

**Malezas Crucíferas en cultivos  
extensivos: estado actual, estrategias  
para un manejo sostenible.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**



**Espacio de Prácticas Profesionales  
Propuesta de Plan de Especialización  
FCA-UNLZ**

**Barrios, Julián Ariel**

**2021**

## Índice.

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | RESUMEN.....   | 6  |
| 2   | INTRODUCCION.....  | 7  |
| 2.1 | Distribución y estado actual .....                                   | 8  |
| 2.2 | Descripción Botánica.....  | 11 |
| 2.3 | Descripción Botánica de <i>Brassica rapa</i> y <i>B. napus</i> ..... | 12 |
| 2.4 | Descripción Botánica de <i>Raphanus sativus</i> .....                | 15 |
| 2.5 | Aspectos bioecológicos de la familia <i>Brassicaceae</i> .....       | 17 |
| 2.6 | Bioecología de Semillas de <i>Brassicaceae</i> .....                 | 19 |
| 2   | RESISTENCIA A HERBICIDAS.....  | 23 |
| 2.1 | Principios Básicos .....   | 23 |
| 2.2 | Tipos de Resistencia .....   | 25 |
| 2.3 | Los Herbicidas en la Resistencia .....                               | 26 |
| 2.4 | Resistencia Actual en <i>Brassicaceae</i> .....                      | 27 |
| 3   | MANEJO DE <i>Brassicaceae</i> .....                                  | 30 |
| 3.1 | Introducción.....  | 30 |
| 3.2 | Monitoreo .....  | 32 |
| 3.3 | Rotaciones .....   | 33 |
| 3.4 | Movimiento de Semillas .....   | 35 |
| 3.5 | Espaciamiento entre hileras .....                                    | 35 |
| 3.6 | Cultivos de Cobertura.....   | 37 |
| 3.7 | Labranzas .....  | 41 |
| 3.8 | Materiales Genéticamente Modificados .....                           | 46 |
| 3.9 | Modelos de Simulación Matemáticos .....                              | 49 |
| 4   | CONTROL QUÍMICO de <i>Brassicaceae</i> .....                         | 49 |
| 4.1 | Principios Básicos .....   | 49 |
| 4.2 | Grupos de Herbicidas para manejo de <i>Brassicaceae</i> .....        | 50 |
| 4.3 | Aplicaciones en Pre-Emergencia .....                                 | 54 |
| 4.4 | Aplicaciones en Post-Emergencia.....                                 | 55 |
| 4.5 | Fallas en Controles .....  | 56 |
| 5   | TECNOLOGÍAS PARA UN MANEJO SUSTENTABLE .....                         | 57 |
| 5.1 | Introducción.....  | 57 |

|     |                                       |    |
|-----|---------------------------------------|----|
| 5.2 | Aplicaciones Selectivas.....          | 57 |
| 5.3 | Sistema WeedIT® .....                 | 58 |
| 5.4 | Sistema Weedseeker®.....              | 60 |
| 5.5 | Sistema Milar ®.....                  | 62 |
| 5.6 | Control Mecánico con Sistema BES..... | 64 |
| 5.7 | Otros Sistemas.....                   | 65 |
| 6   | CONSIDERACIONES FINALES.....          | 67 |
| 7   | BIBLIOGRAFÍA.....                     | 72 |

### Índice de Ilustraciones.

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| Ilustración 1.  | Mapa de presencia territorial de crucíferas resistentes en el año 2015.<br>Fuente: Aapresid; "Mapa de Malezas". .....              | 9  |
| Ilustración 2.  | Mapa de presencia territorial de crucíferas resistentes en el año 2017.<br>Fuente: Aapresid; "Mapa de Malezas". .....              | 9  |
| Ilustración 3.  | Mapa de presencia territorial de crucíferas resistentes en el año 2019.<br>Fuente: Aapresid; "Mapa de Malezas". .....              | 10 |
| Ilustración 4.  | Caracteres morfológicos de la especie <i>B. napus</i> . Fuente: Luzuriaga,<br>2020. ....   | 13 |
| Ilustración 5.  | Diferencias Morfológicas en distintos estadios Fenológicos. Entre <i>B. napus</i> y <i>B. rapa</i> . Fuente: Luzuriaga, 2020. .... | 14 |
| Ilustración 6.  | Nabón o rabanito ( <i>R. sativus</i> ) en sus formas silvestres (izquierda) y cultivada (derecha). Fuente: Luzuriaga, 2020. ....   | 16 |
| Ilustración 7.  | <i>R. sativus</i> en su forma silvestre en estadios tempranos (A), avanzados (B) y floración (C). Fuente: Luzuriaga, 2020.....     | 17 |
| Ilustración 8.  | Aplicación nocturna con Sistema WeedIT®. ....  | 60 |
| Ilustración 9.  | Montaje de WeeSeeker® en botalón de pulverizadora autopropulsada.<br>.....   | 61 |
| Ilustración 10. | Ejemplo en exhibición de Expo Rural. Implemento BES, (Brunori, Cavaglia, Crespo, Jozami, Pieri y Puricelli, 2018). ....            | 65 |

### Índice de Gráficos.

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1. Superficie afectada por Maleza y Provincia. Fuente: Aapresid, 2019. ....                   | 10 |
| Gráfico 2. Incremento de Superficie Afectada por Maleza en Argentina. Fuente: Aapresid, 2019. ....    | 11 |
| Gráfico 3. Relación entre temperaturas límites, germinación y meses del año. Fuente: Kruk, 1992. .... | 23 |
| Gráfico 4. Aparición de biotipos resistentes en Argentina. Aapresid, 2019. ....                       | 24 |

### Índice de Tablas.

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Diferencias morfológicas entre Brassica napus y B. rapa. Fuente: Marzocca, 1994. .... | 15 |
| Tabla 2. Alternativas para el control pre-emergente de crucíferas con resistencia. ..          | 53 |
| Tabla 3. Alternativas para el control post-emergente de crucíferas con resistencia. ....       | 60 |
| Tabla 4. Aspectos comparativos entre Sistema WeedIT® y Sistema WeedSeeker®                     | 62 |
| Tabla 5. Comparación de algunos aspectos de los principales sistemas de aplicación .....       | 63 |

### Tabla de Reseñas: Acrónimos.

- AAPRESID: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa.
- ACCasa: Acetil CoA carboxilasa.
- ADC: Arado de dos capas.
- ALS: Acetolactato sintasa.
- AP: Arados profundos.
- C: Carbono.
- CaCO<sub>3</sub>: Carbonato de Calcio.
- CC: Cultivos de Coberturas.
- CP: Arado con cincel.
- CRG's: Cultivos resistentes a glifosato.
- DEN: Fenilpirazolinonas.
- DIM: Ciclohexanodionas.
- EPSP: 5- enol piruvil shiquimato-3-fosfato-sintetasa.

- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FOP: Ariloxifenoxipropionatos.
- HPPD: 4 - Hidroxifenilpiruvato dioxigenasa.
- INASE: Instituto Nacional de Semillas.
- IMI: Imidazolinonas.
- LM: Labranza Mínima.
- LC: Labranza Convencional.
- LR: Labranza Reducida.
- MIM: Manejo Integrado de Malezas.
- N: Nitrogeno.
- OGM: Organismo Genéticamente Modificado.
- PDS: Fitoeno-desaturasa.
- PPO: Protoporfirinógeno-oxidasa.
- PP: Arado poco profundos.
- PSI: Fotosistema I.
- PSII: Fotosistema II.
- REM: Red de Manejo de Plagas. AAPRESID.
- SD: Siembra Directa.
- SU: Sulfonilureas.
- TH: Tratamientos de aplicación de Herbicidas.

#### **Tabla de Reseñas: Unidades de Medición.**

- cm.: Centímetro. Unidad de longitud.
- Ha: Hectárea. Unidad de superficie.
- m.: metro. Unidad de longitud.
- Plantas m<sup>-2</sup>: plantas por metro cuadrado: unidad de cobertura vegetal.
- $\mu\text{S/cm}$ : Micro moles por Centímetro. Unidad de electroquímica del suelo.

## 1 RESUMEN

En la actualidad, la mayoría de los sistemas productivos agrícolas utilizan la siembra directa (SD) como tecnología adecuada para la implantación y prosperidad de cultivos. Argentina, presenta alrededor de 27.212.133,5 ha. (INDEC, 2018), con cultivos implantados en SD. La siembra directa (SD), consiste en la utilización de barbechos químicos y aplicaciones posteriores de fitosanitarios post-emergentes sobre cultivos resistentes a glifosato (CRG's). En contrapartida, la labranza convencional con movimiento de suelo, es solo acompañada por aplicaciones pre-emergentes (Piñeiro y Villarreal, 2005).

Con la llegada de la SD, el roturado del suelo fue totalmente reemplazado por la utilización de barbechos químicos para el preparado de las camas de siembra. Dado a las óptimas condiciones que genera dicha labranza en los bancos de semillas del suelo, favoreció la perpetuación de malezas problema. El uso excesivo de productos químicos, sin rotación de principios activos generó una gran presión de selección, modificando el comportamiento de la composición florística en todos los paisajes del país. El presente trabajo reúne información relacionada a una problemática puntual surgida por la masiva utilización de la SD, que es la resistencia a herbicidas. Este problema está presente en varias especies y/o familias de las denominadas malezas problema. En este caso, el objetivo fue hacer hincapié, principalmente, en la familia *Brassicaceae*, denominadas también crucíferas.

## 2 INTRODUCCION

En la década del 90, se produjo un gran punto de inflexión donde se reemplazó las labranzas convencionales, que básicamente consistían en el movimiento del suelo, por labranza cero.

Los cultivos resistentes a glifosato simplificaron el manejo agronómico con respecto a la utilización de herbicidas, reduciendo su uso a unos pocos principios activos, donde el glifosato predomina sobre el resto. Dada la dependencia que generó, empezaron a surgir problemas en el control. En 2005, se registró la primera especie resistente a glifosato, *Sorghum halepense*, generando un alerta en el comportamiento de las diferentes malezas en los sistemas de labranza cero. Pero esto fue solo el comienzo. En 2007, se registró resistencia al mismo principio activo de un biotipo de *Lolium multiflorum* y en 2008 de *Lolium perenne*. Esto hizo que aumente el abanico de estrategias para el control, por un lado, con la utilización de otros principios activos y por otro, con el aumento de las dosis aplicadas. Así, el manejo se fue haciendo más abstracto, volviendo a recurrir a herbicidas pre-emergentes, residuales y a los gramínicos. Haciendo que aparezcan, también, casos de resistencia a gramínicos, inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS) y a hormonales (2,4-D y Dicamba), (Aapresid 2005, 2007, 2008).

En este contexto actual de gran complejidad, entre las especies de malezas más problemáticas en Argentina, se encuentran las pertenecientes a la Familia *Brassicaceae*. Dentro de esta gran Familia se encuentran cinco especies reconocidas por su adaptabilidad, por el alto porcentaje de infestación en los sistemas agrícolas, habilidad competitiva, alta capacidad de producción de semillas y resistencia a diferentes tipos de herbicidas. Estas especies son *Brassica rapa*, *B. napus*, *Rapistrum rugosum*, *Hirschfeldia incana* y *Raphanus sativus*. Todas ellas son exóticas, encontrándose naturalizadas en las regiones agrícolas de Argentina, con gran presencia en el centro y sur de la Provincia de Buenos Aires. La mayoría de las especies nombradas son de origen Europeo y Asiático. En el caso de *B. napus* (Colza), además de ser una maleza en su forma silvestre, es también un cultivo oleaginoso, encontrándose modificada genéticamente para ser resistente a glifosato, trayendo el problema de cruzamientos naturales con *B. rapa* silvestre, produciendo individuos resistentes a glifosato (Aapresid, 2013). Siguiendo una línea de tiempo, la

primera especie en ser denunciada por poseer resistencia a Inhibidores de la ALS (Imidazolinonas y sulfonilureas) fue *R. sativus* (nabón) en 2008, en el Sudeste Bonaerense (Aapresid, 2008). La siguiente especie denunciada en el Sur de la Provincia de Buenos Aires, fue *B. napus* (colza) por presentar resistencia a glifosato (Aapresid, 2013). Luego, en 2014, se denunció por resistencia a glifosato y a ALS a *B. rapa* (nabo), también en el Sudeste Bonaerense (Aapresid, 2014). En 2016, esta misma especie fue denunciada por resistencia a hormonales (2,4-D). En 2017, *H. incana* en el Sudoeste Bonaerense fue denunciada por resistencia múltiple a Inhibidores de la ALS (Metsulfuron-metil) y a 2,4-D. Al año siguiente, la mostacilla, *R. rugosum*, fue identificada en la Provincia de Entre Ríos con resistencia a Inhibidores de la ALS (Clorsulfuron y metsulfuron-metil). *H. incana* (Mostaza), en el mismo año en la Provincia de Córdoba, fue denunciada por resistencia a Glifosato Y 2,4-D (Aapresid, 2018).

La gran adaptabilidad, competitividad, elevada producción de semillas, la capacidad de poder crecer y desarrollarse en cualquier momento del año y la alta tasa de crecimiento que tienen las especies nombradas hacen que los controles de ellas en los sistemas de producción agrícola sean muy difíciles en cuanto a su manejo.

El objetivo de este trabajo es poder actualizar información y proponer nuevas estrategias de manejo integrado, que podrían contribuir con la sostenibilidad de los recursos productivos, y a su vez, poder contrarrestar el problema sobre las principales malezas de la familia crucíferas en la agricultura actual Argentina.

## **2.1 Distribución y estado actual**

En cuanto a la magnitud del problema, es muy importante poner a la vista la dimensión que ocupan dichas malezas en el área geográfica. Por ello, a continuación, se visualiza en el mapa de la República Argentina (Ilustración 1,2 y 3) la distribución de las crucíferas en dos escenarios contrastante. El cual se puede observar que la colonización de las “especies problema” de esta familia en los años 2015, 2017 y 2019, reflejando un aumento considerable para las zonas más importantes en cuanto a producción de los principales cereales y oleaginosas del país. A modo general se observa que la mayor concentración de crucíferas se encuentra en varias localidades de la región sur de la Provincia de Bs As. En el

caso del 2019, en la localidad de Bolívar y Azul llegó a un 80% de los lotes agrícolas afectados. Así en Olavarría un 30% y un 10-20% en el resto de las localidades.



Ilustración 1. Mapa de presencia territorial de crucíferas resistentes en el año 2015. Fuente: Aapresid; "Mapa de Malezas".



Ilustración 2. Mapa de presencia territorial de crucíferas resistentes en el año 2017. Fuente: Aapresid; "Mapa de Malezas".



Ilustración 3. Mapa de presencia territorial de crucíferas resistentes en el año 2019. Fuente: Aapresid; "Mapa de Malezas".

Por otro lado, en el Gráfico 1, se visualiza la cantidad de hectáreas afectadas en los años nombrados y en el Gráfico 2 se pone en manifiesto como evolucionó la colonización en las diferentes provincias de Argentina. Es importante el crecimiento de las especies de crucíferas respecto al año 2017, ya que en 2 años aumentó su distribución considerablemente.

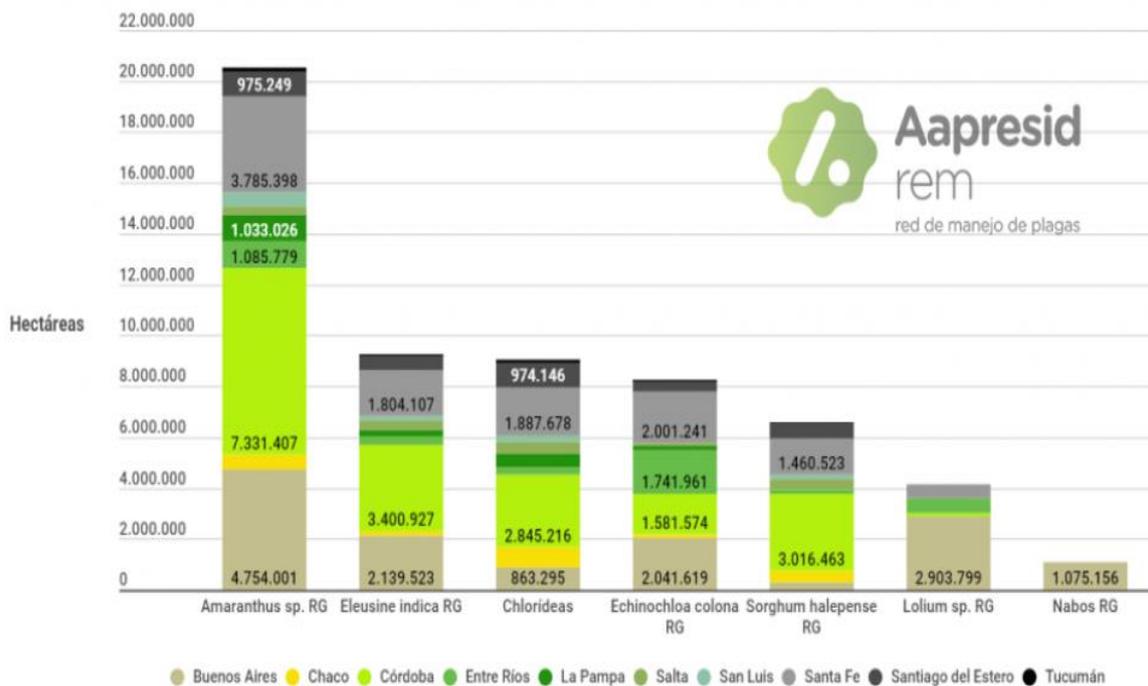


Gráfico 1. Superficie afectada por Maleza y Provincia. Fuente: Aapresid, 2019.

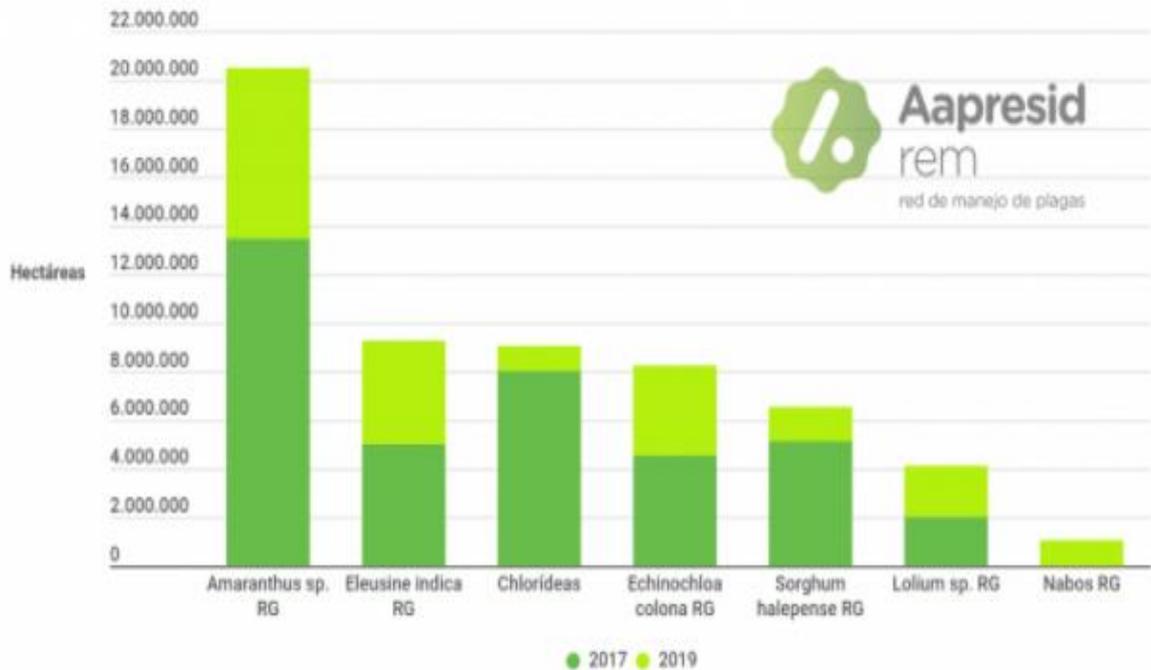


Gráfico 2. Incremento de Superficie Afectada por Maleza en Argentina. Fuente: Aapresid, 2019.

En cuanto a la distribución zonal de estas malezas Santa Fe y Buenos Aires, concentran más del 80% de la superficie de nabos resistentes. En el caso de Buenos Aires, se da el mayor crecimiento al compararse con los resultados de 2017 (AAPRESID, 2019). El motivo de los incrementos en la superficie ocupada por estas malezas puede relacionarse con su manejo que evidentemente resultó deficiente y permitió la proliferación de estas especies. Principalmente el manejo químico puede relacionarse con estos resultados.

## 2.2 Descripción Botánica

La familia *Brassicaceae* o crucíferas incluye unos 338 géneros y unas 3.709 especies, se encuentra distribuida ampliamente en diversos climas alrededor del mundo (Pandolfo, 2018). Presenta especies que han sido cultivadas durante siglos para la alimentación humana, como fuente de aceites comestibles, condimentos y productos hortícolas. Entre estas especies existe un cultivo oleaginoso importante, denominado colza calona (Canadian Oil Low Acid) (*Brassica napus L.*). Existen alrededor de 34.030.921 ha. cultivadas con canola, siendo la tercera oleaginoso de importancia mundial, después de la palma y la soja, es una excelente materia prima

para aceite comestible y biodiesel y su harina es una fuente proteica para alimentación animal (FAO, 2018).

Dicha familia cuenta con aproximadamente 130 especies de elevado poder invasor, ocasionando interferencia con los cultivos más importantes, entre ellas plantas cultivadas y malezas, con una distribución en climas tropicales y sub tropicales.

Son plantas herbáceas en las que prevalece la reproducción sexual de forma autógena y/o alógama dependiendo de la especie. Cada planta genera alrededor de 3000 semillas lo que favorece su dispersión y potencial como maleza (Simard *et al.*, 2008). Dentro de las mismas se destacan varias especies a nivel mundial, estando presentes en Argentina *Raphanus sativus* (Nabón), *Brassica napus* (Colza o Canola), *Brassica rapa* (Nabo), *Hirschfeldia incana* (Nabillo) y *Rapistrum rugosum* (Mostacilla) (Pandolfo, 2016).

### **2.3 Descripción Botánica de *Brassica rapa* y *B. napus*.**

El centro de origen de las distintas especies de *Brassica* es bastante incierto, *B. napus* es originaria del sudeste de Europa, y *B. rapa* de un área muy extensa que abarca el oeste de Europa, hasta el este de China y Corea.

La forma silvestre de *B. rapa*, de la cual se originaron las variedades de nabo alimenticio, es una maleza altamente invasora de una gran cantidad de cultivos, esquilmante y desecante del suelo. Se encuentra distribuida en las provincias de Salta, Jujuy, San Juan, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa, Buenos Aires, Río Negro, Chubut y Tierra del Fuego, pero se destaca principalmente en la región Pampeana (Martínez-Laborde 1999).

*B. napus* y *B. rapa* son especies anuales ocasionalmente bienal (colza), muy similares en cuanto a su morfología, se diseminan por semillas muy pequeñas, de 2,5 a 4 gramos ubicadas dentro de silicuas dehiscentes por dos valvas. Tienen raíz pivotante y tallo erecto y ramificado que puede llegar al metro de altura. Poseen dos tipos de hojas dispuestas en forma alterna. Asimismo, poseen caracteres que permiten distinguirlos tanto en estado vegetativo como en estado reproductivo (Marzocca *et al.*, 1976; Pandolfo *et al.*, 2018). Son color verde oscuro a glaucas, las basales lobuladas pecioladas, las del estrato medio poseen un pecíolo breve, y las superiores no poseen pecíolo y son abrazadoras. El nivel de abrazamiento de las

hojas superiores es parcial en *B. napus*, lo cual la diferencia de *B. rapa*, que presenta abrazamiento total.

