

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**ALTERNATIVAS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE *LOLIUM* SPP.  
EN *TRITICUM AESTIVUM* EN LA PRECORDILLERA DE ÑUBLE**

**POR**

**SANDRA ALEJANDRA MUÑOZ MIERES**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE**  
**2023**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ALTERNATIVAS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE *LOLIUM* SPP.  
EN *TRITICUM AESTIVUM* EN LA PRECORDILLERA DE ÑUBLE**

**POR**

**SANDRA ALEJANDRA MUÑOZ MIERES**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE  
2023**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Inés Figueroa C.  
Ing. Agrónomo, Mg. Cs., Dr. Horticultura

---

Guía

Profesor Asistente, Angélica Urbina P.  
Lic. en Biología, Mg. en Cs. y Tecn. Agrarias  
y Alim. de los RRNN y del Des. Rural

---

Asesor

Profesor Asociado, Gonzalo Silva A.  
Ing. Agrónomo, Mg. en Sc., Dr. Cs.

---

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.  
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

---

Decano

**TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
Resumen .....	1
Summary.....	1
Introducción .....	2
Materiales y Métodos.....	6
Resultados y Discusión.....	9
Conclusiones.....	21
Referencias.....	22

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Página</b>
Tabla 1 Tratamientos de herbicidas aplicados en siembra de trigo en zona de pre cordillera de Nuble 2019-2020.....	8
Tabla 2 Efecto de tratamientos herbicidas aplicados a trigo cv Pandora en la densidad de malezas a macolla y materia seca a la cosecha del cultivo. Yungay 2019-2020.....	10
Tabla 3 Efecto de tratamientos herbicidas en los componentes del rendimiento de trigo cv Pandora. Yungay 2019-2020.....	15
Tabla 4 Efecto de tratamientos herbicidas en rendimiento y altura de trigo cv Pandora. Yungay 2019-2020.....	16

## **ALTERNATIVAS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE *LOLIUM* SPP. EN *TRITICUM AESTIVUM* EN LA PRECORDILLERA DE ÑUBLE**

HERBICIDE ALTERNATIVES FOR CONTROL OF *LOLIUM* SPP. IN *TRITICUM AESTIVUM* IN THE FOOTHILLS OF ÑUBLE

**Palabras índices adicionales: componentes del rendimiento, trigo de invierno, rendimiento, mecanismos de acción, altura.**

### **RESUMEN**

El continuo aumento de poblaciones de ballica (*Lolium multiflorum*) resistente y la escasa investigación sobre su control en cultivos de trigo en la precordillera de Ñuble ha llevado a la necesidad de evaluar y demostrar el efecto de nuevos herbicidas con distinto mecanismo de acción para el control de ballica. En este estudio se evaluó la efectividad de tres herbicidas en un cultivo de trigo de invierno (*Triticum aestivum*) y su efecto en el rendimiento y componentes del rendimiento. Se evaluaron distintas combinaciones de tres herbicidas, Pendimetalin de pre-emergencia (PENpre), Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican de pre y post-emergencia (FFDpre/ FFDpost), y Pinoxaden como complementario en post-emergencia (Pin), siendo en total siete tratamientos: PENpre, PENpre+Pin, FFDpre, FFDpre+Pin, FFDpost, FFDpost+Pin, y un testigo. En control de malezas, FFDpost produjo los mejor resultados (población de 56 pl m<sup>-2</sup> y materia seca de 135,12 g m<sup>-2</sup>, con y sin Pin, respectivamente), diferente al testigo, pero no al resto de los tratamientos. El rendimiento más alto fue con FFD, sin diferencias entre sí (9,60 - 11,03 t ha<sup>-1</sup>), con efectos compensatorios en los componentes del rendimiento. En estas condiciones, el herbicida nuevo (PENpre), no presentó una gran ventaja sobre FFD pero aún debiera considerarse al presentar un mecanismo de acción diferente.

### **SUMMARY**

The continuous increase in populations of resistant ryegrass (*Lolium multiflorum*) and the scant research on its control in wheat crops (*Triticum aestivum*) in the foothills of Ñuble has led to the need to evaluate and demonstrate the effect of new

herbicides with different mechanisms of action for control of ryegrass. In this study, the effectiveness of three herbicides in a winter wheat crop and their effect on yield and yield components were evaluated. Different combinations of three herbicides were evaluated: pre-emergence Pendimetalin (PENpre), pre and post-emergence Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican (FFDpre/FFDpost), and Pinoxaden as a complementary post-emergence (Pin), with a total of seven treatments: PENpre, PENpre+Pin, FFDpre, FFDpre+Pin, FFDpost, FFDpost+Pin, and a control. In weed control, FFDpost produced the best results (56 pl m<sup>-2</sup> population and 135.12 g m<sup>-2</sup> dry matter, with and without Pin, respectively), different from the control, but not from the rest of the treatments. The highest yield was with FFD, without differences between them (9,60 - 11,03 t ha<sup>-1</sup>), with compensatory effects in the yield components. Under these conditions, the new herbicide (PENpre) did not present a great advantage over FFD but should still be considered as it presents a different mechanism of action.

## INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.), forma parte de la alimentación mundial, ya que el grano no solo contiene el embrión de una planta, sino que es uno de los principales alimentos del mundo, que contiene cinco nutrientes: carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas (Chaquilla-Quilca *et al.*, 2018).

El trigo ha sido una de las gramíneas más relevantes en la vida del ser humano a lo largo de la historia, ya sea como producto propiamente tal o como materia prima para la generación de subproductos; sin embargo, su cultivo no está exenta de la presencia de malezas que pueden afectar su desarrollo. Las malezas han sido un factor importante en el manejo del trigo desde que comenzó la producción comercial; sin embargo, se puede lograr un control de malezas efectivo mediante el uso de prácticas agrícolas. De hecho, antes de 1940, los cultivos dependían casi por completo de prácticas culturales para mantener las malezas; pero el aumento de la población mundial llevó a buscar formas que evitaran al máximo las pérdidas de rendimiento. Así, el control químico no selectivo de malezas en el trigo se realizaba con ácido sulfúrico y varias sales inorgánicas, desde fines del siglo XIX.

Pero fue el descubrimiento de los herbicidas fenoxi, principalmente el ácido 2,4-diclorofenoxi acético (2,4-D) y el ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético (MCPA), a principios de la década de 1940, que abrió un concepto completamente nuevo en el control selectivo de malezas. Estos compuestos se translocan dentro de la planta y, por lo tanto, tienen la capacidad de eliminar malas hierbas anuales y muchas malas hierbas perennes. Así, Dicamba, Picloram, 2,4-D y MCPA son sustancias químicas del tipo regulador del crecimiento que se utilizan para el control selectivo de malezas de hoja ancha anuales o perennes en cultivos de cereales (Appleby, 1987).

