



■ Ediciones

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Cartilla Digital
Manfredi

Estación Experimental Agropecuaria
INTA Manfredi

ISSN On line
1851-7994

2024/04

FITOTOXICIDAD Y DAÑOS EN SORGO INDUCIDOS POR HERBICIDAS BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS Factores bióticos y abióticos que interactúan en la expresión de síntomas y daño

Giorda, Laura M. ⁽¹⁾

Ortiz, Diego ⁽²⁾

Resumen

En las campañas 22/23 Y 23/24, se observaron en distintas regiones sorgueras del país, síntomas en sorgo asociados a fitotoxicidad y/o daño por herbicidas. Estos síntomas muchas veces se expresaron en simultáneo con otros factores bióticos y abióticos confundiendo los síntomas base. Se repasa conceptos básicos y se enfatiza la fuerte interacción edafoclimática que afecta la eficiencia del herbicida pero también la inducción de fitotoxicidad en el cultivo, en campañas muy afectadas por la sequía y precipitaciones irregulares. La aparición y acción sinérgica de factores bióticos y abióticos afecta la expresión de síntomas y el efecto en la recuperación del cultivo y rendimiento, dependiendo además del manejo del mismo y condiciones climáticas hasta cosecha. Se comparan síntomas.

Palabras clave: sorgo, daño por herbicidas, enfermedades, plagas, fitotoxicidad, estrés

Summary

During the 22/23 and 23/24 growing seasons, symptoms in sorghum associated with phytotoxicity and/or herbicides injury were observed in different sorghum regions of the country. These symptoms were often expressed simultaneously with other biotic and abiotic factors, confusing the base symptoms. Basic concepts are reviewed. The strong edaphoclimatic interaction that affects the efficiency of the herbicide but also the induction of phytotoxicity in the crop, is emphasized under a campaign highly affected by drought and irregular rainfall. The appearance and synergistic action of biotic and abiotic factors affect the symptoms expression and its effect on crop recovery and yield; depending also on crop management and climatic conditions until harvest. Symptoms are compared.

Keywords: grain sorghum, herbicide injury, diseases, pest, phytotoxicity, stress

Introducción

El objetivo es indicar la problemática que se presentó en las regiones sorgueras argentinas durante la campaña 2022/23 y repetida en algunas regiones de la campaña 23/24, con la ocurrencia de daños y síntomas de fitotoxicidad, algunos idénticos en los mismos híbridos o en materiales distintos, con similares o diferentes tratamientos. Estos síntomas muchas veces se expresaron en simultáneo con otros factores bióticos y abióticos confundiendo los síntomas base.

En esta síntesis, no se pretende presentar una revisión de todos los herbicidas usados en sorgo y los posibles efectos en este cultivo bajo todas o diferentes situaciones, ya sea por residualidad de los mismos aplicados previo a la siembra, en cultivos anteriores o barbechos y los daños causados en la presente campaña, bajo condiciones edafoclimáticas específicas, por aplicaciones en pre o postemergencia, problemas en la aplicación y efecto de altas temperaturas e insolación en el momento de la aplicación o posteriormente, y/o precipitaciones irregulares; asimismo por derivas.

Es una importante contribución al diagnóstico, lo que permitirá conocer el efecto en la productividad del cultivo y bajo ciertas circunstancias la necesidad de manejo para atenuarlo. No se trata de una guía específica de identificación de fitotoxicidad de todos los herbicidas en sorgo, para lo cual están los especialistas en el tema, y que además se requiere de investigaciones específicas bajo idénticas condiciones edafoclimáticas causadas a campo, comparando dosis específicas, método de aplicación y manejo por ejemplo. Se mencionan entre otros: Cazenave, M.L.,2023; Montoya,J.C.,et al.,2021; Johnson, D.,& Strachan,S.,2020; Norswarthy, J. et al., 2020; Panaggio, H., 2019; Thakur,S. et al.,2018; Kuttel, W.D., et.al, 2017;Metzler;M.,2017; Principiano, M., et al., 2017, 2019; Dan de Almeida, H.et al.2012; Dan, H.A. et al., 2010; Jeffrey,L.et al., 1999.

Se repasa conceptos básicos y se enfatiza la fuerte interacción edafoclimática que afecta la eficiencia del herbicida pero también la inducción de fitotoxicidad en el cultivo, en campañas afectadas por la sequía y precipitaciones irregulares.

Por otra parte, estos conceptos sirven de base, en caso se repitan situaciones climáticas similares, y prevenir en futuras campañas los efectos concomitantes.

Antecedentes

Fitotoxicidad es el efecto en el cual un compuesto químico, sólo o en mezcla, es tóxico a una planta induciendo daño, distintos síntomas visibles por desorden fisiológico, incluso muerte de la misma. https://www.researchgate.net/publication/322757726_Climatic_factors_and_phytotoxicity_of_herbicides.

En términos generales, los efectos fitotóxicos y/o daños, pueden provenir de gotas al "pulverizar", dentro del cultivo por incorrecta aplicación, o por deriva, residuos del suelo o vapores que entran en contacto con plantas sensibles. Las plantas también pueden ser dañadas por herbicidas que se desplazan del objetivo, por agua o el suelo o cuando cultivos sensibles a determinados productos, se siembran en los campos demasiado pronto después de que se aplicó un tratamiento previo con herbicida; o no se consideraron los efectos de las condiciones edafoclimáticas presentes por ejemplo en las campañas

consideradas (intensa sequía), en las regiones sorgueras argentinas. Por eso hay que tener especial cuidado con la "residualidad" de productos aplicados en un cultivo anterior en campañas secas. En estos casos, el producto aplicado puede tardar mucho tiempo en descomponerse en el suelo, generando problemas en la implantación de sorgo.

...[La fitotoxicidad no es necesariamente causada por el ingrediente activo. El daño a las plantas también puede ser causado por: los solventes en una formulación, las impurezas en el agua de rociado, el uso de más pesticidas que los indicados en la etiqueta o una mezcla deficiente de las soluciones de rociado. La condición de la planta en el momento del tratamiento puede afectar la fitotoxicidad; las plantas estresadas pueden ser más susceptibles.—La variabilidad del clima es una de las principales causas del desempeño poco confiable de los herbicidas, lo que resulta en un control inadecuado de las malezas o daños en los cultivos..] Sabry, Kazafy. (2013). 978-3-659-35464-9_Coverpreview.pdf222. https://www.researchgate.net/publication/236143848_978-3-659-35464-9_Coverpreviewpdf222.

Los síntomas varían según se trate de herbicidas de preemergencia o postemergencia, la concentración del activo y modo de acción, y mezclas empleadas, el genotipo (tipo de variedad sembrada y calidad de la semilla), momento fenológico del cultivo de sorgo (preemergencia, postemergencia –plántula-, estado vegetativo, reproductivo) interactuando con las condiciones edafoclimáticas en el momento de contacto del producto con la plántula/planta y estado de vulnerabilidad del cultivo.

Los síntomas pueden aparecer de inmediato (observado en la desuniformidad del stand por muerte de plántulas), o aparecer 7 a 20 días o más *a posteriori*, según precipitaciones (intensidad, corrida), temperatura y pH y otros ya mencionados.

Asimismo el síntoma puede confundirse con otros ocasionados por factores bióticos y abióticos, incluso y expresarse de manera sinérgica en la planta. De no haberse hecho un monitoreo desde la aplicación, los primeros síntomas pueden pasar desapercibidos y haberse expresado antes que el productor lo observara de manera generalizada en el cultivo.

Distintos factores pueden afectar en forma individual o interactuando sobre el cultivo de sorgo haciéndolo más vulnerable al tratamiento por herbicidas: tipo de suelo (estructura y textura, materia orgánica, pH, microorganismos presentes/flora microbiótica o sea actividad biológica), temperaturas y otras condiciones climáticas (sequía, alta irradiación, humedad, viento, granizo, tipo de lluvias e intensidad) emergencia bajo condiciones de estrés, características del lote y precipitaciones que favorecen la concentración del herbicida en sectores del cultivo, entre otros, interactuando con el tipo de herbicida aplicado (propiedades químicas y concentración del herbicida disponible en el suelo) antes, en la siembra o posteriormente. La literatura es amplia en este aspecto, por ejemplo: <https://www.creasurdesantafe.com.ar/wp-content/uploads/2017/09/Presentacio%CC%81n-JAT-CREA-Venado-Tuerto-06092017-metzler-1-ilovepdf-compressed.pdf>. <https://www.cof.orst.edu/cof/fs/kpuettmann/FS%20533/Vegetation%20Management/Herbicide%20Mode%20of%20Action%20and%20Injury%20Symptoms.htm>. <https://osunpk.com/2017/06/22/time-to-re-post-an-old-post-sorghum-injuries-from-pre-emerge-herbicides>.

https://www.researchgate.net/publication/345121302_Effect_of_PostEmergence_Application_of_Nicosulfuron_in_Mixture_with_Atrazine_for_Weed_Control_in_Sweet_Sorghum/citation/download.

Pueden ocurrir situaciones en las cuales el cultivo normalmente tolerante a un herbicida o mezcla específica puede ser dañado, o sea la aplicación inducir fitotoxicidad, por el uso de excesiva dosis del herbicida ya sea por problemas en la aplicación o por excederse el límite según marbete, para el tipo de suelo a implantar y/o porque hubo o hay estrés ambiental como por ejemplo, temperaturas extremas (altas o bajas con sequía o exceso de humedad) lo cual disminuye la habilidad natural de la planta afectando los sistemas de degradación y desactivación de herbicidas del cultivo.

En síntesis, los herbicidas deberían aplicarse cuando las condiciones del cultivo expresando su tolerancia al mismo y la susceptibilidad de la maleza, son ambos óptimos. Los factores ambientales afectan la tasa de desarrollo del cultivo y la maleza, y las condiciones climáticas adversas limitan las oportunidades para la "pulverización". Los distintos herbicidas tienen características diferentes e interactúan con los tipos de suelos y el clima de diversas maneras. Por consiguiente, no es apropiado manejarse con recomendaciones generales. Conocer las interacciones mencionadas resulta crítico para evaluar el riesgo de daño por "residualidad" o fitotoxicidad.

Todas estos conocimientos y factores mencionados, **comunes y conocidos** a través de la literatura ampliamente difundida y conferencias dada por investigadores específicos en el tema herbicidas, aparentemente se diluye o confunde bajo situaciones de sequía, y más cuando éstas son importantes y se pasan las fechas óptimas de siembra del cultivo por falta de lluvias, o humedad almacenada en el suelo.

Estas condiciones pueden ocasionar un mayor nivel de "residualidad" por herbicidas, tanto los aplicados en la campaña previa como aquellos utilizados en el período de barbecho y aún los aplicados en pre y postemergencia del sorgo, debiéndose considerar además la superposición o apilamiento ("stacking") de herbicidas en el suelo por el uso continuado, que puede incrementar los problemas de persistencia con efecto sinérgico sobre el cultivo de rotación induciendo fitotoxicidad y/o daños al sorgo. (https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/86007/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y; Principiano, M. 2019). Además, las derivas ocasionadas por glifosato y/u otros productos de los cuales sorgo es sensible.

Un diagrama interesante utilizado por distintos investigadores y adaptados de Colquhoun (2006, <http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/A3819.pdf>), expresa claramente el efecto de condiciones climáticas como sequía y humedad sobre la persistencia de herbicidas (Fig. 1). El herbicida persiste más tiempo durante años secos en relación a años húmedos.

La **persistencia** de un herbicida es la longitud de tiempo que un herbicida permanece activo en el suelo a concentraciones cuantificables, y es muy afectado por las condiciones climáticas, tipo de suelo y prácticas culturales, entre otros. La persistencia es importante debido a que determina el período de tiempo en que pueden esperarse efectos fitotóxicos.

La persistencia o "residualidad" química (según Bedemar, F), se estima a través de la vida media que es "el tiempo que tarda en degradarse la mitad de la cantidad inicial de herbicida aplicado". A mayor vida media, mayor persistencia en el suelo y por lo tanto, más riesgo de "carryover".

(<https://www.aapresid.org.ar/blog/herbicidas-en-el-suelo-y-residualidad>, F.Bedemar).

Los herbicidas residuales presentan características que permiten continuar controlando malezas por un determinado tiempo (según tipo de herbicida, maleza, ambiente) después de su aplicación lo que, como es sabido, favorece la eficiencia en el manejo de malezas. Sin embargo, por condiciones edafoclimáticas y otros factores, pueden persistir más tiempo que el indicado en el marbete, y causar daños o muerte de las plantas/cultivos, subsecuentes en la rotación.

El arrastre de herbicida ("herbicide carryover") ocurre cuando un ingrediente activo o los metabolitos de un herbicida aplicado en el año de cultivo anterior, permanecen en el suelo en concentraciones lo suficientemente altas como para causar daño a cultivos sensibles en la siguiente temporada.

