

# CALIDAD DE AGUA Y AGROQUÍMICOS: AGUA Y HERBICIDAS\*

**Nicasio M. Rodríguez**

Ing.Agr., Area Agronomía E.E.A. Anguil " Ing.Agr. Guillermo Covas" - INTA

## AGUAS Y HERBICIDAS

Una ventaja del uso de herbicidas de aplicación postemergente en cultivos es que su empleo puede ser aconsejado sobre la base de una evaluación previa de la problemática real del nivel de infestación y la necesidad de intervenir en el sistema cultivo-maleza (Umbral de daño). Reducciones en el uso de herbicidas y dosis es una realidad posible de alcanzar a través de un mejor conocimiento de los factores que influyen la fitotoxicidad de los mismos.

Las condiciones climáticas secas en la región semiárida pampeana son consideradas generalmente una de las causas de la pobre efectividad en los controles de malezas con muchos herbicidas de aplicación postemergente de acción de contacto.

Los herbicidas y otros agroquímicos deben ser generalmente aplicados en un vehículo líquido ("carrier") que ayuda a su apropiada distribución sobre las superficies de las plantas objetivo de su empleo. Existen vehículos líquidos de diverso origen pero el más común y barato empleado es el agua.

El agua empleada como vehículo o "carrier" para agroquímicos se obtiene de dos fuentes principales: el agua superficial (ríos, lagunas, etc.) y la subterránea (extraída de distintos acuíferos naturales); esta última es en nuestra región la más comúnmente empleada.

En general muchos de los **herbicidas** que son ácidos débiles y son formulados como sales son **antagonizados** en mayor o menor medida en su efecto por los **cationes** existentes en las aguas empleadas como vehículos. Asimismo el efecto del **pH** de la solución tiene que ver con aspectos relacionados como la **estabilidad y vida media** de agroquímicos (pesticidas) así como con la performance de herbicidas en lo que se relaciona a su **penetración**.

### Efecto del pH

La estabilidad de la mayoría de los **herbicidas** disueltos en agua es muy buena, siempre y cuando los mismos sean pulverizados dentro de un día o dos de la mezcla. La excepción pueden ser algunos herbicidas sulfonilureas los cuales se degradan por hidrólisis química estando en solución acuosa. Muchas recomendaciones de uso de sulfonilureas establecen que los herbicidas deben ser aplicados dentro de 24-36 horas de la mezcla para evitar la degradación. La tasa de degradación de herbicidas de la familia sulfonilureas por

---

\* Tomado y adaptado de: Nicasio M. Rodríguez. 2000. Calidad de agua y agroquímicos. Nicasio M. Rodríguez. INTA EEA Anguil. ISSN 0325-2167

hidrólisis química se incrementa cuando el pH de la solución decrece (en particular pH menores de 5). Por ende la acidificación de las soluciones puede llevar a incrementar el grado de degradación de herbicidas Sulfonilureas. En términos de herbicidas Paraquat y Bromoxynil son considerados susceptibles a condiciones de soluciones alcalinas. No obstante la vida media de la mayoría de los herbicidas en solución acuosa es generalmente adecuada considerando que ellos no serán mantenidos un tiempo prolongado en el tanque pulverizador. El valor de pH óptimo para los distintos herbicidas puede observarse en la Tabla 1. Otros pesticidas en particular **fungicidas e insecticidas** se degradan más rápidamente en soluciones alcalinas (pH mayores de 8).

**Tabla 1:** pH óptimo para algunos herbicidas

Principio activo	Nombre comercial	pH	Observaciones
Alaclor	Lazo	5	Afectado por aguas alcalinas
Atrazina	Gesaprim	4-6	Descomposición lenta en aguas alcalina, rápido con cationes presentes.
Bromoxinil	Weedex Brominal	5	Sujeto a hidrólisis a partir de pH 7.
Haloxifop R metil	Focus	5	
Clorimurón etil	Classic	5	Estable a pH 5
Clorsulfurón	Glean	7	No es recomendable bajar el pH
Dicamba	Banvel	5	Estable entre pH 5 y 6
Glifosato	Varias	4-5	Afectado negativamente por aguas con altos contenidos de Ca, Mg, Na, Fe, etc.
Fluazifop P-Butil	Hache Uno	4-6	pH 9 = 17 días pH 7 = 150 días pH 4 = 500 días
Metribuzín	Sencorex	7	No es afectado por pH
Paraquat	Gramoxone		Estable salvo en condiciones muy alcalinas
Bentazon	Basagran	7	
Trifluralina	Treflan	5.5	