El control de malezas gramíneas anuales puede ser efectuado en 3 momentos en la fenología del cultivo: en pre emergencia, cuando el cultivo y malezas aún no han emergido (herbicidas pre emergentes); en post emergencia temprana (entre 1 y 2 hojas verdaderas del cultivo y malezas); y en post emergencia, cuando el control se extiende hasta la macolla del cultivo. Basado en la evidencia, la recomendación es utilizar la técnica de aplicación secuencial de un herbicida pre emergente y un herbicida post emergente temprano, conocido como doble sello (León, 2019).

En contraste, la resistencia a herbicidas es la capacidad inherente y heredable de algunos biotipos de plantas, dentro de una determinada población, de sobrevivir y reproducirse después de haber sido expuestos a una determinada dosis de un herbicida que normalmente sería letal para los individuos de una población normal de la misma especie (De la Vega, 2013). Las plantas pueden desarrollar tres tipos de resistencia: simple, cruzada y múltiple. Resistencia simple: el ecotipo es resistente a una molécula herbicida que posee un solo modo de acción; mientras que la resistencia cruzada se refiere a que el ecotipo es resistente a dos moléculas herbicidas que comparten un mismo modo de acción. Por su parte la resistencia múltiple se refiere a las malezas que no son controladas por dos o más moléculas herbicidas que poseen diferentes modos de acción. La resistencia simple y la cruzada son las que con más frecuencia se encuentran en el campo.

Las malezas resistentes a herbicidas son consideradas una pandemia mundial para la agricultura convencional. En vista de lo anterior la resistencia es un problema generalizado en la zona Centro Sur de Chile, ya que en la Región de Ñuble el trigo es un cultivo de importancia económica, abarcando aproximadamente 37 mil

hectáreas y en él se han observado serios problemas de infestación de malezas gramíneas especialmente ballica (*Lolium* spp) (León, 2019).

La ballica (*Lolium* spp.) es una planta de origen europeo, introducida en Chile con fines forrajeros. Está compuesta por varias especies de un mismo género, siendo de relevancia para el desarrollo de esta investigación conocer la descripción botánica de la especie *Lolium multiflorum* o *L. perenne* ssp. *multiflorum*. Es una hierba anual, cuyas cañas pueden alcanzar hasta 1 m de alto. Sus láminas tienen una lígula membranosa de 1 mm de largo, mientras que las aurículas están generalmente presentes. Desarrolla una inflorescencia en espiga de 10-35 cm de largo que consta de espiguillas con 5-20 flores de 10-20 mm de largo, solitarias y alternadas dispuestas en 2 hileras cuyas glumas son lanceoladas. El fruto es un cariopsis ovoide de 3-4 mm de largo (Díaz y Contreras, 2020).

Una de las características que hace que esta maleza sea catalogada como invasora es que en su reproducción se genera una gran cantidad de semillas, que permanecen viables en el suelo cultivado durante varios años reduciendo la riqueza de especies cultivables como el trigo, avena y maíz, entre otros cereales. Esta facilidad de aumentar sus poblaciones, ha hecho que las pérdidas potenciales en los cultivos, pueda ser cuantiosa.

En Chile, el uso de plaguicidas es elevado, con ventas superiores a las 54.500 toneladas, según la Declaración de Ventas de Plaguicidas de Uso Agrícola Año 2019, del Servicio Agrícola y Ganadero (Diez *et al.*, 2021). El uso intensivo de herbicidas ha seleccionado poblaciones de malezas resistentes (Taberner *et al.*, 2007), por lo cual los agricultores de la precordillera han buscado diversas alternativas de herbicidas para el control de las malezas resistentes. En Chile, el primer caso de resistencia de *L. perenne* ssp. *multiflorum* a herbicidas se reportó en 1998, desde entonces se han descrito 6 biotipos de gramíneas resistentes a herbicidas asociados a cultivos anuales extensivos (Pedreros, 2021; Heap, 2023). Así, la mayoría de los biotipos se originaron en campos de agricultores donde ha habido un uso intensivo del suelo con cultivos anuales, tendencia al monocultivo de trigo y un uso masivo del glifosato y de herbicidas graminicidas selectivos (Espinoza y Díaz, 2005).

Entre los biotipos resistentes están ballica (*L. multiflorum* y *L. rigidum*) y avenilla (*Avena fatua*), que se caracterizan por tener una amplia distribución, alta persistencia y agresividad, son las más importantes en la principal zona productora de trigo, cebada, avena, lupino y canola (36° a 39° lat. Sur). Se estima que, del total de la superficie sembrada anualmente con cereales en el país, aproximadamente 75.000 ha están infestadas con biotipos de *Lolium* spp. y 40.000 ha con biotipos de *A. fatua*. En los biotipos de *Lolium* spp. la resistencia es a herbicidas acetil coenzima A carboxilasa (ACCase), Acetolactato sintasa (ALS) y 5-enolpiruvilsiquimato-3-fosfato sintasa (EPSPS); mientras que en los biotipos de *A. fatua* la resistencia es a ACCase (Espinoza y Díaz, 2005).

La diversidad de mecanismos de resistencia, tanto en el sitio objetivo como en el sitio no objetivo, son responsables de la resistencia a diferentes modos de acción, lo que implica mutaciones puntuales en el sitio objetivo y tasas mejoradas de desintoxicación de herbicidas, respectivamente (Torra, 2022). Por ello, aparte de la efectividad contra las malezas y la selectividad sobre el cultivo, es fundamental considerar el grupo al que pertenece el mecanismo de acción de cada herbicida (León, 2019).

El aumento de malezas resistentes en la zona ha llevado a buscar alternativas que no solo sean efectivas en el control de las malezas a corto plazo, sino que también a futuro, permitiendo mantener en el tiempo la eficacia de los herbicidas de control de malezas, favoreciendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Una de las opciones es utilizar mezclas de herbicidas, como por ejemplo Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican, que representan una alternativa a los inhibidores de la ACCase (Pinoxaden, clodinafop propargil), ALS (Flumetsulam) y EPSPS (Glifosato) que están compuestos por un solo ingrediente o por una mezcla de ellos que tienen un mismo modo de acción. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican, forma un producto sistémico, suelo activo, que contiene tres ingredientes activos de diferentes modos de acción, (Flufenacet, que es un inhibidor de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga; Flurtamona, correspondiente a un inhibidor de la biosíntesis de carotenoides; y Diflufenican, que inhibe la biosíntesis de carotenoides), para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha en trigo, triticale, avena y trigo

candéal sembrados en invierno (Díaz, 2022). Esta mezcla forma parte de un producto ya comercializado que se caracteriza por ser de alto costo, por lo que es escasamente empleado por los agricultores, pese a su efectividad.

