



Foto: Tiago Kaspary

CALIDAD DEL AGUA PARA LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS

Ing. Agr. Mag. Amparo Quiñones¹
Ing. Agr. MSc. PhD. Tiago Kaspary^{1,2}

¹Programa de Investigación en Pasturas y Forrajes

²Programa de Investigación en Cultivos de Secano

La calidad del agua que se utiliza para la aplicación de productos fitosanitarios influye en su comportamiento agronómico. En este artículo se presentan tres de las propiedades fisicoquímicas del agua (turbiedad, pH, dureza) que afectan la efectividad de algunos herbicidas y se brindan pautas generales de manejo del agua para aplicaciones.

INTRODUCCIÓN

El agua en su continuo movimiento por el planeta entra en contacto con los diferentes compartimentos ambientales (atmósfera, hidrósfera, biósfera, geósfera, antropósfera) y va modificando su estado y composición. Dentro de los constituyentes naturales del agua existen diversos elementos físicos, químicos y biológicos que inciden en sus propiedades y en su aptitud de uso. Por ejemplo, no se puede beber el agua de un tamar al que ingresa ganado porque puede contener

microorganismos patógenos. El agua de uso agrícola también puede presentar limitantes y es especialmente importante contar con agua de buena calidad para el uso de fitosanitarios. Aunque en las aplicaciones de herbicidas a campo el agua es el vehículo más utilizado y representa la mayoría del volumen del caldo, en ocasiones se cometen errores de manejo.

La composición química de los herbicidas determina su comportamiento en el agua, el suelo y las plantas. La presencia de sustituyentes en la molécula altera

propiedades relevantes de los herbicidas como la solubilidad y la carga eléctrica. En el agua extraída de fuentes naturales ocurren procesos que reducen la actividad biológica de los herbicidas, los degradan o inactivan. La adsorción es la unión de la molécula del herbicida a partículas sólidas en suspensión, como arcillas y materia orgánica. La hidrólisis es la degradación química de la molécula del herbicida por la acción del agua (hidrólisis, hidro=agua, lisis=rotura), es decir el agua modifica estructuralmente la molécula del herbicida y lo inactiva. La disociación es la separación de la molécula del herbicida en moléculas más pequeñas. La precipitación ocurre cuando el herbicida se conjuga con un elemento y se separa de la solución, formando un sólido que se deposita en el fondo del tanque de aplicación o es retenido por los filtros del equipo. Para minimizar estos procesos se deben adoptar una serie de prácticas basadas en el conocimiento de las propiedades fisicoquímicas del agua y de los herbicidas

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA QUE INCIDEN EN EL COMPORTAMIENTO DE HERBICIDAS

Turbiedad

La turbiedad mide el grado en que el agua pierde la transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Altos valores de turbiedad se asocian a la presencia de partículas de limo, arcilla y materia orgánica, lo que sucede frecuentemente en aguas superficiales (cañadas, tajamares, tanques australianos, etc.). Las cargas eléctricas negativas de dichas partículas se unen con las cargas eléctricas positivas de algunos herbicidas. El coeficiente de adsorción a la materia orgánica (Koc, expresado como mL por g carbono orgánico) describe la afinidad de los herbicidas por la materia orgánica: a mayor Koc mayor afinidad con el suelo y menor efectividad en aguas turbias. Los ejemplos destacados de extrema afinidad al suelo son el paraquat, diquat y trifluralina. También presentan valores elevados de Koc el glifosato, diflufenicán, glufosinato y algunos graminicidas (fenoxaprop, clodinafop y quizalofop).

pH

El pH describe la acidez o alcalinidad de una solución. El agua está compuesta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O) que se disocian (“separan”) en un ion hidrógeno (H⁺) y un oxidrilo (OH⁻). El pH cuantifica la concentración de iones de hidrógeno y su escala varía entre 0 y 14: el pH indica un valor neutral 7 (agua pura, igual cantidad de H⁺ y OH⁻), valores inferiores a 7 indican acidez (más H⁺), y valores superiores a 7 alcalinidad (más OH⁻). El pH se expresa en valores logarítmicos, es decir que el pH 6 es diez veces más ácido que el pH 7, y el pH 5 es cien veces más ácido que el pH 7.

Es especialmente importante contar con agua de buena calidad para el uso de fitosanitarios.

