

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA DE CINCO CULTIVARES DE CEBADA A LA INTERFERENCIA  
TEMPRANA DE RAIGRÁS (*LOLIUM MULTIFLORUM*)**

por

**Lucas Ismael PAYSAL RODRÍGUEZ**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**PAYSANDÚ**

**URUGUAY**

**2026**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia  
"Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**".



**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. (Mag.) Winnona Saracho

---

Ing. Agr. (Dra.) Juana Villalba

Tribunal:

---

Ing. Agr. (Mag.) Winnona Saracho

---

Ing. Agr. (Mag.) César Nicolas Fassana

---

Ing. Agr. Romina Britos

Fecha:

4 de mayo de 2026

Estudiante:

---

Lucas Ismael Paysal Rodríguez

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme fortaleza, salud y perseverancia para alcanzar esta meta.

A mi tutora y al equipo docente, por su orientación, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo.

A mi familia, por su apoyo incondicional, confianza y acompañamiento a lo largo de toda la carrera.

A mi compañera , por su paciencia, apoyo y compañía durante esta etapa.

A mis amigos y futuros colegas, por el compañerismo, el apoyo y los aprendizajes compartidos.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN</b> .....	3
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>LISTA DE TABLAS Y FIGURAS</b> .....	7
<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	11
2.1    Objetivo general .....	11
2.2    Objetivos específicos .....	11
<b>3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
3.1    Generalidades y biología agronómica de <i>Hordeum vulgare</i> Y <i>Lolium multiflorum</i>	12
3.1.1 <i>Hordeum vulgare</i> .....	12
3.1.2 <i>Lolium multiflorum</i> .....	12
3.2    Interferencia .....	14
3.3    Competencia .....	15
3.3.1    Habilidad competitiva .....	15
3.3.2    Habilidad competitiva de <i>Hordeum vulgare</i> .....	16
3.3.3    Habilidad competitiva de <i>Lolium multiflorum</i> .....	16
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
4.1    Experimento 1 .....	18
4.1.1    Diseño experimental y descripción de tratamientos .....	18
4.1.2    Descripción y metodología de instalación.....	19
4.1.3    Determinaciones .....	19
4.1.4    Análisis estadístico.....	19
4.2    Experimento 2 .....	21

4.2.1	Tratamientos .....	21
4.2.2	Diseño experimental.....	21
4.2.3	Instalación del experimento .....	21
4.2.4	Desarrollo y determinaciones del ensayo. ....	22
4.2.5	Análisis estadístico.....	22
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
5.1	Experimento 1 .....	24
5.2	Experimento 2 .....	24
5.2.1	Altura de plantas .....	24
5.2.2	Desarrollo foliar (índice HAUN).....	26
5.2.3	Resultados mediciones con SPAD .....	29
5.2.4	Biomasa aérea .....	31
6	CONCLUSIONES.....	34
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
8	ANEXOS .....	39

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Tabla 1</b> <i>Pruebas de efectos fijos (tipo iii) para la germinación de cebada a los 6 días posteriores a la siembra en placas de Petri.....</i>	24
<b>Figura 1</b> <i>Disposición de semillas de cebada y raigrás en placas de Petri .....</i>	19
<b>Figura 2</b> <i>Curvas de crecimiento de altura de cebada desde la siembra con y sin raigrás .....</i>	26
<b>Figura 3</b> <i>Curvas del índice Haun por cultivar.....</i>	27
<b>Figura 4</b> <i>Curvas del índice Haun en cebada con y sin raigrás.....</i>	28
<b>Figura 5</b> <i>Curvas del índice Haun por cultivar con y sin raigrás .....</i>	28
<b>Figura 6</b> <i>SPAD estimado por cultivar con y sin presencia de raigrás en cada fecha de muestreo.....</i>	30
<b>Figura 7</b> <i>Peso de parte aérea seca de cebada (g/planta) en presencia y ausencia de raigrás.....</i>	32
<b>Figura 8</b> <i>Peso de parte aérea seca de cebada (g/planta) para los distintos cultivares al final del periodo experimental.....</i>	33