La colza se diferencia morfológicamente del nabo silvestre debido a que en estado vegetativo presenta hojas glaucas y glabras, mientras que la maleza posee hojas que tienen pelos cortos y suaves con una base ligeramente bulbosa (tricomas) especialmente sobre la cara superior (Marzocca, 1994; Gulden *et al.*, 2008). En estado reproductivo, es característico de *B. napus* (Ilustración 3 y 4) la disposición de los pimpollos florales por encima de las flores abiertas mientras que, por alargamiento de los pedicelos, en *B. rapa* (Ilustración 4) son las flores abiertas las que se encuentran por encima de los pimpollos (Pascale, 1976; Marzocca, 1994). Además, otra característica diferencial es la relación largo de rostro: largo de valva, que en los cultivos de colza toma valores de entre 1:5 a 1:6 y en el nabo lo hace entre 1:2 y 1:3 (Mulligan, 2008). Las valvas contienen entre 10 y 30 semillas. Estas son esféricas, castaño-rojizas a negruzcas de 1,8 a 2,7 mm, con un peso de 1000 que no supera los 4 gramos (Gulden *et al.*, 2008). A modo de resumen, la tabla 1 compara las diferencias morfológicas más importantes entre las especies nombradas.



Ilustración 4. Caracteres morfológicos de la especie *B. napus*. Fuente: Luzuriaga, 2020.

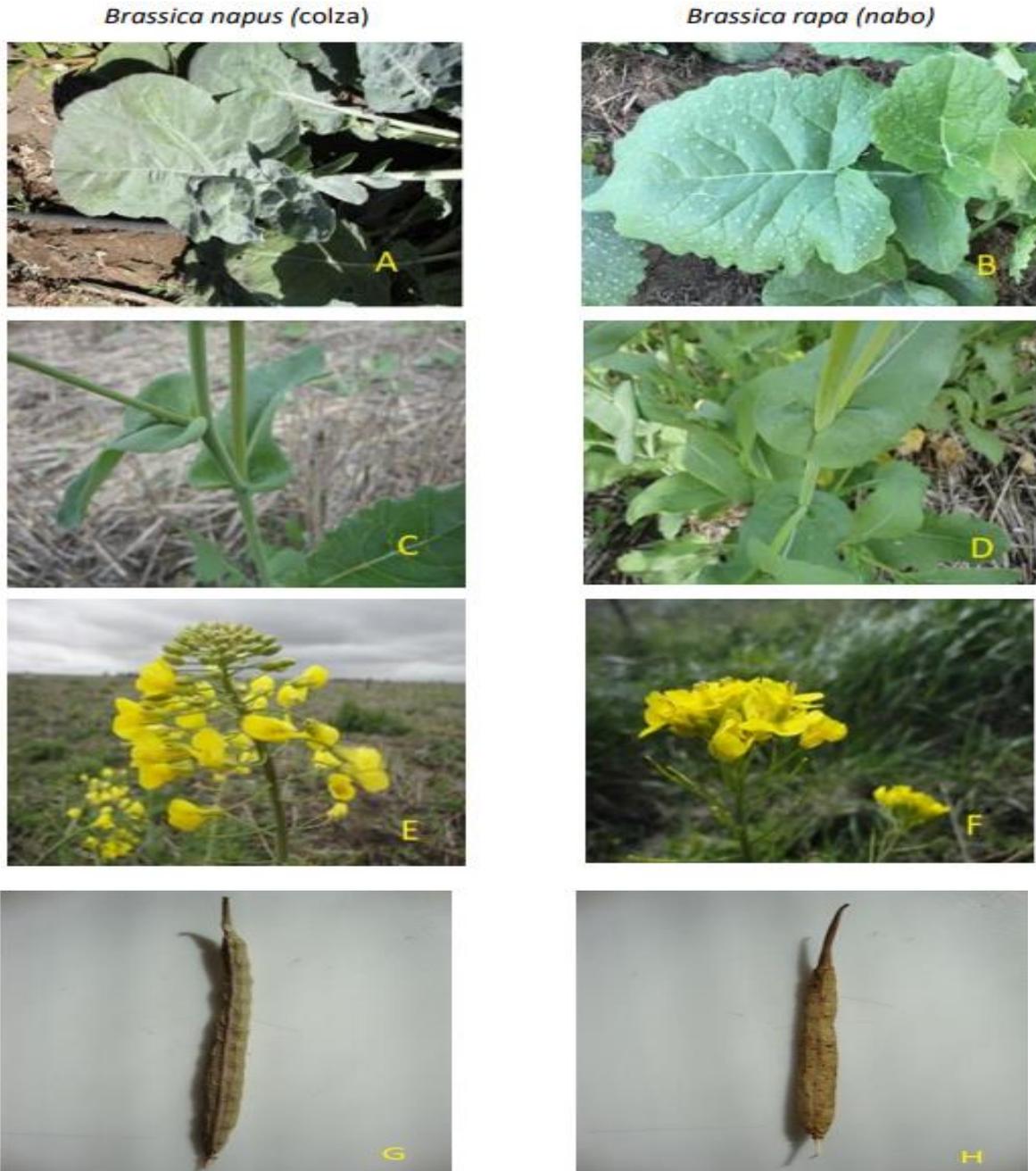


Ilustración 4. Diferencias Morfológicas en distintos estadios Fenológicos. Entre *B. napus* y *B. rapa*.  
Fuente: Luzuriaga, 2020.

| Órgano           | <i>Brassica napus</i> (colza)   | <i>Brassica rapa</i> (Nabo)   |
|------------------|---|---|
| Hojas Superiores | Abrazamiento parcial, forma: lanceolada, dentada o aserrada, liradas, ápice redondeado.                               | totalmente abrazadoras, forma: ovadas, dentadas u onduladas, enteras o sinuadas, con ápice mayormente redondeado          |
| Hojas Inferiores | Pediceladas, color: verde claras y nervadura central blanca, forma: elípticas, dentadas o aserradas, sin pubescencia. | Pediceladas, color: verde oscura o violacea, forma: ovada y elíptica, ondulada o aserrada, con pubescencia sobre el envés |
| Inflorescencia   | Flores abiertas ubicadas por debajo de pimpollos.   | Flores abiertas ubicadas por encima de pimpollos  |
| Flores           | Amarillo claro y de mayor tamaño  | Amarillo intenso y de menor tamaño  |
| Silicuas         | Valvas de 3,3 a 5cm de largo y rostro de 0,8 a 1cm  | Valvas de 2,3 a 3,5cm de largo y rostro de 1 a 1,7cm.   |

Tabla 1. Diferencias morfológicas entre *Brassica napus* y *B. rapa*. Fuente: Marzocca, 1994.

#### 2.4 Descripción Botánica de *Raphanus sativus*

El origen es muy remoto y aunque no ha sido elucidado por completo, las investigaciones recientes parecen indicar que fue domesticado independientemente en Europa y Asia (Warwick, 2011; Snow y Campbell, 2005). Conocida en Argentina como rábano, aparece mencionada en el almanaque de 1937 del Ministerio de Agricultura, donde es referida como maleza frecuente del trigo y lino (Ibarra, 1937) muy común en la región Pampeana Argentina. Estudios moleculares han apuntado hacia eventos de domesticación múltiples e independientes, a partir de distintas poblaciones y subespecies de *Raphanus silvestre* (Yamagishi y Terachi, 2003; Yamane *et al.*, 2005; Lü *et al.*, 2008). Es una maleza usual en cultivos de cereales, oleaginosas y hortícolas. En general, crece principalmente en tierras modificadas y se presenta vegetando de forma aislada, aunque puede adquirir un importante carácter invasor. Sus semillas se registran como impurezas de los granos de cereales y oleaginosas.

Es una planta anual o bienal, de raíz pivotante gruesa, napiforme, blanquecina o coloreada. Posee tallos erectos, de 40-130 cm de altura, simples o ramificados, generalmente con pubescencia hispida en la parte inferior, y glabros y glaucos en la superior, desde verdes con tintes rojizos, hasta casi totalmente rojizo violáceos. Las hojas son pecioladas, las inferiores y medias lirado-pinatipartidas a pinatisectas, de margen dentado. Las hojas medias y superiores son gradualmente más simples, a menudo glabras. Racimos terminales y axilares

laxos de 10-50 flores. Flores con pétalos blancos, rosado-violáceos o liliáceos, con nervaduras oscuras. El fruto es una silicua gruesa, carnosa, oblongo cónica, indehiscente, de hasta unos 8 cm de longitud, con la parte valvar muy breve, vana, semejando un pedicelo, y la parte estilar muy desarrollada, con las semillas incluidas en un tejido esponjoso y terminada en un rostro alargado cónico. Semillas grandes, ovadas, hasta 4 mm de longitud, con tegumento castaño-rojizo, reticulado (Boelcke, 1967; Marzocca *et al.*, 1976; Hernández-Bermejo, 1993; Marzocca, 1994) (Ilustración 5 y 6). También se cultivan de esta especie algunas variedades comestibles (rabanito) (Marzocca *et al.*, 1976).



Ilustración 6. Nabón o rabanito (*R. sativus*) en sus formas silvestres (izquierda) y cultivada (derecha). Fuente: Luzuriaga, 2020.



Ilustración 7. *R. sativus* en su forma silvestre en estadios tempranos (A), avanzados (B) y floración (C). Fuente: Luzuriaga, 2020.

## 2.5 Aspectos bioecológicos de la familia *Brassicaceae*

Es una familia de malezas, que comúnmente en Argentina, aparece acompañando a los cultivos de trigo y otros cereales de invierno. La mayoría de las emergencias de plántulas ocurren el otoño-invierno, aunque en la provincia de Buenos Aires se han observado emergencias prácticamente todo el año, por este motivo se encuentra presente en casi todos nuestros cultivos, siendo una especie fuertemente invasora (Marzocca *et al.*, 1976).

La amplia adaptabilidad se acentúa más aún con la capacidad inherente de producir gran cantidad de semillas, que además de numerosas, son pequeñas y de fácil dispersión. Pueden potencialmente producir más de 3000 semillas (Simard *et al.*, 2008). Pueden difundirse como contaminante botánico de las semillas de los cereales y también persiste en los rastros. En los veranos lluviosos puede rebrotar luego de la cosecha de los cereales invernales. También puede afectar cultivos de

girasol, maíz, sorgo, montes frutales, huertas y alfalfares. Con frecuencia sus semillas se encuentran entre los cuerpos extraños o impurezas de la alfalfa (Parodi, 1964; Marzocca *et al.*, 1976). Según Tenenbaum (1937), la abundancia de *B. rapa* como maleza de trigo y en especial de lino fue tal, que la sola separación de los granos de nabo pagaba el trabajo de limpieza y hasta el costo de la producción del cereal cosechado. Por este motivo, el gobierno incentivó a los productores a realizar la siembra por separado, con un resultado económico superior al de la siembra de cereales.

Además de tener una elevada capacidad reproductiva, presenta gran habilidad para competir con los cultivos por luz, agua y nutrientes. En cuanto a la eficiencia fotosintética, estas malezas tienen un rápido crecimiento que les confiere una habilidad competitiva elevada (Cárdenas *et al.*, 2008). La ruta metabólica del carbono al cual responden las especies de esta familia es a plantas C3 (Arias-Carmona *et al.*, 2014). Las plantas C3 alcanzan el óptimo de fotosíntesis entre 15 y 25 grados centígrados mientras las C4 la temperatura óptima se da en un rango más elevado (Benavides, 2003).

En cuanto a la reproducción, *B. napus* es una especie predominantemente autocompatible (70% en promedio), mientras que *B. rapa* es considerada de fecundación cruzada obligada debido a un sistema de autoincompatibilidad esporofítica (Warwick *et al.*, 2003; Gulden *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2013). Además, el tubo polínico de *B. rapa* presenta un menor desarrollo cuando crece en el estilo de *B. napus*, mientras que la germinación de polen no presenta diferencias cuando las dos especies lo hacen en el estilo de *B. rapa*. Esto genera que la hibridación interespecífica sea más frecuente cuando *B. rapa* actúa como madre (Hansen *et al.*, 2003).

La generación natural de híbridos entre cultivos y malezas es uno de los procesos evolutivos que desafían la tecnología agrícola moderna, debido a sus consecuencias impredecibles en la dinámica de las poblaciones. Para que se verifique una hibridación introgresiva exitosa, los parientes cultivados y las malezas deben coexistir, tener períodos de floración coincidentes, compartir polinizadores, ser sexualmente compatibles, producir semilla viable y progenie fértil, luego los rasgos introducidos deben persistir en las poblaciones silvestres naturales (Ellstrand, 2003;

Devos et al., 2009). La hibridación y posterior introgresión entre las especies emparentadas *B. napus* y *B. rapa* ha sido estudiada extensamente tanto a nivel morfológico, citológico y molecular (U, 1935; Jorgensen y Andersen, 1994; Landbo et al., 1996; Scott y Wilkinson, 1999; Hansen et al., 2001; Halfhill et al., 2002; Warwick et al., 2003; Wilkinson et al., 2003; Allainguillaume et al., 2006; Simard et al., 2006; Luitjen et al., 2014). Para *B. rapa* se registra un alto potencial de hibridación espontánea con la colza cultivada (Warwick et al., 2003) y la incorporación de genes del cultivo en la maleza se ha demostrado de forma empírica (Liu et al. 2013). Si bien el potencial es alto, en general las frecuencias de hibridación suelen ser bajas (0,4-17,5%) (Landbo et al., 1996; Scott y Wilkinson et al., 1999; Warwick et al., 2003; Wilkinson et al., 2003; Simard et al., 2006).

Una vez iniciada la floración en la colza, esta se extiende por un período de aproximadamente 30 a 35 días (Iriarte y Valetti, 2008). El control del momento de inicio de esta etapa depende de ciertos factores ambientales y genéticos (Nanda et al., 1996). Entre los factores del ambiente se encuentran la temperatura, el fotoperiodo y la vernalización, la cual define el grupo fisiológico (Hawkins et al., 2002; Gómez y Miralles, 2011; Gómez et al., 2018). Es así que para entender la dinámica es preciso explicar que los cultivares de *B. napus* pueden clasificarse fisiológicamente en dos tipos o grupos. Por un lado las variedades de tipo invernal, que pasan el invierno en estado de roseta y completan su desarrollo en primavera, que durante el periodo invernal deben cubrir obligadamente un requerimiento de vernalización para poder entrar en la etapa reproductiva, este requerimiento se cumple por exposición prolongada a bajas temperaturas. Y por otro lado, las variedades de tipo primaveral, que tienen un requerimiento de vernalización débil y florecen bajo condiciones favorables (Hawkins et al., 2002). En nuestro país se encuentran disponibles cultivares de ambos grupos, ocupando las primaverales una mayor proporción (Schwab, 2010; Iriarte y López, 2014; INASE, 2017).

## **2.6 Bioecología de Semillas de *Brassicaceae***

Saber y entender cómo es el comportamiento de las semillas de las malezas en un sistema agropecuario es de gran importancia para determinar estrategias de manejo eficientes. La germinación y la emergencia son los estadios más importantes en el proceso de invasión de malezas (Faccini y Vitta, 2007).

El banco de semillas del suelo es la principal fuente de plantas que interfieren con el desarrollo de los cultivos. Como contraparte de esto, el mayor recurso para el banco de semillas del suelo son las malezas que escapan al control químico y logran producir semillas (Cavers, 1983). La presencia de estas especies como malezas se explica en parte por la fecundidad, la longevidad y la gran cantidad de semillas que producen. La temperatura, la humedad del suelo y la profundidad a la que se encuentran las semillas son factores que influyen en la germinación y la subsiguiente emergencia de las malezas (Faccini, 2013). El número de plántulas que emerge dependerá de la fracción de semillas que pueda germinar a la temperatura imperante en el suelo en ese momento (Batlla, 2004). Las crucíferas no presentan dormición primaria de semillas, es decir que apenas son dispersadas pueden germinar si las condiciones ambientales son favorables. Las semillas que se desprenden en la cosecha no están inactivas, y la mayoría germinará. Después, la mayoría de las plántulas de poscosecha serán destruidas por la labranza o por factores abióticos como las heladas y la desecación (Simard *et al.*, 2010).

La germinación primaria promedio en todas las semillas, incluidos los cultivares y las líneas de semillas de colza, antes de la inducción de latencia secundaria, fue superior al 98%, lo que implica la ausencia de latencia primaria (Ali Shayanfar *et al.*, 2017). Pero las especies de esta familia presentan una dormición secundaria que está íntimamente relacionada con el manejo del sistema agrícola, dado al tipo de labranza utilizada. Los estudios europeos indican que las semillas de colza generalmente no se vuelven inactivas si quedan en la superficie del suelo, pero esa latencia secundaria puede ser activada si las semillas se incorporan mediante labranza (López Granados y Lutman 1998; Pekrun y Lutman 1998; Pekrun *et al.* 1998).

La amplitud térmica disminuye con la distancia a la superficie (Thompson y Grime, 1983). Una variedad de condiciones que incluyen temperatura, estrés hídrico, oscuridad (Sparrow *et al.* 1990) también puede inducir latencia secundaria (Pekrun *et al.* 1996; Squire 1999). Así también la amplitud térmica varía según la cobertura en la superficie del suelo. El estado de dormición de las semillas entre otros factores está en función de la amplitud térmica que las mismas experimentan. Lo anterior determina una mayor ruptura de la dormición de las semillas que se encuentran más

cerca de la superficie con respecto a las que están enterradas a más profundidad. Entonces la pérdida de la dormición es menor con mayor cobertura de suelo y a mayor profundidad de la semilla (Faccini y Vitta, 2007). Por lo tanto, la distribución de las semillas a distintas profundidades quedará determinada por el sistema de labranza empleado. Éstas son distribuidas principalmente por los implementos de labranzas en las tierras arables y forman de esta manera el reservorio en las capas superficiales del suelo (Faccini, 2013). Las semillas que se encuentran a mayor profundidad, conservan su viabilidad por más tiempo (Sosnoski, Webster y Culpepper, 2013). Las semillas de colza han persistido en el suelo durante al menos 5 años, y se han observado voluntarios hasta 10 años después de la producción en Europa (Knott 1993; Lutman y Lopez-Granados 1998; Sauermann 1993) y hasta 4 años después de la siembra en el oeste de Canadá (Thomas y Leeson 1999). En general las semillas pequeñas y con cubiertas lisas tienen alta probabilidad de formar bancos persistentes y la baja proporción de semillas de esta maleza que emergen del banco contribuye a la alta permanencia en los agroecosistemas (Faccini, 2013).

El grupo de malezas de la familia crucíferas prosperan adecuadamente en sistemas de SD. Presentan semillas de tamaño pequeño, con alto poder germinativo en suelos sin laborear o con labranza mínima. Esto les permite estar en su zona ideal para la emergencia, la parte superior del suelo. Las semillas requieren luz natural o luz roja para promover la germinación, mientras que la luz roja lejana o la oscuridad la inhiben. La latencia secundaria se induce en semillas cerradas debido a las condiciones de sequedad y oscuridad del suelo en la temporada de verano y su nivel es diferente según los tipos de semillas (Ali Shayanfar *et al.*, 2017). La germinación de la semilla de colza recién cortada en condiciones de 12°C de temperatura fue cercana al 100% tanto en la oscuridad como bajo la luz blanca (Lopez-Granados *et al.*, 1998).

Una vez dispersadas las semillas de las crucíferas, requieren de temperaturas moderadas para poder germinar. En general el rango óptimo para que se produzca el proceso de germinación es de entre 10 a 15°C. Luego de la dispersión, dependiendo del clima de la región, pueden darse estas temperaturas. En condiciones óptimas, una gran proporción del banco de semillas puede iniciar su

germinación en tan solo un día (Boter *et al.*, 2019). Si nos basamos en los resultados obtenidos por Kruk (1992), en la localidad de Balcarce, las emergencias de *Brassica campestris* se producen a través de pulsos. A campo, se observaron pulsos de emergencia de plántulas desde fines del invierno hasta comienzos del otoño, exceptuando períodos de bajas temperaturas (Kruk, 1992). El flujo de primavera sería originado a partir de semillas dispersadas tanto en el verano como en el invierno que por efecto de las bajas temperaturas del invierno, el nivel de dormición disminuye y germinan si las temperaturas son superiores a los 11 °C (Kruk, 1992). El flujo de emergencia observado durante el verano sería originado también por semillas dispersadas en el verano anterior. El nivel de dormición de esta población de semillas sería bajo como consecuencia de la permanencia en el suelo durante un período mayor a seis meses que favorece posmaduración (Kruk, 1992).

En el gráfico 3 se puede observar la relación de la temperatura media del suelo (línea llena) en Balcarce y los cambios en el rango de temperaturas permisivo: temperatura del límite superior ( $T_h$ ) (línea punteada fina) y temperatura del límite inferior ( $T_i$ ) (línea punteada gruesa) para la germinación de *B. campestris* recién dispersadas y luego de permanecer enterradas en el suelo durante 2, 6, 11 meses derivados del modelo de germinación (símbolos cerrados). Los símbolos abiertos son extrapolaciones de dichos valores para el año anterior y el posterior del experimento. El área sombreada muestra el momento en el cual la temperatura del suelo se superpone con el rango permisivo para la germinación. Las flechas hacia abajo muestran el momento en el cual el tiempo térmico requerido para la germinación del 50% de la fracción de semillas no dormidas es acumulado utilizando las temperaturas del suelo registradas en Balcarce.

A campo, se observaron pulsos de emergencia de plántulas de *B. campestris*, desde fines del invierno hasta comienzos del otoño, exceptuando períodos de bajas temperaturas (invierno). Los pulsos de emergencia podrían estar asociados a un disturbio producido previamente (por ejemplo, una arada). Sin embargo, previo al pulso de emergencia observado en el verano del primer año no se había realizado ninguna remoción de suelo, ya que se cosechó el cultivo en forma manual. En consecuencia, las semillas dispersadas previamente a la cosecha, quedaron sobre

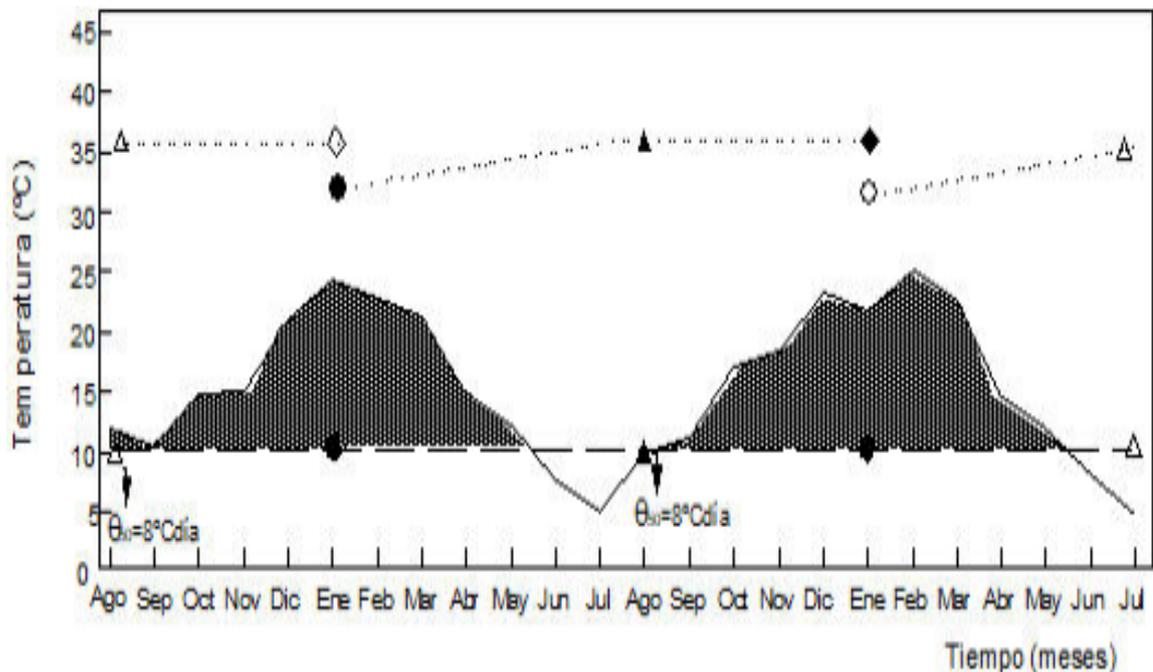


Gráfico 3. Relación entre temperaturas límites, germinación y meses del año. Fuente: Kruk, 1992.

la superficie del suelo y es posible que hubieran percibido las modificaciones en el ambiente lumínico producidas por la remoción del canopeo.