Otra alternativa es utilizar herbicidas con mecanismos de acción que no son tan frecuentemente utilizados en el mercado. Pendimetalin, es una alternativa prometedora ya que es relativamente nuevo en el mercado en Chile (Resolución exenta N° 7201/2015) y ha sido poco evaluado. Es un herbicida residual que actúa al ser absorbido por las raíces de las semillas de gramíneas y diversas malezas de hoja ancha. Su modo de acción es mediante la inhibición del ensamblaje de microtúbulos en la división celular (Wuppertal, 2020).

Finalmente, el uso de herbicidas como complemento es una alternativa que debe ser evaluada. Pinoxaden es un herbicida sistémico y selectivo, de post-emergencia, para el control de malezas gramíneas anuales en el cultivo del trigo y cebada. Es absorbido rápidamente por el follaje de las malezas gramíneas anuales y translocado a los puntos de crecimiento, donde inhibe la enzima Acetil CoA carboxilasa (ACCase) (Plaza *et al.*, 2010).

No realizar un control de malezas o no lograr un control de malezas efectivo puede llegar a impactar significativamente el rendimiento del cultivo. Se ha reportado que por cada 10 plantas de ballica m<sup>-2</sup>, se produce una pérdida de entre 140 y 200 kg ha<sup>-1</sup> de trigo (Pedreros, 2001). Adicional a estas pérdidas productivas, las plantas que llegan a fin de temporada dificultan la cosecha y contaminan la producción de grano del cultivo (León, 2019).

Dado estos antecedentes, el objetivo de esta investigación fue demostrar el efecto de los herbicidas Pendimetalin y Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican, tanto en pre como post emergencia, con y sin Pinoxaden, sobre el control *Lolium multiflorum* (*Lolium perenne* spp. *multiflorum*) en un cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) y su efecto en el rendimiento, en la precordillera de Ñuble.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación**

La investigación se llevó a cabo en el predio Santa Inés en Yungay, Provincia de Diguillín, Región de Ñuble, ubicado en las coordenadas 37°07'37.0"S 71°55'35.3"W.

## **Clima**

La comuna presenta dos climas predominantes. El primero corresponde al clima templado cálido, con lluvias invernales, y el segundo se hace presente hacia el sector precordillerano con características templado cálido lluvioso con influencia mediterránea.

El sector del llano central, donde se encuentra la comuna, presenta un clima mediterráneo que se caracteriza por veranos secos e inviernos lluviosos con una pluviometría anual de 1500 a 2000 mm (Stolpe, 2006).

## **Características del suelo**

De acuerdo con la ubicación del estudio el suelo corresponde a la serie Santa Bárbara, orden Andisol, con texturas franco limosa a franco arcillo limosa, profundidad del suelo superior a 120 cm, bien drenados, pH en los rangos de 5,6 a 6,8; porcentaje de materia orgánica alta. Su topografía es ligeramente ondulada (Stolpe, 2006).

## **Establecimiento del cultivo**

Previo a la siembra se quemó el rastrojo de avena en el mes de abril, con posterioridad se aplicó Glifosato (equivalente a 4 L ha<sup>-1</sup> de i.a.) como barbecho químico y a los 10 días de aplicado Glifosato se pasó una rastra de discos. La semilla se desinfectó con Tiofanato metilo + Piraclostrobina + Triticonazol (Real Top®). Se sembró la variedad Pandora en dosis de 250 kg ha<sup>-1</sup> con una sembradora cero labranza marca Kuhn modelo 2217/19, en el mes de julio de 2019, a una distancia entre hilera de 17 cm y a una profundidad de 4 cm.

Los tratamientos aplicados se indican en la Tabla 1 y la selección de herbicidas empleados en el presente ensayo se efectuó con base en la predominancia de las malezas en esta zona, donde *Lolium* spp. representa porcentajes superiores al 95 %. Todos los tratamientos se aplicaron con bomba accionada por CO<sub>2</sub> y con el equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup> de agua. Los de pre emergencia se aplicaron el 27 de julio de 2019 y los complementos de post emergencia se aplicaron el 24 de agosto de 2019.

## **Establecimiento del ensayo**

El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, en parcelas

de 5 m x 2 m para cada unidad experimental con 4 repeticiones por tratamiento, los que correspondieron a distintas aplicaciones de herbicidas y mezclas de herbicidas, los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de herbicidas aplicados en siembra de trigo en zona de precordillera de Ñuble 2019-2020.

Tratamientos	Dosis kg o L ha <sup>-1</sup> del producto comercial	Aplicación
1. Testigo	-----	-----
2. Pendimetalin	3,0	PRE
3. Pendimetalin y Pinoxaden	3,0 y 1,2	PRE y POST
4. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican	0,8	PRE
5. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican y Pinoxaden	0,8 y 1,2	PRE y POST
6. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican	0,8	POST
7. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican y Pinoxaden	0,8 y 1,2	POST y POST

Ingredientes activos (Nombres comerciales): Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican: (Bacara Forte 360 SC); Pinoxaden: (Axial 050 EC); Pendimetalin (Pendimetalin 330 EC). PRE: Aplicación de herbicida en pre-emergencia del cultivo; POST: Aplicación de herbicida en post-emergencia del cultivo.

## Evaluaciones

**Densidad y materia seca de malezas.** Se utilizó un cuadrante de 0,5 x 0,5 m para hacer un conteo de malezas presentes en cada tratamiento. Para la medición de la densidad de la ballica en estado de macolla, no se extrajo la planta para evitar afectar el rendimiento del cultivo, pero se extrajo el cuadrante cercano al período de cosecha. La evaluación de densidad se realizó 15 días después de siembra.

**Densidad de trigo.** Se midió la población de trigo al momento de cosecha, empleando un cuadrante de 0,5 x 0,5 m desde el borde de cada parcela.

**Rendimiento y componentes del rendimiento.** Se evaluaron 2 m<sup>2</sup> del centro de

cada parcela y los componentes se midieron en un cuadrante de 0,5 x 0,5 m, con lo cual se determinó el promedio de granos por espiga y el peso de mil granos.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) previo a la comprobación de los supuestos de normalidad de errores con el test de Shapiro-Wilks modificado y de homogeneidad la prueba de Levene. Las variables que presentaron diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ ) se les realizó una prueba de comparación de medias, con el test de DMS de Fisher a un nivel de confianza del 95 %. Los datos de malezas no consiguieron cumplir con el supuesto de homogeneidad de varianzas por lo que se transformaron mediante  $\log(n+1)$  para conseguir varianzas homogéneas. Los análisis se realizaron con el programa estadístico INFOSTAT® (Balzarini *et al.*, 2008).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Efecto en las malezas**

**Caracterización de malezas.** Se realizó un conteo de malezas en macolla, donde la mayor población de malezas encontrada correspondió a *Lolium spp, multiflorum*, siendo alrededor de un 99 %. Se encontró solo un ejemplar de *Raphanus raphanistrum* en un solo cuadrante, que no fue considerado significativo.