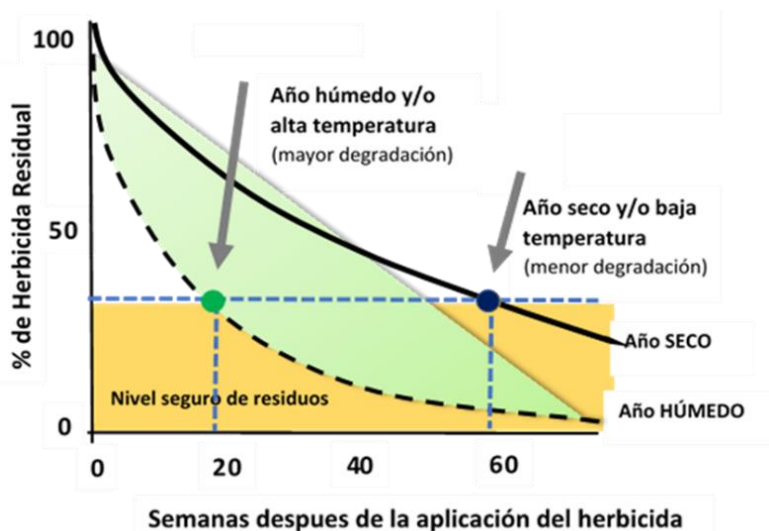


Fig. 1 .Efecto de la Humedad y Temperatura sobre la persistencia de Herbicidas en el suelo. (Fuente:Giorda, L.M., adaptado de Colquhoun, 2006).En año húmedo, con una mayor lixiviación y metabolización del producto , a las 20 semanas aproximadamente ya sería seguro rotar con un cultivo susceptible. En año seco se requiere esperar más tiempo, dependiendo de las propiedades químicas del herbicida, concentración del herbicida disponible que queda en el suelo en el momento de la siembra de sorgo y características edafoclimáticas.

La temperatura y la lluvia tienen un efecto fundamental sobre la persistencia del herbicida y el potencial de daño por arrastre. Algunos herbicidas persisten por largo tiempo en el suelo pero no están disponibles para la planta y por lo tanto no son activos como herbicidas ("actividad del herbicida"). En general puede indicarse que es algo difícil predecir la persistencia de un herbicida, considerando las interacciones arriba mencionadas.

Algunos síntomas observados por fitotoxicidad y/o daño por herbicidas

En la campaña 22/23 y 23/24, se observaron en distintas regiones sorgueras del país, síntomas en sorgo asociados a fitotoxicidad y/o daño por herbicidas. Estos, pueden asociarse a las características de la campaña agrícola marcada por una larga sequía, temperaturas extremas altas - similar o superiores a 38 °C- y alta irradiación. En general, las campañas agrícolas con períodos prolongados de condiciones de sequía, pueden aumentar el potencial de daño por arrastre ("carryover") de los herbicidas aplicados con anterioridad al cultivo de sorgo.

Por otra parte, bajas temperaturas cercanas a cero o por debajo, según localidad (campana 22/23, por ejemplo) y en distintos períodos de desarrollo del cultivo, según híbrido y fecha de siembra, también indujeron síntomas específicos y daños según momento fenológico en que fue afectado el cultivo.

El **objetivo es alertar sobre los síntomas observados** y luego inferir las preguntas: estos síntomas de origen abiótico, daño por herbicida, tienen correlación con un potencial efecto sobre los rendimientos?

Asimismo, el estrés térmico (altas o bajas temperaturas respecto a la normal para el cultivo) interactuando con otros factores bióticos en forma sinérgica y afectando el cultivo, ya vulnerable por el efecto "herbicida" afecta aún más la productividad del sorgo?

La respuesta es: **si, incide** en el potencial de rendimiento del mismo; pero la disminución de la productividad va depender del porcentaje del lote afectado (incidencia), de la intensidad del daño y momento fenológico en que fue afectado y podría recuperarse dependiendo del manejo, suelo, condiciones climáticas posteriores y tipo de híbrido.

Por otra parte, si el riesgo de "carryover" parece alto al iniciar la campana, por las condiciones edafoclimáticas, la pregunta importante es: ¿qué se puede hacer para mitigar el daño por arrastre?

Estos síntomas de origen abiótico, por daño de herbicida y/o fitotoxicidad por aplicaciones de insecticidas, interactuando con estrés edafambiental, agregan confusión en el momento del diagnóstico con los originados por factores bióticos, distintas enfermedades y plagas como el pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sorghi/M.sacchari*) y en algunas localidades la aparición de una nueva araña, (Fig.18, F. Gamba, AAPPCE), también induciendo ambos, necrosis de hojas basales. El pulgón amarillo que en algunas localidades e híbridos se manifestó en forma intensa, afectó y afecta no sólo la parte basal, sino también la parte media de la planta o superior incluyendo panoja según momento fenológico e intensidad de ataque, evolución y manejo.

La aparición y acción sinérgica de factores bióticos y abióticos afecta la expresión de síntomas y el efecto en la recuperación del cultivo y rendimiento, dependiendo del híbrido, además del manejo del mismo y condiciones climáticas hasta cosecha.

Se mencionan algunos ejemplos y síntomas de daño por herbicida, comparativos con algunas enfermedades, daño por plagas y otros efectos abióticos. Las causas de síntomas de fitotoxicidad pueden confundirse ya que se asocian no sólo a un herbicida sino a mezclas de herbicidas en pre o postemergencia y durante la implantación; además con la aplicación de insecticidas y/o tratamiento de semillas con distintos pesticidas.

Casos estudios

Caso 1) síntomas en un híbrido granífero comercial con una historia del lote, según texto recibido: *antecesor Trigo/soja, usando como Pre emergentes en soja: Flumioxazin + sulfentrazone; Vicia para cobertura; Lluvia y se sembró el sorgo, con Atrazina y S-metalaclor a la siembra. La fecha de siembra fue primera quincena de noviembre*

observándose los síntomas después del 20/1/23 luego de las lluvias. Se observa 80% de las plantas en este estado de las fotos (Fig.2).

Es importante conocer detalles del manejo, historia del lote, si hubo aplicaciones en cultivos circundantes y cuáles fueron, productos y dosis usada y método de aplicación, condiciones ambientales de humedad (sequia, temperaturas extremas, otros) en los meses previos a la fecha de siembra, durante emergencia y posteriores a emergencia hasta aparición de síntomas etc. con el objeto de poder sugerir un diagnóstico correcto sólo a través de una foto, sin relevamiento a campo, y monitoreo posterior del cultivo.

Asimismo, para precisar la causa de los síntomas observados, debería reproducirse a través de ensayos específicos, la aplicación de los mismos productos y en las mismas dosis, usando equipos similares y manejo del cultivo anterior y en el del sorgo, bajo las mismas condiciones de suelo y clima que indujeron esta situación en el cultivo, lo cual es difícil de reproducir, aún en condiciones experimentales.

Los síntomas observados en la foto (Fig.2), no responden a enfermedades conocidas en Argentina en regiones sorgueras, aunque las expresiones de síntomas pueden variar según genotipo e interacciones ambientales. No menciona el productor la presencia de insectos; y los síntomas según las fotos, no responden a daños por plagas conocidas en Argentina, como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).



Posible daño de fitotoxicidad inducido por *Atrazina* y *S-metalacloro*

Fig.2..Hibrido de sorgo con síntomas de hojas en cogollo, deformadas y cortadas en el extremo.

Daño de herbicida; puede confundirse también con daño por deficiencia de calcio.

Fuente: foto enviada por B. L. Duggan (Gear SA).

La campaña indicada (2023) se ha caracterizado por prolongada sequía, altas temperaturas e irradiación que interactúan en el momento de aplicación del herbicida con anterioridad durante o posterior a su emergencia, según lo indicado previamente, por lo que podría inferirse que es un daño de fitotoxicidad por herbicida.

Cuál herbicida y porque se originó, si es un efecto residual o causada por la mezcla utilizado en la aplicación sobre sorgo o debido a una acción sinérgica de fitotoxicidad, no puede precisarse. Depende del manejo que se hizo en la aplicación de los herbicidas anteriores en la rotación y los usados para la implantación del sorgo, dosis y métodos de aplicación bajo las condiciones edafoclimáticas específicas anteriores y en el momento de la siembra, emergencia y postemergencia. Además, podría existir alguna "deriva" de

glifosato, sólo o mezclado con otro producto, proveniente de cultivos circundantes afectando un momento fenológico específico del cultivo de sorgo.

Debe considerarse, al momento de establecer un diagnóstico no sólo en este caso estudio, sino en todas las circunstancias que se sospeche problemas de fitotoxicidad, varios factores:

- ✓ el problema "residuos" de activos de herbicidas en el suelo y su degradación e impacto sobre cultivos, en la rotación. Es un tema muy complejo y que depende de numerosos factores ya mencionados, como dosis y productos usados para sorgo (producto activo), forma de degradación, mezclas en las secuencias anteriores y posteriores a los cultivos, limpieza del tanque de aplicación, forma y momento de aplicación, sequía y precipitaciones e intensidad/momento, entre otros.
- ✓ Es de gran importancia conocer el **modo de acción de los herbicidas** que se usaron previo y durante la implantación del cultivo de sorgo, según lo indicado, y en relación además con los factores edafoclimáticos, de manejo del cultivo y características del suelo. https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP_167289/AAP-Manual_Rem_Herbicidas.pdf.
<https://www.cof.orst.edu/cof/fs/kpuettmann/FS%20533/Vegetation%20Management/Herbicide%20Mode%20of%20Action%20and%20Injury%20Symptoms.htm>.

En este caso estudio, la sintomatología no responde específicamente a la observada en caso de fitotoxicidad inducida por cada uno de los herbicidas utilizados tanto en el cultivo anterior, como a la implantación, aunque por lo observado en otras situaciones y campañas, es posible se haya debido a altas dosis de triazinas y en este caso, a la interacción de Atrazina y S-metalaclo. Aparentemente, las hojas del cogollo no desarrollaron de manera normal. Además no debe descartarse alguna posterior "deriva" de glifosato, proveniente de cultivos circundantes, que inducen síntomas similares.

Aunque se produjo un retraso en el crecimiento, el cultivo puede recuperarse.

No obstante, es interesante analizar el efecto potencial de fitotoxicidad, que pueden inducir en este cultivo, cada uno de los herbicidas empleados con anterioridad, como efecto "carry over" en sinergia o no y los aplicados a la siembra del sorgo; de esta manera podemos considerar:

1.1) Pre emergentes en soja: Flumioxazin + Sulfentrazone (Fig.3)

Sulfentrazone es un herbicida pre emergente de acción sistémica y prolongado efecto residual, selectivo para el control de malezas de hoja ancha en barbechos de soja y otros cultivos. Controla las malezas mediante un proceso de "disrupción" de membrana, por la inhibición de la enzima PPO, interfiriendo de ese modo en la biosíntesis de la clorofila, con la consiguiente formación de intermediarios tóxicos. (DeFelice, M),

<https://www.pioneer.com/us/agronomy/ppo-inhibitor-herbicides.html#:~:text=Corn%20ProductionReferences-,Summary,to%20disruption%20of%20cell%20membranes>.
<http://www.insuagro.com.ar/images/pdf/productos/capaz-50-sc.pdf>.

Hay antecedentes que el sorgo, en general, **muestra alta sensibilidad** a la actividad residual del **sulfentrazone**, lo cual varía según híbrido (Fig.3 A y B).

Asimismo a **Diclosulam** (Fig.3 C, D, E) y a **Imazetapir**. En general, **los tres inducen síntomas similares de necrosis en las hojas de sorgo**. <https://www.researchgate.net/publication/262517855> Residual activity of herbicides u sed in soybean agriculture on grain sorghum crop succession

El **Diclosulam** es un herbicida para el control de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas, en pre-siembra y pre emergencia de los cultivos de soja. Actúa Inhibiendo la enzima cloroplástica acetolactato sintetasa (ALS) induciendo la disminución en la síntesis de proteínas que conduce a una caída de la tasa de división celular [https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual Rem Herbicidas.pdf](https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual_Rem_Herbicidas.pdf). La fitotoxicidad causada en sorgo induce necrosis en hojas en plantas adultas (Fig.3, CyD) y en plántulas, un desarrollo lento y clorosis internerval con posterior coloración rojiza/púrpura (Fig. 3,E). Bagale, <https://www.researchgate.net/publication/363431272> Modes of Herbicide Action.

Imazetapir, es un herbicida selectivo, residual indicado para aplicaciones en barbechos químicos para control de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas. También se usa como postemergentes en cultivos de soja y maíz tolerantes a imidazolinonas. Actúa sobre la enzima ALS. Se menciona que el tratamiento imazetapir + imazapir presenta un control residual eficiente en barbecho químicos sobre sorgo de alepo resistente a glifosato (RG). https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/RDUUNC_389b20203d67940395f3b62c9b3b8b9f.

Se ha observado sorgos convencionales afectados por imazetapir, con síntomas de hojas rojizas en plántulas y necrosis en hojas más desarrolladas. Por otra parte, debe tenerse cuidados con las dosis y momentos de aplicación en casos de sorgos tolerantes a imidazolinonas, sometidos a estrés por sequía y en terrenos de bajo contenido de materia orgánica.