## 2 RESISTENCIA A HERBICIDAS

### 2.1 Principios Básicos

El repetitivo uso de pocos principios activos con un mismo mecanismo de acción, puede generar inconvenientes en la composición florística que se quiere lograr controlar. La falta de control por parte de los herbicidas genera dos fenómenos particulares denominados resistencia y tolerancia.

La tolerancia es la capacidad innata que tienen los individuos de una especie de soportar la dosis de uso de un herbicida debido a características morfológicas y/o fisiológicas que le son propias. Es decir, es una estrategia ya adquirida por parte de las malezas para poder evadir el control a dosis recomendada en una aplicación. Por otro lado, la utilización de herbicidas ejerce una determinada presión de selección sobre las poblaciones de malezas. Los individuos de estas poblaciones que logran escapar al control químico, son capaces de aportar a su descendencia las características que les permitieron a los progenitores evadir dicho control. Si esta presión de selección se mantiene en el tiempo, es de esperar que la frecuencia

de individuos resistentes aumente, dificultando el control de la maleza (De la Vega, 2014).

La resistencia se define entonces como la capacidad heredada que posee un biotipo para sobrevivir a la dosis de un herbicida a la cual la población original era susceptible (Tuesca y Nisensohn, 2001). Un biotipo es un grupo de individuos genéticamente semejantes y poco diferenciado del resto de los individuos de la misma población. La característica en común de los individuos dentro de un biotipo es su respuesta idéntica frente a algún factor que actúa sobre la población. Los casos de resistencia se presentan en forma de biotipos que responden de manera diferencial al control por parte de los herbicidas.

La utilización generalizada y repetitiva de los herbicidas permitió que se fueran reproduciendo estos biotipos de malezas resistentes. En el gráfico 4 se observa la aparición de biotipos resistentes de malezas a lo largo de los años.



Gráfico 4. Aparición de biotipos resistentes en Argentina. Aapresid, 2019.

Actualmente existen 20 especies y 36 biotipos de malezas resistentes a principios activos en Argentina, siendo la mayoría de ellas pertenecientes a la familia gramíneas (INTA, 2019). Siguiendo esta línea, a nivel mundial actualmente se reportan 509 casos únicos (especie/sitio de acción) de malezas resistentes a herbicidas, con 266 especies (153 dicotiledóneas y 113 monocotiledóneas). Las malezas han desarrollado resistencia a 21 de los 31 sitios de acción de herbicidas

conocidos y a 164 herbicidas diferentes. Se han reportado malezas resistentes a herbicidas en 95 cultivos en 71 países (Weed Science Society of America, 2021).

Particularmente las manifestaciones de resistencia no se presentan de forma generalizada, sino que estas se engloban en regiones geográficas donde están presentes los biotipos resistentes. La selección de resistencia ocurre a través de múltiples generaciones. Entonces una maleza no puede ser condicionada para desarrollar resistencia a través de unas pocas exposiciones a herbicidas (Hay, 2019).

## 2.2 Tipos de Resistencia

De acuerdo a la Weed Science Society of America, la resistencia a herbicidas se define como la habilidad hereditaria que algunos biotipos dentro de una población adquieren para sobrevivir y reproducirse cuando son tratadas con determinadas dosis de herbicidas, a la cual la población original era susceptible. De esta manera, y asumiendo que cualquier población de malezas puede contener biotipos resistentes en baja frecuencia, y que el uso repetido de un mismo herbicida o de herbicidas con el mismo mecanismo de acción expone a la población a una presión de selección que conduce a un aumento en el número de individuos resistentes, se podría entender que la resistencia podría ser considerada un caso de evolución adaptativa.

La resistencia puede considerarse **cruzada o múltiple**, dependiendo de los mecanismos implicados. La resistencia **múltiple** es la conferida por la modificación de más de un mecanismo de acción. La resistencia **cruzada** implica la modificación de un solo mecanismo que determina que no sea efectivo el grupo de herbicidas que tenían como blanco a ese mecanismo de acción.

Existen tres causas a partir de las cuales puede manifestarse la resistencia a herbicidas. La pérdida de afinidad del herbicida con el sitio de acción, la metabolización del herbicida hacia una sustancia menos fitotóxica por acción enzimática o la reducción de la concentración del herbicida en el sitio de acción (De la Vega, 2014).

A su vez existen dos tipos de modificaciones a las que se puede atribuir la capacidad de sobrevivir a los herbicidas. Las causadas por mutaciones en sitios blanco del herbicida, es generalmente monogénica e involucra una reducción en la sensibilidad de enzimas blanco del herbicida. Por otro lado, la resistencia causada por mutaciones en "sitios no blanco". Esta última implica varios mecanismos, como puede ser aumento en la tasa de detoxificación, reducida absorción o translocación del herbicida, reducción en la tasa de activación y transporte del herbicida a vacuolas. De esta forma se determinaría una disminución de la concentración del herbicida en el sitio de acción.

Aunque es mucho menos común, la resistencia del sitio blanco también puede ocurrir a través de una mayor expresión de la enzima blanco u objetivo, lo que resulta en más herbicida requerido para lograr un efecto letal (Laforest *et al.*, 2017).

Además de las consideraciones de manejo existen factores biológicos propios de las poblaciones de malezas que determinan que los herbicidas dejen de ser efectivos. Dentro de estos factores está la frecuencia, el número y la dominancia de los caracteres implicados en la resistencia. Estos factores serán condicionantes en el tiempo requerido para que una población resulte en un nuevo caso de resistencia (Larran, 2018).

En las poblaciones de malezas, independientemente de la aplicación de cualquier herbicida, existen individuos con características genéticas que le confieren resistencia a ese principio activo (Romagnoli *et al.*, 2013). La expresión de la resistencia es el resultado de la selección repetida de individuos con esa característica dentro de la población.

### **2.3 Los Herbicidas en la Resistencia**

Los inhibidores de la enzima ALS, los hormonales y el glifosato, son los grupos de herbicidas a los cuales crucíferas desarrollaron resistencia en Argentina. Para el control de estas malezas es necesario recurrir a principios como los inhibidores de la enzima protoporfirinógeno-oxidasa, (PPO), y las triazinas, así como a estrategias de doble golpe.

Lo recomendado y más efectivo es prevenir la evolución de resistencia a herbicidas a través de la diversificación de los programas de manejo. En este sentido la combinación de herbicidas de diferentes mecanismos de acción y la incorporación de herramientas de control no químico resultan fundamentales (Norsworthy *et al.* 2012).

A nivel mundial, uno de los grupos de herbicidas con más casos de resistencia probados es el de los inhibidores de la ALS. Estos actúan sobre la enzima acetolactato-sintetasa, que tienen por función la síntesis de aminoácidos de las cadenas laterales ramificadas. El uso generalizado de los herbicidas inhibidores de ALS, dentro de ellos, principalmente las sulfonilureas (SU), presentan bajo costo y residualidad. Estas se constituyeron en herramientas de empleo masivo y prácticamente rutinario, tanto en barbechos como sobre los cultivos (Papa, 2013).

La residualidad que presentan los inhibidores de la ALS resulta en un aumento de la presión de selección. La relativa facilidad con la que las malezas desarrollan resistencia es el punto débil de estos herbicidas. A la residualidad de los inhibidores de la ALS se le puede agregar la forma en que se presentan los nacimientos de las plantas en grupos, que le permitiría interactuar con distintos niveles de presencia de herbicida en el suelo. Lo anterior se puede constituir en un factor que contribuye a la

selección de plantas resistentes. Por otro lado existe una gran variedad de mutaciones potenciales que pueden ocurrir en el gen de la ALS. Esto contribuye a la alta frecuencia de aparición de resistencia a estos compuestos químicos (Tranel y Wright, 2002).

Las cruza con mayor propensión al flujo génico estarían dadas por las que involucran a *B. rapa* y *B. napus* (Devos *et al.*, 2009). De hecho, se ha confirmado la transferencia de resistencia a herbicidas a través de sucesivas generaciones (Snow *et al.*, 1999), y la persistencia de dicha característica en poblaciones silvestres de *B. rapa*, más allá de seis años en ausencia de presión de selección con herbicida (Warwick *et al.*, 2008).

Hace unos años, la REM confirmaba la presencia de biotipos de Brassicas resistentes a glifosato, dentro de ellas, *B. rapa* y *B. napus*. Dicho herbicida actúa de forma sistémica, inhibiendo la acción de la enzima 5-enol piruvil shiquimato-3-fosfato-sintetasa (EPSPS), generando un bloqueo en la síntesis de aminoácidos. La elevada presión que generó el uso masivo de este herbicida seleccionó biotipos resistentes y comprometió en varios casos el uso de esta herramienta.

En particular, para el caso de *H. incana*, además de los biotipos nombrados anteriormente, otros manifestaron resistencia a los herbicidas hormonales. Estos son sustancias análogas a las hormonas endógenas propias de las plantas. A diferencia de otros grupos de herbicidas, que se dirigen a una proteína específica, los herbicidas hormonales interactúan con numerosos sitios en las malezas. Como consecuencia de lo anterior los casos de resistencia a los hormonales son menos frecuentes que los reportados en otros grupos.

Las dosis agronómicas recomendadas en el marbete del producto deberían de ser respetadas. Las sobredosificaciones generan una marcada presión, abriéndole camino a la generación de resistencia, ya que sobrevivirán solamente los individuos muy resistentes. Las subdosificaciones dan lugar a la supervivencia de muchos individuos con diferentes niveles de resistencia. Cuando una menor cantidad de herbicida que la dosis letal es aplicada, las malezas pueden metabolizar los principios activos y continuar con su crecimiento y desarrollo. Los 22 herbicidas residuales poseen la ventaja de poder actuar en el momento en el que la planta es más sensible, mientras germina.

#### **2.4 Resistencia Actual en *Brassicaceae***

La situación actual en términos de resistencia en esta familia se da principalmente en biotipos que se encuentran en la zona donde hay mayor utilización de SD combinado con el uso de herbicidas frecuente e intensivo.

Existen biotipos resistentes a uno, dos o tres sitios de acción tanto como resistencia cruzada, que ocurre cuando una planta tiene un mecanismo que le permite

sobrevivir al tratamiento con herbicidas de diferentes clases químicas o con diferentes modos o sitios de acción. También se reportan casos de resistencia múltiple, que se refiere a plantas que tienen más de un mecanismo que sobreviven al tratamiento con herbicidas con diferentes modos o sitios de acción. Estas resistencias se presentan con la utilización de herbicidas inhibidores de enzima EPSPS (glifosato), a inhibidores de ALS, IMI Y SU, y herbicidas hormonales como es el caso de 2,4D.

La flora natural de Argentina contiene 68 géneros de la familia Brassicaceae, incluyendo *B. rapa* (nabo) y *R. sativus* (nabón), que son malezas invasoras en más de veinte provincias (Marzocca *et al.*, 1976; Martínez-Laborde, 1999). En Argentina *R. sativus* (x=9) también se cultiva como hortaliza y forraje.

La zona de mayor incidencia poblacional con problemas de resistencia es en el centro y sur de la Provincia de Buenos Aires. Posteriormente se verificó la incidencia en otras latitudes encontrándose un foco en la región NOA de Argentina y en la provincia de Entre Ríos. En el sudeste de Bs As., se encontraron biotipos de *R. sativus* con resistencia a Inhibidores de la ALS. También, en este lugar, se hallaron biotipos de *B. rapa* resistentes a herbicidas como diclosulam, imazapyr, y metsulfuron-metil (Inhibidores de la ALS), a glifosato y a 2,4-D. Biotipos de *B. napus* se registraron en el Sur de Bs As. con resistencia a glifosato. Biotipos de *H. incana*, en el SO de Bs. As., fueron denunciados por resistencia múltiple a Inhibidores de la ALS (Metsulfuron-metil) y a 2,4-D; años después en Córdoba fue denunciada por resistencia a Glifosato Y 2,4-D. *R. rugosum*, fue identificada en la Provincia de Entre Ríos con resistencia a Inhibidores de la ALS (Clorsulfuron y Metsulfuron-metil).

En otros países de Sudamérica, como por ejemplo Brasil, Theisen (2008) confirmó la existencia de poblaciones de *R. sativus* con resistencia cruzada a herbicidas inhibidores de la enzima (ALS). Si bien los miembros de la familia *Brassicaceae* constituyen menos del 10% de los casos de malezas resistentes (Heap, 2015), su elevada capacidad de hibridación los tornaría altamente propensos a desarrollar resistencia a herbicidas, tal es así que se registraron resistencia a clorimurón-etilo, cloransulam-metilo, imazetapir, metsulfuron-metil y nicosulfurón (Inhibidores de la ALS). Y en Chile, flucarbazone-Na, imazamox, imazapyr, yodosulfuron-metil-Na, metsulfuron-metil, piroxisulam y triasulfuron (Inhibidores de la ALS) para biotipos de *R. sativus*. no se descarta que aparezcan nuevos casos de biotipos resistentes a otros grupos químicos, de hecho la probabilidad de eso ocurra es alta.

A nivel mundial en Canadá, se cita resistencia de *B. rapa* a herbicidas inhibidores del fotosistema II (Atrazina) y a glifosato. Para el caso de biotipos de *R. rugosum*, en Irán se registraron resistencia en bispiribac-Na, florasulam, flucarbazona-Na y tribenuron-metil; en España se registró en principios activos como yodosulfuron-metil-Na y tribenuron-metil; todos estos últimos pertenecientes a herbicidas

inhibidores de la enzima ALS. Para esta misma especie en Australia se registró resistencia a clorsulfuro, imazapyr e imazamox. Así como *Raphanus raphanistrum* también ha desarrollado resistencia a inhibidores de la ALS (Walsh *et al.*, 2004). En esta especie existe el flujo génico entre cultivo y maleza, que podría haber aumentado la variabilidad de las poblaciones ferales (Snow *et al.*, 2010; Ridley *et al.*, 2008).

Estas malezas resistentes poseen variantes de la ALS con baja afinidad a los herbicidas, conferida por una o varias mutaciones puntuales en el gen que codifica la enzima, y mantienen la producción de los aminoácidos mencionados aún en presencia del activo (Holt *et al.*, 1993; Tan y Medd, 2002; Yu *et al.*, 2003). A la fecha se conocen 26 sustituciones de aminoácidos en 8 sitios del gen de la enzima ALS que confieren resistencia a herbicidas en malezas. Estos son Ala122, Pro197, Ala205, Asp376, Arg377, Trp574, Ser653 y Gly654 (numeración de los aminoácidos basada en la secuencia de la ALS de *Arabidopsis thaliana* L.), cuatro de ellos identificados en biotipos de *R. raphanistrum* (Tranel y Wright, 2002; Tan y Medd, 2002; Yu *et al.*, 2012; Yu y Powles, 2014; Tranel *et al.*, 2015).

El conocimiento de los factores internos y externos que posibilitan la aparición de resistencia permite diseñar medidas para mitigar el incremento de biotipos nocivos. Se recomienda que las medidas de manejo reduzcan la presión de selección y que los herbicidas actúen sobre distintos sitios de acción, aunque esto podría no ser suficiente en el caso de malezas con resistencia múltiple. (Holt *et al.*, 1993; Prather *et al.*, 2000; Walsh y Powles, 2007).

La probabilidad de emergencia de malezas con resistencia cruzada a varios herbicidas aumenta en los ambientes donde se emplean principios activos con el mismo sitio de acción. Este es el caso de los herbicidas IMI y SU, que actúan sobre la ALS (Tan *et al.*, 2005). El metsulfurón es un herbicida SU de muy bajo costo que se utiliza en el país desde hace más de una década, al igual que el imazapir, que es una IMI intensamente utilizada para soja antes que irrumpiera en el mercado la variante RR, con resistencia transgénica a glifosato (Leguizamón, 2009). En nuestro país, el empleo masivo de herbicidas con el mismo sitio de acción podría propiciar la emergencia de biotipos resistentes.

En la actualidad, el metsulfurón es el herbicida residual más utilizado para el control temprano de malezas en trigo (Leguizamón, 2009). Las sulfonilureas muestran un amplio rango de persistencia en el suelo, dependiendo del pH, la temperatura y la composición edáfica. La vida media del metsulfurón en el suelo ha sido calculada entre 20 y 80 días (Walker *et al.*, 1989; James *et al.*, 1995; Rouchaud *et al.*, 1999), inicialmente concentrada en los primeros 2 cm del suelo, y descendiendo progresivamente hasta los 10 cm. Estos datos fueron corroborados para las condiciones argentinas por Bedmar *et al.* (2006), quienes encontraron persistencias

de entre 38 y 51 días para suelos de Balcarce, cercanos a donde fueron halladas poblaciones de nabón resistentes. Esta degradación progresiva del metsulfurón en el suelo coincide con los nacimientos tardíos de nabón a fines de primavera y principios del verano, observados tanto en ambientes ruderales como en cultivos avanzados de cereales.

Por el lado del herbicida inhibidor de EPSPS, existen test de detección de resistencia a glifosato transgénica, que están basados en la expresión de la proteína CP4 EPSPS, que son reconocidos debido a su alta precisión. Han sido utilizados para la detección de flujo génico entre colza-canola y sus parientes silvestres, dispersión y persistencia de colza-canola en puertos y caminos, e incluso para determinar la presencia de la proteína en alimentación humana (Ash *et al.*, 2003; Aono *et al.*, 2006; Warwick *et al.*, 2008; Kawata *et al.*, 2009; Aono *et al.*, 2011; Londo *et al.*, 2011). Estos test son considerados rápidos, sencillos, económicos y a su vez, muy útiles en la detección de la proteína CP4 EPSPS en materias primas como hojas y semillas de cultivos y productos para la alimentación humana y animal (Van den Bulcke *et al.*, 2007). Para confirmar la presencia del transgen de resistencia a glifosato se utilizó un kit comercial (QuickStik™ Kit for Roundup Ready® Canola Leaf & Seed) diseñado para detectar la expresión de la proteína CP4 EPSPS en los tejidos. Esta proteína, diferente a la sintetizada por la planta, proviene de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens* y reduce la afinidad entre el herbicida y el complejo enzima-sustrato, lo que permite que la enzima EPSPS catalice normalmente las reacciones de síntesis de aminoácidos aromáticos (Arregui y Puricelli, 2008; Green, 2009; Feng *et al.*, 2010).

Pandolfo *et al.*, en 2016, analizó la presencia del transgén de resistencia a glifosato, mediante la detección del evento GT73, basada en el Protocol RT73-Community Reference Laboratory for GMO Food and Feeds (Mazzara *et al.*, 2007). Este hallazgo concordó con la hipótesis de que las poblaciones ferales de *B. napus* resistentes a glifosato contiene el transgén correspondiente al evento GT73.

### **3 MANEJO DE *Brassicaceae***

#### **3.1 Introducción**

Bajo el razonamiento de que las malezas, en general, no pueden desaparecer completamente cuando utilizamos prácticas agronómicas. Se busca el manejo de las mismas, donde el sistema permite la convivencia de los cultivos con las malezas. Es decir que se trata de llevar el manejo de las malezas y del banco de semillas y no la erradicación.

El manejo de las crucíferas y las malezas más duras implica varias prácticas que necesariamente se complementan con el control químico. Las mismas incluyen medidas de manejo tendientes a atenuar la presencia de malezas y a evitar la aparición de resistencia a herbicidas.

La forma más efectiva para controlar a estas malezas se da combinando diferentes métodos como pueden ser los preventivos, culturales, mecánicos y químicos. Para planificar un manejo a largo plazo, necesariamente es preciso poner el foco en tácticas múltiples. Es decir, darle la atención correspondiente para solucionar un problema difícil con prácticas adecuadas. Pensar en el manejo del sistema productivo íntegramente otorgándole importancia a la biología de las “malezas problema” nos lleva al concepto de manejo integrado de malezas (MIM).

Se requiere un manejo integrado incluyendo técnicas de control no químicas, monitoreos y estudios de la dinámica poblacional a campo, para comprender los factores que determinan la tasa evolutiva, especialmente la eficiencia reproductiva y el flujo génico (Holt *et al.*, 1993; Prather *et al.*, 2000; Walsh y Powles, 2007)

El manejo integrado de malezas es una estrategia que considera todas las técnicas disponibles de control y las combina para suministrar un manejo económico y sostenible. De esta forma el manejo integrado permitiría disminuir el riesgo de generar biotipos resistentes a herbicidas, reducir la producción de semillas de malezas y aumentar la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo (Hay y Peterson, 2019). El éxito de un método de control se relaciona, entonces, con la posibilidad de impactar sobre un alto número de plántulas de la población. Por lo tanto, predecir los momentos en los cuales una elevada proporción de la población de semillas presentes en el banco estaría en condiciones de germinar permitiría diseñar estrategias de control sobre bases más sólidas que las utilizadas hasta hoy (Kruk, 1992).

En cuanto a medidas del tipo preventivas, el problema principal es el ingreso de las crucíferas los lotes, haciendo muy complejo y costoso el manejo, principalmente si se trata de biotipos resistentes, por lo tanto es primordial evitar su ingreso. Pero si el problema ya está establecido, el manejo integrado es sin dudas el mejor método para controlar estas adversidades en cultivos, aunque su implementación es prácticamente nula en los cultivos extensivos en Argentina (Igarzábal, 2019).

Concretamente, las consideraciones a adoptar, para el manejo integrado de estas malezas serían los siguientes: el monitoreo, la rotación de cultivos y de mecanismos de acción, evitar el movimiento de semillas de malezas en el campo, el ajuste del espacio entre hileras, el uso de cultivos de cobertura y la labranza (Holshouser, 2008). A continuación se describen las consideraciones a tomar como factores complementarios al control químico, que tienen como objetivo alcanzar un manejo integrado de crucíferas.

### **3.2 Monitoreo**

Un monitoreo exhaustivo de la emergencia de malezas es fundamental para encarar un plan de manejo integrado. Esto permitirá tomar decisiones conforme al problema emergente en cada momento. El monitoreo en las crucíferas es clave, porque los tiempos biológicos de las malezas en estado susceptible al control establece una “ventana” acotada para la aplicación de herbicidas y porque los tratamientos fallidos por casos de resistencia complican la situación aún más. Como se mencionó previamente, es importante diferenciar morfológicamente a cada una de las crucíferas, sobre todo si se sospecha de que existe la posibilidad de que alguna pueda ser resistente a algún grupo de herbicidas o existan casos de resistencia en la zona. En el mismo sentido, resulta fundamental mantenerse informado sobre la evolución de las problemáticas de malezas regionalmente, (Papa *et al.*, 2016).

