

Estado de situación del uso de herbicidas en cultivos extensivos agrícolas de la región norte de la provincia de Buenos Aires.

Segundo informe.

Dr. (MSci.) Horacio A. Acciaresi
Ing. Agr. (MSci.) Martín A. Principiano
Abril 2020

En el presente trabajo se continuó con el relevamiento de uso de herbicidas con el fin fue brindar información acerca del estado de situación de uso en la región norte de la provincia de Buenos Aires, caracterizando y cuantificando el nivel de empleo de distintos mecanismos de acción de herbicidas, así como también cuantificando el impacto ambiental asociado a cada ingrediente activo utilizado en la región por medio del empleo del coeficiente de impacto ambiental (EIQ) de cada herbicida.

Área de estudio

El estudio se llevó adelante en la región norte de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). El área de interés está caracterizada por el predominio de la actividad agrícola bajo siembra directa (SD), con relevancia del cultivo de soja por sobre el de maíz, trigo, girasol y sorgo.

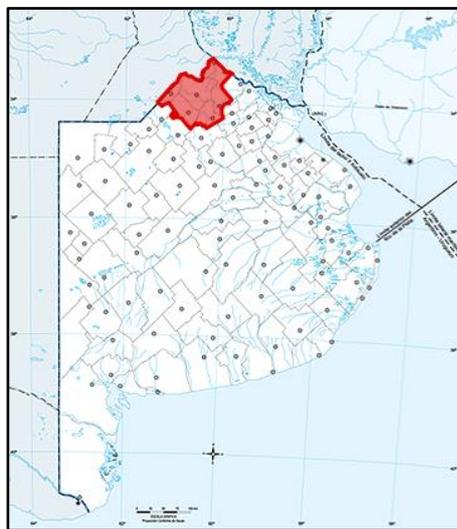


Figura 1. Área de estudio correspondiente a la región norte de la provincia de Buenos Aires.

Caracterización del uso de herbicidas

En una primera etapa se analizó la información obtenida de un relevamiento regional del volumen de venta de ingredientes activos de herbicidas (litros o kilogramos) desde el primero de abril de un año hasta el treinta y uno de marzo del siguiente año para las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20 realizado a diez empresas comercializadoras más importantes en la región. En función de la dosis promedio de uso de marbete (para cada ingrediente activo y concentración para la región), se determinó la superficie aproximada aplicada con cada mecanismo de acción y cada ingrediente activo.

Posteriormente, con el fin de validar la información obtenida de los volúmenes comercializados, se evaluaron los programas de control de malezas de establecimientos agrícolas pertenecientes a la región bajo estudio para los períodos 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 y 2019/20 en diferentes secuencias de cultivos. Las mismas incluyeron cultivos de cobertura (avena, vicia y centeno), trigo, cebada, arveja, colza, soja, maíz (fecha de siembra temprana), maíz (fecha de siembra tardía) y sorgo granífero. Así, se analizaron los programas de control de malezas de 296, 309, 386, 386 y 386 lotes en 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 y 2019/20, respectivamente. Ellos representaron aproximadamente 12.000 has distribuidas en los partidos de Pergamino, San Nicolás, Colón, Rojas, Salto, Arrecifes y Ramallo (Figura 1).

Con el fin de determinar posibles cambios en el uso de herbicidas se determinó la frecuencia de uso de cada mecanismo de acción ($n \cdot \text{lote}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).

Asimismo, se determinó el momento de mayor intensidad de uso de herbicidas en el ciclo agrícola (etapa de barbecho, pre-siembra (5 a 15 días previo a la siembra del cultivo), pre-emergencia o post-emergencia del cultivo) a través de la cantidad de herbicidas aplicados.

Para el cálculo del EIQ de cada herbicida se utilizó el método propuesto por Kovach y otros (1992). Los valores de EIQ de cada herbicida se obtuvieron de Eshenaur y otros (2015).

Posteriormente se calculó el EIQ de campo de la siguiente forma:

$$\text{EIQ}_{\text{campo}} = \text{EIQ}_{\text{herbicida}} * \text{concentración del activo herbicida} * \text{dosis}$$

De acuerdo a lo propuesto por Stewart y otros (2011), se clasificó el nivel de impacto ambiental de cada activo herbicida como muy bajo ($\text{EIQ} < 5$), bajo ($5 < \text{EIQ} < 20$), medio ($20 < \text{EIQ} < 45$) y alto ($\text{EIQ} > 45$).

A su vez, a los fines de poner de manifiesto el estado de situación acerca de la peligrosidad de los activos utilizados, se determinó la distribución porcentual de uso de herbicidas con diferentes clases toxicológicas.

Resultados

Caracterización del uso de herbicidas

Superficie (has) por mecanismo de acción

Los resultados obtenidos con respecto al uso de herbicidas indican que, de los diez mecanismos de acción relevados, los cinco mecanismos con mayor superficie aplicada fueron glifosato (inhibidor de la EPSPS), inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS), hormonales (acción similar a las auxinas sintéticas), graminicidas (inhibidores del acetyl CoA-carboxilasa, ACCasa) y los inhibidores de la enzima protoporfirinógeno oxidasa (PPO) (Figura 2).