El efecto del pH de la solución sobre la **toma del herbicida por la planta** no está aún bien definido. En teoría, los herbicidas ácidos débiles penetran mejor las superficies foliares en una forma neutral. Cuando el pH de la solución pulverizada se incrementa, más cantidad de moléculas del herbicida ácido débil se tornan ionizadas o con cargas reduciendo potencialmente su toma por la planta. Todo esto considerando que el ácido principal esté presente en la solución a pulverizar o en la superficie de la hoja y sea capaz de cambiar de estado de ionización. En realidad muchos de los herbicidas ácidos débiles son formulados como sales (ejemplo la sal isopropilamina del glifosato) y pueden no sufrir este tipo de reacciones cuando el pH de la solución puede ser un factor. La actividad de los herbicidas foliares que son neutros (la mayoría de los productos de acción postemergentes) no es influenciada por el pH de la solución mientras que la actividad de los herbicidas de reacción básica (ejemplo las triazinas) puede ser reducida en soluciones ácidas.

## Efecto de partículas en suspensión

Los **minerales, arcilla y materia orgánica** en el agua utilizada como vehículo para agroquímicos puede reducir la efectividad de los herbicidas. La arcilla inactiva paraquat y glifosato. La materia orgánica inactiva muchos herbicidas y los minerales pueden inactivar 2,4-D sal amina, MCPA sal amina, dicamba, glifosato, setoxidym, etc. En la tabla 2 pueden observarse diversos herbicidas y su comportamiento frente a aguas de diversas calidades.

**Tabla 2:** Herbicidas y su relación con la calidad del agua.

Herbicidas	Calidad agua			
	sucia	dura	salina	Alcalina
Bipiridilos ( paraquat, diquat)	XX	/	/	X
Glifosato	X	X	/	X
Atrazina, simazina	/	/	x	X
Triallato, trifluralin, penoxalin	/	/	/	/
Cyanazina	/	/	/	/
Diuron	/	/	/	/
Clorsulfuron	/	/	/	//
Metsulfuron	/	/	/	//
Triasulfuron	/	/	/	//
Quizalofop, fluazifop	/	/	/	X
Fenoxaprop p etil	/	/	/	X
Cletodim	/	/	/	/
Diflufenican	/	/	/	Xx
Diflufenican-bromoxynil	/	/	/	X
Diflufenican-MCPA	/	/	/	X
Bromoxynil	/	/	/	X
Bromoxynil-MCPA	/	/	/	X
2,4-D amina	/	X	/	X
2,4-D éster	/	/	/	/
MCPA amina	/	X	/	X
MCPA éster	/	/	/	/
Dicamba	/	X	/	X
Flumetsulam	/	/	/	/
Terbutrina	/	/	/	X
Metribuzin	/	/	/	X
<b>Clave de calidad del agua</b>				
Agua de calidad				/
Agua mejora efecto productos				//
No usar esta agua- se reduce la eficacia				X
No usar de manera absoluta- se pierde eficacia				XX
Puede usarse si es absolutamente necesario. Pulverice tan pronto como sea posible				X
Pulverice lo más pronto posible				Xx

### Efecto de sales y cationes (dureza)

El agua subterránea utilizada en la región semiárida pampeana como vehículo de agroquímicos tiene medianos a altos contenidos en **sales**, y **cationes** como calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro y **aniones** tales como bicarbonatos, cloruros y sulfatos, y puede contribuir a una baja performance en los efectos de ciertos herbicidas en plantas.

El **grado de dureza** (una medida de la problemática del agua para los herbicidas-Tabla 3) necesario para reducir la actividad herbicida no está bien documentado y depende del herbicida, la fuente de agua y contenido mineral, especies de malezas y condiciones ambientales durante la aplicación. Los **cationes** calcio, magnesio, sodio, potasio, etc. contenidos en el agua **pueden antagonizar los efectos** de distintas formulaciones sales de **herbicidas** como glifosato, 2,4-D, 2,4-DB, dicamba, imazetapyr, etc., sobre distintas malezas. Antagonismo de ciertos herbicidas con el ión Ca (catión) pueden ocurrir a niveles de concentración desde 150 ppm del mismo. El hierro es también un catión que puede antagonizar pero no se encuentra en las aguas en la región en forma abundante. Los iones Sulfato (anión) en el agua han reducido el antagonismo de Ca y Mg, pero la concentración de sulfatos debe ser al menos 3 veces la concentración de Ca<sup>++</sup> para superar el antagonismo. La cantidad natural de sulfatos en agua en general es insuficiente para lograr esto, de allí que una de las formas de evitar la interferencia sea el agregado de sulfato de amonio (un adjuvante en este caso), en cantidades que se indican en la fórmula en el apartado correspondiente. El agua frecuentemente contiene una combinación de sodio, calcio, magnesio, potasio y estos cationes generalmente son aditivos en su antagonismo a herbicidas (Tabla 4).