Los valores de pH extremos pueden transformar las moléculas de los herbicidas (hidrólisis alcalina y ácida), lo que los degrada de forma irreversible. Por tanto, cada herbicida tiene un rango de pH en el que su comportamiento es estable y para la gran mayoría el óptimo se encuentra entre 4 y 6. Una excepción son algunos herbicidas del grupo de las sulfonilureas, por ejemplo, clorsulfurón, cuyo pH óptimo es en torno a 7. Gran parte de las aguas superficiales de Uruguay tienen valores de pH entre 7 y 8, por lo que en muchas de las aplicaciones es deseable la corrección de pH.

La mayoría de los herbicidas son ácidos débiles y se disocian cediendo al medio H⁺, lo que afecta su ingreso a la célula vegetal. Se deben buscar los rangos de pH que minimicen la disociación. La constante de disociación (pKa) indica qué tan propensas son las moléculas de un herbicida por separarse en sus iones. Los herbicidas ácidos que tengan bajo pKa estarán fuertemente disociados en pH neutros o superiores. Este proceso puede afectar al glifosato y las sales de 2,4-D, ambos se comportan mejor en medios ácidos.

En la Figura 1 se ilustra la influencia del pH en el desempeño de glifosato para el control de *Amaranthus* spp.



Testigo sin aplicación 7,88 6,68 6,13 5,85 5,80 5,75 5,52
 pH del agua + Glifosato (720 g ea/ha)

Figura 1 - Control de *Amaranthus* spp. luego de la aplicación de glifosato en aguas con diferente pH.

El pH, la dureza y la turbiedad del agua pueden incidir significativamente en la actividad de algunos de los herbicidas que se utilizan comúnmente en sistemas pastoriles y/o agrícolas (ej.: glifosato y sales de 2,4-D).

En este experimento se utilizó el equivalente a dos litros de glifosato por hectárea (720 g equivalente ácido por ha) en agua corriente con pH inicial de 7,88 que se corrigió progresivamente hasta alcanzar el pH recomendado (5,50 aproximadamente). Únicamente en el nivel óptimo de pH se controló el 100% de las plantas, las otras no fueron controladas porque la dosis recibida fue menor a la objetivo por la pérdida de efectividad del producto. Este ejemplo ilustra además como un problema de mala calidad de aplicación se puede confundir con uno de resistencia.

Dureza

La dureza del agua indica la concentración de iones de cargas positivas (cationes), en particular de calcio (Ca^{++}) y el magnesio (Mg^{++}), y se expresa como el equivalente de carbonato de calcio (CO_3Ca) en partes por millón (ppm). El agua se considera blanda cuando tiene menos de 50 ppm, entre 50 y 100 ppm la dureza es media, y más de 100 ppm el agua es dura.

En las aguas duras los cationes se unen a las cargas negativas de los herbicidas, creando moléculas de mayor tamaño (complejos) que no pueden entrar a la planta, o lo hacen a un menor ritmo. En algunos casos se forman sales de menor solubilidad (precipitados), con poco o nulo efecto herbicida.

Es importante remarcar que el agua puede ser dura a pesar de tener un pH próximo a 7. Dentro de los herbicidas sensibles a la dureza del agua se destacan el glifosato y las sales de 2,4-D.

MANEJO DEL AGUA EN APLICACIONES

Identificación de las condiciones de uso de los productos

Conocer los requerimientos de los herbicidas es el primer paso para evitar su degradación en el agua. Los productos comerciales en su formulación contienen moléculas de herbicida, pero también de aditivos, por lo que cada producto tiene sus estándares específicos siendo aconsejable consultar al fabricante.

Selección de la mejor fuente

Previo a la aplicación, se identificarán y coleccionarán muestras de agua de distintas fuentes y se evaluará visualmente su turbidez (Figura 2). Adicionalmente se puede medir el pH con cintas. Además, se inspeccionarán los elementos que están en contacto con el agua buscando residuos de sarro, lo que sugiere niveles elevados de dureza. Posteriormente, de la o las fuentes preseleccionadas se realizará un análisis de laboratorio completo (pH turbiedad, dureza, sólidos disueltos totales, alcalinidad). La calidad del agua puede variar en el tiempo por lo que se sugiere repetir anualmente la evaluación, especialmente de fuentes superficiales.