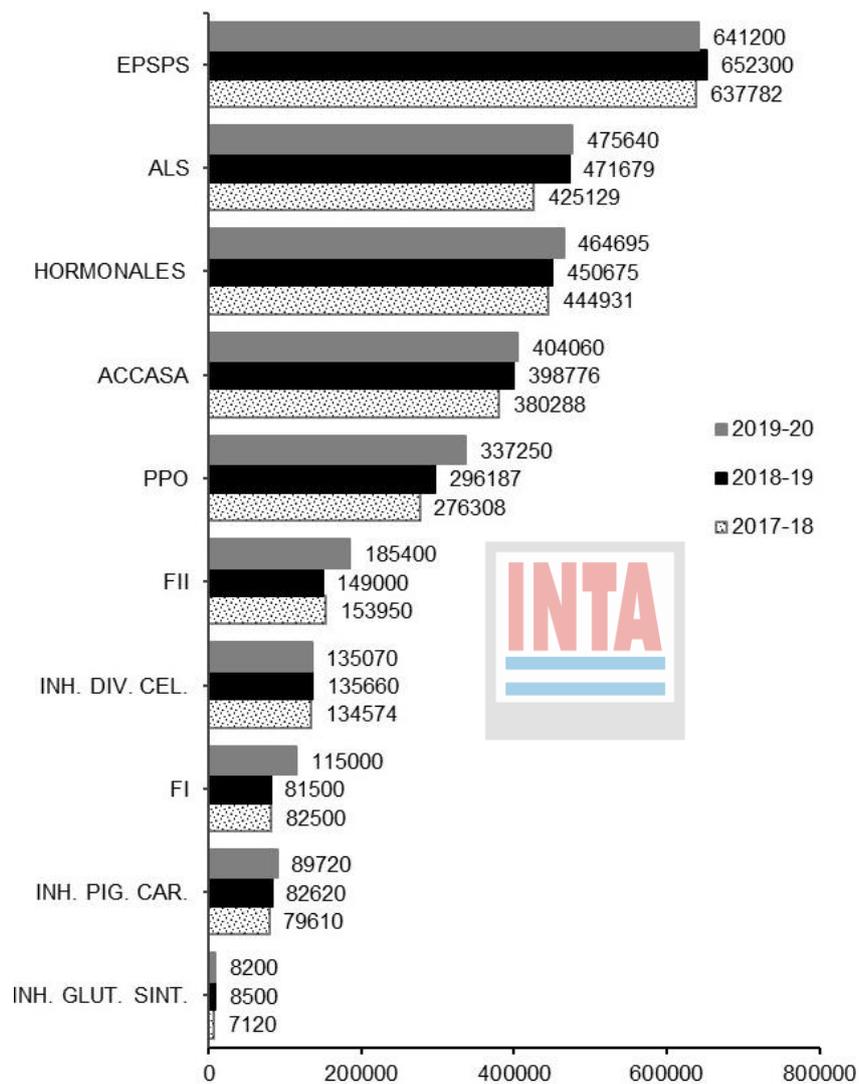


Figura 2. Superficie aplicada (has), con cada mecanismo de acción de herbicida para las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20 para la región norte de la provincia de Buenos Aires. EPSPS: inhibidor de la enolpiruvil-shikimato-3-fosfato-sintasa; ALS: inhibidores de la acetolactato sintasa; Hormonales: herbicidas reguladores de crecimiento; ACCasa: inhibidores del acetyl CoA-carboxilasa; PPO: inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa; FII: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema dos; Inh. Div. Cel.: inhibidores de la división celular.; FI: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema uno; Inh. Pig. Car.: inhibidores de pigmentos carotenoides; Inh. Glut. Sint.: inhibidor de la glutamino sintetasa.

Superficie (has) por ingrediente activo

Inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS)

En cuanto a los herbicidas inhibidores de la ALS se destaca el uso de dos ingredientes activos, metsulfurón y diclosulam. Continúan con una superficie de aplicación algo menor pero importante para la región clorsulfurón, clorimurón, thiencazone, imazetapir y iodosulfurón (Figura 3). No se dispone de datos de uso de rimsulfurón.

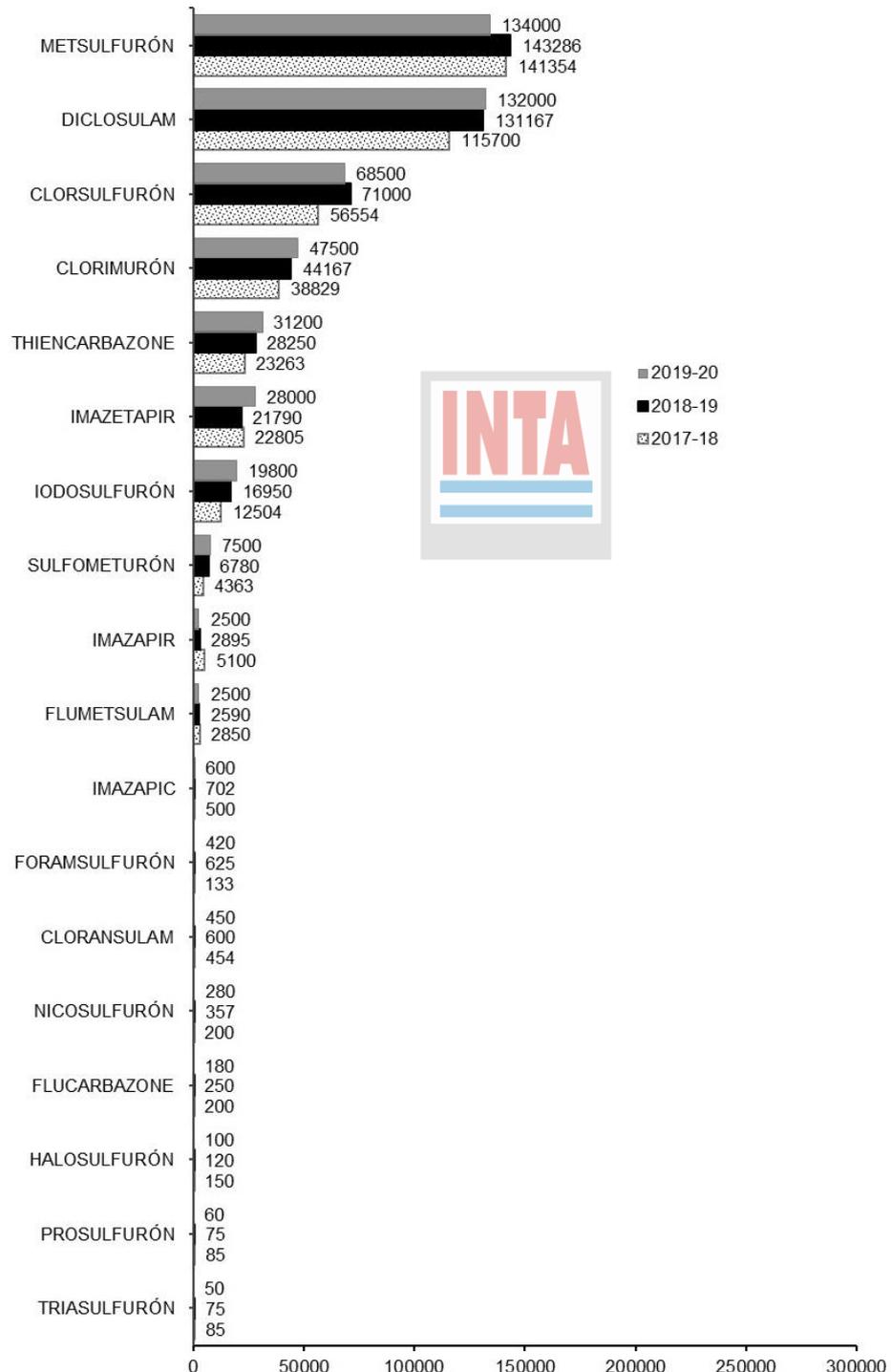


Figura 3. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Hormonales

En cuanto a los herbicidas con acción similar a las auxinas sintéticas se destaca el uso importante y sostenido de 2,4 D. En un segundo lugar se posiciona dicamba con una superficie de uso también sostenida en los últimos tres periodos de evaluación. Se debe destacar el incremento en el uso de halauxifén. Con menor superficie de aplicación se encuentran picloram, fluroxipir y clopiralid. En el caso de benazolín se observa un leve incremento en su uso en el último periodo de relevamiento (Figura 4). No se dispone de datos de uso de MCPA.