## RESUMEN

La interferencia de malezas constituye una de las principales limitantes para la producción de cultivos de invierno, y entre ellas *Lolium multiflorum* se destaca por su elevada capacidad competitiva en cebada. El objetivo de este trabajo fue evaluar la interferencia competitiva entre cinco cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) y la maleza raigrás (*Lolium multiflorum*) en etapas tempranas de crecimiento, mediante un experimento de germinación en placas de Petri y un ensayo de competencia interespecífica en condiciones semicontroladas. Los cultivares evaluados fueron INIA Arrayán, Fana, Danielle, Olimpia y Attika. En el experimento 1 se determinó el porcentaje de germinación de cebada en presencia y ausencia de raigrás. En el experimento 2 se registró la evolución del índice HAUN, la altura de las plantas y la biomasa aérea seca de cebada. Los resultados mostraron que la presencia de raigrás no afectó significativamente la germinación de cebada, ni se detectaron diferencias entre cultivares en esta variable. En cambio, en condiciones semicontroladas, la competencia con raigrás redujo la altura de las plantas a partir de los 25 días desde la siembra y disminuyó significativamente la biomasa aérea seca del cultivo. Se observaron diferencias entre cultivares en la acumulación de biomasa, destacándose Attika por presentar los mayores valores y Fana los menores. El índice HAUN mostró una evolución cuadrática explicada únicamente por el tiempo, sin efecto del cultivar, del raigrás ni de la interacción entre ambos. En síntesis, la interferencia de *Lolium multiflorum* sobre cebada se expresó principalmente en el crecimiento y la acumulación de biomasa, sin afectar la germinación ni el desarrollo foliar, y no se evidenciaron respuestas diferenciales claras entre cultivares frente a la competencia temprana.

*Palabras clave:* *Hordeum vulgare*, *Lolium multiflorum*, interferencia competitiva, biomasa aérea, índice HAUN

### ABSTRACT

Weed interference is one of the main problems in winter crops. Among weeds, *Lolium multiflorum* is an important species because it can compete strongly with barley. The objective of this work was to evaluate the competitive interference between five barley cultivars (*Hordeum vulgare*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*) during early growth stages. Two experiments were carried out: a germination test in Petri dishes and a competition experiment under semi-controlled conditions. The cultivars evaluated were INIA Arrayán, Fana, Danielle, Olimpia and Attika. In experiment 1, the germination percentage of barley was evaluated in the presence and absence of ryegrass. In experiment 2, HAUN index, plant height and shoot dry biomass were measured. The results showed that the presence of ryegrass did not affect barley germination. No differences between cultivars and no cultivar × ryegrass interaction were found for this variable. In the pot experiment, ryegrass interference appeared during early barley growth. In plant height, the effect was not observed at the beginning, but it became clear from 25 days after sowing, when plants grown without ryegrass were taller. Shoot dry biomass was the variable that showed the competitive effect more clearly, because it was significantly reduced in the presence of ryegrass. Differences between cultivars were also found in biomass accumulation, with Attika showing the highest values and Fana the lowest. HAUN index was only explained by time, with no significant effect of cultivar, ryegrass or their interaction. In general, under the conditions of this study, *Lolium multiflorum* did not affect barley germination, but it did affect early crop growth, mainly by reducing shoot dry biomass and, to a lesser extent, plant height.

*Keywords:* *Hordeum vulgare*, *Lolium multiflorum*, competitive interference, shoot dry biomass, HAUN index

## 1 INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos de invierno enfrenta diversos factores que pueden reducir el rendimiento, entre los cuales la interferencia de malezas constituye uno de los más relevantes. Este concepto engloba los mecanismos mediante los cuales las malezas afectan negativamente el crecimiento y desarrollo del cultivo, principalmente a través de la competencia por recursos como agua, luz y nutrientes. En este sentido, a medida que aumenta la densidad de malezas, disminuye la disponibilidad de recursos para el cultivo, lo que se traduce en pérdidas de rendimiento en grano (Scursoni, 2009).