**Densidad de malezas a macolla.** Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los tratamientos, al comparar el testigo sin control de malezas con los tratamientos herbicidas aplicados en este ensayo a excepción Flufenacet + Flurtamona+ Diflufenican PRE con Pinoxaden y Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST. El herbicida que mostró la mayor disminución porcentual de la población de malezas fue Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST complementado con Pinoxaden, reduciéndola un 89 % al compararse con el testigo sin control, aunque, observar la Tabla 2, se ve que solo es diferente al testigo.

**Materia seca de malezas a cosecha.** Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en el modelo, al comparar el tratamiento testigo sin control con los herbicidas aplicados. Todos los tratamientos disminuyeron de manera significativa la materia

seca de malezas a la cosecha, al compararse con el testigo sin control de malezas, sin embargo, que los tratamientos herbicidas no fueron diferentes entre sí.

Se debe resaltar que el promedio de disminución de la materia seca de malezas producida por los seis tratamientos herbicidas fue de alrededor del 72 % al compararse con el testigo sin control, alcanzándose la mayor disminución con Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican aplicado en post-emergencia, lo cual alcanzó un 78,3 % (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de tratamientos herbicidas aplicados a trigo cv Pandora en la densidad de malezas a macolla y materia seca a la cosecha del cultivo. Yungay 2019-2020.

Tratamientos	Población	Materia
	(pl m <sup>-2</sup> ) A macolla	seca (g m <sup>-2</sup> ) A cosecha
1. Testigo	528 a	622,8 a
2. Pendimetalin pre	64 b	164,2 b
3. Pendimetalin pre y Pinoxaden	64 b	208,4 b
4. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Pre	102 b	198,6 b
5. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Pre y Pinoxaden	156 ab	189,0 b
6. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Post	124 ab	135,1 b
7. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Post y Pinoxaden	56 b	145,9 b
Coeficiente de variación (%)	15,4	19,0

Letras iguales en cada columna no presentan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Datos transformados a  $\log_{(n+1)}$  para estabilizar varianzas, se presentan valores originales. Pre: Aplicación de herbicida en pre-emergencia del cultivo; Post: Aplicación de herbicida en post-emergencia del cultivo.

Aparentemente, el mejor resultado de control, en las condiciones de este ensayo que tuvo a ballica como maleza casi exclusiva, fue el uso de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican aplicado en POST con o sin complemento de Pinoxaden, ya que la disminución de biomasa fue en promedio del 77 % respecto al tratamiento sin control de malezas.

Dentro de los factores químicos que influyen en la efectividad del control de malezas, además de que la maleza pertenezca al objetivo de control y que el herbicida sea selectivo para la maleza, es fundamental considerar el mecanismo de acción de cada herbicida. Como modo de acción de herbicidas se entiende la acción específica (proceso o secuencia de eventos) que se ven afectado por el herbicida y que produce la muerte de la planta (Anzalone, 2007). Se recomienda, como norma, utilizar herbicidas de distintos mecanismos de acción entre cada temporada agrícola (León, 2019).

Por otra parte, las variables climáticas influyen directamente en la efectividad del control de la maleza, ya que adecuadas condiciones climáticas, permiten que las malezas mueran en forma rápida; además, el clima está involucrado en la degradación de los herbicidas, la que incrementa cuando aumentan la temperatura y humedad, debido a que influyen tanto en las tasas de degradación química como microbiana (Portal Frutícola, 2017). Las condiciones de campo, además, deben incluir un suelo mullido y con condiciones de humedad superficial y con al menos un 40 % de la superficie de suelo libre de rastros (León, 2019).

La ballica es la principal maleza que afecta el cultivo de trigo en la zona de la precordillera andina en la región de Ñuble. Según Pedreros (2001), 10 plantas  $m^{-2}$  redujeron el rendimiento de trigo en  $0,14 t ha^{-1}$  (1,6 %) y  $0,20 t ha^{-1}$  (1,3 %) en el valle regado y precordillera, respectivamente. Una densidad de 50 plantas  $m^{-2}$  disminuyó en  $1,0 t ha^{-1}$  la producción de trigo en la precordillera, mientras que 80 plantas  $m^{-2}$  de ballica disminuyó  $1,18 t ha^{-1}$  en el valle regado. León (2019), indica que, en muchas situaciones, estas malezas generan pérdidas en el rendimiento superiores al 20 %, pudiendo llegar al 100 %, señalando que la falta de diversidad en las herramientas de control, sumado a una rotación poco variada, han producido las condiciones para que las malezas gramíneas sean predominantes

en este sistema productivo, sumado al manejo de rastrojos que potencia esta situación.

En el presente ensayo, el herbicida Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican (PRE y POST) demostró tener alta eficacia en el control de malezas, aunque ha sido reportado que es más eficaz aplicado en pre-emergencia (Mora, 2014). A pesar de esto, bajo las condiciones de este ensayo, se podría inferir que la aplicación de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican aplicado en PRE o en POST emergencia, y cuando se complementó con Pinoxaden en post-emergencia, tuvieron un mejor comportamiento, en especial en lo que se refiere a disminución de la biomasa de malezas, ya que fueron los tratamientos con mayor disminución de biomasa al momento de evaluar en una etapa cercana a la cosecha del trigo. Esto indica claramente que los resultados observados son fuertemente influidos por el clima y no siempre se pueden generalizar, en especial en zonas donde existen grandes poblaciones de alguna especie en particular, como la precordillera andina, donde *Lolium* spp, es predominante desplazando incluso a otras especies de maleza. En este caso, los mejores tratamientos presentaron más de un 80 % de control en densidad y más de un 75 % de disminución de biomasa de malezas respecto al testigo sin herbicida, por lo que la mayoría se consideran eficientes para el control de malezas en las condiciones del presente ensayo.

Con Pinoxaden, debido a sus características de post-emergente, se hubiese esperado un efecto sinérgico que potenciara el control de las malezas; sin embargo, en este caso no fue claro, es posible que esto se deba a que la cantidad de malezas gramíneas emergidas al momento de su aplicación era baja, lo que indicaría una necesidad de aplicación en caso de haber nuevas plantas emergidas, situación que sucede en precordillera en caso de precipitaciones tardías.

El herbicida Pendimetalin, que ingresó recientemente al mercado como alternativa para el control de gramíneas en trigo, y que presenta un mecanismo de acción diferente a los otros productos utilizados, que corresponde a inhibidor de ensamblaje de los microtúbulos en el proceso de división celular, se habría esperado que produjera mejores efectos sobre el control de la maleza, sin

embargo, no se obtuvo dicho resultado en las condiciones del presente ensayo.