Un programa de monitoreo planificado metodológicamente, es una herramienta necesaria y fundamental para manejar a estas malezas en este sistema, (Igarzábal, 2019).

Es de vital importancia el monitoreo y control de áreas sin cultivos. Aunque las malezas presentes en estos casos no compiten directamente con los cultivos, pueden favorecer la dispersión, generalmente entomófila, como es el caso de *R. sativus* (Hernández Bermejo, 1993; Snow y Campbell, 2005; Kaneko *et al.*, 2011) hacia otras áreas por medio de polen y semillas (Legleiter y Johnson, 2013).

Por ello el monitoreo debería ser frecuente en los lotes pero también en caminos, cunetas, banquetas, baldíos y bordes a fin de detectar la presencia de malezas para que estas sean eliminadas (Papa, 2013). Es de suma importancia monitorear los campos y controlar estas malezas en sus primeras etapas de desarrollo para evitar la producción de semillas (Mohseni-Moghadan *et al.*, 2013).

En general el uso de herbicidas se encuentra lejos de ser el óptimo, ya que en muchos casos no se consigue el control deseado por no conocer adecuadamente el patrón de emergencia de las malezas (Garay *et al.* 2015). Por lo tanto el monitoreo como fuente de información para la toma de decisiones tiene que ser ejecutado por personal con correcta formación y buena supervisión (Igarzábal, 2019). Para el caso de esta familia de numerosas especies problema, el umbral para el control debe ser cero, así evitaríamos infestaciones que luego serán muy costosas, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. El monitoreo debería ser clave durante el barbecho, desde el inicio del cultivo hasta el cierre del entresurco y antes de la cosecha del cultivo. Siguiendo esta línea, es necesario un monitoreo previo y posterior a cada aplicación de herbicida, con el fin de evaluar la eficacia de la aplicación y determinar posibles escapes por falla de la aplicación o posibles casos de resistencia.

El monitoreo en el interior del cultivo se hará siguiendo una W, sin acercarse a los bordes, accidentes topográficos, construcciones o manchones específicos, los que deben monitorearse aparte. Se toman 10 sitios de muestreo para un lote de una superficie promedio de 15 a 50 hectáreas. Cada sitio abarcará un círculo de aproximadamente 1.7 metros de radio, (aproximadamente 10 metros cuadrados), teniendo como centro al observador, sobre la línea de siembra. En cada sitio de muestreo se procederá a la identificación de la presencia/ausencia de cada especie. Al finalizar las 10 estaciones se determinará la densidad de forma estimada y tamaño de cada especie (REM, 2014).

### **3.3 Rotaciones**

La intensificación del uso del suelo, es decir, la mayor frecuencia de cultivos por unidad de superficie, sería el método más adecuado para ocupar eficazmente los lotes y evitar la propagación de las malezas. Por esta razón es importante considerar una adecuada rotación de cultivos. Las rotaciones más adecuadas son las más diversas y permiten rotar principios activos de forma tal que las malezas no de induzcan a generar resistencia. El suelo debe estar siempre ocupado con cultivos, hasta donde la calidad del ambiente lo permita. Empezar con un lote limpio, sin la presencia de malezas es imprescindible para el cultivo (Legleiter y Johnson, 2013). Además, la intensificación y diversificación del sistema se traducen en mejoras

físicas y químicas del suelo que permiten lograr aumentos de producción acompañadas de aumentos de eficiencia de uso de nitrógeno (N) (Coyos *et al.*, 2018).

Algunas de las estrategias que les confieren a las malezas ventajas competitivas son la regulación del momento de emergencia en relación al ciclo ontogénico del cultivo y la capacidad de establecer un alto número de plántulas en poco tiempo (Benech-Arnold *et al.*, 2000)

Para mantener los lotes libres de malezas es importante considerar los flujos de emergencia, evaluando cuáles son las especies que tienen mayor presencia en el lote y luego determinar los patrones de emergencia de cada una de ellas. Posteriormente se deberá tener en cuenta qué cultivo se va a implantar y en qué fecha (Lanfranconi, 2019). El uso de modelos capaces de predecir el momento de emergencia de las plántulas de malezas en el campo puede ser una herramienta útil para optimizar el momento de aplicación de un método de control. La construcción de tales modelos requiere de una adecuada descripción de las respuestas de las poblaciones de semillas a los factores del ambiente. (Kruk, 1992). La selección de cultivares mejor adaptados para sombrear el suelo y proporcionar el cierre del surco puede aportar al manejo de estas especies de malezas. Aunque esto no siempre resulta práctico, ya que la consideración principal para la selección de cultivares debe colocarse en la optimización del rendimiento (Hay y Peterson, 2019).

La fecha de siembra es una de las medidas directas para poder idear un plan de rotaciones adecuado, papel importante en el manejo de las malezas, y es pertinente contemplar este elemento dentro del control integrado (Kruk, 1992). Si bien las consideraciones sobre la fecha de siembra pueden ser parte de un plan de manejo de malezas, se debe hacer énfasis en seleccionar una fecha de siembra óptima para el rendimiento (Hay y Peterson, 2019). El canopeo del cultivo de trigo, cultivo que acompaña generalmente a la comunidad de estas malezas (Alonso, 1984), puede modificar estos factores en el microambiente de las semillas de manera tal que algunas semillas que requieran de la terminación de la dormición no vean satisfecho este requerimiento (Kruk, 1993).

Por último, una rotación de cultivos que plantee un uso intensivo de la superficie, incluye un cultivo estival, barbechos de corta duración y cultivos invernales o cultivos de cobertura.

### **3.4 Movimiento de Semillas**

Es determinante erradicar escapes que restablezcan la re infestación de lotes. Si es posible, las plantas que sobreviven a tratamientos químicos deben ser destruidas, ya que si se las deja sin control puede que se restablezcan y formen semillas viables (Papa *et al.*, 2016). Se puede esperar que los rollos o fardos sean una fuente común de semillas de malezas, por lo que se recomienda prestar atención al manejo dado a esta posible fuente de contaminación. Otra consideración importante es la remoción manual de las plantas en el lote de ser necesario. Se recomienda también no cosechar manchones con alta infestación o dejarlos para el final, con la intención de no dispersar las semillas. Durante la cosecha se pierden y quedan en el suelo cantidades considerables de semilla, que son transportadas por la maquinaria agrícola (Gulden *et al.*, 2003b; Von der Lippe y Kowarik, 2007, Bailleul *et al.*, 2012). El hombre es el principal factor responsable del éxito de algunas malezas. Es importante hacer una exhaustiva limpieza de la maquinaria antes de ingresarla al campo, esto cobra especial importancia cuando la maquinaria proviene de lotes infestados (Mondino, 2018). Resulta relevante verificar también el tratamiento que recibe la maquinaria cuando ésta es contratada. La dispersión por parte de contratistas es una realidad y es necesario exigir que se haga una limpieza de la maquinaria cuando corresponda. El área seleccionada para la limpieza de la maquinaria deberá estar apartada, donde los residuos con semillas de malezas no generen nuevos problemas y puedan recolectarse y destruirse (De Asteinza, 2017).

### **3.5 Espaciamento entre hileras**

El espaciamento entre hileras para un cultivo es determinado por varios factores, como pueden ser la oferta de recursos por parte del ambiente, el cultivar considerado o la tecnología disponible para la siembra. Al igual que el cultivar considerado y la fecha de siembra, el espaciamento entre hileras es un elemento que se determina en general con el objetivo de maximizar el rendimiento. Sin embargo, estos son factores influyentes en la dinámica de malezas y hay que tener en cuenta las interacciones de los mismos con las poblaciones de malezas.

Aumentos en la densidad de siembra o un menor espaciamiento entre hileras contribuiría a disminuir el número de malezas emergidas durante las primeras etapas de establecimiento del cultivo. (Kruk, 1992).

Por lo anterior, resulta importante al momento de la siembra disponer el arreglo espacial de los cultivos, también considerando que se maximice su aptitud competitiva sobre las malezas (Papa *et al.*, 2016). De esta forma la presencia de malezas podría aportar una razón para disminuir la distancia entre hileras y así aumentar la competencia por parte del cultivo. En la mayoría de las condiciones, al disminuir el espaciamiento entre hileras de los cultivos, se interfiere con la reposición de los bancos de semillas del suelo. Por lo tanto lo anterior tendrá un efecto en la dinámica de la población de malezas (Korres, Norsworthy y Mauromoustakos, 2019). Esta disminución en la cantidad de semillas producidas se logra por una menor capacidad de propagación de las malezas por la competencia con el cultivo y puede también estar relacionado con la reducción de la cantidad de luz incidente en la superficie del suelo (Bradley, 2006).

En el caso del cultivo de trigo está comprobado que la influencia del espaciamiento entre filas en el cultivo, afecta a la luz que llega a la superficie del suelo. Esto, modifica el ambiente lumínico debajo del canopeo, generando menor tasa de emergencia debajo del mismo (Kruk, 1992). También al disminuir el espacio entre hileras se reduce el tiempo que le toma a este cultivo alcanzar el cierre total del surco (Bradley, 2006). En ensayos llevados a cabo en trigo se detectó que la radiación era significativamente menor en la superficie del suelo en los cultivos con menor espaciamiento. Esto se daba durante la mayor parte de la temporada de crecimiento (Kruk, 1992).

En general, es probable que al sembrar a mayor distancia entre hileras se requiera la implementación de prácticas de control de malezas mucho antes que en hileras estrechas (Chhokar, 2012). Esto nos da la indicación de que los cultivos con espaciamientos mayores entre hileras requieren programas de manejo de malezas más tempranos que en las hileras más estrechas para el caso de trigo y cebada (Molinari *et. al*, 2017).

Puede recomendarse aumentar la densidad de siembra siempre que el ambiente lo permita y esperando que esto tenga el efecto de aumentar la competencia por parte

del cultivo sobre las malezas. Para lograr un rápido cierre del surco, a modo de resumen, es necesario usar híbridos o variedades con una alta tasa de crecimiento inicial, acercar las hileras, aumentar la densidad de siembra y fertilizar el cultivo al arranque (Lanfranconi, 2019). Con esto se busca que los cultivos ocupen rápidamente el espacio, procurando maximizar el aprovechamiento de los recursos por parte del cultivo y de esta forma se colabora con el control cultural (Papa *et al.*, 2016).

### **3.6 Cultivos de Cobertura**

Para limitar el impacto ambiental de la agricultura, se han propuesto alternativas a los sistemas tradicionales. La agricultura de conservación es una de estas alternativas, cada vez más adoptada en todo el mundo (Holanda, 2004). Se basa en tres principios fundamentales: diversificación de la rotación de cultivos, reducción de la labranza del suelo y cobertura permanente del suelo (FAO, 2017).

La utilización de cultivos de cobertura (CC) en Argentina ha aumentado en las últimas campañas, asociado a algunas problemáticas productivas emergentes y a múltiples beneficios dentro de los sistemas de producción por incorporar estos cultivos. Entre las problemáticas se puede mencionar la creciente presión de malezas, especialmente de malezas resistentes a herbicidas; ciclos muy húmedos con ascenso de napas y necesidad de consumo de agua durante el invierno; aumento de procesos erosivos (eólicos e hídricos) en suelos por falta de cobertura. La incorporación de CC dentro de los sistemas de producción apunta a mitigar el impacto negativo de estas problemáticas así como también generar otros beneficios en el sistema, como la reducción del uso de fertilizantes por aportes de N y carbono (C) orgánicos (Aapresid, 2017).

Estos cultivos tienen la capacidad de suprimir las malezas a través de la interferencia física y mediante la intercepción de la luz. Las áreas con menos biomasa de cultivos de cobertura serían propensas a fugas de malezas, eliminando cualquier beneficio logrado (Hartzler *et al.*, 2019). Sin embargo, el efecto beneficioso de los cultivos de cobertura en todo el sistema, y del siguiente cultivo, depende en gran medida de su manejo (p. ej. elección de especies, tiempo de siembra y destrucción), y no siempre se demuestra fácilmente (Tonitto *et al.*, 2006).

En los sistemas de agricultura continua (AC) de la Región Pampeana prevalecen los cultivos de verano y, durante el periodo otoño-invernal, el principal cultivo es el trigo que se realiza en doble cultivo con soja en aproximadamente el 20% del área sembrada (Basanta, Perrone *et al.*, 2016).

El manejo habitual de los cultivos de cobertura implica sembrar en otoño, permitir el crecimiento del cultivo y luego en la primavera siguiente interrumpir su ciclo con un herbicida para posteriormente sembrar el cultivo de ciclo estival (Baigorria *et al.*, 2012). Entonces estos cultivos son sembrados entre dos cultivos de cosecha y no son incorporados al suelo, pastoreados ni tampoco cosechados. De esta forma los residuos quedan en superficie, liberando los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse (Garay, 2018). Cabe destacar que también podrían utilizarse cultivos de cobertura de ciclo primavera-verano-otoño, generando así respuestas significativas por parte de los parámetros productivos de cultivos como trigo o cebada.

A corto plazo, la mayoría de las situaciones requerirán un uso similar de herbicidas cuando los cultivos de cobertura se incorporen al sistema. Sin embargo, si los cultivos de cobertura aumentan la consistencia del control de malezas, deberían permitir un programa de herbicidas menos intensivo a largo plazo (Hartzler *et al.*, 2019). Los resultados de los cultivos de cobertura son variables entre años pero los efectos a largo plazo pueden ser evidentes.

Las características positivas en respuesta a los rendimientos en los cultivos, en general, no es a corto plazo. Pero lo que sí ocurre, es que cuando se siembra de manera oportuna el cultivo de cobertura, genera un impacto positivo al disminuir el stand de malezas al comienzo de los ciclos productivos. Haciendo que disminuya la presencia de malezas en periodos de barbecho-inicio de cultivo, mermando la cantidad de caldo a aplicar en el control químico. A pesar de las ventajas que representa la implementación de los cultivos de cobertura es escasa su aplicación a nivel nacional. Entre las causas de su bajo nivel de adopción, figura el consumo de agua en zonas semiáridas, lo que podría repercutir negativamente en el rendimiento de los cultivos de verano (Garay, 2018).

Un estudio en Suiza demostró que los cultivos de cobertura estivales, como por ejemplo *Setaria italica* (Moha) o *Fagopyrum esculentum* (Trigo sarraceno), pueden

dar como resultado una reducción considerable en la utilización de labranzas. Generando beneficios en las características físico-químicas del suelo. Dando como consecuencia el aumento significativo de los rendimientos en Trigo (Büchi *et al.*, 2018).

La utilización de trigo sarraceno da una ventaja, si en el planteo se piensa en respetar criteriosamente la rotación de cultivos Dado a que Moha pertenece a la familia de las gramíneas, al igual que el trigo o la cebada. Conllevando a un problema de superposición en el plan de rotación, repitiendo especies de la misma familia. Entonces la opción de la utilización de *Fagopyrum esculentum* es importante de considerar en un plan de rotaciones, dado a que pertenece a la familia de las *Polygonaceae* y no se estaría monocultivando gramíneas en el lote objetivo.

Toledo *et al.*, (2012), realizaron un estudio en Córdoba, que demuestra que se puede cultivar trigo sarraceno de ciclo corto con fecha de siembra en el mes de Febrero. Cosechándolo, en promedio, a los 60 días. Es razonable pensar que puede hacer una rotación de soja de primera de ciclo corto- trigo sarraceno- trigo, dándole lugar en el plan a la incorporación de un cultivo de cobertura. En este sentido otros autores también probaron el efecto de la utilización de pasturas o descanso del lote con ganadería, como antecesores de trigo, y el aporte sobre el control de las malezas de invierno. El cual este ensayo demostró que este tipo de manejo podría ser una herramienta que brinde sin ningún lugar a dudas menor cantidad de malezas al inicio del ciclo del trigo (Gigón *et al.*, 2009). En el caso de los cultivos de cobertura de verano, Girón *et al.*, (2016) encontraron para el oeste de la provincia de Buenos Aires, 11 días de retraso en la aparición de *Amaranthus hybridus* en un suelo proveniente de un cultivo de cobertura, con respecto a suelos sin cultivo de cobertura. Este retraso en la emergencia se puede relacionar con la menor temperatura de los suelos con cultivos de cobertura. El cultivo de cobertura como antecesor del cultivo de soja tuvo un efecto supresor sobre los nacimientos de yuyo colorado y las aplicaciones de herbicidas sobre este antecesor presentaron mayor eficacia que sobre el tratamiento testigo sin cultivo de cobertura. La menor presión de *A. hybridus* sobre los tratamientos con cultivos de cobertura no tuvo influencia sobre el rendimiento del cultivo de soja (Girón *et al.*, 2016).

En la región central de la provincia de Córdoba se ensayaron distintos tratamientos, con cultivos de cobertura. Durante el desarrollo generaron una baja cantidad de biomasa aérea. Bajo estas condiciones se concluyó que cuando los cultivos de cobertura se daban con bajos niveles de materia seca aérea estimulan el crecimiento de *A. hybridus*. En Pergamino con cultivos de cobertura de *Avena sativa*, *Triticale* y *Vicia villosa*, no encontraron que se afecte la productividad en grano del cultivo de soja. El empleo de estos cultivos otoño-invernales permitió disminuir los enmalezamientos tanto durante su ciclo de crecimiento como durante la descomposición de los residuos. Por otra parte, la presencia de residuos de los cultivos de cobertura permitió disminuir el uso de herbicidas, aspecto que resulta tendiente a disminuir la presión de selección sobre las malezas (Buratovich *et al.*, 2019).

Por ello, es importante que haya un óptimo desarrollo de la biomasa del cultivo de cobertura, así poder aprovechar al máximo las ventajas que conceden este tipo de alternativa con respecto a la supresión de malezas en el lote. A continuación se detallan las prácticas que tienen gran influencia en el manejo de los cultivos de cobertura:

**Primero:** Determinar exactamente la fecha de siembra y senescencia final, (finalización del ciclo del cultivo de cobertura mediante algún método físico o químico). Estos dos momentos influyen en la acumulación de biomasa. La acumulación dependerá del largo del ciclo del cultivo y para una mayor supresión se requiere más tiempo de cultivo de cobertura. Las densidades de siembra excesivamente altas pueden dar como resultado una cobertura del suelo más rápida en el otoño y principios de la primavera, pero el impacto de la densidad de siembra en la biomasa disminuye cuando la terminación se retrasa hasta el alargamiento del tallo.

**Segundo:** Las especies seleccionadas de cultivos de cobertura.

En el mercado, en general, hay una variedad de especies de gramíneas, leguminosas o poligonáceas como cultivos de cobertura, donde todas estas presentan distintos atributos. Cuando se plantea combinar especies en los cultivos de cobertura, la especie que acumula la mayor biomasa es responsable de la mayor parte de la supresión de malezas (Hartzler *et al.*, 2019). Para determinar que

especie/s cultivar/es se utilizarían depende, principalmente, del ambiente donde se va a desarrollar dicho cultivo y de los objetivos planteados en el plan de rotación. Si se retrasa la senescencia de los cultivos hasta después del alargamiento del tallo, el tejido del tallo lignificado persiste por más tiempo y tendrá un mayor impacto en el establecimiento de malezas que con fechas de terminación anteriores. Cuando el cultivo de cobertura que logra acumular más biomasa, la mayoría del herbicida de preemergencia es interceptado por él.

En cuanto al destino del herbicida interceptado por el residuo del cultivo de cobertura varía según las propiedades químicas del herbicida. Pero las investigaciones indican que la actividad herbicida no se vería afectada de manera importante. Si tenemos periodos de precipitaciones cerca del momento de dicha aplicación favorecería al movimiento del herbicida en el perfil del suelo, en comparación que cuando se aplica directamente sobre la superficie del suelo sin lluvias. También se puede esperar una distribución menos uniforme del herbicida en el suelo que podría dar como resultado un control menos consistente. (Hartzler *et al.*, 2019). Entonces se puede observar como los cultivos de cobertura complementan la aplicación de herbicidas para el control de malezas en los cultivos de verano e invierno, así como también disminuye el impacto sobre el suelo por disminución de la utilización de infestación estabranzas presentando ventajas con respecto a la utilización de un barbecho convencional. La disminución de infestación de crucíferas se presenta mayormente sobre los primeros grupos que emergen. Cabe recordar que la disminución de la infestación está fuertemente relacionada al momento de senescencia del cultivo de cobertura y a la cantidad de materia seca que habría acumulado. Si todo es planificado debidamente y manejado como corresponde el cultivo de cobertura es una herramienta determinante y se tendría que enfocar no como cultivo de importancia secundaria, sino que es necesario darle la misma importancia que un cultivo rentable, así poder lograr los efectos positivos sobre la supresión de malezas y ejercer beneficios sobre el factor suelo (Hartzler *et al.*, 2019).

### **3.7 Labranzas**

Como se mencionó con anterioridad, el manejo integrado correspondería siempre a la implementación de la mayor cantidad de métodos de control posible. En la actualidad, en Argentina, y dentro del sistema productivo agrícola prevalece SD.

Entonces, para poder integrar la mayor cantidad de métodos se torna complejo, y se necesita de responsabilidad en términos de toma de decisiones, principalmente respetando las medidas de control relacionadas al factor suelo como es la roturación del mismo.

Al utilizar la SD, el escenario en el paisaje cambia en comparación a la utilización de labranza. Así, la SD permitiría un manejo adecuado de los rastrojos, trayendo ventajas como la reducción de la erosión del suelo, mejora la infiltración de agua, aumenta la materia orgánica y los microorganismos y contribuye de manera importante en la reducción de malezas (Pedreros, 2015). Dado esta situación, de poco movimiento de suelo, sería necesario tener en cuenta que al aumentar la biomasa vegetal sobre el suelo, la biomasa toma las características de manto protector haciendo que haya menos cambios de amplitud térmica, interfiriendo directamente en la germinación de las malezas. Estos mantos protectores de suelo, pueden ser determinados por biomasa del cultivo antecesor o también podría ser aportado por la utilización de cultivos de cobertura/servicio. Que ese manto vegetal permanezca sobre la superficie, permitirá retraer gran parte los nacimientos primaverales de malezas (Zaiser, Cosci & Coyos, 2018). En contrapartida, es importante tener en cuenta que se producirían efectos desfavorables en casos de demasiado rastrojo en el control de malezas y su interacción con los herbicidas (Pedreros, 2015).

En los sistemas de SD, en las capas superiores del suelo, se encuentra la mayor concentración de semillas de malezas (Clements *et al*, 1996). En base a esta cuestión, es de suma importancia evitar que las semillas se entierren, como también lograr que se mezclen sólo superficialmente con mínima labranza. En ambas situaciones se podría disminuir la presencia de malezas, si se aplican estrategias que eviten que lleguen al estado de producción de semillas (Pedreros, 2015).

Para determinadas situaciones, de no haber posibilidad de SD, el sistema agrícola estaría siendo comprometido. Por ejemplo, en el caso de los suelos lábiles, donde es de suma importancia que los residuos de los cultivos queden retenidos sobre la superficie, esto llevaría a que haya determinado grado de conservacionismo por parte del material edáfico. Por otro lado, dependiendo el escenario en el paisaje, se

podría decir que la utilización del control mecánico para el manejo de estas malezas, presenta algunas ventajas.