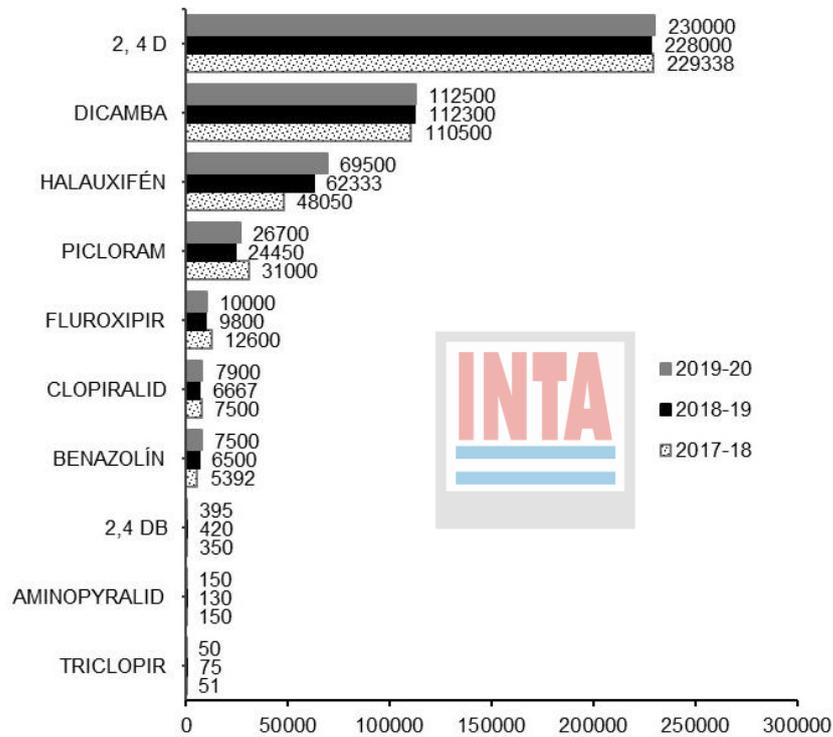


Figura 4. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de herbicidas con acción hormonal para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Inhibidores del acetil CoA-carboxilasa (ACCase)

Los resultados obtenidos indican que dentro de los herbicidas inhibidores del acetil Coa-carboxilasa cletodim fue el principio activo de mayor uso en las últimas tres campañas agrícolas seguido de haloXifop R metil (Figura 5). Se debe destacar el incremento en el uso de estos dos herbicidas en los últimos dos periodos de relevamiento respecto al periodo 2017/18 (Figura 5).

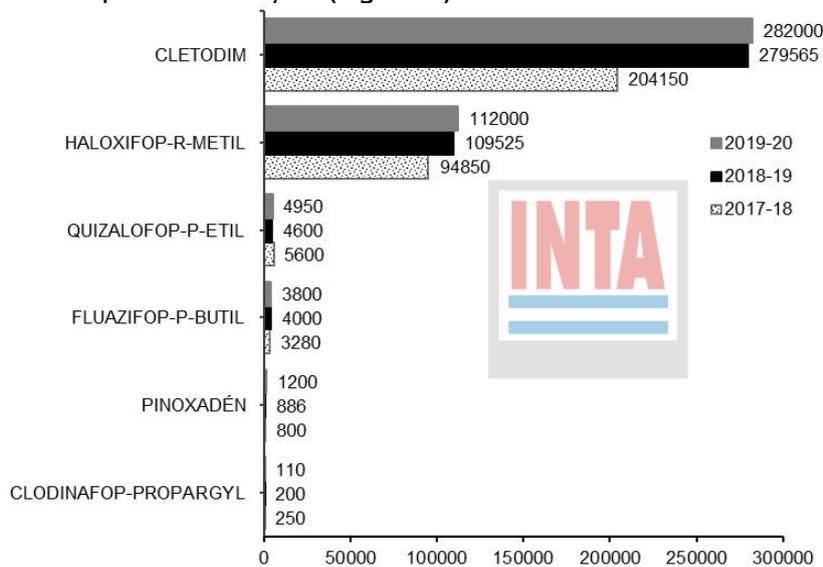


Figura 5. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de inhibidores del acetil CoA-carboxilasa (ACCase) para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO)

Entre los ingredientes activos inhibidores de la enzima PPO (inhibidores de la síntesis de clorofila) se destaca el uso sostenido de saflufenacil. Con menor superficie de uso, pero con un crecimiento sostenido en los últimos tres periodos se encuentran sulfentrazone y flumioxazín. En el caso de fomesafén se observó una disminución en el uso desde 2017/18 a 2018/19 pero ha recuperado superficie aplicada en la última campaña agrícola. Con menor superficie de uso se encuentran carfentrazone, piraflufén, lactofén y acifluorfén (Figura 6).

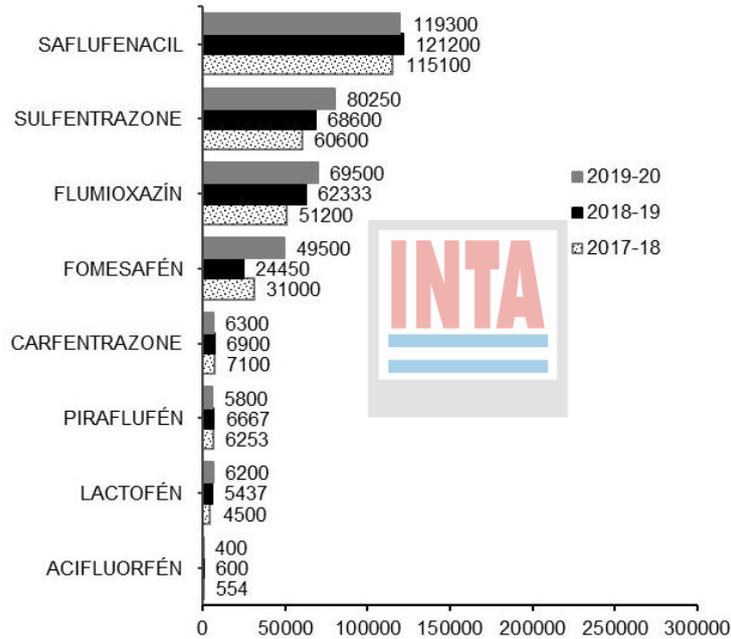


Figura 6. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema dos

En cuanto a los herbicidas inhibidores del fotosistema dos se destaca el uso de atrazina por sobre el resto de los ingredientes activos observándose un incremento en su uso en el último periodo. En segundo lugar, se encuentra el ingrediente activo metribuzín que ha aumentado la superficie de uso en los dos últimos periodos de evaluación. Con menor uso se encuentran activos como bentazón, amicarbazone, diurón y prometrina (Figura 7). No se dispone de datos de uso de terbyx.