Díaz y Contreras (2020) evaluaron el efecto de alternativas para control de ballica en trigo, utilizando como pre emergente Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican, como post emergente Prosulfocarb + Metolaclo, y también en aplicación de pre con post-emergente. Sus resultados indican que se logró un máximo de control cercano a un 65 % del peso seco de ballica respecto al testigo (solo con aplicación de pre-emergente), contrastando con un 74 % (solo con aplicación de pre-emergente), y un máximo de 78 % de disminución de maleza en el presente ensayo (solo con aplicación de post-emergente). Además, se observó que la aplicación de preemergencia en conjunto con un post emergente redujo hasta un 98 % de malezas, en comparación con la reducción de 70 % obtenida en la presente investigación. A partir de este resultado, Díaz y Contreras (2020), observaron que al emplear ambos tratamientos aumentó el efecto de control de malezas, no coincidiendo con los resultados de este ensayo, ya que el mejor control se obtuvo con un herbicida de post-emergencia individual y, además, dos de los tres mejores tratamientos correspondieron a herbicidas aplicados de este mismo modo.

Respecto a la población de malezas, los tratamientos que mostraron efectos en el control de malezas fueron Pendimetalin PRE; Pendimetalin PRE y Pinoxaden; Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST con Pinoxaden; Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican PRE; donde los primeros 3 mostraron valores entre 56 y 64 plantas  $m^{-2}$ , sin embargo, estos mismos valores correspondieron a la mayor cantidad de materia seca de malezas, mientras que en los tratamientos que mostraron mayor población de malezas se observó una menor materia seca. Esto podría sugerir que, en la baja densidad, pero alta materia seca, correspondió a plantas que no fueron controladas desde el inicio por lo que produjeron gran biomasa mientras que, por otro lado, menos biomasa con alta población, puede tratarse de plantas emergidas después de un control efectivo, por lo que no lograron un gran desarrollo. A esto se debe considerar que la materia seca de malezas se puede correlacionar con el nivel de sombreado que puede producir el mismo cultivo ya más desarrollado y, por

tanto, el grado de intercepción de luz, en este caso coincidiendo la menor materia seca de malezas con el mayor rendimiento del cultivo (Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican de POST).

### **Efecto en el cultivo**

**Espigas por m<sup>2</sup>.** Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos, donde el mayor número de espigas se obtuvo con el tratamiento Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican PRE (604 espigas m<sup>-2</sup>) aumentando en un 18% la cantidad de espigas por m<sup>2</sup> en comparación al tratamiento testigo, pero no fue diferente al tratamiento Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican PRE complementado con Pinoxaden. Por otra parte, el menor número de espigas se obtuvo con el tratamiento testigo (509 espigas m<sup>-2</sup>), aunque no fue diferente a los tratamientos Pendimetalin PRE con y sin Pinoxaden, y Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST complementado con Pinoxaden (Tabla 3).

**Granos por espiga.** Todos los tratamientos herbicidas aumentaron de forma significativa el número de granos por espiga ( $P \leq 0,05$ ), al compararse con el testigo sin control de malezas. Así, el menor número de granos por espiga lo presentó el tratamiento testigo sin control (33 granos por espiga); mientras que el mayor número se obtuvo con el tratamiento Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST (42 granos por espiga), que corresponde a un 27% más que el tratamiento testigo; sin embargo, no difirió significativamente de Pendimetalin PRE, Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican PRE, y Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST con Pinoxaden (Tabla 3).

**Peso de mil granos.** Se encontraron diferencias significativas en el modelo ( $P \leq 0,05$ ). Los tratamientos que tuvieron mayor peso de granos fueron Pendimetalin PRE complementado con Pinoxaden y Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST seguido o no de Pinoxaden, que fueron significativamente mayor que el testigo sin control de malezas. El menor peso de mil granos se obtuvo en el tratamiento testigo, que no fue diferente al peso obtenido por los tratamientos Pendimetalin de pre y de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican de PRE complementado o no con el post-emergente Pinoxaden, tal como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Efecto de tratamientos herbicidas en los componentes del rendimiento de trigo cv Pandora. Yungay 2019-2020.

Tratamientos	Espigas por m <sup>2</sup>	Granos por espiga	Peso mil granos (g)
1. Testigo	509 d	33 c	41,0 c
2. Pendimetalin pre	535 cd	40 ab	43,5 abc
3. Pendimetalin pre y Pinoxaden	542 bcd	37 b	45,8 ab
4. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Pre	604 a	39 ab	43,0 bc
5. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Pre y Pinoxaden	582 ab	38 b	44,0 abc
6. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Post	558 bc	42 a	45,5 ab
7. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Post y Pinoxaden	550 bcd	40 ab	46,0 a
Coeficiente de variación (%)	5,23	6,55	1,09

Letras iguales en cada columna no presentan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Pre: Aplicación de herbicida en pre-emergencia del cultivo; Post: Aplicación de herbicida en post-emergencia del cultivo.

**Altura trigo (cm).** No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en altura de plantas de trigo, entre los tratamientos como efecto de controlar o no controlar malezas en las condiciones de este ensayo. Así, se puede decir que la presencia o ausencia de malezas no influyó en el crecimiento de las plantas (Tabla 4). En contraste con lo citado por Meena *et al.*, (2017), donde evaluaron 15 tratamientos que incluyeron herbicidas con el mismo mecanismo de acción utilizado en el presente estudio y obtuvieron un incremento significativo la altura de plantas de todos los tratamientos respecto al testigo, ya sea aplicados de forma individual o en combinación.

**Rendimiento t ha<sup>-1</sup>.** Los tratamientos produjeron efectos en el rendimiento del

cultivo de trigo ( $P \leq 0,05$ ), donde todos los herbicidas aumentaron de manera significativa el rendimiento en relación al testigo sin control que obtuvo  $5,71 \text{ t ha}^{-1}$ . Los mayores aumentos fueron con los tratamientos que incluyeron Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican aplicados de PRE o POST y con o sin Pinoxaden, aunque la aplicación de PRE seguido de Pinoxaden tampoco fue diferente a Pendimetalin seguido de Pinoxaden. Así, los mayores rendimientos obtenidos en las condiciones de este ensayo fueron Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican POST ( $11,03 \text{ t ha}^{-1}$ ), seguido de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican PRE ( $10,79 \text{ t ha}^{-1}$ ) que significaron un aumento del 92,4 % y 88,3 % respectivamente, al compararse con el testigo sin control. El complemento con Pinoxaden, en las condiciones de este ensayo, solo mejoró algo a Pendimetalin aplicado de PRE (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de tratamientos herbicidas en rendimiento y altura de trigo cv Pandora. Yungay 2019-2020.

