realizar más investigación para lograr determinar con mayor precisión que mezclas requieren de esta práctica y en presencia de aguas duras.
- Las dosis de los diferentes acidificantes deben estar en función siempre del pH inicial del agua a utilizar.
- El uso de productos naturales como el Jugo de Limón funciona como acidificante del agua empleada y en pequeña escala se puede utilizar como cualquier otro producto comercial que cumpla dicha función específica.
- Algunos productos acidificantes presentan acción “quelatizante” de los iones de Calcio y Magnesio característica que no se logró valorar totalmente en la efectividad de los por la baja dureza del agua.
- El tipo de coadyuvante a utilizar debe estar en función de la mezcla de herbicida a aplicar y de las características de acción y penetración de los mismos por lo que su uso no debe ser generalizado ni en todas las mezclas ni con todos los coadyuvantes disponibles en el mercado.
- La característica específica de penetrante en los coadyuvantes parece ser la mejor forma de incrementar el accionar de las principales mezclas de herbicidas valoradas en estos estudios y en otros estudios realizados por DIECA en todo el país.
- La práctica de combinar la acidificación del medio y el uso de coadyuvantes en general no pareciera ejercer los beneficios esperados, sin embargo se deben valorar otras mezclas y otros ambientes antes de brindar una recomendación al respecto.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Alfaro P, R; 2001. Principios Económicos Básicos en el Control de Malezas en Caña de Azúcar. Grecia, Costa Rica, LAICA – DIECA, mayo 11 p.
2. Alfaro P, R; Calderón A, G; Bolaños P, J. 2002. Evaluación de la Acidificación del Agua y Cinco Coadyuvantes Seleccionados en una Mezcla de Herbicidas Utilizados para el Control de Malezas en el Cultivo de la Caña de Azúcar en Turrialba, Cartago. Grecia. Costa Rica. LAICA-DIECA. Noviembre. 9 p.
3. Alfaro P, R; Villalobos M, C; Bolaños P, J. 2002. Evaluación de Diferentes Acidificantes y Coadyuvantes Adicionados a una Mezcla de Herbicidas Utilizado para el Control de Malezas en Caña de Azúcar en Esparza, Puntarenas. Grecia, Costa Rica, LAICA-DIECA, Mayo. 11 p.
4. Bayer. 1996 ¿ Es el pH del Caldo de Aspersión un Problema? Alemania Boletín Dpto. Técnico. Centro Agropecuario Bayer. 3p.
5. García R, I; Sánchez O, M; Creach, I. 2001. Influencia del pH del Agua Sobre la Efectividad de Varios Herbicidas Utilizados en Caña de Azúcar. Revista. Cuba & Caña. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Cuba: 55-57.
6. Kemmer, F; Mc Callion; 1979. Manual del Agua. Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicación Trad. Por Matilde Espinoza y Frascisco Medina. Juárez México. Mac Graw – Hill. 431 p.
7. Rodríguez, N; Covas, G. 2002. Calidad de Agua y Agroquímicos. Buenos Aires Argentina Agronort S.A. 22 p.