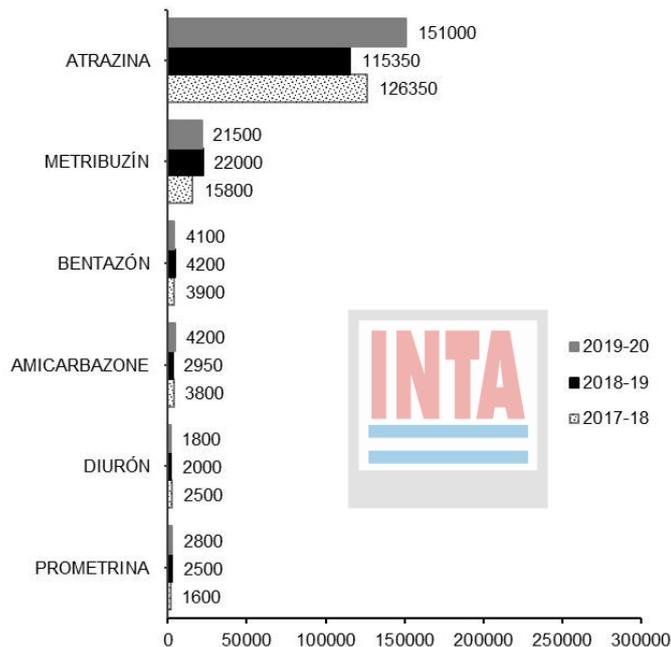


Figura 7. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de herbicidas inhibidores del fotosistema dos para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Inhibidores de la división celular

En cuanto a los herbicidas inhibidores de la división celular se destaca el uso de s-metolacoloro. Con una superficie de uso menor para los tres periodos relevados se encuentran acetoclor y piroxazulfone (Figura 8).

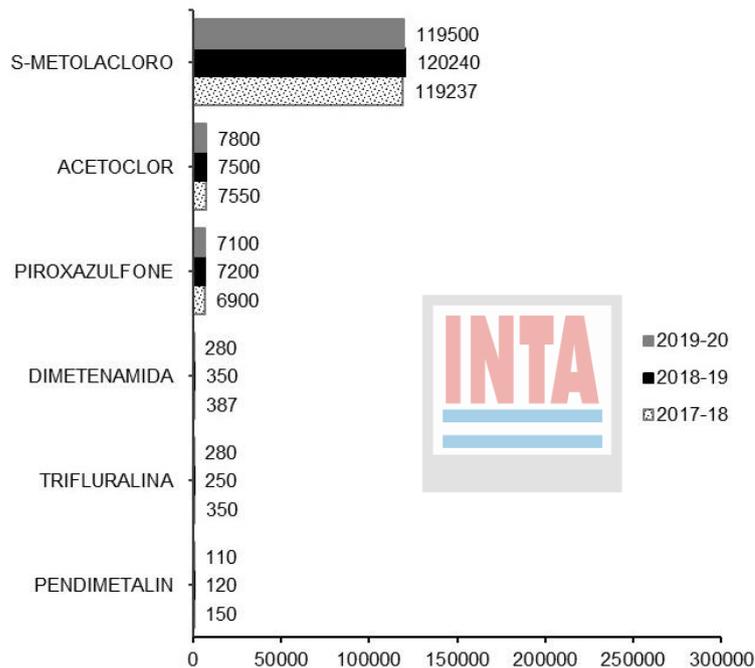


Figura 8. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de herbicidas inhibidores de la división celular para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Inhibidores de la síntesis de pigmentos carotenoides

En cuanto a los herbicidas inhibidores de la síntesis de pigmentos carotenoides se destaca el uso de diflufenicán y bicilopirone. En el caso de este último se observa un crecimiento sostenido en su uso en los tres últimos periodos relevados. Con menor superficie de uso continúan isoxaflutole y topramezone (Figura 9). No se dispone de datos de uso de tolpyralate.

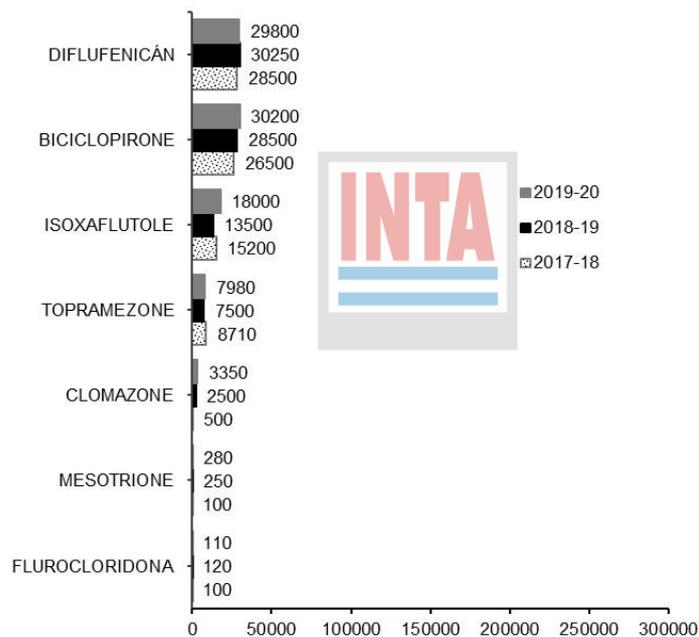


Figura 9. Superficie aplicada (has), con cada ingrediente activo de herbicidas inhibidores del fotosistema dos para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Herbicidas de acción total

En cuanto a los herbicidas de acción total además del importante uso de glifosato, debe destacarse el incremento en el uso de paraquat en el último periodo de estudio (Figura 10).