Tratamientos	Rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ )	Altura trigo (cm)
1. Testigo	5,73 d	77,0 a
2. Pendimetalin pre	8,08 c	74,5 a
3. Pendimetalin pre y Pinoxaden	8,90 bc	79,0 a
4. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Pre	10,78 a	74,3 a
5. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Pre y Pinoxaden	9,60 ab	78,0 a
6. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Post	11,03 a	78,3 a
7. Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican Post y Pinoxaden	10,75 a	74,0 a
Coefficiente de variación (%)	10,9	4,9

Letras iguales en cada columna no presentan diferencias ( $P > 0,05$ ). Pre: Aplicación de herbicida en pre-emergencia del cultivo; Post: Aplicación de herbicida en post-emergencia del cultivo.

La fenología del cultivo se define como la secuencia de etapas de desarrollo, controlada por factores genéticos, agronómicos y ambientales, que determinan los cambios morfológicos y funcionales de la planta y que conducen al crecimiento y desarrollo del cultivo donde se pueden identificar tres grandes etapas o periodos: vegetativo, reproductivo y de maduración. Esto se expresa en la acumulación de biomasa y en la formación de los componentes del rendimiento que determinarán el rendimiento final. La formación de cada uno de estos componentes ocurre en diferentes momentos del ciclo de vida de la planta de trigo, de manera secuencial, siendo importante optimizar la expresión de cada uno de ellos desde el inicio, ya que todos están relacionados entre sí y cualquier efecto adverso sobre alguno de ellos producirá efectos negativos sobre el rendimiento final. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, la planta de trigo puede compensar el efecto negativo sobre un componente incrementando la expresión en alguno de los otros componentes. Así, en el desarrollo del trigo, el rendimiento está determinado por la interacción del número de espigas  $m^{-2}$ , número de granos por espiga y peso de los granos (Campillo, 2015).

Según Wani *et al.*, (2011), la competencia por los requerimientos para el crecimiento entre la maleza y el cultivo se ve afectada por el proceso de fotosíntesis y reduce las posibilidades de supervivencia de los macollos y su llegada a la etapa de formación de espigas, donde los macollos que no llegan a esta etapa pueden no tener la oportunidad de crecer y, por lo tanto, no se produce el espigado, viéndose reducido el número de espigas, como debiera suceder con el tratamiento testigo. El aumento del número de espigas por  $m^2$  obtenidos concuerda con lo demostrado por Olson *et al.*, (2000) y Shati (2008), donde el control químico de las malezas de trigo resultó en un aumento en el número de espigas por unidad de área.

Por otra parte, el número de granos por unidad de superficie, que proviene del número de espigas por superficie y del número de granos por espiga, es la variable que mayormente explica el rendimiento del trigo, y es el resultado de la tasa de crecimiento del cultivo desde la formación de macollas hasta después de floración, momento en el cual ocurre el crecimiento de las espigas. Esto se define como el período crítico del cultivo para la determinación de rendimiento (Fischer,

1985), que es el período que debería estar sin malezas. El período final que determina los granos por espiga comienza alrededor de 15 días antes y termina alrededor de 15 días después del espigado (Divito y García, 2017). Para que dicha tasa sea máxima, se requiere que las hojas intercepten un 90 - 95 % de la radiación y que la conviertan en biomasa con la mayor eficiencia posible. Durante la fase crítica, alta materia seca antes de la expulsión de la espiga aumenta el número de granos por espiga. Por esto, además de tener hojas vigorosas y sanas, es necesario que no haya interferencias durante el llenado de grano (acumulación de carbohidratos). El uso de herbicidas temprano sumado a una adecuada población inicial del cereal, brindan un ambiente adecuado para que las plantas de cultivo crezcan y no compitan por los nutrientes para su crecimiento, lo que permite dirigir la mayor parte de los compuestos disponibles a la composición del grano. Así, se puede aumentar el período de determinación del número de granos y del llenado del grano al permitir mayor cantidad de nutrientes asimilables disponibles (Al-Lami, 2004).

Además, otros factores influyen en el número de granos por espiga, tales como la fertilización en las distintas etapas de desarrollo del cultivo, la variedad de trigo, control de enfermedades durante la floración, condiciones climáticas durante la floración, y temperatura y horas de luz antes de la espiga terminal (Yara, 2023).

En esta investigación, todos los tratamientos permitieron incrementar el número de granos por espiga al compararse con el testigo, demostrando la importancia de disminuir la presencia de malezas en la determinación de este componente de rendimiento.

En relación con el peso de mil granos (PMG), se define durante el llenado de los granos y está sujeto a las condiciones y tasa de crecimiento del cultivo, y duración de ese período que dependerá del clima y manejo. El período de determinación del peso de mil granos comienza en espigado y dura en promedio 35 días en cultivos sin limitaciones hídricas (Divito y García, 2017). Además, depende del balance entre dos factores: los carbohidratos producidos por el cultivo antes y durante el llenado del grano (“fuente”), y la capacidad de los granos (“destinos”) para almacenarlos. Se puede considerar al PMG como el

producto entre el peso del grano potencial (peso que puede alcanzar un grano sin competencia por carbohidratos para su llenado) y el grado de limitación por destinos (Abbate *et al.*, 2005).

Los resultados de este ensayo, indican que la mezcla Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican de pre emergencia, no fue capaz de controlar malezas durante el período de tiempo suficiente como para evitar pérdida de PMG; sin embargo, aplicado de postemergencia, tuvo mejor comportamiento en el largo plazo del cultivo; de hecho aplicado de POST tuvo un mejor peso de los granos, al igual que Pendimetalin complementado con Pinoxaden, que en promedio disminuyeron un 26 % la materia seca de malezas cercano a cosecha al compararse con la aplicación en PRE (Tabla 2).

Los resultados de este ensayo, indican que la mezcla Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican de pre emergencia, no fue capaz de controlar malezas el suficiente tiempo como para evitar pérdida de PMG; sin embargo, aplicado de postemergencia, tuvo mejor comportamiento en el largo plazo del cultivo; de hecho aplicado de POST tuvo un mejor peso de los granos, al igual que Pendimetalin complementado con Pinoxaden, que en promedio disminuyeron un 26 % la materia seca de malezas cercano a cosecha al compararse con la aplicación en PRE (Tabla 2).

De un análisis más detallado de los datos se puede desprender que, al aplicar Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican en pre emergencia, se obtuvo un mayor número de espigas  $m^{-2}$  en comparación con la aplicación en post emergencia (604 y 558, respectivamente), sin embargo, en post-emergencia produjo mayor número de granos por espiga y mayor peso de mil granos, compensando esta diferencia y superando en rendimiento final a la aplicación en pre-emergencia, aunque no significativamente (10,78 y 11,03  $t\ ha^{-1}$ ).