En Uruguay, la cebada (*Hordeum vulgare*) es el segundo cultivo de invierno en importancia, destinado principalmente a la industria maltera, lo que implica elevados requerimientos de calidad (Díaz & Rava, 2024). Dentro de las malezas asociadas a este cultivo, el raigrás anual (*Lolium multiflorum*) se destaca por su elevada capacidad competitiva y su amplia distribución en los sistemas agrícolas, generando pérdidas significativas de rendimiento (Rossi et al., 2019).

La interferencia de *L. multiflorum* ha sido ampliamente documentada. Giménez et al. (1992) reportaron reducciones de hasta 28 % en el rendimiento de cebada, además de dificultades en la cosecha, mientras que en trigo se han registrado pérdidas de hasta 46 %. Estos antecedentes evidencian el fuerte impacto competitivo de esta especie y la necesidad de implementar estrategias de manejo que permitan reducir su efecto, particularmente durante las etapas tempranas del cultivo.

La capacidad de los cultivos para suprimir malezas depende de diversos factores, entre los que se destacan la tasa de crecimiento inicial, la acumulación temprana de biomasa (Christensen, 1995; Fernández, 2017). Estas características pueden variar entre cultivares, generando diferencias en la habilidad competitiva y en la tolerancia a la presencia de malezas durante las primeras etapas del ciclo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta de cinco cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) frente a la presencia de raigrás (*Lolium multiflorum*), mediante estudios de germinación y un ensayo de competencia interespecífica en condiciones semicontroladas.

### 2.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de la presencia de *Lolium multiflorum* sobre el porcentaje de germinación de cinco cultivares de cebada en condiciones controladas.

Evaluar altura y desarrollo fenológico de *Hordeum vulgare* durante el período de competencia con *Lolium multiflorum*.

Determinar la biomasa aérea seca de los cultivares de cebada al final del período de competencia.

### Hipótesis

La presencia de *Lolium multiflorum* afecta negativamente el crecimiento inicial de los cultivares de cebada, principalmente a través de una reducción en la altura, el contenido relativo de clorofila y la biomasa aérea.

Además, se espera que existan diferencias entre cultivares en su respuesta a la interferencia temprana con raigrás.

### 3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Generalidades y biología agronómica de *Hordeum vulgare* Y *Lolium multiflorum*

##### 3.1.1 *Hordeum vulgare*

*Hordeum vulgare* es una gramínea anual de ciclo invernal que presenta un sistema radical fasciculado relativamente profundo, tallos erectos y hojas alternas con lígula membranosa (Office of the Gene Technology Regulator, 2017). Su desarrollo fenológico comprende las etapas de emergencia, macollaje, encañado, espigazón y llenado de grano, las cuales son comúnmente descritas mediante escalas estandarizadas como las propuestas por Haun (1973) y Zadoks et al. (1974). La duración del ciclo está determinada tanto por el cultivar como por las condiciones ambientales (Acevedo et al., 2002).

En Uruguay, la cebada constituye el segundo cultivo de invierno en importancia, destinado principalmente a la industria maltera, lo que implica elevados requerimientos de calidad (Díaz & Rava, 2024). En las últimas décadas, su productividad ha aumentado de forma sostenida, asociada a mejoras en genética, manejo agronómico y adopción de tecnologías.

Desde el punto de vista competitivo, la cebada presenta una adaptación favorable a climas templados-fríos, una eficiencia relativamente alta en el uso del agua dentro de su rango ambiental y la capacidad de completar su ciclo antes de la ocurrencia de estreses estivales. Su sistema radical le permite explorar diferentes estratos del suelo, lo que contribuye a la captura de recursos y puede influir en su desempeño frente a la competencia con malezas (Shrestha & Lindsey, 2019).

##### 3.1.2 *Lolium multiflorum*

*Lolium multiflorum* es una gramínea anual o bienal de ciclo invernal ampliamente distribuida en sistemas agrícolas templados, donde se comporta como una de las malezas más competitivas en cultivos de invierno (Bajwa et al., 2021; Naylor, 2002). Su elevada plasticidad fenotípica y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales explican su amplia dispersión y persistencia en los agroecosistemas.