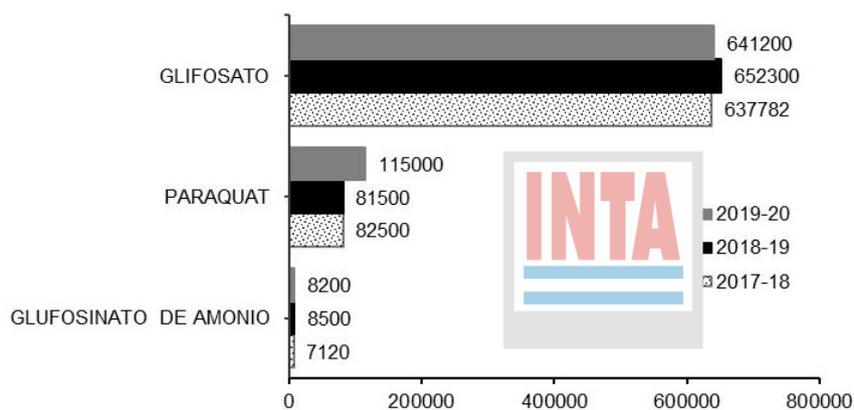


Figura 10. Superficie aplicada (has), con herbicidas de acción total para para la región norte de la provincia de Buenos Aires en las campañas agrícolas 2017/18, 2018/19 y 2019/20.

Para el área de estudio, se registraron 64 ingredientes activos entre los cuales glifosato ocupó la mayor proporción de la superficie aplicada, seguido por cletodim, 2,4 D, atrazina, metsulfurón y diclosulam (Figura 10).

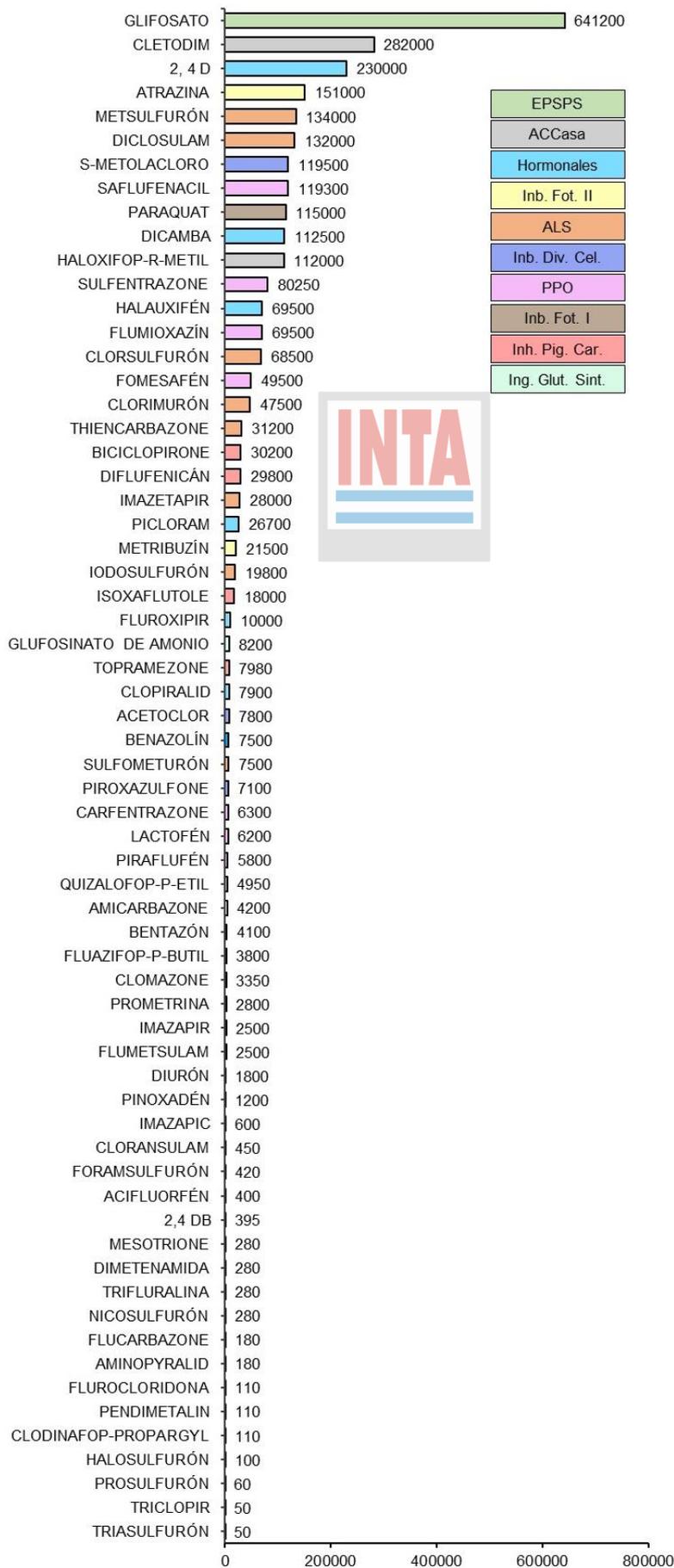


Figura 11. Superficie aplicada (has) con cada ingrediente activo herbicida durante el período abril 2019 - marzo 2020 para la región norte de la provincia de Buenos Aires. EPSPS: inhibidor de la enolpiruvil-shikimato-3-fosfato-sintasa; ACCasa: inhibidores del acetil-Coa carboxilasa; Hormonales: herbicidas reguladores de crecimiento; ALS: inhibidores de la acetolactato sintasa; PPO: inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa; Inh. Div. Cel.: inhibidores de la división celular; Inf. Fot. II: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema II; Inh. Fot. I.: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema I; Inh. Pig. Car.: inhibidores de pigmentos carotenoides.

Frecuencia de uso de herbicidas

Respecto a la frecuencia de uso de distintos mecanismos de acción de herbicidas en establecimientos agrícolas de la región norte de la provincia de Buenos Aires, los resultados obtenidos indican que el glifosato (inhibidor de la enzima EPSPS), los hormonales, inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa (ALS) y herbicidas PPO fueron los de mayor uso en el periodo 2019/20 (Figura 12). El uso de glifosato y hormonales se mantuvo relativamente constante en 2,4 y 1,4 aplicaciones ($n \cdot \text{ lote}^{-1} \cdot \text{ año}^{-1}$), respectivamente. Por su parte, se observa cambios en el uso de ALS disminuyendo desde 2015/16 hasta 2017/18 y luego nuevamente se observa un incremento en la utilización desde 2017/18 hasta 2019/20. A su vez, se observa un incremento en el uso de determinados mecanismos de acción. En este sentido, se registró un crecimiento en el uso de los inhibidores de la enzima protoporfirinógeno oxidasa (PPO) ("quemantes"), inhibidores del acetil-Coa-carboxilasa (ACCasa) (graminicidas), inhibidores del fotosistema uno y los inhibidores de la división celular (Figura 12). El aumento en la frecuencia de especies resistentes como raigrás (*Lolium multiflorum*), capín (*Echinochloa colona*) y yuyo colorado (*Amaranthus hybridus*) en la región podrían explicar el incremento en el uso de dichos mecanismos de acción (Acciaresi y otros, 2019; Acciaresi y Principiano, 2020).