Flumioxazin es un herbicida que tiene bajo potencial de lixiviación (limitada movilidad en suelo), además de la afinidad de ser adsorbido por coloides del suelo (Fig.3, F y G). Es Inhibidor de la enzima PPO. <https://www.sumitomochemical.com/asd/wp-content/uploads/2022/10/CATALOGO-FLUMIOXAZIN-final-BAJA.pdf>. <https://www.agrositio.com.ar/noticia/167531-flumioxazin-hace-la-diferencia.html>

Es selectivo de pre-siembra, con una importante residualidad en el suelo y amplio espectro de control de malezas de hoja ancha, como así también, supresión de gramíneas en los cultivos de soja, sorgo granífero, trigo, girasol y maíz. Actúa por contacto, cuando es absorbido por las partes verdes de las malezas y produce una necrosis de los tejidos vegetales. <https://www.agrofina.com.ar/descargas/Agrofina-Darren-Flyer.pdf>. <https://www.creasurdesantafe.com.ar/wp-content/uploads/2017/09/Presentacio%CC%81n-JAT-CREA-Venado-Tuerto-06092017-metzler-1-ilovepdf-compressed.pdf>. https://www.engormix.com/agricultura/enfermedad-sorgo/evaluacion-exploratoria-alternativas-control_a41116/

Los síntomas de fitotoxicidad en sorgo relacionados a estos herbicidas, ya sea por "carry over" (debido a su residualidad, favorecido por periodos de sequía), deriva u otro problema en el manejo y/o aplicación según mencionado oportunamente, son diferentes si se considera cada uno de los herbicidas por separado, respecto al daño por acción sinérgica de las mezclas.

Algunos síntomas resultan similares, como necrosis de la lámina de sorgo, con una respuesta en el color según genotipo, por lo que **es indispensable considerar la historia del lote incluyendo dosis, manejo, condiciones edafoclimáticas, como la evolución y desarrollo del cultivo**. Se indica algunos síntomas en la Fig.3 A, B,C,D,E,F,G:



Fig 3. Síntomas de fitotoxicidad en distintos genotipos de sorgo; (A, B), síntomas de necrosis en distintas partes de la lámina inducido por Sulfentrazone; (C, D) síntomas de fitotoxicidad, con necrosis de las hojas, causados por Diclosulam, en plantas adultas, en diferentes híbridos. Fuente: Giorda, L.M., 2023.

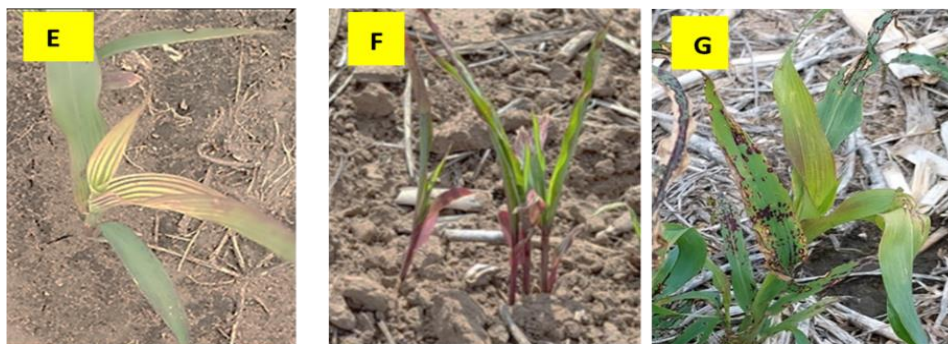


Fig.3. Síntomas de fitotoxicidad en plántulas de sorgo de distintos genotipos; (E) Diclosulam, induciendo clorosis internerval y coloración púrpura ;se observa también un desarrollo lento; (F), fitotoxicidad por posible deriva de Glifosato y Flumioxazin, induciendo coloración rojiza en plántulas; (G), posible daño por Flumioxazin, manchas necróticas en base y extremo de hojas. Fotos: Chaver, A. – Gear,SA- Suc. Rafael Obligado; Carreño,E. Córdoba y Giorda,L.M.

1.2) Atrazina y S-metolacloro a la siembra (Fig.4, A, B, C, D, E y F)

Si bien son herbicidas comúnmente usados en sorgo, su efecto puede variar según híbrido, el producto activo, dosis, tipo de suelo (estructura y textura), contenido de materia orgánica, precipitaciones. En el caso del metolacloro, debe considerarse la correcta aplicación del "protector" de semillas y su relación con el tiempo transcurrido desde que se protegió la semilla a la siembra, entre otros.

Asimismo, las condiciones edafoclimáticas de la campaña, como también el efecto en el suelo, de "residuales" de herbicidas usados en el cultivo anterior. Luego de una campaña con condiciones de sequía, es esperable observar mayores síntomas por residualidad de herbicidas en suelo. Condiciones de suelo seco y/o frío aumentan la persistencia de los herbicidas y por ende el riesgo de fitotoxicidad en el cultivo posterior.

Asimismo, podría haber una acción sinérgica con el tratamiento de herbicidas en el cultivo de sorgo de la campaña considerada.

O, simplemente podría ser que la aplicación de la mezcla de los dos herbicidas de preemergencia en sorgo, por las condiciones edafoclimáticas del año, en las dosis usadas, características del suelo con poca materia orgánica, más arenosos o manejo, por ejemplo, indujeron daños de fitotoxicidad. Hay citas bibliográficas que indican, efectos negativos de la mezcla de atrazina y S-metolachlor en híbridos y condiciones edafoclimáticas distintos: ...[Pronounced negative effects of alachlor, the s-metolachlor-terbuthylazine mixture and the atrazine-s-metolachlor mixture on PAN8212..]. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02571862.2006.10634730> ; ...[hubo una variación en el daño al cultivo de sorgo resultante de la interacción entre factores relacionados con la dosis de atrazina+ s-metolachlor y los híbridos de sorgo...] https://www.researchgate.net/publication/329859133_Chemical_weed_management_in_grain_sorghum_and_selectivity_of_atrazine_S-metolachlor_to_different_hybrids.

Las propiedades de los herbicidas, características del suelo, las condiciones climáticas y el cultivo de rotación seleccionado interactúan entre sí impactando en los daños potenciales por residualidad. Estos factores condicionantes, también **varían de campo a campo y en diferentes ambientes de un mismo lote**, generalmente conduciendo a respuestas diversas a los residuos de herbicidas, aún dentro de un mismo lote. https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina_Intl/AGRONOMIA/boletines/Residuo_de_herbicidas_ante_condiciones_de_sequia.pdf.

Alta dosis de triazinas

A veces, las dosis de triazinas que serían correctas bajo determinadas condiciones de suelos con alta materia orgánica y favorables condiciones climáticas, pueden constituirse en altas dosis, en otras situaciones edafoclimáticas y de estrés. En este caso el cultivo de sorgo puede verse afectado mostrando fitotoxicidad.

Uno de los síntomas característicos es la clorosis internerval. Además, puede causar amarillamiento o clorosis de las hojas superiores, en las del cogollo (Fig. 4, A), mientras que las inferiores pueden morir, especialmente en suelos con alto pH y baja materia orgánica, o suelos arenosos. Además se observan plantas achaparradas e incluso malformadas.

Es clave considerar tipo de suelo (baja materia orgánica, suelos arenosos), estrés sufrido por el cultivo como sequía y precipitaciones posteriores a la misma (momento e intensidad que produce corrimiento y zonas más anegadas), manejo del cultivo y calidad de la aplicación además de las condiciones edafoclimáticas en general. Otra situación de estrés lo constituye suelos muy húmedos y fríos.

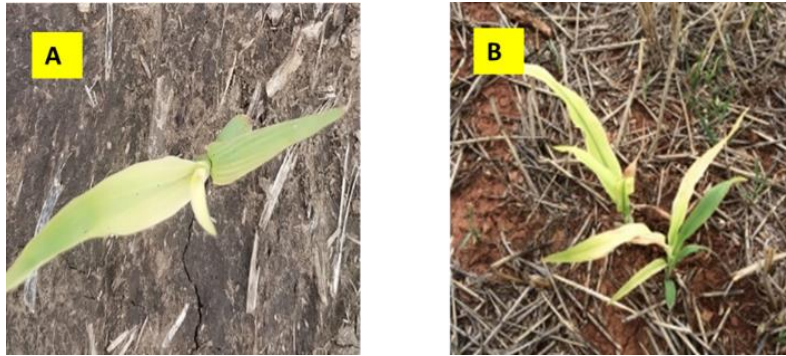


Fig.4.(A) Clorosis intensa en las nuevas hojas en desarrollo en cogollo, causado por atrazina, bajo condiciones de estrés, campaña 22/23; (B) Daño por atrazina, inducido por lluvias intensas después de la aplicación; <https://osunpk.com/2015/05/12/recent-weather-causing-corn-and-sorghum-injury-from-pre-emerge-herbicides/>

Atrazina y S- metalocloro bajo distintas situaciones de estrés

Si la fitotoxicidad arriba indicada puede ocurrir con sólo atrazina, el uso de mezclas de herbicidas como atrazina + S-metolaclo y más en años con problemas de sequía y baja lixiviación/metabolización del producto, pueden inducir condiciones de sinergia y el cultivo responder con distintos síntomas de fitotoxicidad, en especial si ocurren fuertes precipitaciones después de la siembra.

Por otra parte, el estrés puede ser inducido por **condiciones de humedad y tiempo más frío** que lo normal para el cultivo. En condiciones de suelos húmedos (por precipitaciones intensas que produce corrimiento del agua a partes más bajas del campo, por ejemplo) las plantas no pueden metabolizar los herbicidas tan rápidamente como cuando crecen en condiciones más secas y de mayor temperatura..." La absorción de herbicidas por parte de las plantas se produce por difusión y el proceso de difusión continúa independientemente de la velocidad de crecimiento de la planta...". <https://osunpk.com/2015/05/12/recent-weather-causing-corn-and-sorghum-injury-from-pre-emerge-herbicides/>.

Bajo estas circunstancias las plantas pueden absorber dosis altas de herbicidas induciendo fitotoxicidad e inducir algunas diferencias en la sintomatología típica. El tipo más común de daño por herbicidas observado en maíz, y también podría observarse en sorgo, bajo estas condiciones está asociado con los herbicidas de la familia CloroAcetamidas. <https://osunpk.com/2015/05/12/recent-weather-causing-corn-and-sorghum-injury-from-pre-emerge-herbicides/>.

Se menciona: achaparramiento, plántulas anormales, al inicio puede observarse clorosis intensa/ amarillamiento y también color púrpura; en casos severos, se observa muerte con reducción del stand. Si emergió y sigue desarrollando la plántula, se observan deformaciones y síntomas típicos de enrollamiento de hojas superiores, a nivel del cogollo, que impide el normal despliegue de las hojas, con ruptura de la lámina. Los síntomas varían según el momento fenológico de inducción del daño.

S-Metolacloro (Fig.4, C, D, E y F)

Se menciona efectos de fitotoxicidad y daño en sorgo por S-Metolacloro, dependiendo de las dosis usadas y condiciones de manejo, edafoclimáticas y de aplicación. Además se indica que el estrés, reduce el metabolismo y puede incrementar fitotoxicidad; en el caso de Concep II (oxebetrinil) no provee 100% protección. https://www.youtube.com/watch?v=c_N66IGuI4.

Por otra parte, en Argentina se utiliza Concept III (Fluxofenim), como antídoto de semillas de sorgo, para protegerlo de herbicidas a base de S-Metolacloro.

Los síntomas por S-Metolacloro observados consisten fundamentalmente en distorsión y arrugamiento de las hojas ("crinkling"). El sorgo tiene una baja o moderada tolerancia a este herbicida, respecto a maíz, cuando no se usa un protector como Concept y aún así, pueden observarse daños bajo ciertas situaciones de mal manejo y/o condiciones edafoclimáticas, como: mala aplicación del protector (i.e. Concept) y/o dosis inadecuada, pérdida de actividad del producto por mal almacenamiento o demasiado tiempo entre el tratamiento de la semilla y su implantación. En este último caso, se menciona dentro de los 12 a 18 meses, dependiendo de la calidad de la semilla, dosis y tratamiento y calidad del almacenamiento entre otros.

Se ha observado también que en algunos casos, ya indicado, cuando se aplicaron herbicidas de la familia de las cloroacetamidas, preemergentes como S-Metolacloro, Dinetenamida-P y otros, las lluvias intensas después de aplicados, pueden introducir el producto químico en la zona de las raíces. En condiciones frías (más de lo normal para sorgo), las plantas absorben más químicos y pueden aparecer con síntomas de color púrpura. El regreso de las condiciones cálidas y buenas condiciones de crecimiento disminuirán los síntomas y el potencial del daño. <http://texassorghum.org/purple-color-in-grain-sorghum-seedlings.html#:~:text=Sorghum%20Tips&text=The%20purple%20color%20occurs%20from,Extension%2C%20B%2D6137>.

Asimismo, también se observan síntomas de fitotoxicidad, según la formulación del herbicida base metolacloro utilizado, sólo o combinado con atrazina, bajo condiciones edafoclimáticas específicas y estrés concomitante, por problemas residuales o aplicación directa. https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0027/170379/sorghum-safener-tips-and-tactics-web-northern.pdf.pdf.