**Primero:** Al remover el suelo, permitiría que las semillas del complejo de malezas problema queden en profundidad, inhibiendo su aparición.

Investigaciones realizadas en Polonia (Feledyn-Szewczyk *et al.*, 2020), se compararon en una rotación de tres años de cultivos (Guisante-Colza-Trigo), tres escenarios diferentes: SD, suelo arado y labranza reducida (dos pasadas de Cultivador Rotatorio). Resultó en cuanto a la variable “Flora de malezas sobre el suelo en los diferentes sistemas de labranza”, que para *B. napus* hubo mayor presencia en suelo arado, segundo en labranza reducida y menor en SD.

**Segundo:** Se podría estimular la emergencia para el agotamiento del banco de semillas o para crear un lecho de semillas falso.

**Tercero:** erradicación de plántulas emergidas.

Un estudio en Rosario, demostró que la utilización de labranza está directamente relacionada con una mayor presencia de malezas al inicio del cultivo de trigo, en comparación que la utilización de SD en la que disminuye significativamente la presencia de estas en ese momento (Puricelli y Tuesca, 2005). Siguiendo esta línea, un relevamiento realizado en Bahía Blanca, Guaminí, Sierra de la ventana, Puán, Villarino y Patagones, demostró que la riqueza florística en sistemas de siembra convencional (con utilización de labranzas) fue de 77 especies y 64 especies en SD. También la severidad de las infestaciones observadas fue mayor siempre en siembras convencionales que en SD (Gigón *et al.*, 2009). Haciendo una comparación, en Polonia, Wozniak (2008), hizo una investigación que mostró que se produjeron más malezas en los sistemas con labranza reducida (LR) y en los tratamientos de aplicación de herbicidas (TH), que en los sistemas de labranza convencional (LC). Se produjo mayor biomasa en sistemas de LR que en los sistemas LC y TH. El sistema de labranza afectó la distribución de malezas en los niveles de cultivo. En el sistema de LC, la mayor densidad de malezas se identificó en el suelo y niveles inferiores de cultivo, mientras que en los sistemas LR y TH en el suelo y niveles medios de cultivo. En este caso el tratamiento de LC estaba determinado por la aplicación de doble arado poco profundo, en el caso de LR fue en primer caso de labranza con cultivador y antes de la siembra con juego de

labranza. Y para el caso de TH, utilizaron aplicación de herbicida y antes de la siembra aplicación de labranza con cultivador. Según lo informado por Hoffman *et al.* (1998), Bàrberi *et al.* (2001) y Woźniak (2007), del 60 al 90% del banco de semillas se puede depositar en la capa superior del suelo.

En síntesis, sería absolutamente importante considerar que no todos los implementos son eficaces en enterrar a las semillas. Implementos como un cultivador de campo, se pueden utilizar para estimular la emergencia del complejo de malezas de invierno para crear una cama de siembra falsa antes de plantar cultivos anuales de invierno (Wozniak, 2008). Esto es porque este tipo de labranza estimulará la emergencia de malezas, para luego controlarlas con labranza adicional o con la aplicación de un herbicida de quemado antes de la emergencia del cultivo. Si esta estrategia es utilizada varias veces, podría agotar el banco de semillas del suelo. Es lógico pensar que es imposible eliminar el banco de semillas del suelo, pero esta metodología puede reducir significativamente las cantidades presentes de semillas. Al usar la labranza para destruir las plantas emergentes, la presión de selección sobre los herbicidas posteriores se reduce y por lo tanto, reduce el riesgo de resistencia a los herbicidas (Hay y Peterson, 2019).

Por otro lado, el tipo de labranza que se utilice, variará la respuesta de las emergencias del complejo de malezas, esto fue estudiado en Italia, cuando Bàrberi; Bonari y Mazzoncini, (2001) evaluaron diferentes tipos de labranza: arados profundos (50 cm, AP) o poco profundos (25 cm, PP) con vertedera ; arado de dos capas (ADC), es decir, PP + subsolado a 50 cm; arado con cincel a 50 cm (CP); y labranza mínima (LM), es decir disco + rastra rotativa a 10 cm. Y encontraron que la densidad de malezas fue mayor en LM (94.1 plantas m<sup>-2</sup>) y menor en ADC y PP (25 y 26 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente). Es decir que existe una relación directa entre las labores del suelo y la emergencia de malezas, pudiéndose complementar con el uso de herbicidas. Pero además de tener en cuenta el implemento que se va a utilizar o el uso complementario de herbicidas, también hay que tener en cuenta que en un plan de mismas labranzas, donde es sostenida la utilización por varios años, repercutirían negativamente con el objetivo deseado.

El laboreo del suelo tiene un gran impacto en la distribución vertical de las semillas en el perfil y en la emergencia de malezas (Cousens y Moss, 1990). La reducción de la labranza promueve malezas con poca dormancia y de germinación superficial (Ormeño, 1993). Como se espera que la germinación se produzca en los primeros centímetros de suelo, por la alternancia de temperaturas y la presencia de luz, el uso de labranza redistribuye las semillas en el perfil, pero en ensayos llevados a cabo por Gigón (2012), durante la campaña 2011-2012, el reclutamiento de plántulas de *R. sativus*, *R. rugosum* y *B. campestris* fue significativamente menor en siembra directa con respecto a siembra convencional. Pero si nos basamos en el índice de Shannon, que refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, para esa campaña, no hubo diferencias estadísticas significativas entre estos sistemas. Lo anterior indicaría, en general, una falta de respuesta clara en cuanto al sistema de siembra empleado para el reclutamiento de plántulas de crucíferas.

Con respecto al sistema de siembra y el impacto del mismo en el reclutamiento de plantas de crucíferas, según Gigón (2011), la labranza y la siembra directa no presentaron diferencias significativas en la emergencia de plantas.

Majchrzak y Piechota (2014), en Polonia, determinaron que la implementación de la labranza con arado aumentó la participación en el stand de especies como: *Viola arvensis*, *Chenopodium album*, *Lamium amplexicaule* y *B. napus*. Además Puriccelli y Tuesca (2005), determinaron que el tipo de labranza usada en la producción de trigo no produce cambios significativos para la variable diversidad florística.

Existen diferentes tipos de implementos que nos permiten interferir en el paisaje habitado por las malezas, sin eliminar la cobertura de la superficie del suelo. Estos tipos de implementos se agrupan en los conocidos sistemas de labranza vertical. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la utilización de implementos genera desventajas económicas y ecológicas por el alto consumo de combustible. Por ello, es determinante evaluar puntualmente el caso así se determina si para la situación planteada es razonable utilizar implementos mecánicos. Este mecanismo de control, engloba el uso de diferentes implementos con diferente grado de roturación del suelo. Es por ello, que dependiendo que sistema de labranza se utilice puede, generar efectos negativos o positivos sobre el sistema productivo. Un gran acto sería, poder evaluar y aplicar al sistema el implemento adecuado para que el objetivo, sea más favorecido a acciones positivas que negativas. Es por ello que habría que dejar de lado las teorías generales en cuanto a la labranza y evaluar el

escenario que se nos presenta en el paisaje, así poder determinar exactamente qué acción es la más conveniente, produciendo un grado razonable de impacto (Tuesca *et al.*, 2005).

### **3.8 Materiales Genéticamente Modificados**

Otra medida indirecta, que forma parte de las líneas de acción del MIM, es la utilización de eventos biotecnológicos de resistencia a herbicidas. Donde, es de suma importancia que el plan de rotación este planificado adecuadamente, así poder aprovechar de sus beneficios. Sin embargo, varios materiales resistentes a herbicidas no están disponibles, comercialmente en la Argentina para lo que es el cultivo de trigo, particularmente. En estos sistemas, donde se utiliza cultivos resistentes a distintos herbicidas, permiten a su vez, que la selectividad en las aplicaciones post emergentes dé resultados en el control de muchas malezas y entre ellas las crucíferas. A pesar de la existencia de Materiales Genéticamente Modificados (OGM) de trigo, que hoy en día en Argentina en efecto, no se están comercializando.

A continuación, de manera informativa, se desarrolla una breve reseña, en cuanto a avances genéticos de trigo a nivel mundial ya probados/utilizados en varios puntos del planeta. La resistencia a los herbicidas en las plantas de cultivo, incluido el trigo, se logra principalmente a través de mecanismos de sitios fuera del objetivo a través de la desintoxicación de los herbicidas mediante la actividad de enzimas como las citocromo P450 monoxigenasas (CYP450) y las glutatión S-transferasas (GST) (Nakka *et al.*, 2019).

El trigo es más sensible a muchos herbicidas que otros cultivos como el maíz, el sorgo, el arroz y la soja. Solo se pueden usar unos pocos herbicidas para el control de malezas en el trigo antes de la siembra y antes o después de la emergencia. Además, los herbicidas que están registrados tienen diferentes pautas específicas para su uso en trigo de invierno o trigo de primavera. Cuenta con al menos tres paquetes tecnológicos Roundup Ready, Clearfield® y CoAXium Production Systems®. Sin embargo, las limitaciones actuales de dependencia de herbicidas específicos y la evolución de malezas resistentes exigen precauciones y consideraciones al usar estos sistemas para prevenir la pérdida de recursos de herbicidas existentes y continuar la producción sostenible.

Las auxinas sintéticas, acetil CoA carboxilasa (ACCase) -, ALS - microtúbulos-, fotosistema II (PS-II) e inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga, juegan un papel crítico en el manejo de malezas en el trigo, además de la desintoxicación con herbicidas fuera del sitio objetivo, la resistencia del sitio objetivo en cultivos puede obtenerse alterando, amplificando o sobre expresando el gen objetivo. Sin embargo, solo la alteración del gen diana se ha empleado con éxito en el desarrollo y comercialización de cultivos resistentes a herbicidas.

BASF desarrolló por primera vez la tecnología Clearfield® en híbridos de maíz a principios de la década de 1990. Posteriormente, la tecnología se aplicó en canola, arroz, girasol y finalmente en trigo a fines de la década de 1990 y principios de la de 2000. Los cultivares de trigo Clearfield® resistentes a herbicidas imidazolinona (IMI) (inhibidor de ALS) se comercializaron para el cultivo en las regiones productoras de trigo de Great Plains y Pacific Northwest de los EE. UU. en 2002 y 2003. Cada línea de trigo resistente a IMI, lleva una mutación que produce una sustitución de serina a asparagina en la posición del aminoácido 653 en la *ELA*. proteína relativa a la secuencia consenso de *Arabidopsis thaliana* (Nakka *et al.*, 2019).

El sistema de producción de trigo de Clearfield® permite el uso del herbicida imazamox (Beyond, BASF®, EPA Reg. No. 241–244) para controlar muchas malezas, como el bromo velloso (*Bromus tectorum* L.), el centeno salvaje (cereal de centeno), el pasto de cabra articulado, avena silvestre, mostaza y trigo y cebada voluntarios. El trigo “Clearfield Plus®” es similar al trigo Clearfield®, pero tiene dos genes mutantes que confieren resistencia a los herbicidas de IMI en las variedades de trigo. Los cultivares de dos genes tienen "Plus" o "+" en el nombre, lo que indica mutaciones de ALS en los genomas A y D, o B y D. BASF® ha desarrollado más de 20 variedades de trigo de invierno y primavera Clearfield en colaboración con programas de mejoramiento públicos y privados (Nakka *et al.*, 2019).

AXige® es el rasgo patentado que confiere tolerancia a herbicidas y CoAXium® es el sistema. Los cultivares de trigo CoAXium® / AXigen® son resistentes al herbicida inhibidor de la ACCase quizalofop-p-ethyl (Aggressor®, Albaugh LLC, EPA Reg. No. 42750-313). El sistema de producción de trigo CoAXium® permite el uso de quizalofop-p-ethyl (Aggressor®) para controlar muchas malezas herbáceas como el centeno salvaje, el bromo velloso, la hierba de cabra articulada y las gramíneas

resistentes a la ELA. CoAXium® se comercializa como un rasgo de dos genes (genoma A y D) obtenido al cruzar las líneas mutantes individuales. Dichas líneas confieren altos niveles de resistencia a quizalofop en relación con los genotipos AXigen® de un solo gen. 'Incline AX®' y 'LCS Fusion AX®' lanzados en 2018 fueron el primer trigo de invierno rojo duro (HRWW) con tecnología CoAXium® (Nakka *et al.*, 2019).

En cuanto a trigo RR, resistente al glifosato, como se mencionó anteriormente, fue desarrollado por Monsanto mediante la inserción de un casete que contiene la secuencia codificante de CP4 EPSPS de la cepa CP4 de *Agrobacterium* en el fondo Bobwhite. Aunque los agricultores estaban dispuestos a abrazar el rechazo de los consumidores de tecnología al producto final y el temor a la pérdida de mercados potenciales en todo el mundo, ha llevado a Monsanto a retirar la solicitud de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y debe tenerse en cuenta que este material no es cultivado actualmente (Nakka *et al.*, 2019).

Para cultivos de verano, se puede mencionar el sistema Enlist, que permite tolerar aplicaciones de 2,4-D, glifosato y glufosinato de amonio en soja y maíz. Por su parte, también el sistema Xtend incluye a cultivares de soja, algodón y maíz con rasgos que les permiten tolerar aplicaciones de glifosato y dicamba (Papa & Tuesca, 2016). En campos muy infestados, se puede tener en cuenta plantar cultivos tolerantes a glufosinato de amonio, ya que este principio puede controlar cuando son pequeñas las malezas. Además agrega opciones de post-emergencia y otro sitio de acción a la rotación. El glufosinato de amonio es una opción válida para el control de malezas siempre que se cuente con los híbridos resistentes a este principio activo. Se puede aplicar tanto en post emergencia como en preemergencia de cultivos resistentes y se comercializa como Liberty®. Esto debería reducir la presión sobre otros grupos de herbicidas como los PPO, para controlar las poblaciones de yuyo colorado (Papa y Tuesca, 2016).

El sistema Clearfield®, en maíz, se obtuvo aumentando la tasa de mutación natural. Las sojas STS® con resistencia a sulfonilureas también se obtuvieron por mutagénesis. Este sistema debe ser usado exclusivamente con variedades de soja STS®, ya que la tecnología fue desarrollada especialmente para ello. En sojas tradicionales, el producto puede tener un efecto tóxico elevado que puede llegar

incluso a la pérdida del lote. Este sistema se sustenta en la aplicación de herbicidas inhibidores de la ALS, sulfometurón metil y clorimurón etil (Papa & Tuesca, 2016).

Es lógico observar que los materiales comercialmente disponibles ofrecen resistencia a un grupo reducido de herbicidas. Entre ellos glifosato, y 2,4-D pueden generar problemas de resistencia en algunos biotipos de crucíferas.

### **3.9 Modelos de Simulación Matemáticos**

El modelo AVEFA utiliza como base la dinámica demográfica de una maleza gramínea anual, *Avena fatua*, en competencia con un cereal de invierno. Así, por ejemplo, Molinari et al., (2017), utilizó como caso de estudio este sistema AVEFA (*Avena fatua* L.) – Cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.) característico de la región centro-sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El modelo desarrollado permite simular: la dinámica demográfica de la maleza, discriminando la composición numérica de los distintos estados fenológicos y la magnitud de los procesos demográficos involucrados, en función del impacto ejercido por las estrategias de control seleccionadas (químicas y no químicas); el nivel de competencia cultivo-maleza; y el rendimiento esperado del cultivo en función de las estrategias de manejo utilizadas.

## **4 CONTROL QUÍMICO de *Brassicaceae***

### **4.1 Principios Básicos**

En los cultivos de trigo y cebada, luego de la introducción de los primeros productos de la familia química de las sulfonilureas (SU) hacia mediados de los '80, el control de las principales malezas latifoliadas se basó casi exclusivamente en estos herbicidas que tienen un mecanismo de acción muy específico como inhibidores de la enzima Acetolactato Sintetasa (ALS), que es una de las responsables de la síntesis de aminoácidos de cadena abierta como valina, leucina e isoleucina. En concordancia con lo anterior, para el control de gramíneas se utilizaron intensivamente productos de la familia química de ariloxifenoxipropionatos (Fop) o ciclohexanodionas (DIM) y posteriormente Fenilpirazolinonas (DEN), todos ellos con un mecanismo de acción que es la inhibición de la enzima ACCasa involucrada en la síntesis de lípidos. El uso frecuente de estos dos grupos de herbicidas (SU y Fop) y otros con igual sitio activo sumado a las aplicaciones repetidas de glifosato en

cultivos RG y barbechos químicos, condujo al desarrollo de biotipos de malezas con resistencia que actualmente representan una problemática de manejo (Víctor, 2018). En base a todas estas variables a tener en cuenta, y lo ya visto en cuanto a la elevada proporción de lotes, en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, con nabo resistente a glifosato + ALS y algunos con, además, resistencia a 2,4D; Y considerando, también, que en el sudeste y sudoeste hay presencia de biotipos de nabón resistente a ALS y nabillo resistente a ALS y 2,4D, se proponen algunas opciones para adicionar a los barbechos presiembra con herbicidas residuales y tratamientos postemergentes, que excluyen el uso de sulfonilureas, aunque éstos podrían ser incorporadas en alguno de los tratamientos para el manejo de otras especies sensibles y biotipos sensibles (Víctor, 2018).

Tener en cuenta la técnica de aplicación, ya que la misma debe asegurar que el activo llegue al blanco en una proporción suficiente, como para que éste pueda ejercer eficientemente su acción biológica. Considerar que, actualmente, se aplican varios productos en una misma pasada y pueden existir problemas de compatibilidad entre formulaciones o entre los propios activos, que conducen a fallas de control en individuos sensibles que están siendo sub dosificados. Las semillas de estas malezas prosperan en la porción superficial del suelo, por lo que es importante tener actividad herbicida en los primeros centímetros (Vreugdenhil, 2019). Todas estas acciones deben ser puestas en práctica para lograr disminuir el impacto de los biotipos resistentes, prevenir su desarrollo y evitar su rápida difusión (Víctor, 2018).

Con el objetivo de mejorar el desempeño de los principios activos se recomiendan las mezclas de productos, que permiten ampliar el espectro de control. También, mezclando productos, aumenta la versatilidad de los controles ya que se pueden cumplir objetivos de control distintos como quemar las malezas presentes y agregar residualidad. Las mezclas de herbicidas de diferentes modos de acción, es una práctica que también disminuye las probabilidades de generar nuevos casos de resistencia y aumentan la eficacia de control (REM, 2015).

#### **4.2 Grupos de Herbicidas para manejo de *Brassicaceae***

En consecuencia, hoy en día el principio básico para el control químico de este complejo de malezas problema, además del uso de herbicidas en forma racional y en las dosis indicadas, sería alternar frecuentemente los mecanismos de acción (Ej.

EPSP, ALS, PPO, PSI, PSII, HPPD, PDS entre otros) y utilizar mezclas de productos capaces de interferir estos diferentes sitios activos (Víctor, F., 2009). Aquellos, pertenecientes a los grupos de inhibidores de las enzimas HPPD, PPO y las triazinas, son los principales grupos de principios activos a los que se puede recurrir para controlar los biotipos resistentes. Estos grupos mencionados, podrían ser usados como complemento de los ya descritos herbicidas hormonales, glifosato (EPSP) y los inhibidores de la enzima ALS, por lo que no se abordan a continuación.

**Los inhibidores del fotosistema II (PSII)**, que Interrumpen el flujo de electrones en el Fotosistema II por inhibición de la actividad de una proteína receptora y transportadora de electrones (D1). El bloqueo del flujo de electrones genera una gran cantidad de moléculas de clorofila excitadas cuyos electrones reaccionan con oxígeno generando formas altamente tóxicas como son los peróxidos de hidrógeno y los superóxidos (REM, 2015). Poseen varias familias químicas: Triazinas, Triazolinonas, Nitrilos y Benzotiadiazinonas, entre otras. Las nombradas, presentan principios activos, que son utilizados en el cultivo de trigo como alternativa para el control de crucíferas.

**Las triazinas**, son herbicidas inhibidores del fotosistema II que en general se aplican al suelo, aunque algunos principios activos funcionan también como herbicidas de contacto. Se transportan únicamente por el xilema cuando son absorbidos por las raíces. En general estos herbicidas son más activos en malezas de hoja ancha que en gramíneas (Papa, 2007). Estos herbicidas presentan residualidad permaneciendo activos en el suelo. En trigo como alternativa para el control de las crucíferas es utilizada, la terbutrina y como pre y post emergente de cultivo; también es utilizado metribuzin en pre emergencia, En maíz es típica la atrazina y en soja el metribuzin y prometrina. Por último, la simazina, donde es activo sólo en aplicaciones foliares. Son ambos principios útiles en el manejo de crucíferas (REM, 2015).

Para el caso de las **Benzotiadiazinonas**, se utiliza en mezclas, el bentazon con hormonales (Víctor, 2019). Por último el grupo de los **Nitrilos**, el Bromoxinil, podría ser otra alternativa como post emergente de cultivo (REM, 2015).

Otro grupo es el de las **ureas sustituidas**, cuya acción fisiológica, absorción y translocación es similar al de las triazinas, ya que actúan sobre la fotosíntesis y producen clorosis, necrosis y muerte. Son fácilmente absorbidos por raíces y

rápidamente translocados hacia las partes superiores de las plantas vía apoplasto (Papa, 2013). En las aplicaciones que se hacen a las hojas son translocados por la misma vía pero en proporción sumamente reducida. Cuando se las aplica en malezas emergidas su acción es de contacto. Este grupo de herbicidas son activos en aplicaciones al suelo y son residuales. Dentro de las ureas activas utilizadas en trigo para el control de crucíferas, se pueden considerar los herbicidas diurón y el linurón.

**Los herbicidas inhibidores de la enzima PPO**, (protoporfirinógeno oxidasa), interfieren con la oxidación de protoporfirinógeno para producir protoporfirina IX. Este producto es importante ya que es la molécula precursora de las clorofilas y otras moléculas clave. Lo anterior tiene consecuencias celulares que desencadenan la formación de radicales libres y dañan principalmente las membranas celulares (University of California, National Science Foundation). Son absorbidos fácilmente por los tejidos meristemáticos en la parte aérea y en las raíces. Son translocados vía apoplasto y se acumulan en los cloroplastos. Los herbicidas de este grupo son generalmente empleados en tratamientos de pre-emergencia para el control selectivo de especies mono y dicotiledóneas anuales y algunas especies perennes (Papa, 2015). Son aplicados generalmente en post-emergencia de las malezas, excepto algunos como el sulfentrazone y el flumioxazin que se pueden aplicar en preemergencia (Diez de Ulzurum, 2013). Algunos herbicidas de este grupo poseen residualidad para el control de malezas. Para Trigo se recomienda la utilización de carfentrazone o saflufenacil además del anteriormente nombrado, flumioxazin.

**Los herbicidas inhibidores de la biosíntesis de carotenoides**, actúan inhibiendo enzimas tales como la fitoeno-desaturasa (PDS), la enzima 4 hidroxifenilpiruvato dioxigenasa (HPPD) o la licopeno ciclasa (Oliveira, *et al.*, 2011). Interfieren en la formación de plastoquinona y alfatocoferol. Este grupo de herbicidas es absorbido principalmente por las raíces y se emplean en general en preemergencia (Diez de Ulzurum, 2013). Son conocidos como blanqueantes y tienen gran importancia en el cultivo de maíz. La residualidad de este grupo es variable según el principio activo, encontrándose productos con larga residualidad como biciclopirona o mesotrione, topramezone y otros con escasa vida media (Aapresid, 2019). En trigo se podría utilizar flurocloridona, como herbicida de este grupo químico.