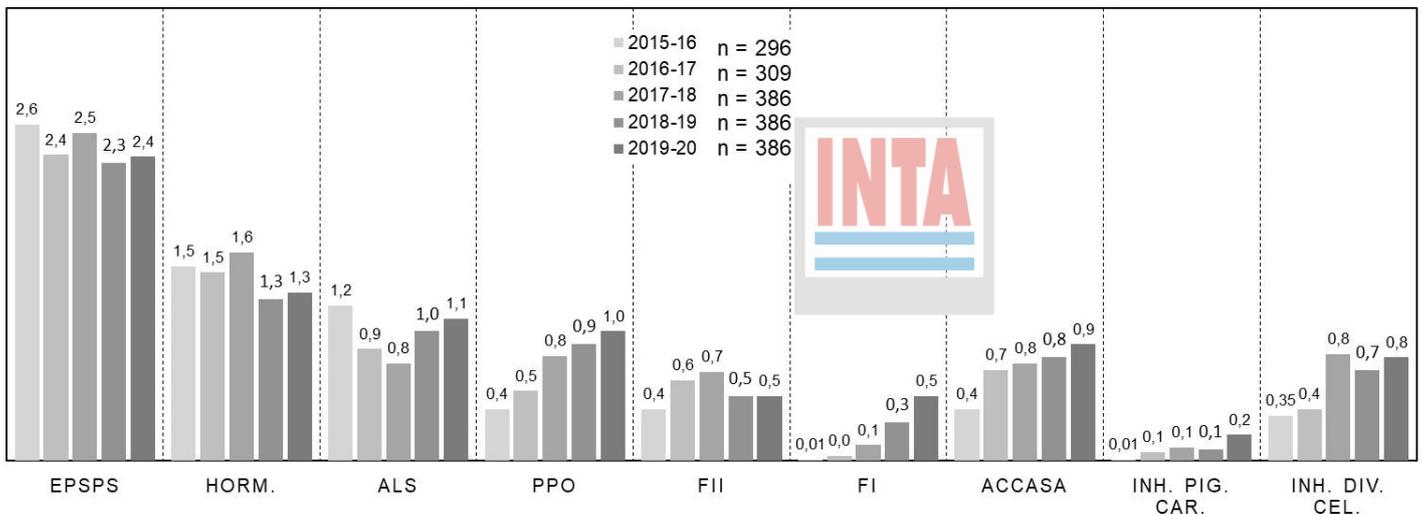


Figura 12. Evolución de las aplicaciones de mecanismos de acción ($n^{\circ} \cdot \text{ lote}^{-1} \cdot \text{ año}^{-1}$) para los periodos 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 y 2019/20 para la región noroeste de la provincia de Buenos Aires. EPSPS: inhibidor de la enolpiruvil-shikimato-3-fosfato-sintasa; Horm.: herbicidas reguladores de crecimiento; ALS: inhibidores de la acetolactato sintetasa; PPO: inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa; PII: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema II; PI: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema I; ACCasa: inhibidores del acetil-Coa carboxilasa; Inh. Pig. Car.: inhibidores de pigmentos carotenoides; Inh. Div. Cel.: inhibidores de la división celular.

Momento de aplicación

Con respecto al momento de aplicación en la estación de crecimiento (etapa de barbecho, pre-siembra, pre-emergencia o post-emergencia del cultivo), el mayor número de herbicidas aplicados se registró en la etapa de barbecho químico (BQ) y pre-siembra/pre-emergencia (PSI/PEE) de cultivos para el último periodo relevado (Figura 13). Al respecto, se observaron diferencias según el mecanismo de acción considerado. En este sentido el mayor uso de hormonales (2,4 D, dicamba, picloram, halauxifén, entre otros) y herbicidas ALS (tales como metsulfurón, clorimurón, imazetapir, diclosulam) se observó en la etapa de BQ y PSI/PEE (Figura 14). Por su parte, los herbicidas inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) (saflufenacil, flumioxazín, carfentrazone, fomesafén, sulfentrazone), los inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema II (atrazina, metribuzín, prometrina), los inhibidores de la síntesis de pigmentos carotenoides (biciclopirona, clomazone), los inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema I (paraquat) y los inhibidores de división celular (s-metolacloro, acetoclor) registraron un mayor uso en la etapa de PSI/PEE de los cultivos. En lo que refiere a los herbicidas inhibidores de la acetil-Coa-carboxilasa (cletodim, haloxifop R metil, pinoxadén) se dio en la etapa de post-emergencia (POE) de los cultivos (principalmente soja) (Figura 14). En el caso de glifosato, se observó una distribución porcentual concentrada en la etapa de BQ y PSI-PEE de los cultivos. El uso en la etapa de POE de los cultivos se registró en soja y maíz resistentes a dicho ingrediente activo (Figura 14).

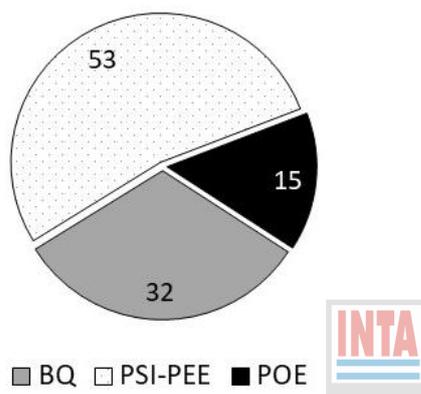


Figura 13. Distribución del momento de aplicación a lo largo de la estación de crecimiento (%) para el periodo 2019/20, en la región norte de la provincia de Buenos Aires. BQ: barbecho químico; PSI-PEE: pre-siembra/pre-emergencia del cultivo; POE: post-emergencia del cultivo.