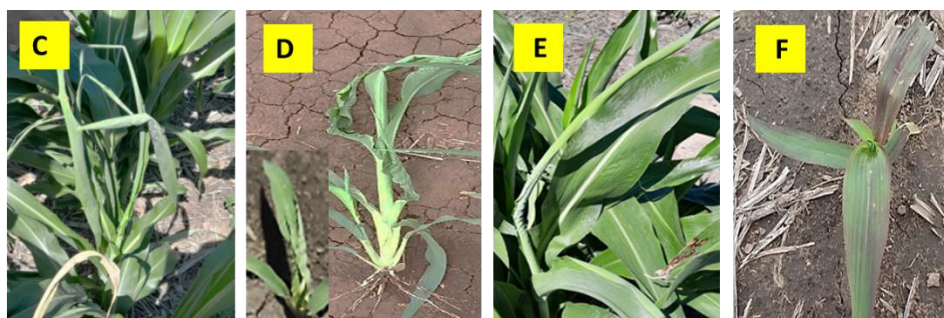


Fig.4.C, D y E. Fitotoxicidad inducida por Metolaclor, en distintos ambientes y genotipos, sólo o en aplicaciones conjuntas con atrazina, originando malformaciones, achaparramiento y enrollado de las hojas del cogollo; F, coloración púrpura inducida por S-Metolaclor, con lluvias después de la aplicación y tiempo frío. Fuente: Giorda, L.M.

1.3) Deriva por glifosato u otros productos (Fig.5)

En el caso estudio indicado en Fig.2, se mencionó que el daño observado por herbicida, posiblemente inducido por Atrazina y S-metalacloro, aunque produjo un retraso en el crecimiento, **puede recuperarse**.

No obstante el efecto sobre el rendimiento está determinado por diferentes factores, especialmente condiciones de temperatura, humedad, manejo del cultivo y el estrés(vulnerabilidad) del mismo en el momento en que fue afectado por la "deriva" o el mismo herbicida aplicado, siendo el efecto mayor en los estados de plántulas (Fig.5 A, B, C y D) y el daño que pueda sufrir posteriormente por otras condiciones. Bajo estas circunstancias, podría recuperarse pero con efectos en la productividad del cultivo.

En las Fig.5 A, B y C, se muestran algunos síntomas en sorgo originados por deriva de glifosato, según los autores Bean, B. y Barber *et al.*, respectivamente.

<https://www.sorghumcheckoff.com/agronomy-insights/sorghum-and-herbicide-drift/>;
<https://www.uaex.uada.edu/publications/pdf/mp297/gschapter8.pdf> .

Asimismo, síntomas similares se observaron en la campaña 2024 en el Criadero de Sorgo INTA Manfredi, Córdoba (Fig.5 D y E, Ortiz, D. y Giorda, L.M.).

Como se indica en la Fig. 5 C y E, los síntomas pueden confundirse también con los inducidos por **S-metolacloro** (deformaciones a nivel cogollo y hojas cortadas) o **Quinclorac** (alteraciones de crecimiento con deformaciones en hojas nuevas (https://www.engormix.com/agricultura/enfermedad-sorgo/evaluacion-exploratoria-alternativas-control_a41116/;) y otros herbicidas y factores abióticos que producen síntomas en plántulas con hojas de color rojizo y/o púrpura (Fig. 5B) (i.e **Imidazolinonas**, **Diclosulam**, **Metsulfuron**, **Cletodim**, o deficiencia nutricional de fósforo).

La coloración blanquecina en la base de la hoja del cogollo- nuevas hojas en desarrollo (Fig. 5, A y E), inducidos por algunos herbicidas inhibidores de pigmentos fotosintéticos, también podrían confundirse con deficiencias iniciales de hierro u otros minerales como zinc o azufre.

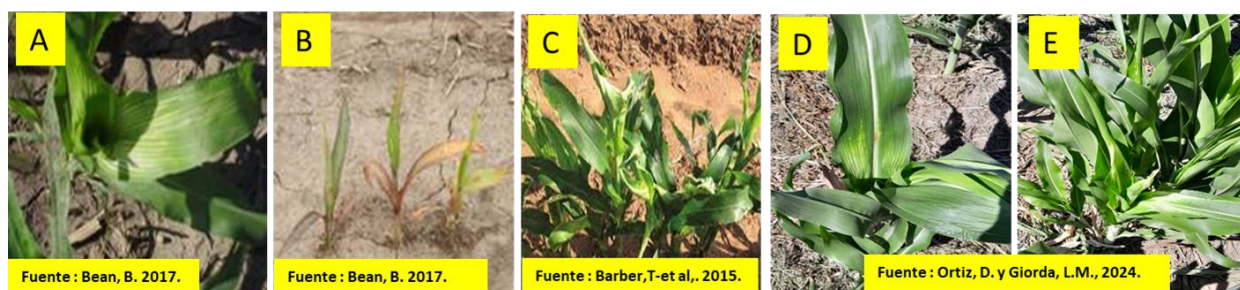


Fig. 5. A, B, C, D y E. Síntomas por deriva de glifosato en sorgo durante su desarrollo vegetativo, con intensidad del daño según momento fenológico del cultivo, y también en función de la distancia de la fuente de origen de la deriva y tipo de aplicación. **A y D**, clorosis intensa en la base del cogollo y lámina, que a veces se ve como blanco translúcido.; **B**, plántulas con clorosis y lámina púrpura. **C y E**, hojas del cogollo deformadas, acortadas en el extremo distal donde se observa clorosis que luego necrosa. Fuentes: **A y B**, Bean, B. 2017. **C**, Barber, T., Scott, B., and Norswoethy, J. 2015.; **D y E**. Giorda, L.M.Y Ortiz,D., Criadero INTA, 2024. Diagrama adaptado por L.M.Giorda.

Casos estudios (Continuación)

Caso 2) Síntomas en un híbrido granífero comercial con una historia del lote, según texto recibido:

Fuente: Chaver Ana – Gear, SA Suc. Rafael Obligado (Fig.6, 7 y 8)

Ubicación del Lote: Laplacette – Partido de Junin- BS AS; Superficie: 100 has; Híbrido: ADV2500 AX; D ensidad: 8 Pl/ m

Fecha de 1er tratamiento: 20/9/23: Glifosato 2 l/ha + Texaro 40 g/ha + 1.3 l 2.4 d (enlist o dédalo) + atrazina 500 g/ha

Fecha de siembra: 15 /11/23; En preemergencia(PEE): Glifosato kg/ha + S-metolaclo 1.1 l/ha + Atrazina 1.1 kg/ha heat 30 g/ha + Insecticida

Lluvias luego de la aplicación: 100 mm y llovieron 100 mm después de la siembra

Los síntomas observados no responden al efecto de un sólo herbicida, incluso puede deberse a distintos factores y actuando en sinergia; por ejemplo en la Fig. 6. se observa plántulas con coloración púrpura en las hojas más viejas, clorosis internerval con márgenes púrpuras, disminución de stand y otras plántulas con clorosis intensas, típico de daño de Atrazina por ejemplo, y posible efecto de Diclosulam+Halaxufen metil (Texaro).

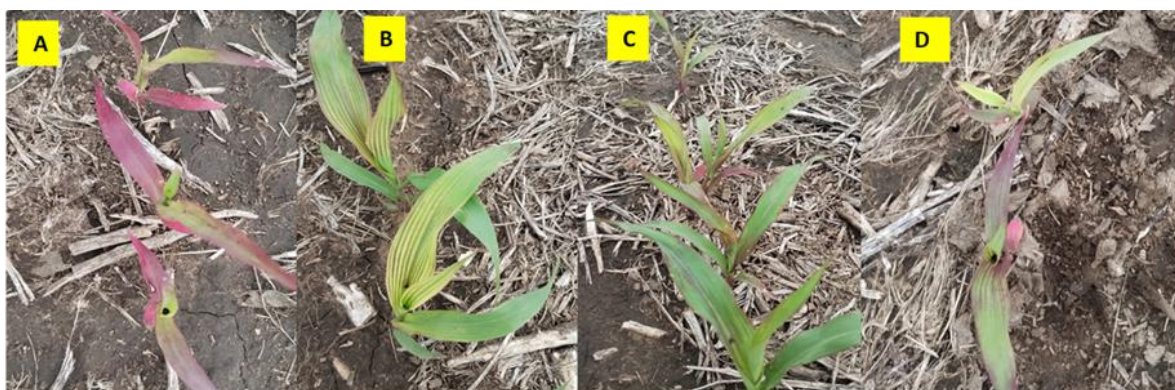


Fig. 6. Fuente: Fotos Chaver, A.-Gear SA. Diagnostico y adaptación, Giorda, L.M.2024. (A) Síntomas de Fitotoxicidad en Sorgo consistentes en detención del crecimiento, coloración púrpura de las hojas más viejas y en el extremo distal con la base del cogollo clorótica, en algunos casos. (B) Clorosis internerval y posterior cambio a púrpura en margen de las hojas y (C, D), plántulas achaparradas con coloración púrpura en la base, tomando posteriormente toda la lámina y cloróticas. En todos los casos, disminución del stand de plantas.

A su vez, el mismo síntoma de color púrpura (magenta) de la planta/hojas, puede observarse como respuesta al daño causado por distintos herbicidas como **Cletodim**, **Imidazolinonas**, **Diclosulam**, herbicidas de la familia de las cloroacetamidas entre otros. Además, el color púrpura puede ser un **indicio de deficiencia de fósforo** causada por una fertilidad inadecuada del suelo o por un restringido crecimiento radicular debido a la compactación del suelo o daño a las raíces; también por condiciones de frío prolongadas en estado de plántula, entre otros.

Estas condiciones resultan en la acumulación de antocianinas (coloración rojiza a púrpura) debido a que la planta no puede utilizar los fotosintatos que produce bajo esa situación de estrés (Fig.7).

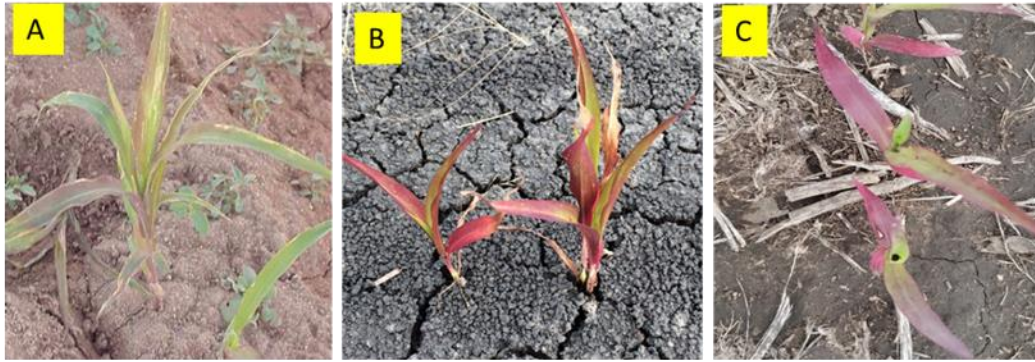


Fig. 7. Síntomas similares en plántulas de sorgo con color magenta(rosa/rojizo a púrpura) inducidos por distintos factores, en diferentes ambientes y genotipos : **A**, fitotoxicidad por Cletodim; **B**, deficiencia de P (fósforo); **C**, posible efecto de Diclosulam+Halauxifen metil (Fig.6 A). En todos los casos, los genotipos de sorgo y suelos son diferentes.

Fuente: **A**, <https://cales.arizona.edu/crop/weeds/key/parttwoD.html>; **B**, Purpling in Sorghum Seedlings - Specialty (3).pdf **C**, Chaver.

Es importante considerar que la coloración no impacta en el potencial de rendimiento, sino que es la **causa** de la coloración lo que puede limitar el potencial de rendimiento.

Si las condiciones ambientales se reanudan para el normal desarrollo del cultivo, éste puede recuperarse sin afectar significativamente el rendimiento; dependiendo de las condiciones edafoclimáticas del terreno, momento fenológico y el tiempo sometido al estrés, como también el daño primario inducido.

En este caso estudio, aparentemente el factor principal podría haber sido la aplicación de Diclosulam+Halauxifen metil, que no pudo metabolizarse correctamente, sin descartar algún efecto adicional (acción sinérgica) del resto de los pesticidas aplicados, interactuando bajo específicas condiciones edafoclimáticas. Debe además considerarse que la clorosis intensa que se observa en algunas plántulas, es síntoma típico inducido por la aplicación de atrazina previo a lluvias intensas (Fig. 6D).

En general, si las condiciones climáticas posteriores al efecto que indujeron los síntomas observados, son favorables para el sorgo, en esta situación del Caso estudio 2, el cultivo se recupera.

Por otra parte, en campañas bajo estrés de sequía, con lluvias erráticas e intensas, condiciones edafoclimáticas como períodos de baja temperatura durante los primeros estadios de desarrollo del sorgo, suelos compactados, potreros sin usar y/u otros factores ya mencionados, es importante evaluar la conveniencia de aplicar una alta carga de pesticidas, en caso de siembra directa, (como si fuera una campaña normal) o hacer un disco/rastra y utilizar lo mínimo necesario de herbicidas de preemergencia y en las dosis y mezclas correctas para la situación edafoclimática del momento y lote en particular. En Fig. 8, A y B, se indica un ejemplo donde el mismo productor (Caso estudio 2), si bien usó dos híbridos distintos, en un terreno aplicó una alta carga de pesticida (Fig.8 A), con problemas de fitotoxicidad y en otro terreno similar, aplicó una rastra de disco con herbicidas de preemergencia (graminicida, glifosato, 2,4D, atrazina) (Fig.8 B), sin observarse en este último caso, ningún síntoma de fitotoxicidad y un desarrollo normal del cultivo. Obviamente, al tomar la decisión, se debe tener cuidado con el suelo, no perder humedad y otras características.