Adopción de medidas de acondicionamiento

Es la utilización de prácticas para mejorar la calidad del agua. La turbidez se puede minimizar seleccionando la zona de la columna de agua con menos sólidos en suspensión, permitiendo la sedimentación de los sólidos y/o usando filtros en la colecta. Existen



Fotos: Amparo Quiñones

Figura 2 - Evaluación visual de la turbiedad de diferentes fuentes de agua.

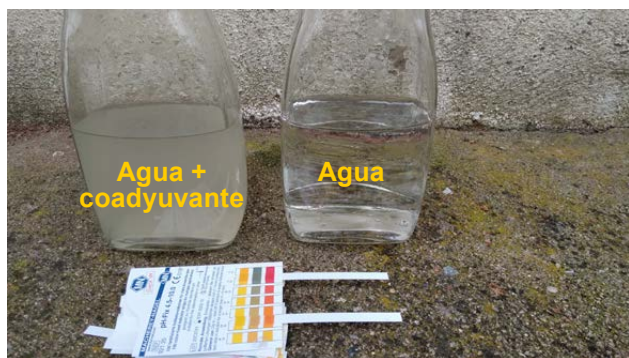


Figura 3 - Prueba de jarras: evaluación del pH de un caldo.

El análisis del agua permite conocer su aptitud y, en caso de ser necesario, realizar correcciones de sus propiedades fisicoquímicas.

coadyuvantes específicos para subsanar otras limitantes fisicoquímicas del agua. Los más comunes son los correctores de pH (con base en ácido fosfórico) y dureza. El sulfato de amonio es una opción viable para reducir la dureza del agua, remueve principalmente los cationes de calcio, además de facilitar la absorción del herbicida por la planta. Los coadyuvantes deben agregarse antes que los fitosanitarios.

Simulación de las condiciones de uso

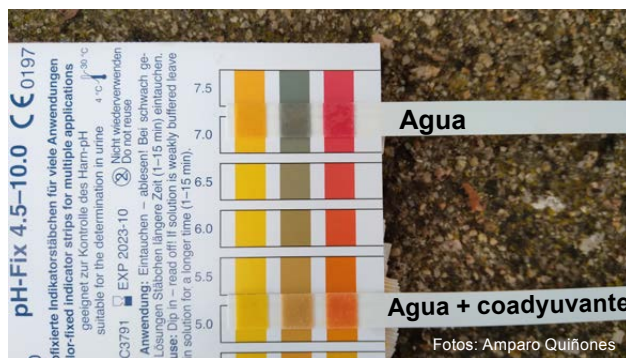
Las pruebas de pequeña escala permiten ajustar el manejo previo a la aplicación. La prueba de jarra consiste en la mezcla en un recipiente transparente del agua y los productos y luego observar el caldo. Es útil para detectar comportamientos anómalos como la formación de precipitados, espumas, separación de fases, etc. Es importante que el caldo de la jarra se asemeje al del tanque, incluyendo la proporción de cantidades y la presencia/ausencia de agitación. La Figura 3 presenta una prueba de jarras para la corrección del pH.

Aplicación del caldo

Demorar la aplicación del caldo puede exacerbar los procesos de degradación de los herbicidas. Se recomienda aplicarlo enseguida de su preparación.

CONSIDERACIONES FINALES

El agua tiene notoria influencia en la actividad biológica de los herbicidas. El agua de mala calidad reduce la efectividad del control, la magnitud del impacto depende



de la susceptibilidad de la maleza (especie y estado de crecimiento) y las condiciones ambientales de la aplicación. El costo del análisis y el acondicionamiento del agua es mínimo en relación con su beneficio. La adopción de buenas prácticas de uso de herbicidas impacta positivamente en los resultados económicos, previene problemas como la resistencia y disminuye las afectaciones vinculadas a dicha práctica.

BIBLIOGRAFÍA

Carrasco-Letelier. *et al.* 2015. Aptitud de la calidad de agua para uso agropecuario: riego y preparación de pesticidas. Revista INIA Uruguay 41:45-48.

Acceda **AQUÍ**

Gota Protegida y Red de conocimiento en malezas resistentes. Calidad de aplicación de herbicidas: bases para lograr un tratamiento eficiente. Rem-Aapresid. 36 p.

Acceda **AQUÍ**

Quiñones *et al.* 2020. Buenas prácticas para el uso de herbicidas en pasturas. eficiencia en la aplicación, cuidado de la salud y del ambiente. Revista INIA 62:38-42.

Acceda **AQUÍ**



Figura 4 - La mala calidad de aplicación de herbicidas reduce el control de malezas.