**Las cloroacetamidas**, se presentan como elementos importantes en el manejo previo a la siembra o a la emergencia de los principales cultivos. Actúan sobre las plántulas de malezas, inhibiendo la síntesis de ácidos grasos entre otros efectos. También se clasifican como inhibidores de la división celular. Se absorben por medio de las radícula y coleóptile en gramíneas anuales y por hipocótilo y radícula en malezas de hoja ancha en germinación. Como es evidente, también este grupo de principios son activos en aplicaciones al suelo. Entre los principios activos más comunes para utilizar en cultivos de Soja y Maíz se encuentra acetoclor y s-metolacoloro. En el caso de trigo la única opción en el mercado es la utilización de pendimetalin, perteneciente a las dinitroanilinas, que también son clave en el manejo de crucíferas por su residualidad. Actúan sobre las plantas al germinar y se translocan hacia los puntos de activo crecimiento donde ejercen su acción herbicida. Estos herbicidas inhiben el ensamblaje de los microtúbulos de las plántulas que emergen. Por ejemplo para el manejo de crucíferas se puede mencionar pendimetalin (REM, 2013).

En las siguientes tablas (tablas 2 y 3), se observa a modo de ejemplo, algunas alternativas de control con la utilización de algunas variantes de principios activos tanto en pre como post-emergencia de la familia de malezas crucíferas.

| <b>Productos</b> | <b>Modo de Acción</b> | <b>Momento</b> | <b>Objetivo</b>       |
|------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Carfentrazone    | PPO                   | Barbecho       | Poner en cero el lote |
| Saflufenacil     | PPO                   | Barbecho       | Poner en cero el lote |
| Pirafufen Etil   | PPO                   | Barbecho       | Poner en cero el lote |
| Flurocloridona   | PDS                   | Barbecho       | Emergencias/Residual  |
| Diflufenican     | PDS                   | Barbecho       | Emergencias/Residual  |
| Flumioxazin      | PPO                   | Barbecho       | Emergencias/Residual  |
| Terbutrina       | PSII                  | Barbecho       | Emergencias/Residual  |
| Pyroxasulfone    | VLCFA                 | Barbecho       | Emergencias/Residual  |

Tabla 2. Alternativas para el control pre-emergente de crucíferas con resistencia.

| Productos                     | Modo de Acción  | Objetivo      |
|-------------------------------|-----------------|---------------|
| Bromoxinil + MCPA/2,4D        | PSII + Hormonal | Postemergente |
| Bromoxinil + Flurocloridona   | PSII + PDS      | Postemergente |
| Bromoxinil +Diflufenican      | PSII + PDS      | Postemergente |
| Diflufenican + 2,4D           | PDS + Hormonal  | Postemergente |
| Bentazon + MCPA/Metsulf.      | PSII + Hormonal | Postemergente |
| Carfentrazone + MCPA/Metsulf. | PSII + Ho/ALS   | Postemergente |
| Metribuzin + 2,4D             | PSII + Hormonal | Postemergente |
| Piraflufen + Metsulfuron      | PPO + ALS       | Postemergente |
| Terbutrina + MCPA/Metsulf.    | PSII + Ho/ALS   | Postemergente |

Tabla 3. Alternativas para el control post-emergente de crucíferas con resistencia.

### 4.3 Aplicaciones en Pre-Emergencia

Incluir herbicidas pre-emergentes, alternando modos de acción, complementando el uso con el glifosato en el programa de herbicidas, resulta en grandes reducciones de Brassicas (Norsworthy, *et al.*, 2016). Es clave que la germinación escalonada de malezas invernales tenga que ser confrontada con el efecto residual de los herbicidas. Para ello se utiliza la técnica de doble golpe u overlapping, que es la superposición de herbicidas residuales, herramienta fundamental para el control de Brassicas. El empleo de herbicidas residuales, genera un posibilidad de evitar las emergencias tempranas de otoño y contribuye a reducir la magnitud del banco de semillas (Ustarroz, 2017; Gigón y Istilart 2013; Di Fiori y Reynoso, 2014). Estas aplicaciones de residuales deben hacerse en pre-siembra o pre-emergencia del cultivo, que es el período crítico a proteger (REM, 2019).

Recordando lo señalado, tiene que ser efectivo el control de las malezas presentes al momento de la aplicación de pre-emergentes, así da la posibilidad de tener lotes limpios a la siembra y por ello los herbicidas que producen el quemado de las malezas son los necesarios. En los casos en los que las características del rastrojo permitan que la luz atraviese la cobertura y se favorezca la aparición de malezas, necesitan aplicaciones en las que se queme por completo a las malezas presentes (Pedreros, 2015). Es por ello que los herbicidas residuales deben evitar aplicarse sobre cobertura verde porque quedan retenidos en la misma, sin lograr su objetivo que es llegar a la solución del suelo. Si hay una considerable presencia de malezas vivas al momento de su aplicación, deben separarse las aplicaciones, quemando primero las malezas vivas y aplicando los residuales en una segunda intervención (REM, 2019). Para esta actividad el uso aplicaciones selectivas es una herramienta interesante.

Aquellos tratamientos de preemergencia del cultivo permiten disminuir la presencia de estas malezas, en términos relativos. La acción por medio de la residualidad brinda la posibilidad al cultivo de establecerse libre de malezas y cuando el cultivo se cierra suprime la emergencia de las malezas parcialmente. Combinar principios activos con diferentes mecanismos de acción o realizar una estrategia de aplicación secuencial de los mismos dentro de un breve intervalo de tiempo, permite una mayor eficiencia de control y extender el periodo de protección. Esta técnica posibilita prevenir la evolución de resistencia y aumentar la sustentabilidad de los sistemas productivos (Pandolfo, 2016). Esto implica aplicar el segundo principio, antes de que se comiencen a observar nacimientos, luego de la aplicación del primero. El solapamiento puede hacerse también dentro del cultivo, encadenando el pre-emergente con un post-emergente también residual (REM, 2019). Los herbicidas residuales deberían ser la base para el manejo de crucíferas en los lotes donde se espera que esta maleza se pueda constituir como un problema (Pandolfo, 2016). Hay zonas en donde la emergencia de estas especies comienza un tiempo considerable antes de la fechas de siembra, en estas situaciones, el uso de herbicidas residuales puede ser necesario también en el barbecho corto, alrededor de 30-45 días antes de la siembra (REM, 2019). Los picos de emergencia de las crucíferas resultan en general durante el barbecho, en la pre-emergencia del cultivo y la post-emergencia temprana (Kruk, 1992). Conocer los flujos de emergencia para poder controlar las plántulas con el tamaño adecuado y permitiendo actuar a los herbicidas residuales durante las germinaciones sucesivas son las bases del control químico de esta familia botánica.

#### **4.4 Aplicaciones en Post-Emergencia**

El objetivo a plantear para la planificación de aplicaciones químicas, (además de que el cultivo tiene que ser lo más competitivo posible, cerrando rápidamente el entresurco), es que los herbicidas residuales aplicados en pre-siembra y pre-emergencia tienen que asegurarnos la menor probabilidad de necesitar aplicaciones post-emergentes. Precisamente ese debe ser el objetivo, tratar de evitar las aplicaciones post-emergentes para el control de crucíferas (REM, 2019).

Las aplicaciones en post-emergencia, son complementarias de las prácticas culturales y de los tratamientos residuales (Pandolfo, 2016). El momento de la

aplicación es clave para obtener un control eficaz, ya que cuando estas se realizan sobre plantas mayores a 10 centímetros, se reduce la efectividad de los herbicidas (Legleiter y Johnson, 2013). Otra condición para el uso de estos herbicidas es que, en el caso de los que poseen acción de contacto, requieren una buena calidad de aplicación (Hartzler, 2013). Es importante la selectividad de los herbicidas para las aplicaciones post-emergentes. El uso de herbicidas registrados y siguiendo las recomendaciones de los profesionales y los marbetes minimiza el riesgo de fitotoxicidad en los cultivos.

Luego de la cosecha de los cultivos invernales, suelen ocurrir nuevos nacimientos. Esto constituye una fuente de semillas al suelo y para este posicionamiento el uso de residuales no se justificaría (REM, 2019). Herbicidas de contacto o sistémicos como el glifosato podrían cumplir con esta función de control.

#### **4.5 Fallas en Controles**

Puede ocurrir que el mal control no se deba exclusivamente a la resistencia, sino que también puede deberse a fallas en las aplicaciones. Muchas fallas de control pueden ser causadas por malos posicionamientos de los herbicidas en cuanto a la emergencia de las malezas y no implican necesariamente resistencia. Los principales factores que determinan fallas en aplicaciones son:

1. La aplicación de herbicidas de post-emergencia en malezas de gran tamaño es probablemente la causa número uno de fallas de control. Debido al rápido crecimiento de las crucíferas, este es un problema aún mayor en esta especie. Las aplicaciones deben dirigirse a malezas que tengan menos de 8 cm de altura (Hartzler, 2013).
2. El estrés por sequía. Cuando las malezas están estresadas, el rendimiento de los herbicidas disminuye debido a la absorción o translocación de herbicidas reducida, no a la resistencia a los herbicidas.
3. Polvo en las hojas. El polvo en las superficies de las hojas limita la absorción de un herbicida; sin embargo, la progenie de la hierba cubierta de polvo no será más resistente que las generaciones anteriores al herbicida de elección (Hay y Peterson, 2019).
4. El agua de aplicación. La calidad de la aplicación está condicionada por el agua que funciona como el vehículo del herbicida. El pH, la dureza y la conductividad son

los indicadores claves a considerar. En general se deberá considerar el valor óptimo de pH variable según el principio activo, entre 4,5 (óptimo para glifosato) y 7. El límite de dureza sería 150 partes por millón de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Por último, con valores de conductividad eléctrica menores a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  el agua se considera adecuada. Será necesario corregir estos indicadores en los casos que no se adecúe el agua a las necesidades de la aplicación.

## **5 TECNOLOGÍAS PARA UN MANEJO SUSTENTABLE**

### **5.1 Introducción**

La aplicación de tecnología de forma sustentable, brinda soluciones a muchos de los problemas que se presentan en la agricultura. Pero, la adopción de la misma, muchas veces depende del nivel adquisitivo de los productores. Por otra parte, las problemáticas también se actualizan con la adopción de tecnologías, el horizonte es ir mejorando el desempeño productivo e ir adaptándose, superando los problemas más básicos y delineando mejores sistemas productivos. No es casual, que en los últimos años se desarrollen distintos sistemas que manejan la información y permiten aumentar la eficiencia de la actividad agrícola de forma considerable. El punto de inflexión ocurrió en la década del 90, cuando irrumpió la informática en la agricultura y permitió que se usen los datos generados por los campos para mejorar la productividad. Con esto, fue formándose la agricultura de precisión, dentro de la cual el control de las malezas se tornó uno de los principales puntos críticos. Esta nueva forma de ver a la agricultura, en forma precisa, hizo que surgieran sistemas que permitirían aplicaciones selectivas de herbicidas, junto con otras tecnologías que son tendientes a mejorar la forma de producir. En base a ello, se plantean las principales herramientas tecnológicas con las que se cuenta para el manejo de malezas.

### **5.2 Aplicaciones Selectivas**

Las aplicaciones selectivas son una alternativa para la utilización de tecnologías sustentables, estas están desarrolladas para gestionar eficientemente las aplicaciones de fitoterápicos. Lo más común sería aplicar un herbicida o una mezcla de principios activos, en la totalidad de la superficie del lote, sin embargo, existen nuevas tecnologías que permiten dirigir las pulverizaciones hacia las malezas. Es

por ello que en los últimos años, se han desarrollado numerosas innovaciones tendientes a facilitar el manejo según las necesidades reales de cada ambiente dentro del lote. Restringir la pulverización de herbicidas sólo a aquellas zonas ocupadas por malezas, mejoraría notablemente la eficiencia de las aplicaciones (Moltoni, 2019). Dado a la gran utilidad que presenta esta variante hace que el uso sea cada vez más frecuente, principalmente, por los productores más tecnificados. En el mercado, ofrecen herramientas que incluyen sensores que detectan y aplican herbicidas sobre las malezas de forma selectiva. En Argentina, las marcas WeedIT® y WeedSeeker® cuentan con sensores que responden a la luz roja de forma diferencial según la presencia de malezas (Vélez *et al.*, 2014). En función del color y umbrales de aplicación, que uno puede configurar, realizan la apertura y el cierre de la electroválvula para dejar paso al herbicida (Manual Fitosanitario, 2018). Cuanto menor sea la cobertura de malezas que posea el campo, mayor será el ahorro que proporcionan estos sistemas respecto de una pulverización con una cobertura completa (REM, 2018). Al haber menos cantidad de caldo aplicado por hectárea, en este tipo de sistemas de aplicación selectiva, genera como resultado un menor impacto ambiental. Otra función de estos equipos es que últimamente se comenzaron a emplear en cultivos en emergencia para controlar escapes de malezas problemáticas. En general, los herbicidas selectivos suelen ser bastante caros, con lo cual las aplicaciones direccionadas permiten un ahorro importante (CREA, 2019). Estos sistemas permiten lograr ahorro de insumos de hasta un 80% según las malezas presentes en el lote. Además aumentan significativamente la capacidad operativa de la maquinaria, disminuyendo los tiempos muertos de recarga del equipo (Weedseeker, 2005).

### **5.3 Sistema WeedIT®**

Este tipo de sistema, cuenta con equipos formados por una consola de comando, en donde el operador debe ingresar los parámetros con los cuales desea realizar la aplicación. Variables como: el caudal de aplicación por hectárea, la distancia de detección de malezas y sensibilidad de detección de las mismas, entre otras, serían las variables más importantes (Gadea, 2018). Con la pulverización selectiva el sistema es capaz de ahorrar en el uso de glifosato y de 2,4-D alrededor de 40% en barbechos, con la implementación de WeedIT® (REM, 2017).

Los sensores WeedIT® tienen una fuente activa de luz roja que irradia (Ilustración 7) continuamente en dirección al suelo, cuando esta luz es aplicada sobre material vegetal vivo, la clorofila de la planta absorbe parte de la luz roja y otra parte la emite como luz infrarroja, que se convierte en la señal que activa la pulverización (Vélez, Scaramuzza y Villarroel, 2014).

Cuando se detecta la luz correspondiente al infrarrojo cercano (NIR), se reconoce la presencia de una planta y se ejecuta la orden de aplicar el principio activo. Este equipo actúa en función de la información ingresada en la consola, sobre su correspondiente válvula de control, la cual activa a su vez el pico de pulverización para rociar la maleza. Por último, el sistema requiere el dato de velocidad de avance, el cual es provisto por dos sensores de velocidad ubicados en las ruedas centrales del equipo (Gadea, 2018).

WeedIT® utiliza Modulación por Ancho de Pulsos, (PWM), de control de flujo para manejar el caudal a cualquier velocidad. Esto permite regular el caudal sin modificar la presión de trabajo ni cambiar la pastilla. Esto logra reducir la deriva ya que se hace uniforme el tamaño de las gotas producidas cuando se hace necesario aumentar la presión.

Recientemente se incorporó al mercado el sistema WeedIT® Quadro, que incorpora distintos modos de aplicación. Una forma de aplicación en cobertura total, otra que permite la aplicación selectiva sobre las malezas en el barbecho y una intermedia que refuerza la aplicación de cobertura total con aplicaciones selectivas en simultáneo (WeedIT, 2019). Este sistema detecta a las malezas mediante sensores, por medio de una luz azul LED que ilumina el suelo.

En general, las ventajas que puede llegar a darnos WeedIT®, se basan en disminuir el impacto ocasionado en el ambiente, con una menor aplicación de caldo por hectárea. Combina tecnología de programación con componentes de aplicación para generar racionalidad en el uso de fitosanitarios. Dentro de esta gran ventaja, se puede destacar también la combinación del sistema con la técnica del doble golpe, en la que después de 10-15 días de aplicación de un hormonal se aplica un desecante. El primer tratamiento se puede realizar con una cobertura total y la segunda aplicación, la del desecante, se puede hacer con el detector de malezas (Aapresid, 2017). Por último, es lógico pensar que si se sabe, exactamente, donde

se aplicó, que se aplicó y cuanto se aplicó en cada zona, tenemos datos más certeros del producto elaborado, enriqueciendo el aspecto de trazabilidad. Lo que puede ser discutible es si en verdad es beneficioso económicamente hablando.

Para pensar en hacer uso de WeedIT® lo primero que habrá que plantearse es el grado de enmalezamiento (Aapresid, 2017); es decir, si la cobertura de malezas es la adecuada para hacer una aplicación selectiva o directamente recurrir a una aplicación de cobertura total. Es más recomendable su uso cuando el lote no haya llegado a niveles en los que sea necesaria una aplicación con cobertura total como convencionalmente se realiza. Cabe destacar, también, que la velocidad de trabajo es menor porque el sistema requiere una buena nivelación del botalón para no tener fallas en el sensado y en lotes desparejos la velocidad es crítica para una buena aplicación. Como cualquier tecnología requiere un ajuste local y no se pueden copiar recetas de otras latitudes. Es por ello que para poder realizar bien el labor, los operarios de la máquina deben ser bien calificados, porque hay más variables a considerar que en una aplicación tradicional y que la menor necesidad de carga del equipo hace el trabajo más liviano, así como una logística más sencilla.



Ilustración 8. Aplicación nocturna con Sistema WeedIT®.

#### 5.4 Sistema Weedseeker®

Otro sistema de detección de malezas, es el sistema Weedseeker® (ilustración 8), utiliza el índice verde normalizado (NDVI), permitiendo realizar una pulverización aplicando solamente el fitosanitario sobre malezas vivas. Esta acción es gracias a que Weedseeker®, presenta sensores que diferencian a las malezas del barbecho. En consecuencia, proporciona ahorros del 50% y de hasta el 80% en insumos, ya

que se pulveriza sólo donde hay malezas (MaquiNAC, 2018). Las plantas en condición normal cuando son irradiadas con rojo devuelven poco rojo y cuando son irradiadas con infrarrojo devuelven mucho infrarrojo. Siguiendo este principio es como el sistema detecta a las malezas en el barbecho (Manual Fitosanitario, 2018). En el año 2020, se incorporó al mercado el sistema weedseeker 2®, que es similar en las prestaciones brindadas pero ofrece más versatilidad de uso. Presenta más sensores en comparación con WeedIT y tiene un desempeño algo superior en algunos aspectos. Sin embargo contaría con una ventaja, ya que ofrece la posibilidad de realizar calibraciones que permitan aplicaciones en post-emergencia (Weedseeker 2, 2020).

Cabe destacar que las ventajas se dan con una buena calibración del sistema, permitiendo que la máquina pueda andar a una velocidad mayor que en el uso tradicional, y mediante el ahorro del uso de productos fitosanitarios, permitiría un tiempo operativo mayor. Las diferencias desventajosas que hay entre la utilización de esta tecnología y el uso tradicional de la maquinaria, es el ancho de labor que es menor con Weedseeker®, aumentando las pasadas sobre el lote para cubrir la misma superficie.



**Ilustración 9. Montaje de WeeSeeker® en botalón de pulverizadora autopropulsada.**

|                                    | Weed it | Weed Seeker    |
|------------------------------------|---------|----------------|
| Altura óptima del sensor (m)       | 1.10    | Entre 0.60 y 1 |
| Altura óptima de pico (m)          | 0.60    | Entre 0.60 y 1 |
| Cantidad de picos por sensores     | 5       | 1              |
| Ancho de detección de sensores (m) | 1       | 0.35           |
| Velocidad máxima de trabajo (km/h) | 20      | 25             |
| Máxima cantidad de sensores        | 36      | 120            |

Tabla 4. Aspectos comparativos entre Sistema WeedIT® y Sistema WeedSeeker®

### 5.5 Sistema Milar ®

Es un sistema que utiliza cámaras ópticas, para identificar malezas blanco, así realizar las aplicaciones dirigidas. El servicio brindado por este sistema, lo ofrece una empresa Argentina. El cual se diferencia de la tecnología de las empresas mencionadas anteriormente, dado a que no se basa en el uso de luz roja para detectar las malezas. Esta empresa desarrolló la tecnología Eco Sniper®, que permite aplicar específicamente donde está presente la maleza.

La aplicación selectiva permitió ahorrar el 58% del caldo de aplicación en comparación con el tratamiento de cobertura total. La aplicación selectiva con Eco Sniper® muestra ser eficaz para controlar las malezas establecidas en los barbechos, sin diferir en eficacia de control respecto a un tratamiento de control total (Yanniccari y Ross, 2018). La tecnología brindada por esta empresa, compite abiertamente con desarrollos tecnológicos de empresas internacionales.

Los sistemas que fueron descriptos, anteriormente, se desarrollaron para controlar las malezas emergidas durante el barbecho. En cuanto a la aplicación de los herbicidas de forma selectiva, es mucho más atractiva si se produce en la post emergencia del cultivo, ya que las características del manejo de malezas resistentes necesitan aplicaciones al suelo, de cobertura total en preemergencia y pre-siembra fundamentalmente. El hecho de que se diferencie solo las malezas emergidas del barbecho resta atractivo a estas herramientas de aplicación selectiva. Solo Weedseeker® ofrece la posibilidad de aplicación post-emergente siendo igualmente una tecnología diseñada para aplicaciones en barbechos como principal objetivo.

Las limitantes en estos sistemas, están dados por el tamaño de las malezas que puede detectar; y los porcentajes de cobertura, demasiados altos, que hacen que este tipo de aplicaciones sean menos eficientes. Si se parte de una estrategia de

manejo en la cual se considera el solapamiento de la residualidad en crucíferas, las aplicaciones pre-emergentes del cultivo con estos sistemas no tendrían un gran impacto, pero sí podría ser una herramienta muy útil para el control de los escapes en post emergencia. Recapitulando, el uso de herbicidas residuales no es favorecido por la implementación de estos equipos. Pero, en los lotes inmediatamente después de la cosecha pueden ser pulverizadas eficientemente las malezas presentes. Otra posible aplicación muy útil es lograr separar las aplicaciones del pre-emergente. En cuanto a la acción de invertir en estos sistemas, solo se justifica en el caso de contratistas o productores agrícolas de grandes extensiones. El valor del sistema ronda los 200.000 dólares. Otros actores interesantes que podrían hacerse de este sistema, son aquellos que tienen producciones con algún tipo de certificación. Para evaluar si es factible la adquisición, se puede considerar que las aplicaciones en barbecho para malezas emergidas también la pueden llevar a cabo cuadrillas con mochilas. En términos de monto a invertir, es más económico contratar gente para hacer aplicaciones selectivas que hacerse de este sistema. Se tendría que evaluar si es factible de conseguir mano de obra en la zona de producción.