La altura de planta, por otra parte, es una característica que otorga mayor capacidad de competencia al cultivo por sobre la maleza al permitirle mayor exposición a la luz y menos sombreamiento, favoreciendo la fotosíntesis y, por lo tanto, la asimilación de nutrientes para el desarrollo del cultivo que le permiten acumular los requerimientos suficientes para producirse el espigado (Wani *et al.*, 2011). Aun considerando este aspecto, estudios han mostrado que la altura puede

tener una correlación tanto positiva como negativa, o incluso no significativa con el rendimiento del grano, evidenciando un comportamiento variable en la incidencia sobre el rendimiento (Shahid *et al.*, 2002; Khaliq *et al.*, 2004; Verma *et al.*, 2019). Por este motivo, la altura es considerada como un componente secundario, ya que ejerce su efecto sobre el rendimiento a través de los componentes principales (Barriga, 1974a). Además, el aspecto relevante en el cultivo de trigo radica en el índice de cosecha que corresponde al grano, puede llegar hasta un 51 % de la biomasa total, mientras que el resto corresponde a paja, capotillo, y hojas y brotes muertos (Agriculture and Horticulture Development Board, 2021); aunque en Chile se ha determinado hasta 49% (Barriga, 1974b).

Shivran *et al.*, (2020), reportaron en su estudio que todos los tratamientos herbicidas para el control de malezas aumentaron significativamente la altura de las plantas de cultivo en comparación con el control sin herbicida, produciendo un aumento del 12,7 y 12,5 % en la altura de la planta en el momento de la cosecha, lo cual no coincide con los tratamientos de este estudio, ya que no hubo diferencias significativas con el control. En otro estudio, se ha reportado que existen herbicidas que producen efecto fitotóxico en la planta, disminuyendo la altura de planta, Ali *et al.*, (2004) demostraron que los tratamientos herbicidas Metribuzina e Isoproturon + Diflufenican produjeron plantas más pequeñas que pudo deberse a su efecto fitotóxico en el cultivo de trigo. Aquí, la diferencia no fue significativa lo que demuestra que no hubo efecto de los tratamientos en la altura de plantas a la cosecha, lo que indicaría que ni las malezas ni los herbicidas influyeron en esta variable.

Para obtener el mayor rendimiento posible, se requiere de una adecuada disponibilidad de nutrientes. La competencia por recursos en general y nutrientes en particular, es considerada una de las limitantes de la producción en situaciones de interferencia trigo - maleza. El cultivo de trigo ha mostrado pérdidas mayores del 50 % en rendimiento en grano por efecto de competencia por N y una reducción similar en la producción de biomasa aérea total, producto de la interferencia con malezas (Patrouilleau, 2018). Por otra parte, Pedreros (2004), evaluó el efecto de diferentes alternativas de control de malezas en el rendimiento de trigo en el área de la precordillera andina de las regiones del Maule y del Biobío, donde obtuvo

rendimientos de 6,3 t ha<sup>-1</sup> con control de gramíneas, y 4,2 t ha<sup>-1</sup> en el tratamiento sin control de gramíneas, es decir, solo controlar gramíneas incrementó el rendimiento en un 50 %.

Dado los resultados observados, en las condiciones específicas en que se llevó a cabo el ensayo, el herbicida que produjo mejores resultados en el rendimiento del cultivo fue la mezcla comercial de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican, que significó aumentos de rendimiento de un 77 % aplicado de pre-emergencia y de un 90 % aplicados de post-emergencia, como promedio con o sin Pinoxaden. Por otra parte, el uso del post-emergente Pinoxaden no produjo efectos significativos en los tratamientos donde se utilizó, y fue buen complemento solo para Pendimetalin. La diferencia de rendimientos producida por el uso de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican respecto a Pendimetalin, pudo deberse a que, al ser un herbicida compuesto por tres ingredientes activos, actúan con diferentes modos y mecanismos de acción por lo que es esperable un mejor control; sin embargo, no se observaron diferencias entre los tratamientos con Pendimetalin y Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican PRE seguidos de Pinoxaden. A pesar de que Pendimetalin solo, no fue comparable a las mezclas seguidas de Pinoxaden o la mezcla aplicada de POST, incrementó el rendimiento en más de un 40 % respecto a la ausencia de control.

## **CONCLUSIONES**

- El herbicida Pendimetalín produjo efectos significativos tanto en control de malezas como en el rendimiento del trigo.
- Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican produjo efectos significativos en el control de malezas al ser aplicado en postemergencia y complementado con Pinoxaden.
- Se observó un incremento significativo en el rendimiento del cultivo con Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican aplicado en pre y post emergencia en mezcla o por sí solo.
- Se necesitan más estudios de la combinación de Flufenacet + Flurtamona + Diflufenican en la precordillera de Ñuble, ya que es una zona altamente afectada por ballica (*Lolium multiflorum*).

## REFERENCIAS

1. Abbate, P.E., L. Lázaro, A.A. Montenegro, J.H. Bariffi and F. Gutheim. 2005. Potential yield of argentine vs. foreign wheat cultivars. In: H.T. Buck, J.E. Nisi and N. Salomón (Eds.). 7° Intenational Wheat Conference. 27 november 27-december 2. Mar del Plata, Argentina.
2. Agriculture and Horticulture Development Board. 2021. The main components of yield in wheat. [en línea]. Agriculture and Horticulture Development Board, UK. <<https://ahdb.org.uk/knowledge-library/the-main-components-of-yield-in-wheat#:~:text=Grain%20yield%20is%20the%20product,ear%20and%20individual%20grain%20weight>>. [Consulta: 28 junio 2023].
3. Ali, M., S. Sabir, Q. Mohy-ud-Din and M. Ali. 2004. Efficacy and economics of different herbicides against narrow leaved weeds in wheat. *Int. J. Agric. Biol.* 6(4): 647-651.
4. Anzalone, A. 2007. *Herbicidas: Modo y mecanismo de acción en plantas.* Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.
5. Appleby, A.P. 1987. Weed control in wheat. pp: 396-401. In: E.G. Heyne (Ed.). *Wheat and wheat improvements.* American Society of Agronomy. Wisconsin, USA.
6. Balzarini, M.G., L.A. Gonzalez, E.M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo y C.W. Robledo. 2008. *InfoStat: software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008.* Córdoba, Argentina. <<http://www.infostat.com.ar>> [Consulta 12 marzo 2022].
7. Barriga, P. 1974a. Análisis de causa y efecto para rendimiento y componentes del rendimiento en trigo de primavera. *Agro Sur* 2(1): 1-5.
8. Barriga, B.P. 1974b. Índice de cosecha en trigo de primavera. *Agro Sur* 2(1):17-20.
9. Campillo, R. 2015. *Gestión del N en la productividad y calidad del cultivo de trigo. Ficha Técnica N°1.* INIA Carillanca. Temuco, Chile.
10. Chaquilla-Quilca, G., R.R. Balandrán-Quintana, A.M. Mendoza-Wilson y J.N. Mercado-Ruiz. 2018. Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *CienciaUAT* 12(2): 137-147.
11. De la Vega, M. 2013. Resistencia de malezas a herbicidas [en línea]. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, Argentina. <<https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12>>

\_005.pdf>. [Consulta: 25 mayo 2023].