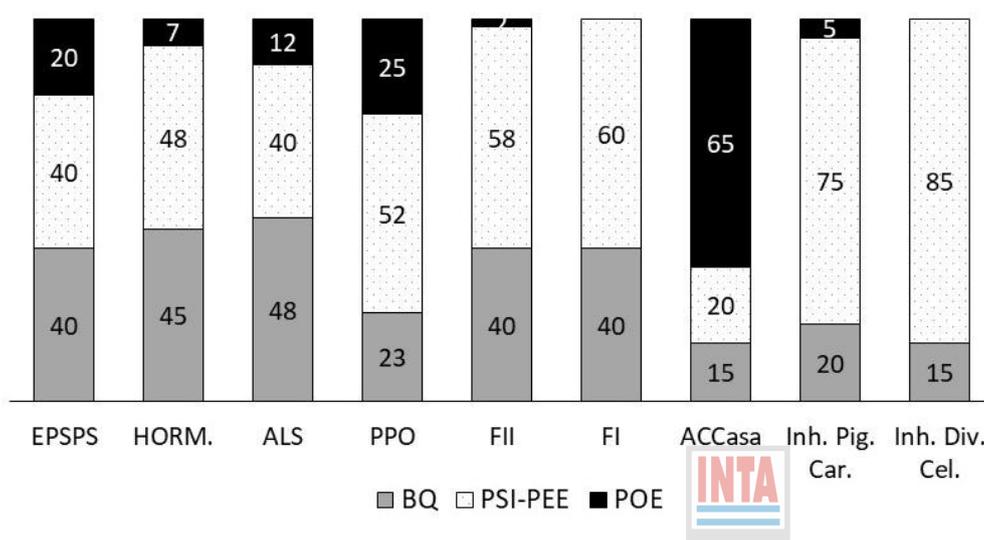


Figura 14. Distribución del momento de aplicación a lo largo de la estación de crecimiento (%) para cada mecanismo de acción en la región norte de la provincia de Buenos Aires. BQ: barbecho químico; PSI-PEE: pre-siembra/pre-emergencia del cultivo; POE: post-emergencia del cultivo. EPSPS: inhibidor de la enolpiruvil-shikimato-3-fosfato-sintasa; Horm.: reguladores de crecimiento; ALS: inhibidores de la acetolactato sintasa; PPO: inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa; FII: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema dos; FI: inhibidores de la fotosíntesis a nivel del fotosistema uno; ACCasa: inhibidores del acetyl-Coa carboxilasa; Inh. Pig. Car.: inhibidores de pigmentos carotenoides; Inh. Div. Cel.: inhibidores de la división celular.

Impacto ambiental de los herbicidas

Respecto al impacto ambiental de cada herbicida (cuantificado por el EIQ de campo), se observaron que atrazina, pendimetalín, acetoclor y trifluralina son ingredientes activos con un EIQ medio (<45) (Stewart y otros, 2011). Un 32 % de los ingredientes activos utilizados son de bajo impacto ambiental ($5 < \text{EIQ} < 20$) entre los que se destacan glifosato y 2,4 D, herbicidas con alto grado de uso. Es importante destacar que el 61 % de los activos registrados presentaron un muy bajo EIQ (<5) (Stewart y otros, 2011), en tanto no se registró el uso de ingredientes activos con un alto impacto ambiental ($\text{EIQ} > 45$) (Figura 15). Se debe tener presente que, si bien los EIQs de los ingredientes activos relevados son en general bajos y muy bajos, los programas de control de malezas asociados a las secuencias de cultivos de la región pueden tener un impacto ambiental alto ($\text{EIQ} > 45$) al hacerse un uso repetido a lo largo del ciclo de crecimiento de los cultivos (Principiano y Acciaresi, 2017). Así, el incremento en la frecuencia de especies resistentes y tolerantes en la región, lleva a un intenso y alto uso de herbicidas a los efectos de controlar dichas especies con el consecuente incremento en el impacto ambiental.