Si se basa en el principio de aplicar un manejo integrado, las aplicaciones selectivas, los cultivos de cobertura y el manejo del solapamiento de los herbicidas, serían las principales premisas que uno tendría que tener en cuenta para alcanzar dicho manejo para el control de crucíferas cuando existe el riesgo de que este control, se convierta en un problema grave. Es por ello que estas tecnologías de aplicación selectiva no reemplazan el uso de herbicidas residuales y la utilización de cultivos de cobertura en el manejo integrado. A continuación la tabla 5 pone en manifiesto las principales diferencias de los tres sistemas disponibles para aplicación selectiva.

| <b>WEEDIT®</b>   | <b>WEEDSEEKER®</b>                         | <b>MILAR®</b>   |
|--|--|---|
| Válvulas de modulación por ancho de pulso                | Válvulas on/off                            | Válvulas con modulación por ancho de pulso              |
| Aplicación cobertura total.                              | Aplicación cobertura total.                | Aplicación cobertura total.                             |
| Aplicación Selectiva.                                    |  |   |
| Aplicación en cobertura total y selectiva en simultáneo. | Aplicación Selectiva.                      | Aplicación Selectiva.                                   |
| Aún no está disponible la aplicación verde sobre verde.  | Puede ofrecer aplicación verde sobre verde | Aún no está disponible la aplicación verde sobre verde. |

**Tabla 5. Comparación de algunos aspectos de los principales sistemas de aplicación**

## 5.6 Control Mecánico con Sistema BES

Otra tecnología, es el sistema BES, que utiliza el principio de control mecánico, buscando reducir el movimiento de residuos de la superficie del suelo. El sistema está constituido por un bastidor con cuchillas de corte vertical en la sección anterior; que se antepone, cada una, a timones con reja plana en la sección posterior. El disco permite entrar en la tierra y la púa se encarga de cortar el sistema radicular de las malezas a una profundidad de hasta 5 centímetros. De esta manera, mientras se eliminan las malezas, no se remueve la capa superficial del suelo (Maquinac, 2019). En ensayos sobre el porcentaje de control de malezas, se encontró que fue superior al 90%. Las malezas alcanzadas por el ancho de trabajo de las rejas planas fueron controladas eficazmente por corte y “descalzado” de la superficie del suelo. En general no hubo desplazamiento del rastrojo lo cual lo hace apto para incorporarse a modelos productivos en siembra directa con mínimo disturbio del suelo. Este implemento brinda la posibilidad de cortar con púas las raíces sin provocar remoción en la capa superficial del suelo (Brunori, *et al.*, 2018). El sistema pertenece a la firma Agro Seri que lo tiene patentado (Maquinac, 2019). Existen dos formatos disponibles, uno se presenta con 13 cuerpos y otro con 20. El control mecánico de esta forma permite elaborar estrategias complementarias al control químico. Así mejorar el desempeño de los herbicidas y aumentar el compromiso con el ambiente en el control de malezas, se desarrolló este sistema.

Por último, el sistema, al igual que la labranza vertical, produce un mínimo disturbio del suelo, permitiendo mantener lotes en siembra directa. También se podría incorporar en planteos agroecológicos transicionales que minimicen la aplicación de fitosanitarios, potencialmente en zonas periurbanas. Pero, como en todos los casos, la calidad del trabajo logrado es altamente dependiente de la regulación del implemento. Esto puede determinar el éxito o fracaso en los resultados alcanzados. La siguiente imagen (Ilustración 9) demuestra, a modo de ejemplo, el implemento BES.



**Ilustración 10.** Ejemplo en exhibición de Expo Rural. Implemento BES, (Brunori, Cavaglia, Crespo, Jozami, Pieri y Puricelli, 2018).

### **5.7 Otros Sistemas**

La diversidad de los sistemas para el control de malezas, en general, tuvo como objetivo en común desarrollar sistemas eficientes para aplicaciones en zonas urbanas, o para su uso en sistemas productivos orgánicos. Hoy en día, existen muchos prototipos que no llegan a ser eficientes para aplicaciones a gran escala, pero existen otros que brindan interesantes opciones para incorporar al manejo integrado.

Dentro de las alternativas de los prototipos, se busca incluir métodos físicos, como la incorporación de agua caliente o espumas calientes. Otros incorporan fuerza mecánica para destruir a las semillas, e incluso corriente eléctrica para destruir a las malezas.

A continuación se describen sistemas que, en general, actúan con un gran impacto propio de los métodos físicos de control. Esta es la diferencia puntual que divide a los métodos de aplicación selectiva, que buscan actuar puntualmente sobre las malezas que son pulverizadas, con los que a continuación se explicara. En este sentido lo que se buscaría de un herbicida ideal es que actué con precisión sobre la maleza a controlar, sin afectar al resto de organismos que no interfieren con el cultivo.

Sin embargo estas formas físicas de control son una herramienta que para aplicaciones puntuales pueden tener un excelente desempeño. Son ideales para áreas urbanas con gran densidad de malezas. En general las empresas que desarrollan estas tecnologías afirman que son capaces de afectar a las semillas

(WeedingTech, 2019; Heatweed Technologies, 2017). Esta última afirmación puede resultar controversial.

**Heatweed®** se encuentra dentro de los métodos que intentan controlar a las malezas empleando agua caliente. El efecto sistémico, afecta a las raíces y se consigue con agua líquida a exactamente 106° centígrados, que se convierte en 98-99° centígrados cuando llega a la planta. Este sistema usa agua sin aditivos, lo que es una ventaja al considerar aplicaciones ecológicas. El agua se aplica con un equipo autopropulsado y esto eleva los costos de estos productos (Heatweed Technologies, 2017).

**WeedingTech®** es una empresa con base en Londres, especializada en el desarrollo de equipos para el control de malezas sin herbicidas (Maquinac, 2019). Weedingtech® desarrollo Foanstream con estructura similar al anterior, con la diferencia de que usa espuma biodegradable que puede ser aplicada con mangueras conectadas al equipo principal (WeedingTech, 2019). En un futuro podrían hacerse tratamientos con estos equipos en barbechos para controlar escapes puntuales. Por el momento la aplicación más próxima de estos equipos es en áreas urbanas donde el uso de fitosanitarios está restringido. El hecho de que presente espuma diseñada para mantener la temperatura por más tiempo ejerce un mayor efecto herbicida. Igualmente su aplicación en campos se presenta complejo por las extensiones que es necesario controlar en general. Una de las mezclas que conforman la espuma está conformada por una combinación de ingredientes, que incluyen trigo, maíz, aceite de coco, aceite de colza y la otra disponible por derivados del aceite de oliva. Estos productos están disponibles en Argentina a través de una empresa que opera en Sudamérica y que es representante de la marca en esta región (Maquinac, 2019). Es importante destacar que existen riesgos inherentes a la manipulación de agua a alta temperatura para los métodos enunciados anteriormente.

**Zasso®** es una empresa especializada en la innovación en el control de malezas, a partir de sistemas electrofísicos que sustituyen a los controles químicos. XPower, es el novedoso sistema que utiliza corrientes eléctricas para controlar las malas hierbas y que se comercializará dentro del conjunto de nuevas tecnología de agricultura de precisión de Case IH. El sistema XPower convierte básicamente la energía

mecánica en energía eléctrica, sustituyendo los productos químicos por electrones de alta energía que se aplican a través de las hojas de las malezas hasta llegar a las raíces. La tecnología de aplicación propiamente dicha es un sistema modular que ofrece la máxima flexibilidad y se adapta a las geometrías y necesidades específicas de cada cultivo (CASE, 2018). Es un sistema muy interesante que se puede aplicar en barbechos y controla las malezas sin la posibilidad de que generen resistencia. Por otro lado para el control de semillas de algunas malezas DeBruin® fabricó un carro destructor de semillas de malezas resistentes. Esta compañía australiana diseñó una nueva variante del sistema Harrington, que es arrastrada por la cosechadora y va moliendo las semillas mezcladas con la granza expulsada. De esta forma se evita que las semillas viables vuelvan al suelo (Maquinac, 2018). Quizás un punto débil de este sistema es que posiblemente se seleccionen a largo plazo a las malezas que desgranen antes de la cosecha. Sin embargo dentro del control integrado este diseño se constituye como una herramienta de gran valor para el control de por ejemplo raigrás en Australia. Quizás en un futuro sea posible su adaptación para un uso en Argentina y su implementación otras malezas además del raigrás. Su uso permitiría controlar a las semillas de malezas ya emergidas y presentes antes de la cosecha del cultivo de verano.

Cabe aclarar que al trabajar con estas tecnologías, de carácter agresivo y arrasador. Podríamos generar impactos que, a simple vista, no podrían detectarse. Como un posible impacto ocasionado en la microfauna, donde encontramos microorganismos que pueden ser beneficiosos para el óptimo establecimiento de nuestros cultivos. Además, todos estos sistemas tienen la desventaja de no presentar residualidad para el control, ni tampoco selectividad con respecto al cultivo. Esto los posiciona como una alternativa complementaria al empleo de herbicidas.

## **6 CONSIDERACIONES FINALES**

Durante el desarrollo de este trabajo se presentaron, de manera actualizada, algunas de las tecnologías que hoy en día tratan de cumplir con la premisa de manejar los recursos de manera sostenible.

Estos avances, pueden ser utilizados como alternativas para el control de crucíferas, y de todo el grupo de malezas problema que afectan la producción de cereales y oleaginosas en la Argentina.

Algunas especies en particular de crucíferas, son el foco principal del problema en los cereales de invierno. Se abordó su bioecología en etapas vegetativas y reproductivas, como en período de semillas, lo cual permitió relacionar el comportamiento del ciclo ontogénico con los ambientes donde se encuentran principalmente y así generar líneas de acción prosperas a terminar con el problema de su difícil erradicación en los sistemas agrícolas.

Contar solo con la posibilidad de uso de control químico, muchas veces limita el manejo exitoso de las malezas. El acotado abanico de posibilidades químicas que ofrece el mercado como paquete tecnológico para los cultivos, y los grandes volúmenes utilizados con tal fin; generan presión de selección, alterando la tasa evolutiva de los biotipos de especies de crucíferas. Rápidamente se induce resistencia/tolerancia a ciertos principios activos.

Es importante la integración de conocimientos, para obtener resultados satisfactorios. Para integrar, es preciso focalizar que el control de estas malezas puede darse con diversas alternativas, además de la aplicación química.

Una alternativa de control químico, para disminuir el impacto ambiental por parte de la aplicación, sería la utilización de los métodos de aplicación selectiva de herbicidas. Esta tecnología, es económicamente posible de adquirir por los grandes productores. Presenta la posibilidad de ahorrar considerables cantidades de herbicidas, siendo eficientes en el tratamiento aplicado. Brinda una gran alternativa, principalmente, para los periodos de barbecho.

En el futuro es muy probable que estos métodos se lleguen a comercializar directamente integrado en las pulverizadoras convencionales, dado a la optimización que genera en el uso de fitosanitarios.

El manejo integrado, pone en evidencia alternativas exitosas a la aplicación convencional de herbicidas. Es la manera de ver la integridad que existe entre las especies problemas con el paisaje productivo. También, se aplica para disminuir problemas con insectos, hongos, bacterias o virus. Ofrece la certeza de poder controlar el foco del problema. Presenta la alternativa de aplicar técnicas de control no químicas, como monitoreos y estudios de la dinámica poblacional. Da la posibilidad de pensar en aplicar un plan de rotación de cereales u oleaginosas con cultivos de cobertura, como así la utilización de labranzas en situaciones puntuales. Podemos mermar la cantidad de principios activos utilizados y aplicados en el sistema.

Otra alternativa sería, manejar el espaciamiento entre hileras, favoreciendo que el cultivo ocupe rápidamente la superficie.

En cuanto al control físico, siempre el sistema va a ser favorecido cuanto menor sea el impacto generado. Es así, que los implementos que remueven las malezas sin afectar la cobertura del suelo, serían los más aconsejables para utilizar.

Otros métodos físicos interesantes e innovadores de contemplar dentro de este tipo, son el control por electricidad, agua o espuma caliente. Todas estas tecnologías a considerar, al ser innovaciones, están constantemente perfeccionándose. Es por ello, que principalmente son recomendables para superficies relativamente pequeñas. En los últimos años, el manejo con equipos de control físico se desarrolló bastante y con el tiempo es posible que estos equipos logren adaptarse y ser mucho más difundidos. Sobre todo el control con agua a altas temperaturas y con electricidad que hacen que disminuya la dependencia de herbicidas aplicados en post-emergencia de las malezas.

De todos modos, el control químico sigue siendo la premisa principal para el manejo agronómico de las malezas. Entonces, para lograr resultados favorables, lo ideal es realizarlo de manera que se adecue el manejo químico al escenario planteado en el

lote productivo, y por sobre todo seguir estrictamente las recomendaciones del marbete y del ingeniero agrónomo a cargo. Es por ello, que existen ínfimas alternativas para abordar el manejo desde este punto de vista.

Por ejemplo, la utilización del solapamiento de herbicidas residuales u “overlapping” surge como una herramienta eficaz, actuando en el momento en que la maleza es más fácil de controlar. Dado a que las recomendaciones de los marbetes se basan en estadios prematuros de las malezas.

Entonces, la estrategia de controlar eficazmente en periodos de pre-emergencia de cultivo, sería clave para la erradicación de crucíferas, fundamentalmente resistentes a los principios activos más comunes.

El manejo de la residualidad tiene que evitar la emergencia de las sucesivas cohortes por lo que se necesita realizar un adecuado monitoreo para posicionar los herbicidas en el momento oportuno. En cuanto a la sostenibilidad del sistema, la sociedad mundial como actor regulador de la cadena productiva, es cada vez más grande y presenta la tendencia al cuidado del ambiente, entonces exige métodos de manejo menos agresivos.

Utilizar todas estas medidas correctamente, además de ingeniar para innovar sin generar mermas en la productividad, es el camino que hay que seguir. Para ello la tecnología y sus herramientas son la base del sustento para un manejo en altas productividades, generando el menor impacto posible.

Así, lo que es una alternativa para el manejo, se presenta como necesidad para cumplir con el objetivo exigido. Pero, queda claro que la propuesta de este trabajo es la adopción del manejo integrado, donde lo buscado es permitir implementar la mayor cantidad posible de herramientas de manejo y de tecnología.

El enfoque de la integración en todos los aspectos de la cadena productiva, desde la semilla hasta el consumidor, es el gran desafío que nos concierne a todos. Para

integrar, es necesaria la adopción de tecnologías, que parten de la innovación del conocimiento. Esta es la premisa principal para enfrentar y contrarrestar las problemáticas principales de los sistemas agrícolas, como fue descrita aquí la resistencia de la familia de las crucíferas.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

Aapresid, 2011. "Alerta: Raphanus sativus (Nabón)".

<https://www.aapresid.org.ar/blog/alerta-raphanus-sativus-nabon/>

Aapresid, 2013. "Hacia el Manejo de Lolium spp (Ryegrass perenne) resistente a glifosato". Pag 51 a 55.

Aapresid, 2013. Manual de manejo de malezas problema.

[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)

Aapresid, 2013. "La Rem suma a la Brassica sp. (Nabo) a sus alertas amarillas".

<https://www.aapresid.org.ar/blog/la-rem-suma-a-la-brassica-sp-nabo-a-sus-alertas-amarillas/>

Aapresid, 2015. Yuyos Colorados resistentes. Herbicidas disponibles y manejo complementario.

Aapresid, 2016. "Alerta rojo: un biotipo de nabo (Brassica rapa) resistente a 2,4-D".

<https://www.aapresid.org.ar/blog/alerta-rojo-un-biotipo-de-nabo-brassica-rapa-resistente-a-24-d/>

Aapresid, 2017, de Se impone el control selectivo de malezas:

<https://www.aapresid.org.ar/rem/se-impone-el-controlselectivo-de-malezas/>

Aapresid, 2017. "Alerta roja: Hirschfeldia incana (Nabo, Nabillo)".

<https://www.aapresid.org.ar/blog/alerta-roja-hirschfeldia-incana-nabo-nabillo/>

Aapresid, 2017. "Las aplicaciones dirigidas en análisis"

<https://www.aapresid.org.ar/rem/las-aplicaciones-dirigidas-en-analisis/>

Aapresid, 2018. “Alerta roja por nabo con resistencia múltiple a glifosato, inhibidores de ALS y 2,4D”.

<https://www.aapresid.org.ar/blog/alerta-roja-por-nabo-con-resistencia-multiple-a-glifosato-inhibidores-de-als-y-24d/>

Aapresid, 2018. “Alerta roja por mostacilla con resistencia a inhibidores de ALS”.

<https://www.aapresid.org.ar/blog/alerta-roja-por-mostacilla-con-resistencia-a-inhibidores-de-als/>

Aapresid, 2019. “Las crucíferas resistentes ya no son una cosa extraña”.

<https://www.aapresid.org.ar/rem/las-cruciferas-resistentes-ya-no-son-una-cosa-extrana/>

Aapresid, 2019. Nabos resistentes en el sur de Buenos Aires.

<https://www.aapresid.org.ar/blog/nabos-resistentes-en-el-sur-de-buenos-aires/>

Aapresid, 2019. Estrategias de manejo para nabos resistentes en el sur de Buenos Aires.

<https://www.aapresid.org.ar/blog/estrategias-de-manejo-para-nabos-resistentes-en-el-sur-de-buenos-aires/>

Aapresid, 2019. Buscando estrategias de manejo de Nabos resistentes.

<https://www.aapresid.org.ar/blog/buscando-estrategias-de-manejo-de-nabos-resistentes/>

Accatino, O. I., 2019. Evaluación de la aptitud biológica de una población de nabo silvestre (*Brassica rapa*) con resistencia transgénica a glifosato.

Agosti, M. B., 2018. XXVI congreso de Sudentología, Aapresid. “ Intensificación con cultivos de cobertura”.

Arregui C. M. y Puricelli E. 2008. Mecanismos y modo de acción de los herbicidas, capítulo 3, en: Mecanismos de acción de plaguicidas. Arregui C.M.; Puricelli E. (eds.). Rosario, Argentina, p 125-203.

Ash J., Novak C. y Scheideler S. E. 2003. The Fate of Genetically Modified Protein from Roundup Ready Soybeans in Laying Hens. *Journal of Applied Poultry Research* 12: 242-2

Aono, M., Wakiyama, S., Nagatsu, M., Nakajima, N., Tamaoki, M., Kubo, A., Saji, H. 2006. Detection of feral transgenic oilseed rape with multiple-herbicide resistance in Japan. *Environmental Biosafety Research* 5(2):77–87.

Aono, M., Wakiyama, S., Nagatsu, M., Kaneko, Y., Nishizawa, T., Nakajima, N., Tamaoki, M., Kubo, A., Saji, H. 2011. Seeds of a possible natural hybrid between herbicide-resistant *Brassica napus* and *Brassica rapa* detected on a riverbank in Japan. *GM Crops* 2: 201-210.

Batlla, D. 2004. Regulación de los cambios cíclicos en el nivel de dormición de semillas de *Polygonum aviculare* por efecto de la disponibilidad hídrica y la temperatura del suelo. Un modelo de simulación. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, 238.

Bailleul, D., Ollier, S., Huet, S., Gardarin, A., Lecomte, J. 2012. Seed spillage from grain trailers on road verges during oilseed rape harvest: an experimental survey. *PloS One* 7(3):e32752.

Bàrberi, P., Bonari, E., & Mazzoncini, M. 2001. Weed density and composition in winter wheat as influenced by tillage systems. In *Conservation agriculture, a worldwide challenge. First World Congress on conservation agriculture, Madrid, Spain, 1-5 October, 2001. Volume 2: offered contributions* (pp. 451-455). XUL.

Becker D, Brettschneider R, Lörz H, 1994. Fertile transgenic wheat from microprojectile bombardment of scutellar tissue. *Plant J* 5:299–307

Bedmar, F., Perdigon, J. A., Monterubbianesi, M. G. 2006. Residual phytotoxicity and persistence of chlorimuron and metsulfuron in soils of Argentina. *Journal of Environmental Biology*, 27:175–179.

Büchi, L., Wendling, M., Amossé, C., Necpalova, M. y Charles, R., 2018. Importancia de los cultivos de cobertura para aliviar los efectos negativos de la reducción de la labranza del suelo y promover la fertilidad del suelo en un sistema de cultivo de trigo de invierno. *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente* , 256 , 92-104.

Boter, M., Calleja-Cabrera, J., Carrera-Castaño, G., Wagner, G., Hatzig, SV, Snowdon, RJ. y Oñate-Sánchez, L., 2019. Un enfoque integrador para analizar la germinación de semillas en *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science* , 10 , 1342.

Brunori, A., Cavaglia, S., Crespo, R., Jozami, E., Pieri, E., & Puricelli, E. (2018). Un nuevo implemento para el control mecánico. *Agromensajes de la facultad*, 5-6

Campbell, LG y Snow, A.A., 2009. ¿Pueden las malas hierbas silvestres evolucionar a partir del rábano cultivado? *Raphanus sativus*, *Brassicaceae* .Revista estadounidense de botánica. 96(2):498-506.

Carbone, A. V., Hernández, M. P., Arambarri, A. M., Yannicari, M. E., Gigón, R., Benavidez, S., & Cadavid, E. A., 2020. Respuesta de variedades silvestres de *Brassica rapa* (*Brassicaceae*) a la aplicación de 2, 4-D. *Malezas*, 4.

Cárdenas, L. E., Calzada, R. T., Arriaga, O. E., Avila, J. A., & Hernández, A. F., 2008. COMPARACIÓN DE TASAS FOTOSINTÉTICAS EN ALGUNAS PLANTAS CULTIVADAS Y MALEZAS. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(2), 165-172

Cavers, P., 1983. Seeds demography. *Canadian Journal of Botany*, Vol 61 12

Charbonneau, A., Tack, D., Lale, A., Goldston, J., Caple, M., Conner, E., y Conner, J.K., 2018. Evolución de las malezas: diferenciación genética entre rábanos silvestres, malezas y cultivos. *Aplicaciones evolutivas* , 11 (10), 1964-1974.

Chhokar, R. S., Sharma, R. K., & Sharma, I., 2012. Weed management strategies in wheat-A review. *Journal of Wheat Research*, 4(2).

Coyos, T.; Borrás, L.; Gambin, B.L., 2018. Site-Specific Covariates Affecting Yield Response to Nitrogen of Late-Sown Maize in Central Argentina. *Agronomy Journal*. Vol 110, Issue 3.

CREA, 2019. Innovación en el Chaco Santiaguense. Recuperado: de Nuevos usos de la tecnología de pulverización selectiva:

<https://www.crea.org.ar/innovacion-en-el-chaco-santiaguense>

De Asteiz, N. F., 2017. Evaluación y confirmación de resistencia de *A. palmeri* S Watson a glifosato e inhibidores de la ALS. Río Cuarto: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

De Esteban, M. E., & de Ulzurrun, P. D., 2020. Resistencia a herbicidas en poblaciones de nabo silvestre (*Brassica rapa* L.) del sudeste bonaerense.

De la Vega, M., 2014. "Resistencia de malezas a herbicidas". AAPRESID REM.

Devos, Y., De Schrijver, A., Reheul, D. 2009. Quantifying the introgressive hybridisation propensity between transgenic oilseed rape and its wild/weedy relatives. *Environmental Monitoring and Assessment* 149: 303-322

Diez de Ulzurrun, P. 2013. Modos de acción herbicida. Rosario: REM-AAPRESID

Faccini, D., 2013. Emergencia de *Amaranthus quitensis* Kunt en dos sistemas de siembra (convencional y directa). *Revista de la Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias*, 129-139

Faccini, D., & Vitta, J., 2007. Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente térmico sobre la germinación y emergencia de *Amaranthus quitensis* K. *Agriscientia*, Vol 24 19-27.

Fisher, A. ,2012. Resistencia a herbicidas: mecanismos y mitigación. *Revista Especial Maleza*. Aapresid, 2019. Recuperado de: [http://www.aapresid.org.ar/articulos/revistas/REMSD12\\_002.pdf](http://www.aapresid.org.ar/articulos/revistas/REMSD12_002.pdf)

Feledyn-Szewczyk, B., Smagacz, J., Kwiatkowski, CA, Harasim, E. y Woźniak, A., 2020. La composición de la flora de malezas y el banco de semillas del suelo se ve afectada por el sistema de labranza en la rotación de cultivos de tres años. *Agricultura* , 10 (5), 186.