12. Díaz, J. y G. Contreras. 2020. Ballica, principal maleza gramínea invasora de cultivos anuales. Serie Tierra Adentro N°113. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.
13. Díaz, J. 2022. Principales características y factores de riesgo asociados al uso de herbicidas residuales. Informativo INIA Carillanca N°174. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile.
14. Diez, M., R. Barra y G. Vidal. 2021. Dos caras de los plaguicidas [en línea]. CIPER, Chile. <[https://www.ciperchile.cl/2021/09/21/dos-caras-de-los-plaguicidas/#:~:text=En%20Chile%2C%20el%20uso%20de,Ganadero%20\(SAG%2C%202019\)>](https://www.ciperchile.cl/2021/09/21/dos-caras-de-los-plaguicidas/#:~:text=En%20Chile%2C%20el%20uso%20de,Ganadero%20(SAG%2C%202019)>)>. [Consulta: 02 junio 2023].
15. Divito, G. y F. García. 2017. Manual del cultivo de trigo. International Plant Nutrition Institute. Argentina.
16. Espinoza, N y J. Díaz. 2005. Situación de la resistencia de malezas a herbicidas en cultivos anuales en Chile. Seminario Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y cultivos Transgénicos. 6-8 diciembre, 2005. INIA-FAO, Facultad de Agronomía Universidad de la República. Colonia, Uruguay.
17. Fischer, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. 105(2): 447-461.
18. Heap, I. 2023. The international herbicide-resistant weed database. [en línea]. WeedScience. <<http://www.weedscience.org/Home.aspx>>. [Consulta 02 junio 2023].
19. Khaliq, I., N. Parveen and M. Aslam. 2004. Correlation and path coefficient analyses in bread wheat. Int. J. Agri. Biol. 6(4): 633-635.
20. León, L.G. 2019. Manejo integrado de malezas gramíneas en trigo en la precordillera de Ñuble. Informativo INIA Quilamapu N°144. Chillán, Chile.
21. Meena, V., M.K. Kaushik, A. Verma, B. Upadhyay, S. Meena and J. Prakash Bhimwal. 2017. Effect of herbicide and their combinations on growth and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) under late sown condition. Int. J. Chem. Sci. 5(6): 1512-1516.
22. Mora, M. 2014. Resistencia de calabacillo (*Silene gallica* L.) a herbicidas

inhibidores de la enzima ALS en el sur de Chile. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Temuco, Chile.

23. Olson, B.L.S., K. Al-Khatib, P. Stahlman and P.J. Isakson. 2000. Efficacy and metabolism of MON 37500 in *Triticum aestivum* and weedy grass species as affected by temperature and soil moisture. *Weed Sci.* 48 (5): 541-548.
24. Patrouilleau, S. 2018. Interferencia Trigo-*Lolium perenne*: evaluación de estrategias de fertilización nitrogenada como práctica de manejo integrado de malezas. Trabajo Final Carrera, Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Buenos Aires, Argentina.
25. Pedreros, A. 2001. Efecto de avenilla (*Avena fatua* L.) y ballica (*Lolium multiflorum* Lam.) en el rendimiento de trigo en dos áreas agroecológicas. *Agricultura Técnica* 61(3): 294-305.
26. Pedreros, L. 2004. Malezas en producción de trigo. En M. Mellado. Boletín de trigo. Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. INIA Quilamapu. Chillán, Chile.
27. Pedreros, A. 2021. Manejo de malezas en producción con base agroecológica. pp: 249-265. En: M.C. Céspedes y S. Vargas (Eds.). *Agroecología: fundamentos y técnicas de producción y experiencia en la región de Los Ríos*. INIA Remehue. Osorno, Chile.
28. Plaza, F., J.M. Cantus., E. Ansedo, L. Iniesta y A. Gorrochategui. 2010. Pinoxaden, una nueva herramienta para el control de gramíneas en el cereal. pp: 67-69. *Revista N°222 Phytoma*. Valencia, España.
29. Portal Frutícola. 2017. Procesos y factores que condicionan el comportamiento de los plaguicidas en el suelo [en línea]. Portal Frutícola, Chile. <<https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/12/19/procesos-y-factores-que-condicionan-el-comportamiento-de-los-plaguicidas-en-el-suelo/>>. [Consulta: 21 junio 2023].
30. Resolución Exenta N° 7201/2015. Autoriza renovación del plaguicida Pendimetalin 33% EC. Documento Electrónico. 17 septiembre 2015. Santiago, Chile.
31. Shahid, M., F. Mohammad and M. Tahir. 2002. Path coefficient analysis in wheat. *Sarhad J. Agric.* 18(4): 383-388.

32. Shati, R.K. 2008. Effect of irrigation quantities and herbicides on the growth and productivity of bread wheat and water efficiency. *J. Agric. Sci.* 39(3): 34-47.
33. Shivran. A.C., Sarita, J. Choudhary and J.S. Bamboriya. 2020. Effect of different herbicides on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9(4): 438-448.
34. Stolpe, N. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII región de Chile. Universidad de Concepción, Departamento de Suelos y Recursos Naturales. Chillán, Chile.
35. Taberner, A., A. Cirujeda y C. Zaragoza. 2007. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. 100 preguntas sobre resistencias. FAO. Roma, Italia.
36. Torra, J., J.M. Montull, I.M. Calha, M.D. Osuna, J. Portugal and R. de Prado. 2022. Current status of herbicide resistance in the iberian peninsula: future trends and challenges. *Agronomy* 12(14): 929-946.
37. Verma, S.P., V.N. Pathak and O.P. Verma. 2019. Interrelationship between yield and its contributing traits in wheat (*Triticum aestivum* L). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 8(2): 3209-3215.
38. Wani, B.A., M. Ram, A. Yasin and E.Singh. 2011. Physiological traits in integration with yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L) study of their genetic variability and correlation. *Asian J. Agric. Res.* 5(3): 194-200.
39. Wuppertal. 2020. Pendimetalin 330 ec herbicida suelo activo o residual de baja volatilidad [en línea]. Química Wuppertal, Chile. <<https://wuppertal.cl/?product=pendimetalin-330-ec-herbicida-suelo-activo-o-residual-de-baja-volatilidad>>. [Consulta: 22 mayo 2023].
40. Yara. 2023. Aumentar el número de granos por espiga en trigo [en línea]. Yara, Chile. <<https://www.yara.cl/nutricion-vegetal/trigo/aumentar-numero-de-granos-por-espiga/>>. [Consulta: 25 mayo 2023].