Desde el punto de vista de su ciclo biológico, *L. multiflorum* presenta un patrón típico de especies invernales. La emergencia ocurre principalmente en otoño, aunque puede extenderse hacia el invierno dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del suelo. La germinación se produce a partir de semillas ubicadas en los primeros

centímetros del perfil del suelo, con un óptimo en condiciones de buena disponibilidad hídrica y temperaturas moderadas (10–25 °C) (Young et al., 1975). La emergencia escalonada le permite evitar eventos adversos y coincidir con el establecimiento de los cultivos, incrementando su capacidad competitiva.

Durante las primeras etapas de desarrollo, el raigrás presenta un crecimiento inicial rápido, caracterizado por la emisión temprana de hojas y la formación de macollos. Este hábito cespitoso le permite generar una elevada densidad de tallos por unidad de superficie, lo que contribuye a una rápida ocupación del espacio y a una eficiente captura de recursos (Humphreys et al., 2010). A medida que avanza el ciclo, la planta entra en fase reproductiva durante la primavera, con la elongación de tallos y la formación de inflorescencias en espiga. La producción de semillas es elevada, y estas presentan capacidad de persistencia en el banco de semillas del suelo, favoreciendo su continuidad en el sistema (Bajwa et al., 2021).

En términos de hábito de crecimiento, *Lolium multiflorum* presenta un porte erecto a semi-erecto, con hojas lineares, de rápido crecimiento y elevada capacidad de interceptación lumínica. Su arquitectura foliar y su alta tasa de expansión de área foliar le permiten competir eficazmente por luz, uno de los principales recursos limitantes en sistemas densos (Wanic et al., 2013). Además, su sistema radical fasciculado es eficiente en la exploración del suelo, lo que favorece la captación de agua y nutrientes, especialmente nitrógeno.

Desde el punto de vista fisiológico, el raigrás se caracteriza por una alta eficiencia en el uso de recursos y una notable capacidad de ajuste a condiciones variables. Su rápido establecimiento y crecimiento inicial le permiten adelantarse al cultivo en la captura de recursos, lo que constituye un componente clave de su efecto competitivo (Goldberg, 1990). Asimismo, su capacidad de macollaje y su plasticidad en la asignación de biomasa le permiten responder a diferentes intensidades de competencia.

La habilidad competitiva de *Lolium multiflorum* se explica tanto por su efecto competitivo (capacidad de reducir el crecimiento de especies vecinas) como por su respuesta competitiva, es decir, su capacidad de tolerar condiciones de limitación de recursos (Goldberg, 1990). En este sentido, se ha demostrado que esta especie presenta una alta eficiencia en la interceptación de radiación y en la utilización de nitrógeno, lo que

le otorga ventajas frente a cultivos como cebada y trigo, especialmente en etapas tempranas de desarrollo (Bajwa et al., 2021; Wanic et al., 2013).

Adicionalmente, la emergencia temprana, la elevada tasa de crecimiento y la producción abundante de semillas contribuyen a su éxito como maleza. A esto se suma la creciente problemática de resistencia a herbicidas, lo que ha incrementado su impacto en sistemas agrícolas modernos y ha reforzado la necesidad de estrategias de manejo integradas (Heap, 2026; consulta en *The International Herbicide-Resistant Weed Database* para *Lolium perenne* ssp. *multiflorum*, resumen global por especie y sitio de acción).

### **3.2 Interferencia**

La interferencia entre plantas se define como el conjunto de interacciones negativas que ocurren cuando dos o más individuos coexisten en un mismo espacio y tiempo, afectando su crecimiento, desarrollo o supervivencia. Este concepto integra todos los mecanismos mediante los cuales una planta puede influir sobre otra, incluyendo tanto la competencia por recursos como la alelopatía (Radosevich et al., 2007).