**Tabla 3:** Clasificación de la dureza del agua\*

	ppm de Carbonato de calcio
<b>Blanda</b>	0-60
<b>Moderada</b>	61-120
<b>Dura</b>	121-180
<b>Muy dura</b>	> 180

\* Fuente: Asociación Americana de Ingenieros.

El **bicarbonato de sodio**, un contaminante natural de aguas en algunas áreas **reduce la actividad herbicidas** de la familia de las ciclohexanodionas (tales como cletodim, setoxydim), MCPA, 2,4-D, 2,4-DB sales amina, glifosato, dicamba. Se han encontrado aguas con contenidos de 1600 ppm de bicarbonato de sodio, pero el antagonismo sobre los herbicidas mencionados comienza ya a partir de 300 ppm.

**Tabla 4:** Principales constituyentes del agua en la región semiárida pampeana

Cationes (carga positiva)	Aniones (carga negativa)
Calcio (Ca <sup>++</sup> )	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )
Magnesio (Mg <sup>++</sup> )	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )
Sodio (Na <sup>+</sup> )	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )

El antagonismo está relacionado a la concentración de sales. A niveles bajos, las disminuciones en los efectos fitotóxicos sobre malezas pueden no notarse bajo **condiciones ambientales** normales. No obstante, el efecto antagónico de bajos niveles de

sales puede resultar en control inadecuado de malezas cuando el efecto es marginal por tratarse de especies parcialmente susceptibles o períodos de sequía.

Distintos productos químicos denominados **adjuvantes** son empleados para **mejorar el efecto de los herbicidas y disminuir el antagonismo** de los cationes en las aguas en el uso de herbicidas. Así, ácidos y quelatos han superado el antagonismo del catión calcio sobre glifosato; como así también es marcada la acción de sales de amonio (Sulfato de amonio) para inhibir el antagonismo de cloruros de calcio y bicarbonatos de sodio sobre glifosato, 2,4-D, 2,4-DB, setoxidim, etc., evitando la formación de sales menos efectivas que las originales de la formulación.

No existe información aún muy desarrollada que nos indique que **adjuvantes** pueden incrementar la efectividad herbicida por cambios en su formulación a nuevas formas más fitotóxicas; sin embargo algunas experiencias indican que las sales de amonio (sulfato amonio, UAN) además de evitar la formación de complejos de herbicidas y cationes **mejoran la actividad de los activos** formando componentes más activos que los originales; estas sales de amonio se ha demostrado que mejoran la actividad de los herbicidas aún sin la existencia de sales antagonistas, especialmente en herbicidas como glifosato, sulfonilureas, acifluorfen, bentazon.

Las mezclas ("blends") de fertilizantes nitrogenados y surfactantes pueden aumentar el control de muchos herbicidas formulados como sales. En ciertas especies de malezas (*Kochia scoparia*) el agregado de adjuvantes no logra mejorar el antagonismo del calcio a ciertos herbicidas (glifosato y ciertas sales de dicamba), dejando como conclusión que los mecanismos para superar los antagonismos a través de adjuvantes varían con el tipo de herbicida, adjuvantes y especie de maleza (caso de algunos herbicidas de la familia de las sulfonilureas). Existen ciertos ácidos (sulfúrico, acético, ortofosfórico, etc) que "secuestran" ("quelan") los cationes antagonistas y que al bajar el pH de la solución permiten la protonación de los herbicidas e impiden la formación de sales antagonistas con los cationes alcalinoterreos; si bien el bajar el pH del agua puede ser una solución en cierto tipo de herbicidas en otros (caso de los CHD) el pH no es importante en su fitotoxicidad o la respuesta al mismo es influenciada por los iones asociados.

En otros casos la formación de sales con los cationes mencionados más arriba impide la rápida penetración del herbicida a través de la cutícula y tratándose de herbicidas que son sensibles a la fotodegradación la efectividad de la dosis aplicada se reduce (ciclohexanodionas).

El fabricante de pesticidas debe proveer información sobre la performance del producto en relación a las calidades del vehículo a emplear. Un análisis de las fuentes de agua empleadas en la pulverización en lo referente a contenido de sales, dureza y pH proveerá una guía para la determinación de posibles efectos sobre la eficacia herbicida. Este análisis expresará los niveles de sales en ppm (mg/l). Como conclusión es útil señalar que un conocimiento más profundo del antagonismo a agroquímicos por sales que contaminan los vehículos empleados en su pulverización (aguas superficiales o subterráneas) llevará a mejorar su efectividad al tiempo que permitirá evitar peligros de contaminación ambiental por sobreuso.