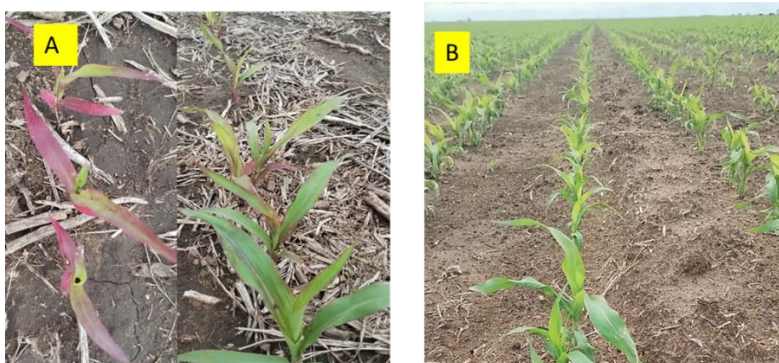


Fig.8. **(A)**. Caso estudio 2(Fig. 6). Fuente: Chaver,A.; Implantación en SD a 35 cm con barbecho químico y pesticidas preemergentes según indicado arriba; **(B)**,el mismo campo del productor, otro lote similar sembrado a 52 cm con disco/rastra y aplicación de herbicidas de preemergencia: graminicida, atrazina, glifosato, 2.4D. Ubicación del Lote : Laplacette – Partido de Junin- BS AS

Asimismo, es importante considerar el efecto antagónico de algunos graminicidas con herbicidas hormonales como el antagonismo del diclofop-metil reduciendo el efecto del 2,4-D. (Puricelli, E.C.M.,2006). Además, se debe tener cuidado en las mezclas, que sean las óptimas para el eficiente control de malezas, preservando el cultivo y evitando posibles situaciones de fitotoxicidad.

Otros síntomas de Fitotoxicidad por herbicidas similares a los inducidos por factores abióticos y bióticos que interactúan

1) Entre los herbicidas que inducen decoloración o blanqueamiento de las hojas de sorgo ("bleaching") se mencionan: Clomazone; Biciclopirona; Tolpyralate;Topramezone;Mesotrione;Tembotrione

Ha sido común en distintas zonas, observar cultivos de sorgo en estados vegetativos, implantados con iguales o diferentes híbridos, dañados por efecto de herbicidas después de lluvias de distinta intensidad y con mayor efecto en sectores del campo (Fig.9 A y C) cabeceras por ejemplo o lugares con desniveles, en periodos de sequías.

En el caso de la Fig.9 A, Los síntomas se expresan en color blanquecino de la lámina en distintas partes de las hojas, especialmente en la zona media y distal de la lámina, con posterior necrosis y ligero engrosamiento de la base y zona radicular, con achaparramiento. El tipo de daño que se presenta, su distribución en el lote y síntomas no responden a daños bióticos conocidos, sino a efectos de fitotoxicidad inducidos por la acción de uno o varios herbicidas (efecto residual, problemas de "carry over"), bajo condiciones climáticas específicas(i.e, cultivo vulnerable por estrés hídrico/ térmico); falta de lixiviación/metabolización del producto; lluvias fuertes posteriores que "corrieron" y concentraron el producto, tipo de suelo y terreno, contenido de materia orgánica y otros. Estos síntomas fueron observados durante fines de enero a mediados de febrero del 2023 y en algunos lotes en 2024(Fig.9 A).

No puede establecerse con exactitud qué herbicida fue la causa primaria expresado en el daño observado, ya que no hay seguimiento preciso de la historia del lote, dosis, productos y mezclas, además si hubo problemas en la aplicación con anterioridad, durante o post emergencia, pero las características del cultivo y el color observado, es un típico síntoma de que la fotosíntesis fue afectada y la planta se torna blanca translúcida, especialmente en el extremo de la lámina y en casos graves se necrosa y la planta muere. Estos síntomas son similares a los inducidos por el herbicida Clomazone (Fig.9B).

Clomazone es un herbicida preemergente selectivo para cultivos como soja y maní con prolongada acción residual, para el control de gramíneas. Se absorbe principalmente por las raíces y ápices de los tallos de las plantas y es translocado por la xilema hasta las hojas. El producto inhibe la biosíntesis de la clorofila y carotenoides de las especies susceptibles, impidiendo la formación de pigmentos y la formación de la clorofila. Kuttel, W.D,, y Metzler , M. J. Evaluación exploratoria de alternativas para control químico de malezas gramíneas en sorgo granífero (*Sorghum bicolor*). https://www.engormix.com/agricultura/enfermedad-sorgo/evaluacion-exploratoria-alternativas-control_a41116/.

Asimismo, se observaron síntomas similares en sorgo, inducidos por otros herbicidas como el caso de **Biciclopirona** el cual actúa bloqueando la enzima HPPD (p-hidroxi-fenil-piruvatodeshidrogenasa), interfiriendo en la formación de plastoquinona y alfatocofeol. De esta manera interrumpe la síntesis de los pigmentos carotenoides, produciendo decoloración en las hojas (albinismo) en sorgo y posterior necrosis y muerte de la planta en casos severos. Se utiliza como preemergente para el control en cultivo de maíz de malezas gramíneas y de hoja ancha. Es otro herbicida de alta residualidad.

El **Tolpyralate** y el **Topramezone** son otros herbicidas, que inducen en sorgo, la típica sintomatología de blanqueamiento en la zona de crecimiento ("bleaching"), tomando la lámina. Son herbicidas inhibidores de la enzima HPPD (distintas familias químicas), que actúan sobre la biosíntesis de carotenoides. Se usan para el control postemergente de malezas de hojas anchas y gramíneas en maíz. <https://www.agrofy.com.ar/herbicida-conveyr.html>. El topramezone es un herbicida de alta residualidad.

Productos con **Mesotrione** también puede producir síntomas de decoloración ("bleaching") al afectar la capacidad fotosintética de las plántulas de sorgo, que no son resistentes. (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.2c05865>). Es un herbicida sistémico residual, selectivo para el cultivo de maíz, para el control en postemergencia temprana de malezas latifoliadas.

Herbicidas residuales son aquellos cuyos residuos permanecen activos en el suelo durante un tiempo y dependen de la humedad y la actividad microbiana para descomponerse.

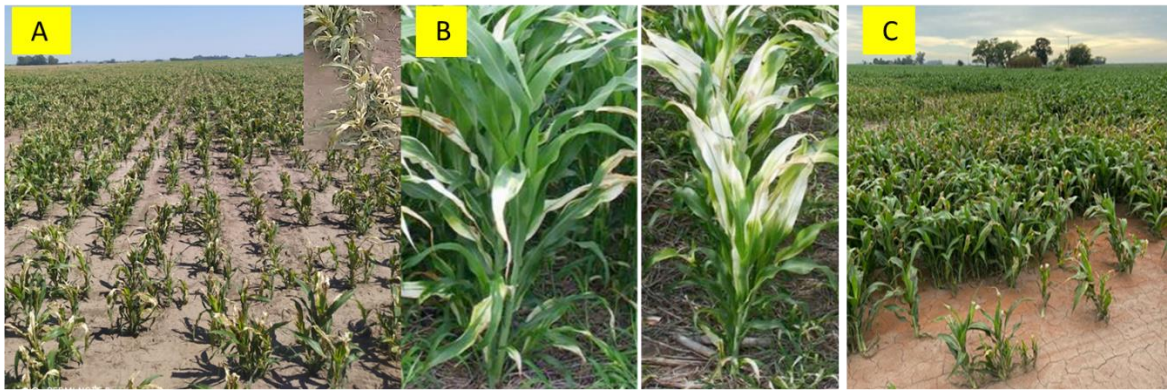


Fig.9. **A**, Síntomas de fitotoxicidad en sorgo, expresado en color blanquecino de la lámina en distintas parte de las hojas, especialmente en la zona media y distal, con posterior necrosis; achaparramiento y ligero engrosamiento de la base y zona radicular; Foto: M.Principiano. AAPPCE.2023. **B**, ejemplo de síntomas de fitotoxicidad inducidos por **Clomazone** (Fuente: Kuttel, W. y Metzler, M. Evaluación de diferentes alternativas de control de malezas en sorgo.2017. <https://www.creasurdesantafe.com.ar/wp-content/uploads/2017/09/Presentacio%CC%81n-JAT-CREA-Venado-Tuerto-06092017-metzler-1-ilovepdf-compressed.pdf>); **C**, síntomas de fitotoxicidad en diferente híbrido de sorgo con necrosis apical de lámina. Foto:M.Galli.AAPPCC.2023.

Estos síntomas, que recuerdan las características genéticas de albinismo, color blanco y translúcidos en algunos casos, resultan similares a los inducidos por deficiencias de nutrientes en sorgo y cuando son severas, podrían causar confusión. En Fig. 9D se muestra, con clorosis internerval y blanqueamiento casi completo de algunas porciones de la hoja. No obstante es relativamente fácil diferenciarlo de daño por fitotoxicidad, conociendo el tipo de suelo y siguiendo la evolución del desarrollo de las hojas nuevas, las cuales si son verde más oscuro, esta sugiriendo que el sorgo está superando las limitaciones que indujo el daño. En caso de una deficiencia grave de hierro, que a veces al interactuar con específicas condiciones ambientales u otras condiciones, agrava los síntomas, resulta difícil de revertir. Puede presentarse en manchones, según suelo.



Fig.9. **D**, Síntomas en plantas de sorgo por deficiencias de hierro, mostrando clorosis internerval y coloración blanca y translúcida en casos severos, en las hojas nuevas en desarrollo y en las viejas ("bleaching"). <https://agrilife.org/texasrowcrops/files/2015/07/Fig.-1-Iron-Fe-Deficiency-in-Grain-Sorghum.jpg>

Es muy importante que el productor/asesor tenga un correcto conocimiento de los diferentes tratamientos realizados en el "lote del sorgo problema", ya sea en el cultivo anterior como en el barbecho, a fin de preveer antes de la siembra y considerando la situación edafoclimática específica, los posibles problemas de fitotoxicidad en el cultivo de sorgo. Asimismo al solicitar un diagnóstico es imprescindible indicar todas las características de la historia del lote y condiciones climáticas, a fin de determinar la causa y establecer si el cultivo puede recuperarse sin afectar el rendimiento.

Investigaciones específicas, facilitarían un diagnóstico más preciso sobre el efecto principal que indujo los síntomas y daños. Aún así, es difícil obtener síntomas idénticos a los indicados y observados a campo, ya que deberían reproducirse considerando la coincidencia de las condiciones edafoclimática de ese momento de la campaña agrícola, historia del lote, con las dosis y mezcla de los productos empleados, método y momento de aplicación realizados, en un específico estado fenológico del cultivo, en el cual es vulnerable al efecto del herbicida o sus mezclas.

2) Algunos herbicidas que inducen distintos tipos de necrosis en sorgo, que podrían confundirse con agentes bióticos.

2.1) Tembotrione y Fomesafen

Se menciona en distinta bibliografía, daños en sorgo con síntomas de necrosis, inducidos por herbicidas con producto activo **fomesafen y tembotrione**, usados solo o en mezclas, en cultivos de soja y maíz para el manejo de malezas resistentes a glifosato, inhibidores de ALS (sulfonilureas e imidazolinonas) y a herbicidas hormonales como MCPA entre otros.

Los síntomas que se mencionan (Fig. 10 A y B), son similares a los registrados en algunos lotes de distintos híbridos en estas dos últimas campaña. Estos herbicidas podrían haber afectado cultivos de sorgo como consecuencia de residuales, posible efecto "carryover", o derivas desde lotes vecinos.

Tembotrione es un herbicida post-emergente selectivo usado en maíz para el control de gramíneas y algunas hojas anchas. Afecta la biosíntesis de pigmentos carotenoides, causando el típico blanqueo("bleaching") en las hojas de sorgo en desarrollo, afectado por una aplicación postemergente directa (Dan, H.A., et al.2012), o debido al efecto por derivas. Además se observa necrosis de la lámina en distintas partes consistentes en manchas castañas claras rodeados de un halo rojizo o púrpura (según genotipo), Fig.10,A. https://www.researchgate.net/publication/221926185_Potential_Use_of_Tembotrione_H_PPD-Inhibitor_Herbicides_in_Grain_Sorghum.

Pocas investigaciones muestran el efecto fitotóxico de tembotrione sobre sorgo, aunque usado en distintas condiciones que respecto a maíz, como así también el efecto que genera la residualidad de este herbicida empleado sólo o en mezclas, sobre el cultivo de sorgo (efecto "carryover") y más en periodos de sequía, afectando su rendimiento; (Krishnamurthy,D et al. 2022).

https://www.researchgate.net/publication/357700212_Non_suitability_of_tembotrione_and_topramezone_for_weed_management_in_sorghum_Sorghum_bicolor_L_Moench).