Dentro de este marco, la interferencia puede manifestarse a través de distintos procesos. La competencia corresponde al uso compartido de recursos limitados como luz, agua y nutrientes, mientras que la alelopatía implica la liberación de compuestos químicos por parte de una planta que afectan el crecimiento o desarrollo de otras especies (Inderjit & Duke, 2003). Ambos mecanismos pueden actuar de manera simultánea, dificultando su separación en condiciones de campo.

En sistemas agrícolas, la interferencia entre cultivos y malezas constituye uno de los principales factores que limitan la productividad. Su magnitud depende de factores como la densidad de plantas, el momento relativo de emergencia, la disponibilidad de recursos y las características propias de las especies involucradas (Cousens, 1985; Radosevich et al., 2007).

Asimismo, la intensidad de la interferencia varía a lo largo del ciclo del cultivo. Durante las etapas iniciales, su efecto suele ser reducido debido a la baja demanda de recursos y al uso de reservas de la semilla. Sin embargo, a medida que aumenta la biomasa y la demanda de recursos, la interferencia se intensifica, pasando a estar dominada principalmente por procesos de competencia (Radosevich et al., 2007).

### 3.3 Competencia

La competencia se define como una interacción negativa entre organismos que comparten recursos limitados, en la cual la presencia de uno afecta el crecimiento, desarrollo o supervivencia del otro (Connell, 1990). Esta interacción puede darse mediante dos mecanismos principales: la interferencia directa, donde un organismo limita activamente el acceso a los recursos (por ejemplo, mediante sombreado o alelopatía), y la explotación indirecta, en la que los organismos compiten por los mismos recursos sin interacción física directa.

En sistemas agrícolas, la competencia por recursos del suelo y del ambiente se intensifica a medida que aumenta la biomasa total presente, ya sea de cultivos o malezas, incrementando la presión sobre los recursos disponibles (Goldberg, 1990). En este contexto, la competencia interespecífica, particularmente entre cultivo y malezas, constituye un factor determinante en la reducción del rendimiento.

A bajas densidades de malezas, el efecto sobre el cultivo suele ser limitado; sin embargo, a medida que la densidad aumenta, la competencia se intensifica, afectando progresivamente el rendimiento hasta alcanzar un punto de saturación (Scursoni, 2009).

#### 3.3.1 Habilidad competitiva

La habilidad competitiva de un cultivo refiere a su capacidad para crecer y desarrollarse en presencia de otras especies, particularmente malezas, reduciendo las pérdidas de rendimiento asociadas a la competencia. Esta habilidad depende de diversos factores, entre los que se incluyen la densidad del cultivo y de la maleza, el momento relativo de emergencia, las características propias de la especie cultivada y la distribución espacial de las plantas (Cousens, 1985).

Diversos estudios han señalado que las tasas de crecimiento en estadios tempranos son determinantes en la supresión de malezas, existiendo variabilidad entre genotipos (Olesen et al., 2004). En este sentido, la cobertura temprana del cultivo constituye un factor clave que favorece la competencia por luz y espacio, reduciendo el establecimiento y crecimiento de las malezas (Christensen, 1995). Asimismo, la acumulación temprana de biomasa se asocia con una mayor capacidad de supresión, dependiendo en gran medida del genotipo (Fernández, 2017).

Desde una perspectiva fisiológica, la habilidad competitiva involucra dos componentes principales: el efecto competitivo, definido como la capacidad de una especie para reducir el crecimiento de otra, y la respuesta competitiva, que refiere a la tolerancia a la reducción de recursos causada por la especie competidora (Goldberg, 1990). En este contexto, la eficiencia en la absorción y utilización de recursos adquiere un rol central en la determinación de la competitividad.

En cebada, se ha documentado que la competencia con *Lolium multiflorum* se manifiesta principalmente en las primeras etapas del ciclo. Wanic et al. (2013) observaron que, cuando ambas especies emergen de manera simultánea, el raigrás presenta una alta tasa de crecimiento inicial y un rápido desarrollo de área foliar, lo que le permite interceptar luz de manera eficiente y limitar el crecimiento inicial del cultivo.