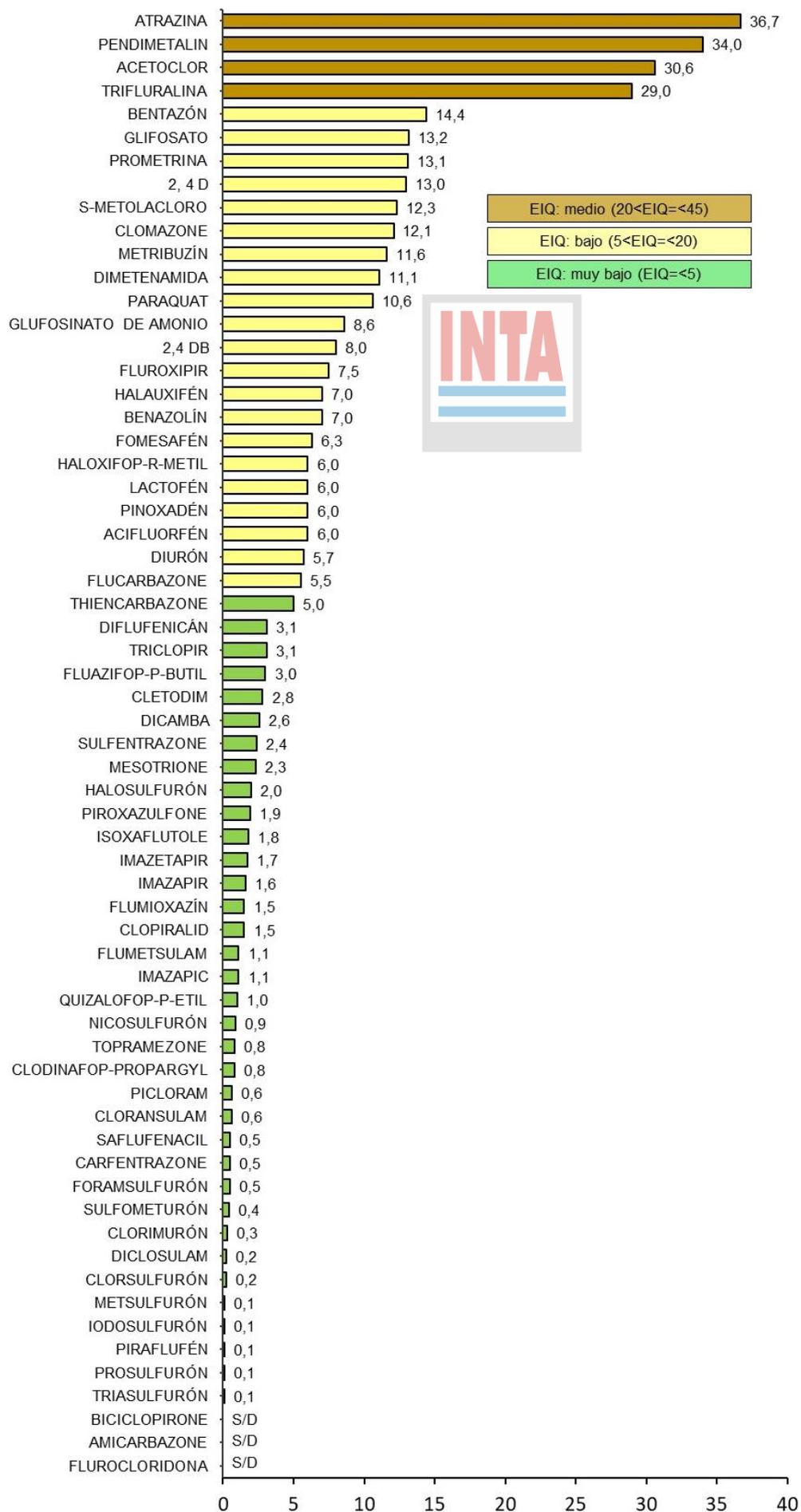


Figura 15. Coeficiente de impacto ambiental (EIQ) de cada activo herbicida. S/D: sin dato.

Distribución de la superficie aplicada según clase toxicológica

Con la información relevada fue posible determinar el grado de uso de herbicidas en la región, clasificados por su banda toxicológica (Figura 16). Así se observó que el 62 % de la superficie aplicada corresponde a ingredientes activos de la clase toxicológica IV (banda verde, producto que normalmente no ofrece peligro), entre los que se incluyen todas las formulaciones de glifosato, atrazina, diclosulam, metsulfurón y dicamba, entre otros. Un 20 % de la superficie aplicada se realizó con ingredientes activos que pertenecen a la clase toxicológica II (banda amarilla, producto moderadamente peligroso), donde se destacan ingredientes activos tales como 2,4 D, haloxifop R metil y paraquat. Finalmente, un 18 % de la superficie se aplicó con productos de clase toxicológica III (banda azul, producto poco peligroso), entre los que se pueden encontrar ingredientes activos relevantes como cletodim, fomesafén, s-metolacoloro, entre otros (Figura 16).

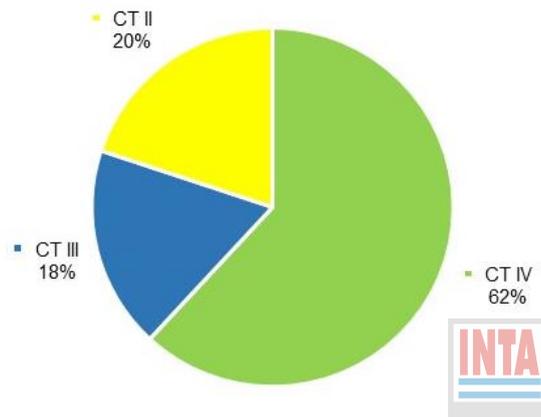


Figura 16. Caracterización de la superficie aplicada según la clase toxicológica (CT) (%), de acuerdo al volumen de cada activo herbicida comercializado durante el período abril de 2019/ marzo de 2020 para la región norte de la provincia de Buenos Aires. CT-II: producto moderadamente peligroso; CT-III: producto poco peligroso; CT-IV: producto que normalmente no ofrece peligro.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo constituyen un aporte acerca del estado de uso de herbicidas en la región norte de la provincia de Buenos Aires radicado su importancia en el hecho de que fueron obtenidos del análisis de planteos productivos agrícolas reales y de los volúmenes de uso específicos en el área de estudio. De este modo, a partir de la información generada se podrá delinear acciones de investigación e institucionales que permitan la racionalización del uso de fitosanitarios en los planteos productivos agrícolas regionales.

Conclusiones

El presente estudio es una aproximación realizada con información regional que permite poner de manifiesto el estado de situación del uso de herbicidas en los sistemas agrícolas productivos de la región norte de la provincia de Buenos Aires.

Los resultados obtenidos indican que la región bajo estudio es abarcada por pocos mecanismos de acción e ingredientes activos registrando un cambio en la frecuencia de uso de determinados mecanismos de acción (ALS, PPO, inhibidores de fotosíntesis, graminicidas, inhibidores de la división celular) en función del avance de biotipos de malezas resistentes con un importante uso en las etapas de barbecho químico y pre-siembra/pre-emergencia de los cultivos.

Los resultados indican la predominancia de ingredientes activos de bajo y muy bajo impacto ambiental, que se encuentran catalogados como productos que normalmente no ofrecen peligro o que son poco peligrosos.

No obstante, es importante destacar que a fin de minimizar los riesgos ambientales, es necesario ajustar el uso de herbicidas de acuerdo con las prescripciones, condiciones y registro de uso, que establecen los marbetes de cada uno de ellos.

De este modo, el conocimiento del estado de situación del uso de herbicidas en los sistemas productivos de la región resulta muy importante de cara a racionalizar su utilización, optimizar el momento de aplicación y minimizar consecuentemente el impacto ambiental.

Bibliografía

- Acciaresi, H. A.; M. A. Principiano y D. Álvarez. 2019.** Evolución de la distribución de malezas resistentes y tolerantes en el NO de la Provincia de Buenos Aires. Séptimo informe. On line. Internet. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/evolucion_en_la_distribucion_de_especies_resistentes_y_tolerantes_a_herbicidas_o-i_2019_1.pdf Consultado: Marzo de 2020.
- Acciaresi, H. A. y M. A. Principiano. 2020.** Evolución de la distribución de malezas resistentes y tolerantes en el NO de la Provincia de Buenos Aires. Octavo informe. Disponible en: Consultado: Marzo 2020.
- Eshenaur, B.; J. Grant; J. Kovach; C. Petzoldt; J. Degni y J. Tette. 2015.** www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ. Environmental Impact Quotient: "A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides." New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University. 1992–2015. Consultado: Octubre de 2018.
- Kovach, J.; C. Petzoldt; J. Degni y J. Tette. 1992.** A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin. 139:139-146.
- Principiano, M. A. y H. A. Acciaresi. 2017.** Costo financiero e impacto ambiental del control de malezas en diferentes secuencias de cultivos en el NO de la provincia de Buenos Aires. RTA: *Revista de Tecnología Agropecuaria*. Vol. 10(34):37-41.
- Stewart, C. L.; R. E. Nurse; L. L. Van Eerd; L. L. Vyn y P. H. Sikkema. 2011.** Weed control, environmental impact, and economics of weed management strategies in glyphosate-resistant soybean. *Weed Technology*. 25:535-541.