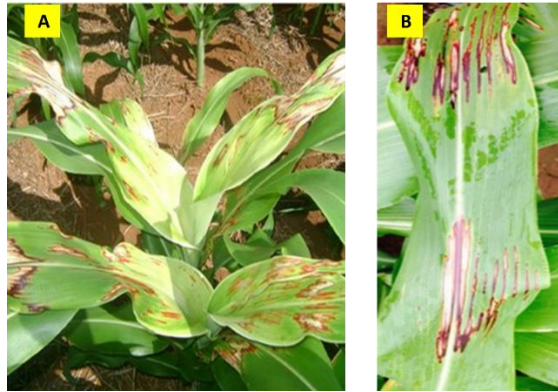


Fig.10. Síntomas inducidos en sorgo por fitotoxicidad; **(A)** Tembotrione, clorosis intensa a blanqueamiento (“bleaching”) en la base de las hojas del cogollo de la planta, con necrosis en la zona media y distal. Fuente: Dan, H.A., et al.2012; **(B)** Fomesafen, necrosis en hojas de sorgo, Fuente: Adhikari P. et al. 2020; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7556536/>

Fomesafen (Fig.10,B) pertenece a la clase POO, inhibidores de la enzima protoporfirinógeno oxidasa. (Adhikari P. et al. 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7556536/>).Herbicida post-emergente para el control de malezas de hoja ancha en los cultivos de soja, y maní. También puede usarse en preemergencia del cultivo de soja, aplicado en combinación con acetoclor 90% (EC), para el control de malezas de hoja ancha. En este caso actúa en forma sistémica, siendo absorbido por las raíces de las plantas. El daño que causa en sorgo, son síntomas necróticos (Fig.10,B) y puede deberse a un efecto “carry over”, en campañas agrícolas con sequía.

Se considera que el **fomesafen** en el campo es bastante persistente. Se degrada principalmente por los microorganismos del suelo, por lo que los factores que reducen la actividad microbiana, como los suelos secos, pueden aumentar la vida media y, por tanto, la persistencia y el potencial de residualidad.

Por otra parte Azcarate *et al.* (2021) estudiando el efecto de fomesafen y biciclopirona sobre contenido de carbono de la biomasa microbiana (CBM) en secuencias de soja-maíz, concluyeron que los cambios en CBM reflejaron los efectos deletéreos que provocó la aplicación de diferentes dosis de fomesafen y biciclopirona sobre la abundancia de microorganismos presentes en el suelo en un periodo de tiempo.

Asimismo, Montoya, J. *et al.* (2021), en un trabajo de investigación realizado en conjunto en La Pampa y Manfredi-Córdoba, Argentina, estudiando el método de bioensayo como herramienta de diagnóstico para detectar residuos fitotóxicos de fomesafen en el suelo en sorgo comentan:....[Durante los últimos años el uso de fomesafen (5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl)phenoxy]-N-[methylsulfonyl]-2-nitrobenzamide) creció en Argentina convirtiéndose en uno de los herbicidas más frecuentemente usado en el cultivo de soja. Esto se dio principalmente debido a la evolución de biotipos de *Amaranthus spp.* resistentes a glifosato e inhibidores de la ALS. La gran variabilidad de datos de persistencia trae aparejado interrogantes respecto a su potencial de provocar carryover. Por otra parte, suele aplicarse más de una vez en el ciclo del cultivo de soja, aumentando la posibilidad que se manifieste el fenómeno de carryover...]

Y entre sus conclusiones indican. [*El cultivo de sorgo fue el más sensible a la presencia de residuos de fomesafen en el suelo. Los menores registros de lluvias en Anguil aumentan el potencial de carryover.*].

2.2) Nicosulfuron

Es un herbicida selectivo aplicado en post-emergencia al cultivo de maíz utilizado para el control de gramíneas anuales y perennes, así como algunas malezas de hoja ancha. El daño de fitotoxicidad en sorgo puede deberse a la deriva por aplicación sobre maíz en lotes vecinos. A pesar de los síntomas inducidos al estado vegetativo, en esta situación específica, no se observa daño en la productividad del cultivo. No así, si se aplica directamente al cultivo de sorgo, en materiales que no muestren tolerancia a este herbicida.

Existe en EEUU la tecnología **Inzen™** ([Hunter D. Bowman et al., 2020](#));..[recientemente se comercializó sorgo granífero desarrollados con la característica no transgénica llamada **Inzen™** para combatir las malezas, lo que permite el uso de nicosulfuron POST en el cultivo. El sorgo granífero **Inzen™** porta una doble mutación en el gen de la acetolactato sintasa (ALS) *Val560Ile* y *Trp574Leu*, lo que potencialmente resulta en una resistencia cruzada a una amplia variedad de herbicidas inhibidores de ALS]...<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/resistance-of-inzen-grain-sorghum-to-multiple-pre-and-postapplied-acetolactate-synthaseinhibiting-herbicides/832364BC6239DD265C3925D0E3A8C994>



Fig.11.Efecto de fitotoxicidad en líneas e híbridos de sorgo , de coloración púrpura. inducido por deriva de Nicosulfuron.
Fuente; Giorda, LM y Ortiz, D. 2023/24. Criadero Sorgo INTA Manfredi, 2024.

En EEUU además de la tecnología mencionada **Inzen™**, resistentes a las sulfonilureas-nicosulfuron- ya mencionada y recomendado para control de gramíneas en postemergencia, existe la tecnología **Igrowth™** (ALS, inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa), resistencia a herbicidas de la familia imidazolinonas para control de malezas de hoja ancha y gramíneas y sorgo de alepo de semilla en pre y postemergencia usada en Argentina; se ha desarrollado la tecnología **Double Team™** (ACCase , inhibidores de la acetil Coenzyma A carboxilasa), que confiere resistencia en sorgos graníferos al herbicida quizalofop, y usada para malezas gramíneas en postemergencia
<https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/why-world-enlist-corn-resistant-fop-herbicides>; <https://www.agweb.com/news/crops/crop-production/three-herbicide-tolerant-sorghum-technologies-finally-reach-farmers>

Observando comparativamente los distintos síntomas causados por fitotoxicidad por herbicida, con los inducidos por virus, distintas bacteriosis de sorgo, hongos, oomycota y pulgón, como se indica en las Figuras 12, 13,14, 15, y 16, pueden notarse las diferencias entre expresión biótica y abiótica. La sinergia de ambos interactuando con condiciones ambientales específicas y genotipo, dificulta el diagnóstico definitivo, aunque estudios en laboratorios podrían descartar efectos bióticos concomitantes. De todas maneras la acción sinérgica en la respuesta, influye sobre la recuperación del lote y sus efectos sobre el rendimiento

Estos síntomas inducidos por daño de herbicidas (residuales y/o aplicaciones), suelen fácilmente confundirse con los originados por necrosis de virus (i.e MDMV-A), en genotipos de sorgo susceptibles. En algunos casos podría presentarse de manera simultánea(L.M.Giorda).

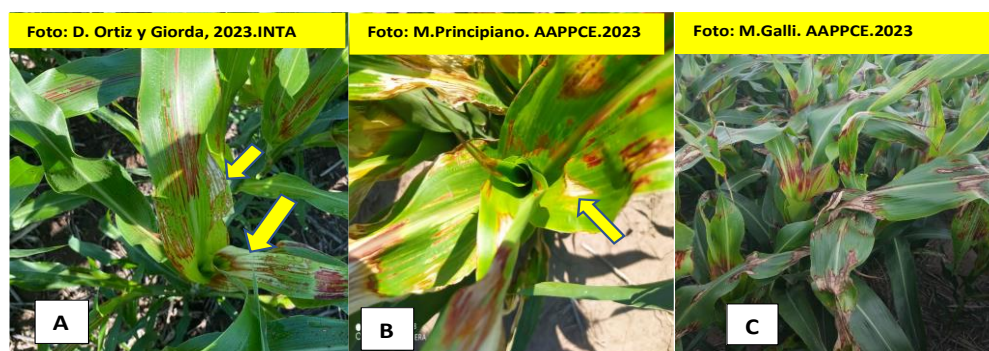


Fig. 12. Síntomas similares en distintos híbridos, con diferente expresión en el color de planta (roja y púrpura) inducidos por fitotoxicidad por herbicidas; **A**, decoloración en zona del cogollo (color " blanco") por efecto sobre la clorofila, y necrosis en las hojas superiores; **B**, manchas claras con halo rojizo(quemado) de distintos tamaño y posterior necrosis. **C**, manchas castañas claras con halo púrpura en distintas partes de la hoja que coalescen, secando el medio y extremo distal de la hoja. Fuente: diagrama y diagnóstico, Giorda, L.

El daño de herbicida puede revertirse con buenas condiciones ambientales y manejo, aunque según la intensidad del daño y momento fenológico que se produjo, podría afectar la productividad.

En la actualidad es raro encontrar híbridos de sorgo afectados por la reacción necrótica causada por algún potyvirus, ya que la resistencia caracterizada por mosaico leve o inmunidad, es dominante para los virus identificados en Argentina en sorgo (Giorda, L.M. 2022). Situación de las Virosis de Sorgo en Argentina. Una Revisión). No obstante, puede observarse síntomas de necrosis, a veces severos, en líneas parentales de lotes de producción. La presencia de virosis en sorgo puede confirmarse a nivel laboratorio ya sea por metodología serológica, molecular y biológica (Fig. 13, C).

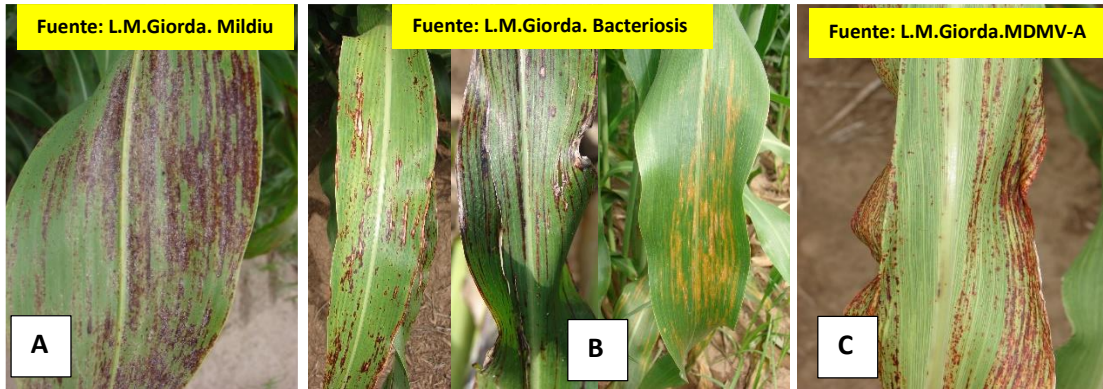


Fig. 13. Síntomas de necrosis causadas por distintos patógenos con reacción de color según el genotipo de la planta púrpura, roja o castaño. **A**, mildiu del sorgo sistémico (*Peronosclerospora sorghi*) fácilmente diferenciado al observarse en el enves, bajo condiciones de humedad, inflorescencia blanquecina del patógeno. **B**, tres distintas bacteriosis en sorgo, con reacción según color de planta púrpura, roja y castaño; **C**, reacción necrótica del virus MDMV-A en una línea de sorgo de color de planta roja mostrando estrías necróticas que coalescen. Fotos y Fuente : Laura M.Giorda, 2017, 2023.

En la Figura 14, A y B, se observan síntomas de mosaico en la base del cogollo y necrosis a lo largo de las hojas, inducidas por virosis (MDMV). En Argentina en sorgo, hasta el presente, se han identificado dos potyvirus, MDMV-A y MDMV-B (ahora denominado SCMV-MB) (Giorda, L.M.).

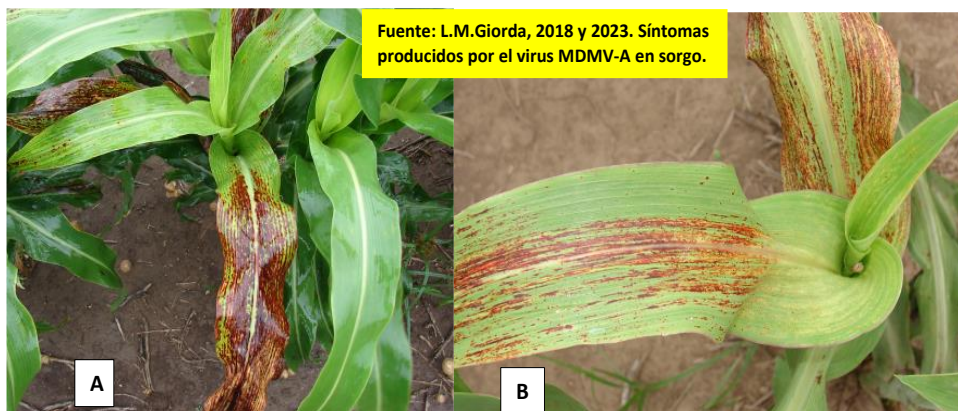


Fig.14. Síntomas virosicos en distintas líneas de sorgo granífero inducidos por MDMV-A. Se observa mosaico en la base de las hojas(cogollo) y necrosis en forma de estrías a lo largo con coloración rojiza como respuesta al genotipo.Fuente y fotos: Giorda,L.M.

Estos síntomas a veces se presentan solos o en simultáneo en la planta de sorgo, con otros similares inducidos por otros patógenos (Fig. 15, A y B) o causados por reacción genética de la planta a aplicaciones de insecticidas, daño por pulgón o fitotoxicidad por herbicida, con reacción roja, púrpura o tan según genotipo (Fig. 15, 16 y 17).