Feng, P., CaJacob, C., Martino-Catt, S., Cerny, E., Elmore, G., Heck, G., Huang, J., Kruger, W., Malven, M., Miklos, J., Padgett, S. 2010. Glyphosate-resistant crops: developing the next generation products. En: Nandula, V. (Ed.), *Glyphosate resistance in crops and weeds*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey, USA.

Francisca López- Granados, & Peter J. W. Lutman. 1998. Effect of Environmental Conditions on the Dormancy and Germination of Volunteer Oilseed Rape Seed (*Brassica napus*). *Weed Science*, 46(4), 419-423. Retrieved May 15, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/4046058>

Gadea, G. (2018). Pulverización selectiva: una tecnología para aumentarla eficiencia y reducir costes económicos y ambientales. *SOJA Actualización 2018 Informe de Actualización Técnica en Línea N°12*, 39-43.

Gulden, R.H., Warwick, S.I. y Thomas A.G. 2008. The Biology of Canadian Weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L. *Can J Plant Sci* 88: 951- 996.

Gulden, R., Shirliffe, S. y Thomas, A. 2003b. Harvest losses of canola (*Brassica napus*) cause large seedbank inputs. *Weed Science* 51(1):83–86.

Ghersa CM, Ferraro D.O., 2012. Algunos aspectos acerca de la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas. *Revista AAPRESID (Especial Malezas)*. Recuperado de: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/97082/CONICET\\_Digital\\_Nro.dcef65\\_dc-6e89-4730-b457-f115bcfa9406\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/97082/CONICET_Digital_Nro.dcef65_dc-6e89-4730-b457-f115bcfa9406_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Gigón, R., López, R. L., & Vigna, M. R., 2009. Efectos del cultivo antecesor y sistema de labranza sobre las comunidades de malezas en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Argentina. In *Actas del XII Congreso de la SEMh, XIX Congreso de ALAM y II Congreso IBCM* (Vol. 1, pp. 69-72).

Gigón R. y Carolina I., 2012. Control del Nabón (*Raphanus sativus* L.) con posible resistencia a Sulfonilureas en el cultivo de cebada cervecera. INTA Barrow.

Gigón, R., Vigna, M. R., & López, R. L., 2012. Efectos del sistema de siembra sobre la comunidad de malezas en cultivos de trigo del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. *Actas del XIV Jornadas Fitosanitarias Argentina, Potrero de Los Funes. San Luis. Argentina.*

Gigón, A. R., & Istilart, C., 2013. CONTROL DE NABON (*Raphanus sativus* L.) CON POSIBLE RESISTENCIA A SULFONILUREAS EN EL CULTIVO DE CEBADA CERVECERA. *Actualización técnica en cultivos de cosecha fina 2012/13*, 127.

Green, J. 2009. Evolution of glyphosate-resistant crop technology. *Weed Science* 57:108-117.

Hauser, TP, Damgaard, C. y Jørgensen, RB, 2003. Aptitud dependiente de la frecuencia de híbridos entre colza (*Brassica napus*) y *B. rapa* (*Brassicaceae*). *Revista estadounidense de botánica*, 90 (4), 571-578.

Hartzler, B., & Anderson, M., 2019. Impact of cover crops on weed management. Iowa, USA

Hay, M., & Peterson, D., 2019. Integrated Pigweed Management,. Kansas: Kansas State University Agricultural Experiment Station.

Heap, I., 2015. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org>

Heatweed Technologies, 2017. The weed control company. Recuperado el 2 de 4 de 2020, de <https://heatweed.com/method-en/>

Hernández Bermejo, J. E. 1993. *Raphanus L.* En: Castroviejo S. (Ed.). *Flora Ibérica*. Vol. IV. Real Jardín Botánico, Madrid, pp. 435-439.

Holt, J.S., Powles, S.B., Holtum, J.A.M. 1993. Mechanisms and Agronomic Aspects of Herbicide Resistance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44:203–229

Holshouser, D., 2008. Virginia soybean update. Virginia Cooperative Extension, vol 11.

HUANG Qi-Man, LIU Wei-Hua, SUN Hui, DENG Xin, SU Jin., 2005. Las plantas de Trigo transgénico mediadas por *Agrobacterium tumefaciens* con sintetasas de glutamina confieren tolerancia al herbicida[J]. *Chin J Plant Ecol*, 29 (2): 338-344.

Ibarra, F.E. 1937. Malezas más comunes del trigo y del lino. En: *Almanaque del Ministerio de Agricultura*, Buenos Aires, pp 405–410.

Igarzábal, D., 2019. El monitoreo de problemas sanitarios en cultivos extensivos como un paso necesario para el manejo integrado de plagas. Segundo Simposio de Manejo de Problemas Sanitarios de Cultivos Extensivos. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. INFORMACION TECNICA DE TRIGO Y OTROS CULTIVOS DE INVIERNO. CAMPAÑA 2016.

James, T., Klaffenbach, P., Holland, P.T., Rahman, A. 1995. Degradation of primisulfuron methyl and metsulfuron methyl in soil. *Weed Research*, 35:113-120.

Kottakota, C., Pradhan, B., Roychowdhury, R. y Dubey, VK , 2021. Mejoramiento del trigo (*Triticum spp.*) Mediante manipulación genética. En *cultivos genéticamente modificados* (págs. 33-66). Springer, Singapur.

Kawata, M., Murakami, K. y Ishikawa, T. 2009. Dispersal and Persistence of Genetically Modified Oilseed Rape around Japanese Harbors. *Environmental Science and Pollution Research International* 16(2):120–26.

Krurk, B. C., 1992. Análisis funcional y cuantitativo de la emergencia de especies maleza en el cultivo de trigo (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES).

Laforest, M., Soufiane, B., Simard, M., Obeid, K., Page, E., & Nurse, R., 2017. Acetyl-CoA carboxylase overexpression in herbicide-resistant large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). *Pest Manag Sci.*, Vol 73: 2227-2235.

Larran, A. 2018. Resistencia a herbicidas en poblaciones del género *Amaranthus*: mecanismos moleculares y expresión de alelos ALS resistentes en plantas de *A. thaliana* y trigo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

Leguizamón, E. S. 2009. Herbicidas. La agricultura y el manejo de las malezas en la región pampeana. En: Ricci D (ed) La Argentina 2050, 1 ed. CASAFA, Buenos Aires, pp. 400-416

Landbo, L., Andersen, B. y Jørgensen, R. 1996. Natural hybridisation between oilseed rape and a wild relative: hybrids among seeds from weedy *B. campestris*. *Hereditas* 125:89–91.

Legleiter, T., & Johnson, B., 2013. Palmer Amaranth Biology, Identification, and Management. Weed Science Purdue University, SW 51.

Lü, N., Yamane, K. y Ohnishi, O. 2008. Genetic diversity of cultivated and wild radish and phylogenetic relationships among *Raphanus* and *Brassica* species revealed by the analysis of trnK/matK sequence. *Breeding Science* 22:15-22.

Luzuriaga, A., 2020. Estudio de la autoincompatibilidad genética de dos especies brasicáceas de la Argentina.

Londo J. P., Bollman, M. A., Cynthia, L., Sagers, C.L., Henry Lee, E., Watrud, L. S., 2011. Glyphosate-drift but not herbivory alters the rate of transgene flow from single and stacked trait transgenic canola (*Brassica napus*) to nontransgenic *B. napus* and *B. rapa*. *The New Phytologist* 191:840–849.

Majchrzak, L. E. S. Z. E. K., & Piechota, T. O. M. A. S. Z. ,2014. Wpływ technologii uprawy na zachwaszczenie pszenicy jarej. *Fragm. Agron*, 31(3), 94-101.

Manual Fitosanitario., 2018. Pulverizaciones selectivas: radiografía de una tecnología que no para de crecer. Recuperado el 01 de 11 de 2019, de <https://www.manualfitosanitario.com/novedades-detalle.php?id=2069>

MaquiNAC, 2018. DeBruin fabricó un carro destructor de semillas de malezas resistentes. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de

<https://maquinac.com/2018/03/debruin-fabrico-carro-destructor-semillas-malezas-resistentes/>

MaquiNAC, 2019. Grass-Cutter agregó el sistema BES de control mecánico de malezas. Recuperado el 12 de 10 de 2019, de <https://maquinac.com/> Maquinac. 2019. Guía Maquinac. Recuperado el 19 de 11 de 2019, de WeedingTech: <https://maquinac.com/empresas/weedingtech/>

Martínez-Laborde, J. B. 1999. Brassicaceae. En: Zuloaga, F. O. y Morrone, O.(eds.):Catálogo de las Plantas Vasculares de la Argentina. Dicotyledoneae. Monographs in Systematic Botany from Missouri Botanical Garden 74:1-1246.

Marzocca A., Mársico O. J. y Del Puerto O. 1976. Manual de malezas. Editorial Hemisferio Sur. 8-11.

Marzocca, A., 1994. *Guía descriptiva de malezas del Cono Sur* (No. H60 INTA 16884). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina).

Mazzara, M., Grazioli, E., Savini, C., Van den Eede, G. 2007. Event-specific Method for the Quantification of Oilseed Rape Line RT73 Using Real-time PCR. Validation Report and Protocol. Community Reference Laboratory for GM Food and Feed, Institute for Health and Consumer Protection, European Commission. Ispra, Italia.

Milligan AS, Daly A, Parry MAJ, 2001. The expression of a maize glutathione S-transferase gene in transgenic wheat confers herbicide tolerance, both in planta and in vitro. *Mol Breed* 7:301–315

Mulligan, G.A. 2008. Key to the Brassicaceae (Cruciferae) of Canada and Alaska. URL: <http://www.brassica.info/info/publications/guidewild/BrassKey.pdf>

Molinari, F. A., Blanco, A., & Chantre, G. R. (2017). Manejo integrado de malezas: un enfoque de simulación: aplicación al sistema AVEFA-Cebada. In *IX Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2017)-JAIIO 46-CLEI 43 (Córdoba, 2017)*.

Moltoni, A. (2019). Tecnologías para la aplicación selectiva de agroquímicos. II Congreso Argentino de Malezas. Rosario: ASASIM.

Nakka, S., Jugulam, M., Peterson, D. y Asif, M. (2019). Resistencia a herbicidas: desarrollo de sistemas de producción de trigo y estado actual de malezas resistentes en sistemas de cultivo de trigo. *The Crop Journal*, 7 (6), 750-760.

Nehra NS, Chibbar RN, Leung N et al (1994) Self-fertile transgenic wheat plants regenerated from isolated scutellar tissues following microprojectile bombardment with two distinct gene constructs. *Plant J* 5:285–297

Norsworthy, J., Ward, S., Shaw, D., Llewellyn, R., Nichols, R., Webster, T., 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science*, Vol 60: 31-62

Norsworthy, J., Korres, N., Walsh, M., & Powles, S., 2016. Integrating Herbicide Programs with Harvest Weed Seed Control and Other Fall. *Weed science society of America*, 64:540–550.

Oliveira, R., Constantin, J., & Hiroko Inoue, M., 2011. *Biología e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba: Omnipax .

Ormeño, J., 1993. Avances en el control químico de malezas en trigo. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*.

Pandolfo, C., Presotto, A., Migasso, J., Mock, F. y Cantamutto, M., 2013. Identificación de un biotipo feral de *B. napus* con resistencia a glifosato.

Pandolfo, C. E., 2016. Caracterización agroecológica de poblaciones ferales brasicáceas con resistencia a herbicidas

Pandolfo, CE, Presotto, A., Carbonell, FT, Ureta, S., Poverene, M. y Cantamutto, M., 2018. Escape y persistencia de transgenes en un agroecosistema: el caso de Brassica rapa L. resistente al glifosato en el centro de Argentina

Pandolfo, C.E., Presotto, A., Torres Carbonell, F., Ureta, S., Poverene, M., Cantamutto, M. 2018. Transgene escape and persistence in an agroecosystem: the case of glyphosate-resistant Brassica rapa L. in central Argentina. Environ Sci Pollut Res 25 (7): 6251-6264.

Papa, J. C., 2002. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. Actas del Seminario Sustentabilidad de la Producción Agrícola. Jornada de Intercambio de Producción Científico-Tecnológico (III JIPCiTe). Departamento de Agronomía-CERZOS, Bahía Blanca. INTA, JICA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires.

Papa, J. , 2007. El modo de acción de los herbicidas. Jornadas de Actualización, Elementos fundamentales para el buen uso de fitoterápicos (pág. 17). Sociedad Rural de Tucumán: Sitio Argentino de la Producción Animal.

Papa, J. C., Tuesca, D., Ponsa, J. C., & Picapietra, G., 2012. Confirmación de la resistencia a glifosato en un biotipo de raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Actas del XIV Jornadas Fitosanitarias Argentina, Protero de Los Funes. San Luis. Argentina.

Papa, J., 2013. Control de malezas en garbanzo. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-control-de-malezasgarbanzo.pdf>.

Papa, J., 2015. Interacción planta herbicida. Oliveros: INTA.

Papa, J., & Tuesca, D., 2016. Manejo de *Amaranthus palmeri* S. Watson con herbicidas residuales selectivos para el cultivo de soja. Para mejorar la producción INTA EEA Oliveros, 155-158.

Parodi, L. R. (editor). 1964. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2. El cultivo de las plantas útiles. Editorial ACME. Buenos Aires. 1411 pp.

Pascale, N. 1976. Colza. Su cultivo, mejoramiento y usos. En: Kugler, W. (ed.) Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería – Tomo II. Editorial Acme (2da edición). Buenos Aires

Pedrerros, A., 2015. Manejo de malezas en cultivos anuales establecidos sobre rastrojos. Boletín INIA, Vol: 308 121-134

Piñeiro, M., & Villarreal, F., 2005. Modernización agrícola y nuevos actores sociales. *Francia*, 1, 77.

Powles, S. B., & Preston, C., 1995. Herbicide cross resistance and multiple resistance in plants. *Herbic. Resist. Action Committee Monogr*, 2, 1-19.

Prather, T., Ditomaso, J., Holt, J. 2000. Herbicide Resistance: Definition and Management Strategies. ANR Publications, Univ of California.

Puricelli, E., & Tuesca, D., 2005. Efecto del sistema de labranza sobre la dinámica de la comunidad de malezas en trigo y en barbechos de secuencias de cultivos resistentes a glifosato. *Agriscientia*, 22(2).

Ridley, C. E., Kim, S. -C. y Ellstrand, N. 2008. Bidirectional history of hybridization in California wild radish, *Raphanus sativus* (Brassicaceae), as revealed by chloroplast DNA. *American Journal of Botany* 95(11):1437–1442.

Romagnoli, M., Tuesca, D., & Permingeat, H., 2013. Characterization of *Amaranthus quitensis* resistance to three families of herbicides. *Austral Ecology*, Vol 23: 119-125

Rouchaud, J., Neus, O., Cools, K., Bulcke, R. 1999. Metsulfuron methyl soil - persistence and mobility in winter wheat and following green manure crops. *Toxicological & Environmental Chemistry* 71(3-4):369–381.

Simard, MJ, Légère, A., Pageau, D., Lajeunesse, J. y Warwick, S., 2002. La frecuencia y persistencia de la canola voluntaria (*Brassica napus*) en los sistemas de cultivo de Quebec. *Weed Technology* , 16 (2), 433-439.

Snow, A. A., Andersen, B. y Jørgensen, R. B. 1999. Costs of transgenic herbicide resistance introgressed from *Brassica napus* into weedy *B. rapa*. *Molecular Ecology* 8:605–615.

Snow, A. A., Uthus, K., Culley, T. 2001. Fitness of hybrids between weedy and cultivated radish: implications for weed evolution. *Ecological Applications* 11(3):934–943.

Snow, A. A., Campbell, L. G. 2005. Can Feral Radishes Become Weeds? En: Gressel J (ed) *Crop Fertility and Volunteerism*, Taylor & Francis, pp. 193-208.

Snow, A. A. , Culley, TM, Campbell, LG, Sweeney, PM, Hegde, SG y Ellstrand, NC 2010. Persistencia a largo plazo de los alelos de los cultivos en poblaciones de malezas de rábano silvestre (*R. raphanistrum*). *Nuevo fitólogo* , 186 (2), 537-548.

Sosnoski, L., Webster, T., & Culpepper, S., 2013. Glyphosate Resistance Does Not Affect Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Seedbank Longevity. *Weed Science*, Vol 61 283-288

Tan, M. y Medd, R. 2002. Characterisation of the acetolactate synthase (ALS) gene of *Raphanus raphanistrum* L. and the molecular assay of mutations associated with

herbicide resistance. *Plant Science* 163:195–205.

Tan, S., Evans, R., Dahmer, M., Singh, B., Shaner, D., 2005. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. *Pest Management Science* 61:246-257.

Tatari, S., Ghaderi-Far, F., Yamchi, A., Siahmarguee, A., Shayanfar, A. y Baskin, CC., 2020. Aplicación del modelo de hidrotiempo para evaluar los efectos del cebado de semillas en la germinación de colza (*Brassica napus* L.) en respuesta al estrés hídrico. *Botánica*, 98 (5), 283-291.

Theisen, G. 2008. Aspectos botánicos e relato da resistêcia de nabo silvestre aos herbicidas inibidores de ALS. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Brasil.

Thompson, K., & Grime, J., 1983. A Comparative Study of Germination Responses to Diurnally-Fluctuating Temperatures. *Journal of Applied Ecology*, 20(1), 141-156. doi:10.2307/2403382

Torres Carbonell, F. J., 2019. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de *Brassica rapa* Y *B. napus* con resistencia a herbicidas.

Tranel, P., & Wright, T., 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned. *Weed Science Society*, Vol 50: 700-712

Tranel, P. J., Wright, T. R. y Heap, I. M. 2015. Mutations in herbicide-resistant weeds to ALS inhibitors. Online. Disponible en: <http://www.weedscience.com>

Toledo, R., & Esteves, N., 2019. Estudio del comportamiento fenológico y productivo de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench), en la zona centro de Córdoba, Argentina. *Nexo Agropecuario*, 7(2), 6-10.

Tuesca, D., & Leguizamón, E. (s.f.). Triazinas, ureas y uracilos

Tuesca, D., & Nisensohn, L., 2001. Resistance of *Amaranthus quitensis* to imazethapyr and chlormuron-ethyl. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 36(4), 601-606.

Tuesca, D., Nisensohn, L., & Papa, J. C., 2007. Para estar alerta: el sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) resistente a glifosato. Oliveros, INTA Centro Regional Santa Fe. Soja: para mejorar la producción, (36), 72-75.

Van den Bulcke, M., De Schrijver, A., De Bernardi, D., Devos, Y., MbongoMbella, G., Leunda Casi, A., Moens, W., Sneyers, M. 2007. Detection of genetically modified plant products by protein strip testing: an evaluation of real-life samples. *European Food Research and Technology* 225:49–57.

Vasil, V., Castillo, A., Fromm, M., 1992. Plantas de trigo transgénicas fértiles resistentes a herbicidas obtenidas mediante bombardeo con microproyectiles de callos embriogénicos regenerables. *Nat Biotechnol* 10, 667-674 (1992).

Velez, J., Scaramuzza, F. M., & Villaroel, D. D., 2014. Mayor rendimiento y un ahorro de hasta el 90% de herbicida con el uso de sensores de malezas. E.E.A. Manfredi: INTA.

Victor, F. Juan. Manejo de malezas resistente en Trigo y Cebada. XXVI Congreso AAPRESID., 2018. Recuperado:

[https://researchgate.net/publication/328146694\\_Manejo\\_de\\_Malezas\\_Resistentes\\_en\\_Trigo\\_y\\_Cebada](https://researchgate.net/publication/328146694_Manejo_de_Malezas_Resistentes_en_Trigo_y_Cebada)

Von der Lippe, M. y Kowarik, I. 2007. Crop seed spillage along roads: a factor of uncertainty in the containment of GMO. *Ecography* 30(4):483–490.

Vreugdenhil, T., 2019. Biology and control of *Amaranthus palmeri* in *Glycine max*. *Creative Commons*, 276.

Walsh, M. J., Powles, S. B., Beard, B. R., Parkin, B. T., Porter, S. A. 2004. Multiple herbicide resistance across four modes of action in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Science* 52:8–13.

Walsh, M. J. y Powles, S. B. 2007. Management Strategies for Herbicide-resistant Weed Populations in Australian Dryland Crop Production Systems. *Weed Technology* 21:332–338.

Walker, A., Cotterill, E. y Welch, S. 1989. Adsorption and degradation of chlorsulfuron and metsulfuron methyl in soils from different depths. *Weed Research* 29:281-287.

Warwick, S. I. y Francis, A., 2005. La biología de las malas hierbas canadienses. 132. *Raphanus raphanistrum* L. *Revista canadiense de ciencia vegetal*.

Warwick, S. I., Légère, A., Simard, M. -J., James, T. 2008. Do escaped transgenes persist in nature? The case of an herbicide resistance transgene in a weedy *Brassica rapa* population. *Molecular Ecology* 17(5):1387–1395.

Warwick, S. I. , 2011. Brassicaceae in agriculture. En: R. Schmidt y I. Bancroft (eds.) *Genetics and Genomics of the Brassicaceae*. Springer Berlin Heidelberg. New York, USA. pp. 33–66

Weed Science Society of America . Herbicide Resistance. On line: <http://wssa.net/wssa/weed/resistance/>.

WeedIT., 2019. WeedIT Precision Espraying. Recuperado el 2 de 4 de 2020, de WeedIT Quadro: <https://www.weed-it.com/weedit-quadro>

Weedseeker., 2005. Automatic Spot Spray System. Recuperado el 2020, de <https://www.dyesa.com/folletos/weed-seeker-para-pagina.pdf>

Weedseeker 2., 2020. Weedseeker. Recuperado el 6 de 4 de 2020, de <https://ag.trimble.com/weedseeker2-a>

Woźniak, A., 2018. Efecto del sistema de labranza sobre la estructura de la infestación de malezas del trigo de invierno. *Revista Española de Investigaciones Agrarias*, 16 (4), 14.

Yanniccari, M., & Ross, F. , 2018. Evaluación de eficacia de la aplicación selectiva para el control de malezas en barbecho mediante el empleo de la tecnología Eco Sniper®. Informe Técnico – Cultivos de gruesa – CEI Barrow, 65-68.

Yu, Q., Zhang, X. Q., Hashem, A., Walsh, M. J., Powles, S. B. 2003. ALS gene proline (197) mutations confer ALS herbicide resistance in eight separated wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations. *Weed Science* 51:831–838.

Yu, Q., Han, H., Li, M., Purba, E., Walsh, M. J., Powles, S. B. 2012. Resistance evaluation for herbicide resistance-endowing acetolactate synthase (ALS) gene mutations using *Raphanus raphanistrum* populations homozygous for specific ALS mutations. *Weed Research* 52:178–186.

Yu, Q., Powles, S. B. 2014. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. *Pest Management Science* 70:1340–1350.

Zaiser, E., Cosci, F., & Coyos, T., 2018. Biología de malezas Flujos de emergencias– Campaña 2017/2018. Chacra Bandera: INTA AAPRESID.

Zhou, H., Berg, J. D., Blank, S. E., Chay, C. A., Chen, G., Eskelsen, S. R., ... & Valenti, S. A., 2003. Field efficacy assessment of transgenic Roundup Ready wheat. *Crop Science*, 43(3), 1072-1075.