### **3.3.2 Habilidad competitiva de *Hordeum vulgare***

En cebada, se han reportado diferencias entre cultivares en su capacidad competitiva frente a malezas. Estas diferencias se asocian principalmente a características como el vigor inicial, la tasa de crecimiento y la acumulación temprana de biomasa (Christensen, 1995; Fernández, 2017; Olesen et al., 2004).

Los cultivares utilizados en este estudio presentan características agronómicas contrastantes que podrían influir en su desempeño frente a *Lolium multiflorum*. INIA Arrayán es un cultivar de ciclo largo y porte bajo, Fana presenta ciclo intermedio y buen comportamiento sanitario, Danielle posee alto potencial productivo y buena adaptación ambiental, Olimpia se caracteriza por su estabilidad de rendimiento, mientras que Attika presenta crecimiento precoz y elevada biomasa inicial (*Cebada ATTIKA*, s.f.; *Cultivares*, s.f.; Díaz Lago et al., 2007; Maltería Oriental, 2021).

Estas características (particularmente el vigor inicial y la acumulación temprana de biomasa) han sido asociadas en la literatura con una mayor capacidad de supresión de malezas, aunque su expresión puede variar según las condiciones ambientales y la intensidad de la competencia.

### **3.3.3 Habilidad competitiva de *Lolium multiflorum***

El desarrollo de *Lolium multiflorum* en sistemas agrícolas depende en gran medida de las características del cultivo acompañante. Se ha observado que cultivares con mayor

capacidad competitiva pueden reducir el crecimiento y desarrollo de esta maleza (Rouiller Borjas & Scaglia Carmona, 2011).

Esta especie presenta una elevada eficiencia en la captura de recursos como luz, agua y nitrógeno, asociada a su rápido establecimiento, alto macollaje y gran capacidad de interceptación lumínica en fases vegetativas. Además, la aparición de resistencias a herbicidas ha incrementado su impacto en sistemas agrícolas con alta dependencia del control químico (Heap, 2026).

La competencia por luz constituye uno de los principales mecanismos de interacción. En este sentido, el cierre temprano del canopeo por parte del cultivo puede reducir la fecundidad y el desarrollo del raigrás, disminuyendo su impacto sobre el sistema productivo (Vigna et al., 2021).

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía (Universidad de la República), en Paysandú, Uruguay. Se llevaron a cabo dos experimentos con el objetivo de evaluar la respuesta de distintos cultivares de *Hordeum vulgare* en presencia de *Lolium multiflorum* en etapas tempranas de crecimiento.

El Experimento 1 se realizó en cámara de crecimiento ubicada en el laboratorio de Malherbología en condiciones controladas, con el objetivo de determinar el porcentaje de germinación de semillas de cebada en presencia y ausencia de raigrás.

El Experimento 2 se llevó a cabo bajo condiciones semicontroladas, en un sistema bajo telado con riego, con el fin de evaluar la competencia interespecífica durante el crecimiento inicial de las plantas.

Los cultivares de cebada utilizados en ambos experimentos fueron INIA Arrayán, Fana, Danielle, Olimpia y Attika. La selección de estos cultivares se realizó a partir de una consulta a docentes del área de cultivos de invierno, quienes indicaron que corresponden a los materiales más utilizados en los sistemas productivos actuales.

### 4.1 Experimento 1

#### 4.1.1 Diseño experimental y descripción de tratamientos.

El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial  $5 \times 2$ . Los factores estudiados fueron el cultivar de cebada (*Hordeum vulgare*: INIA Arrayán, Fana, Danielle, Olimpia y Attika) y la presencia de *Lolium multiflorum* (sin y con).

Se evaluaron un total de 10 tratamientos, con 3 repeticiones cada uno, totalizando 30 unidades experimentales (Tabla 1). La unidad experimental estuvo constituida por una placa de Petri. En cada placa se sembraron cinco semillas de cebada y, en los tratamientos con raigrás, cinco semillas de *Lolium multiflorum*.

#### 4.1.2 Descripción y metodología de instalación.

El experimento se instaló el 22 de julio de 2025 en placas de Petri acondicionadas con algodón y papel de filtro. A cada unidad experimental se le adicionaron 6 mL de una solución de nitrato de potasio.