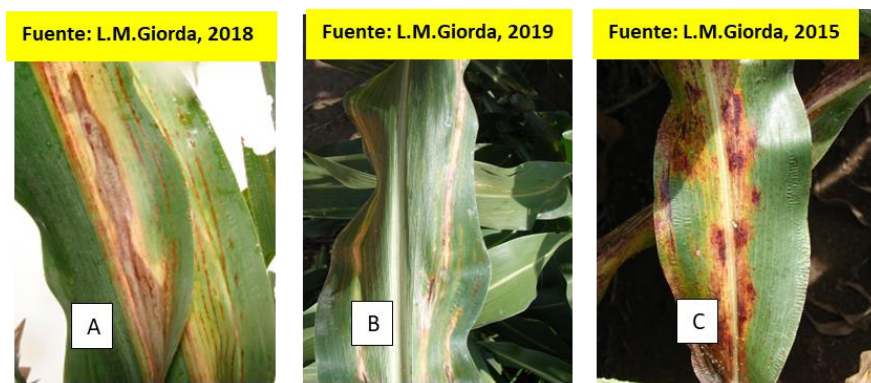


Fig 15. **A**, reacción necrótica en media hoja de un /híbrido de sorgo causada por *Acremonium strictum* (syn, *Cephalosporium acremonium*), de menor importancia en sorgo ; **B**, “tizón de la hoja” en genotipo color castaño, causando estrías longitudinales que se van ensanchando pudiendo tomar toda la hoja según susceptibilidad del material, originada por el hongo *Exserohillum turcicum*.; **C**, daño de necrosis causada por la fitotoxicidad por pulgones (*S.graminum*) en planta susceptible, en este caso debe observarse las mudas en el envés de la hoja. Fotos: Laura M. Giorda, 2014, 2019 y 2023.

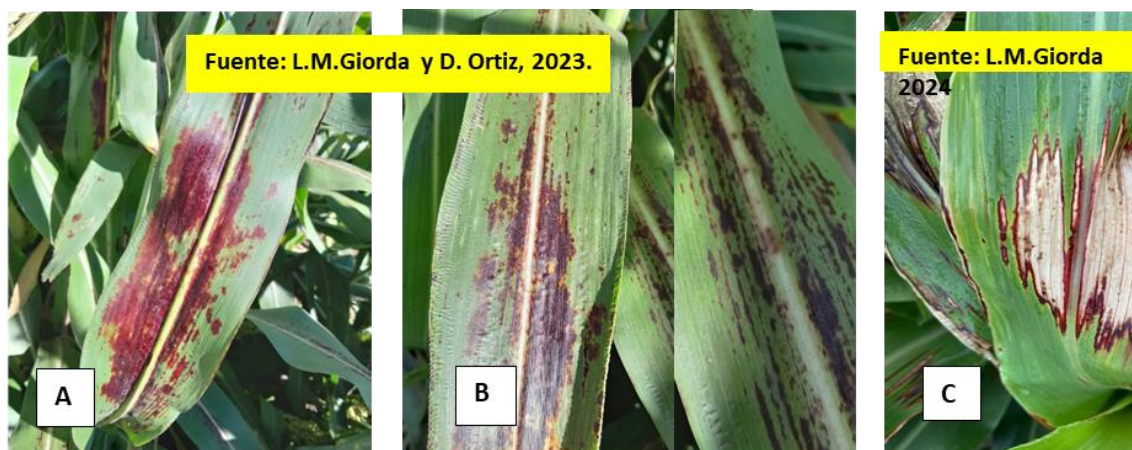


Fig.16. A, Típica reacción genética de la línea de color púrpura (“manchas fisiológicas”), inducidas en este caso, por infestación de pulgón y por daño de insecticida; **B**, estrías necróticas en hoja derecha de bacteriosis causada por *Robbsia andropogoni* (sin. *Pseudomonas andropogoni*), enfermedad conocida como estría roja de la hoja, pero según genotipo la reacción puede ser púrpura, roja o castaña. En hoja izquierda, reacción púrpura de la planta, inducida por daño de pulgón e insecticida; **C**, daño por herbicida, posible efecto por Nicosulfuron, en otro genotipo de sorgo con reacción púrpura. Fuente: Giorda, L.M. y Ortiz, D.

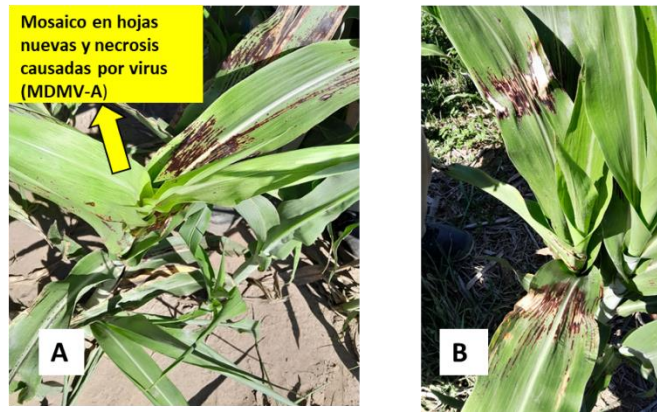


Fig.17. A, Síntomas observados en sorgo inducidos por el virus MDMV-A, en híbrido con reacción púrpura, expresando mosaico en la zona de crecimiento (cogollo) y necrosis en las hojas más viejas; campaña 2023. **B,** reacción del mismo híbrido de sorgo a fitotoxicidad por herbicida, deriva de Nicosulfuron, con síntomas de necrosis, pero sin presencia del virus MDMV-A, campaña 2024. O sea, puede presentarse al mismo tiempo el agente biótico en sinergia con el efecto abiótico; a nivel de laboratorio puede corroborarse la presencia de virus. Fuente: Giorda.L.M. y Ortiz, D., Criadero INTA Manfredi, 2024.

3) Síntomas de daño en sorgo por pulgón amarillo del sorgo y ácaros. Campaña 22/23

El pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sorghi/M.sacchari*) en algunas localidades e híbridos se manifestó en forma intensa, afectando no sólo la parte basal sino también la parte media de la planta o superiores y en algunas localidades la aparición de arañuela, que no es la típica arañuela roja (Fabian Gamba, AAPPCE, Fig. 18), también induciendo, necrosis de hojas basales. El control de esta última se logra con los mismos productos usados para pulgón amarillo del sorgo.

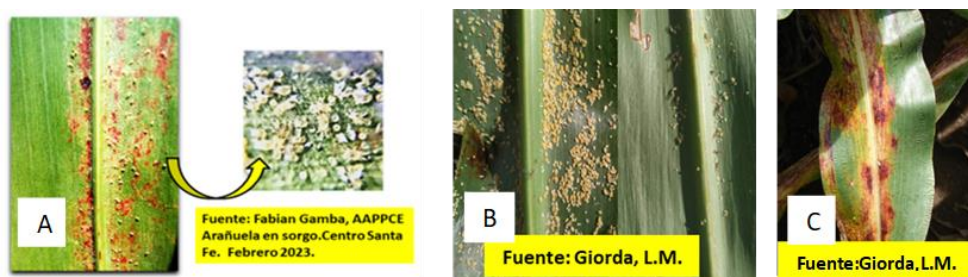


Fig. 18. A, Síntomas inducidos en sorgo por arañuela (2023); **B,** pulgón amarillo de sorgo, *M.sorghii*(2023); **C,** síntomas inducidos por pulgón verde, *S.graminum*(2014).

Comentarios finales

Las estaciones de crecimiento del cultivo, caracterizadas por campañas con períodos prolongados de condiciones de sequía, y precipitaciones irregulares, pueden aumentar el potencial de daño por arrastre (“carryover”) de los herbicidas aplicados previamente a la siembra. Asimismo las dosis del/de los productos aplicados y sus mezclas en preemergencia.

Se repasa conceptos básicos y se enfatiza la fuerte interacción edafoclimática que afecta la eficiencia del herbicida pero también la inducción de fitotoxicidad en el cultivo, en campañas muy afectada por falta de lluvias, con precipitaciones intensas y a destiempo en algunas zonas, originando corrimiento y acumulación del producto.

Se consideraron distintas situaciones de estrés edafoclimáticas presentes que interactúan, como las características del suelo, la compactación del mismo que limita la penetración del agua y desarrollo radicular, la falta de acumulación de humedad, altas temperaturas e irradiación, poca humedad ambiental, precipitaciones intensas después de periodos de deficiencias hídricas, con acumulación de agua, periodos con temperaturas más bajas que las óptimas, entre otros y las fechas de siembra tardía, como consecuencia precisamente, de la sequía.

También debe observarse en época de sequías prolongadas, la densidad de siembra, evitando altas densidades (especialmente en híbridos de alto porte y desarrollo) que pueden hacer vulnerable el cultivo ante precipitaciones irregulares.

Los diferentes herbicidas tienen características distintas e interactúan con los suelos y el clima de diferentes maneras, incluyendo genotipo del híbrido, por lo que no es posible hacer o seguir recomendaciones amplias y generales, según el marbete. El estrés que enfrenta el cultivo recién sembrado durante el establecimiento también puede afectar la respuesta, por lo que también es importante tener cuidado con las dosis utilizadas en sorgo y mezclas de productos, bajo estas condiciones climáticas especiales.

Es importante considerar previamente la historia del lote y potenciales daños por efecto de residuales de herbicidas ya aplicados.

Evaluar su concentración en suelo de ser posible, examinar antecedentes y características de los productos aplicados en el cultivo anterior incluyendo barbechos, cultivos de servicio, analizando el potencial de su residualidad y el tiempo entre la aplicación de herbicidas y la fecha prevista de siembra del sorgo, considerando que en tiempo de sequía la degradación y desactivación de/de los herbicidas es más lenta.

Es fundamental la fecha de siembra y elección del híbrido (ciclo fenológico en relación a la fecha de siembra y latitud), de manera de darle tiempo a la degradación/lixiviación de los herbicidas previos, disminuyendo el riesgo potencial de "carryover".

Más estudios son necesarios de realizar, por los especialistas en el tema, sobre fitotoxicidad y daños de herbicidas en sorgo, como consecuencia de nuevos productos y mezclas usadas para controlar malezas resistentes en soja y maíz y que presentan importante residualidad y permanencia en el suelo; bajo condiciones edafoclimáticas limitadas por la humedad y tipo de suelo, incluso lluvias torrenciales que favorecen el corrimiento del producto, y periodos de frío al estado de plántulas, agravado por estancamiento del agua. Asimismo, los problemas causados por deriva.

Su amplia divulgación puede prevenir daños en cultivos sensibles como el sorgo, implantados posteriormente y más aún en periodos de sequía, en zonas marginales o terrenos compactados.

Por otra parte, debe recordarse que la aparición y acción sinérgica de factores bióticos y abióticos afecta la expresión de síntomas y el efecto en la recuperación del cultivo y rendimiento, dependiendo además del manejo del mismo y de las condiciones climáticas desarrolladas hasta cosecha.

(1) Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Asesora; ex investigadora de INTA en Sorgo y Prof. Asociada Fitopatología, FCA, UNC. lauramariagiorda@gmail.com; Whasapp: +54 9 351 653-0288

(2) Ing. Agr. M.Sc., Ph.D., Director Criadero Sorgo INTA Manfredi; Coordinador área mejoramiento genético vegetal

Bibliografías citadas

Aapresid. 2019. Clasificación de herbicidas por sitio de acción. <https://www.aapresid.org.ar/webroot/archivos/pdfs/6373cc9d5fd47.pdf>.
<https://www.aapresid.org.ar/blog/sequia-riesgos-fitotoxicidad-o-carryover-herbicidas>.

Adhikari, P. et al. 2020. Genetic variation associated with PPO-inhibiting herbicide tolerance in sorghum. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7556536/>

Al-Khatib, K.; Claassen, MM.; Tahlman, PW.; et al. Grain Sorghum Response to Simulated Drift from Glufosinate, Glyphosate, Imazethapyr, and Sethoxydim. Weed Technology. 2003;17(2):261-265. doi:10.1614/0890-037X(2003)017[0261: GSRTSD] 2.0.CO;2. <https://www.jstor.org/stable/3989306>.

Adhikari, P., Goodrich; E., Fernandes; S.B., Lipka, A.E; Tranel; Brown; P. y Jamann, T.M. 2020. Genetic variation associated with PPO-inhibiting herbicide tolerance in sorghum. PLoS One. 2020 Oct 14;15(10): e0233254. doi: 10.1371/journal.pone.0233254. PMID: 33052910;PMCID: PMC7556536.<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles /PMC7556536>.

Bagale, Suman. (2022). Modes of Herbicide Action. 10.5772/intechopen.105356. https://www.researchgate.net/publication/363431272_Modes_of_Herbicide_Action

Barber, T.; Scott, B. y Norsworthy, J. 2015. Weed Control in Grain Sorghum. <https://www.uaex.uada.edu/publications/pdf/mp297/gschapter8.pdf>.

Bean, B. 2017. Sorghum and Herbicide Drift. Sorghum checkoff. <https://www.sorghumcheckoff.com/agronomy-insights/sorghum-and-herbicide-drift/>

Bedman, F.; Gianelli, V. y Panaggio, H. 2022. Herbicidas en el suelo en sistemas de siembra directa. Aapresid. <https://www.aapresid.org.ar/blog/herbicidas-suelo-sistemas-siembra-directa>

Bowma, H.D.; Barber, T.; Norsworthy, J.K. ; Roberts, T.L.; Kelly, J. y Gbu, E.E. 2020. Resistance of Inzen™ grain sorghum to multiple PRE- and POST-applied acetolactate synthase-inhibiting herbicides. <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/resistance-of-inzen-grain-sorghum-to-multiple-pre-and-postapplied-acetolactate-synthaseinhibiting-herbicides/832364BC6239DD265C3925D0E3A8C994>.

Colquhoun, J. 2006. Herbicide Persistence and Carryover. University of Wisconsin Extension publication A3819.

<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/A3819.pdf>.

Congreve, M. y **McKay**, E. Managing sorghum injury when using metalachlor herbicides. 2016. https://www.youtube.com/watch?v=c_N66IGuI4.

Dan, H.; **Dan**, L.G.M.; **Barroso**, A.; **Procópio**, S.O.; **Júnior**, R.; **Silva**, A.; **Lima**, M.D.B. y **Feldkircher**, C. 2009. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. Planta Daninha. 28. 1087-1095. 10.1590/S0100-83582010000500016.

https://www.researchgate.net/publication/262517855_Residual_activity_of_herbicides_used_in_soybean_agriculture_on_grain_sorghum_crop_succession.

Dan, H.; **Barroso**, A.; et. al .2012. Potential Use of Tembotrione (HPPD-Inhibitor Herbicides) in Grain Sorghum. 10.5772/33759. https://www.researchgate.net/publication/221926185_Potential_Use_of_Tembotrione_HPPD-Inhibitor_Herbicides_in_Grain_Sorghum

Daft, C. 2019. (Pioneer Hi-Bred). Recent Weather Causing Corn (and Sorghum) Injury From Pre-emerge Herbicides. <https://osunpk.com/2017/06/22/time-to-re-post-an-old-post-sorghum-injuries-from-pre-emerge-herbicides/>.

Dan de Almeida, H.; **Barroso De Lemos**, A.; **Silvério de Oliveira Júnior**, R. y **Constantin**, J. 2012. Potential Use of Tembotrione (HPPD-Inhibitor Herbicides) in Grain Sorghum. https://www.researchgate.net/publication/221926185_Potential_Use_of_Tembotrione_HPPD-Inhibitor_Herbicides_in_Grain_Sorghum/citation/download.

DeFelice, M. PPO Inhibitor (Cell Membrane Disruptor) Herbicides. 2016. <https://www.pioneer.com/us/agronomy/ppo-inhibitor-herbicides.html#:~:text=Corn%20ProductionReferences-,Summary,to%20disruption%20of%20cell%20membranes>.

Giorda, L.M. 2022. Secado de sorgo granifero a cosecha. Esperar las heladas o usar desecantes. https://www.engormix.com/agricultura/sorgo-granifero/secado-sorgo-granifero-cosecha_a49817/
<https://www.facebook.com/107854137542217/posts/528416938819266/?sfnsn=scwspmo>.

GRDC. 2016. Tips and tactics .Keeping sorghum safe https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0027/170379/sorghum-safener-tips-and-tactics-web-northern.pdf

Gunsolus, J.L. y **Curran**, W.S. 1999. Herbicide Mode of Action and Injury Symptoms. University of Minnesota, Exp.Sta. North Central Regional Extension Publication No. 377. <https://www.cof.orst.edu/cof/fs/kpuettmann/FS%20533/Vegetation%20Management/Herbicide%20Mode%20of%20Action%20and%20Injury%20Symptoms.htm>

Hammer, G.; Chapman, S.; Singh, V.; Nguyen, Ch.; van Oosterom, E.; McLean, G.; Zheng, B., y Jordan, D. 2015. Grain sorghum varietal reactions to heat stress and environment. The University of Queensland, Centre for Plant Science, QAAFI, Brisbane. <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2015/07/grain-sorghum-varietal-reactions-to-heat-stress-and-environment#:~:text=High%20temperature%20conditions%20affected%20both,no%20effect%20on%20leaf%20size>

Idziak, R.; Skrzypczak, W.; Waligora, H. y Woznica, Z. 2012. The effect of mesotrione applied with adjuvants on weed control efficacy and forage sorghum tolerance. https://www.academia.edu/18694880/The_effect_of_mesotrione_applied_with_adjuvants_on_weed_control_efficiency_and_forage_sorghum_tolerance.

InSuagro. Productos/Hoja Técnica CAPAZ 50SC (Sulfentrazone 50%). <http://www.insuagro.com.ar/images/pdf/productos/capaz-50-sc.pdf>.

Johnson, D. y Strachan, S. 2020. How to Mitigate Herbicide Carryover Injury Following Drought.2020.<https://www.pioneer.com/us/agronomy/Mitigating-Herbicide-Carryover-Injury-Following-Drought.html>

Johnson, D. y Strachan, S. S. 2013. Daños en cultivo por residuos de herbicidas ante condiciones de sequía. https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina_Intl/AGRONOMIA/boletines/Residuo_de_herbicidas_ante_condiciones_de_sequia.pdf.

Krishnamurthy, D.; Bandla, G.; Tonapi, V. 2022. Non suitability of tembotrione and topramezone for weed management in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). 53. In Press. 10.5958/0974-8164.2021.00070.8. https://www.researchgate.net/publication/357700212_Non_suitability_of_tembotrione_and_topramezone_for_weed_management_in_sorghum_Sorghum_bicolor_L_Moench

Krishnamurthy, D.; Gangaiah, B. y Tonapi, V.A. 2021. Non suitability of tembotrione and topramezone for weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. https://www.isws.org.in/IJWSn/File/2021_53_Issue-4_381-386.pdf.

Kuttel, W.D.; Metzler, M. J. y Pividori, S. 2017. Evaluación exploratoria de alternativas para control químico de malezas gramíneas en sorgo granífero (*Sorghum bicolor*). https://www.engormix.com/agricultura/enfermedad-sorgo/evaluacion-exploratoria-alternativas-control_a41116/.

Magalhães, P.C.; Silva, J.B.; Durães, F.O.M. y Ribeiro, L.S. 2000. Phytotoxicity caused by herbicides to sorghum crop at early stages of development. Planta daninha 18(3): 483-490. <https://awsjournal.org/article/phytotoxicity-caused-by-herbicides-to-sorghum-crop-at-early-stages-of-development/>

Metzler, M.2017. Problemática de malezas en maíz, sorgo y soja, cuál es su manejo. 2017.<https://www.creasurdesantafe.com.ar/wp-content/uploads/2017/09/Presentacio%CC%81n-JAT-CREA-Venado-Tuerto-06092017-metzler-1-ilovepdf-compressed.pdf>.

Mishra, J.S; Singh V.P. y S.S. Rao.2016. Bioefficacy and phytotoxicity of pre- and post-emergence herbicides in grain sorghum. Indian Journal of Weed Science 48(1): 70–73. https://www.isws.org.in/IJWSn/File/2016_48_Issue-1_70-73.pdf.

Montoya, J.C.; Ustarroz, D.; Porfiri, C.; Schneider, S. y Gili. A. 2021. Efecto de carryover de fomesafen sobre trigo, sorgo, maíz y girasol. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/9922/INTA_CR_LaPampa-SanLui_EEA%20Anquil_Montoya_J._Efecto%20de%20carryover%20de%20fomesafen%20sobre%20trigo%20C%20sorgo%20ma%C3%ADz%20y%20girasol.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Norsworthy, J.; Richburg, J.; Barber, T.; Roberts, T. y Gbur, E. 2020. Tolerance of Grain Sorghum to Preemergence- and Postemergence-Applied Photosystem II-Inhibiting Herbicides. Weed Technology. 34. 1-18. 10.1017/wet.2020.42.

Pandian, B.A.; Varanasi, A., et al. 2023. Identification and Characterization of Mesotrione-Resistant Grain Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]: A Viable Option for Postemergence Grass Weed Control. *J. Agric. Food Chem.* 71, 2, 1035–1045. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c05865>.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.2c05865>.

Panaggio, H. 2019. Residualidad y acumulación de herbicidas en el suelo. http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Actividades%202019/malezas_destacada/Panaggio_INTA.pdf.

Principiano, M. y Acciaresi, H.A. 2017. Residualidad de la aplicación secuencial de herbicidas ALS en el período de barbecho 1: bioensayos. https://inta.gob.ar/sites/default/files/residualidad_de_la_aplicacion_secuencial_de_herbicidas_als_en_el_periodo_de_barbecho_1_bioensayos.pdf.

Principiano, M. 2019. Persistencia de herbicidas residuales de la familia de la Acetolactato Sintasa (ALS) y su incidencia en la productividad de cultivos sensibles en la rotación en sistemas agrícolas del NO bonaerense. Tesis Mg.Sci., Facu.de Cs Agr.y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/86007/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Brooks, R. 2021. Three herbicide tolerant sorghum technologies finally reach farmers (Bean, B, 2021). <https://www.agweb.com/news/crops/crop-production/three-herbicide-tolerant-sorghum-technologies-finally-reach-farmers>.

Ruiz Diaz, D.A.; Martin, K.L. y Mengel, D.B. 2011. Diagnosing nutrient deficiencies in the field. Kansas State University Extension. www.ksre.ksu.edu.

Saayman-du Toit, A. E. J. 2006. Phytotoxicity resulting from preemergence graminicides in sorghum, South African Journal of Plant and Soil, 23:1, 54-57, DOI:10.1080/02571862.2006.10634730. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02571862.2006.10634730>.

Silva, W.; Moura, J.; de Oliveira, A.; Silva, T. y Oliveira, L. 2020. Effect of Post-Emergence Application of Nicosulfuron in Mixture with Atrazine for Weed Control in Sweet Sorghum. Sugar Tech. 10.1007/s12355-020-00911-1.

https://www.researchgate.net/publication/345121302_Effect_of_Post-Emergence_Application_of_Nicosulfuron_in_Mixture_with_Atrazine_for_Weed_Control_in_Sweet_Sorghum

Silva, J.; Martins, C.; da Silva Junior, A. and Martins, D. 2014. Fluxofenim used as a safener on sorghum seed for S-metolachlor herbicide. Bioscience Journal. 30. 158-167.

https://www.researchgate.net/publication/286800333_Fluxofenim_used_as_a_safener_on_sorghum_seed_for_S-metolachlor_herbicide/citation/download.

Saby, K. 2013. 978-3-659-35464-9_Coverpreview.pdf222. https://www.researchgate.net/publication/236143848_978-3-659-35464-9_Coverpreviewpdf222.

Taylor, E. y McCloskey, W.B. 2003. Herbicide Symptom Key.University of Arizona. <https://cales.arizona.edu/crop/weeds/key/parttwoD.html>.

Thakur, S., Rana, S.R. 2018. Climatic factors and phytotoxicity of herbicides. 10.13140/RG.2.2.22713.67684.https://www.researchgate.net/publication/322757726_Climatic_factors_and_phytotoxicity_of_herbicides.

Takano, H.; Kalsing, A.; Fadin, D.; Rubin, R.; Neves, R. y Marques, L. 2018. Chemical weed management in grain sorghum and selectivity of atrazine + S-metolachlor to different hybrids. 17. 460. 10.18512/1980-6477/rbms.v17n3p460-473.

https://www.researchgate.net/publication/329859133_Chemical_weed_management_in_grain_sorghum_and_selectivity_of_atrazine_S-metolachlor_to_different_hybrids/citation/download.

Trostle, C. 2013. Purple color in grain sorghum seedings. Texas A&M Agrilife Extension. <http://texassorghum.org/purple-color-in-grain-sorghum-seedings.html#:~:text=Sorghum%20Tips&text=The%20purple%20color%20occurs%20from,Extension%2C%20B%2D6137>.

Trostle, C. 2015. Field Foliar Symptoms in West Texas Sorghum.Texas Row Crops Newsletter.<https://agrillife.org/texasrowcrops/2015/07/03/field-foliar-symptoms-in-west-texas-sorghum>.

Wallau, M. O.; Felix, L.; Carvalho de Souza Dias, J. y Waggoner, B. 2019. Effects of S-Metolachlor and Efficacy of Alternative Seed Safeners on Sorghum Root Characteristics and Yield [Abstract]. ASA, CSSA and SSSA International Annual Meetings (2019), San Antonio, TX. <https://scisoc.confex.com/scisoc/2019am/meetingapp.cgi/Paper/119017>

Para más información

Ing. Agr. (MSc. PhD.) Diego Ortiz

Director Criadero Sorgo

Coordinador Área Mejoramiento Vegetal, EEA Manfredi

ortiz.diego@inta.gob.ar

INTA EEA Manfredi

Abril 2024

Para suscribirse al boletín envíe un email a: eeamanfredi.cd@inta.gob.ar

Para CANCELAR su suscripción envíe un email a: eeamanfredi.cd@inta.gob.ar

ISSN on line: 1851-7994

Este boletín es editado en INTA - EEA Manfredi

Ruta Nacional N° 9 Km. 636

(5988) - MANFREDI, Provincia de Córdoba

República Argentina.

Tel. Fax: 03572-493053/58/61

Responsable literario: Norma B. Reyna

(c) Copyright 2001 INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Todos los derechos