Las placas se incubaron en una cámara de crecimiento bajo condiciones controladas de temperatura (20 °C) y fotoperiodo (16 h luz / 8 h oscuridad. Esta condición no reproduce completamente la oscuridad del suelo, pero fue igual para todos los tratamientos.

#### Figura 1

*Disposición de semillas de cebada y raigrás en placas de Petri*



#### 4.1.3 Determinaciones

Se evaluó la germinación de semillas de cebada y, en los tratamientos correspondientes, de *Lolium multiflorum*. Se consideró como semilla germinada aquella que presentó emergencia de la radícula.

El porcentaje de germinación se calculó en base al número de semillas germinadas respecto al total sembrado (5 semillas por placa).

Las evaluaciones se realizaron a los 3 y 6 días posteriores a la siembra.

#### 4.1.4 Análisis estadístico

El número de semillas germinadas de cebada (0–5) se analizó mediante un modelo lineal generalizado mixto (GLMM), asumiendo distribución binomial y función de enlace

logit. Se utilizó un modelo binomial debido a que la variable respuesta correspondió al número de semillas germinadas sobre un total fijo de semillas sembradas por placa. Por lo tanto, la respuesta no fue continua, sino una proporción derivada de conteos de éxito/fracaso, lo que justifica el uso de una distribución binomial con función de enlace logit.

$$Y_{ijk} \sim \text{Binomial}(n, p_{ij})$$

$$\text{logit}(p_{ij}) = \mu + C_i + R_j + (CR)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$ : número de semillas germinadas en la  $k$ -ésima repetición

$n$ : número total de semillas sembradas ( $n = 5$ )

$p_{ij}$ : probabilidad de germinación

$\mu$ : media general

$C_i$ : efecto del  $i$ -ésimo cultivar

$R_j$ : efecto de la presencia de raigrás (sí/no)

$(CR)_{ij}$ : interacción cultivar  $\times$  raigrás

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental

Los factores cultivar y presencia de *Lolium multiflorum* se consideraron efectos fijos, mientras que la repetición se incluyó como efecto aleatorio.

La significancia de los efectos se evaluó mediante pruebas de tipo III, utilizando un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento GLIMMIX del software SAS OnDemand for Academics.

## 4.2 Experimento 2

### 4.2.1 Tratamientos

En el Experimento 2 se evaluaron 10 tratamientos, resultantes de la combinación de cinco cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) y dos niveles del factor presencia de *Lolium multiflorum* (sin y con). La densidad final objetivo por maceta fue de 6 plantas de cebada y 0 o 10 plantas de raigrás, según el tratamiento. Esta densidad de raigrás fue utilizada para representar una situación de alta interferencia temprana, permitiendo evaluar la respuesta de los cultivares bajo una condición de competencia marcada. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, totalizando 40 unidades experimentales.

### Diseño experimental

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 10 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 40 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo constituida por una maceta de PVC, llenada con aproximadamente 4 L de sustrato. Los bloques se establecieron con el objetivo de controlar la variabilidad espacial dentro del área experimental, asociada principalmente a posibles diferencias en radiación, temperatura y distribución del riego dentro del telado.

### 4.2.2 Instalación del experimento

El experimento se llevó a cabo desde la siembra hasta el estadio Z30 del cultivo. La siembra se realizó el 23/05/25 en macetas confeccionadas con tubos de PVC, utilizando un sustrato compuesto por una mezcla 70/30 de tierra y arena, previamente fertilizado con la fórmula 7-40-0, a una dosis aproximada de 2,5 g por maceta. Las semillas fueron sembradas a una profundidad de 2 cm.

Posteriormente, se efectuó un raleo con el objetivo de asegurar que cada unidad experimental quedara conformada por 6 plantas de *Hordeum vulgare* y 10 plantas de *Lolium multiflorum*, manteniendo la distribución espacial de las semillas para garantizar uniformidad en la competencia interespecífica.

Las variables climáticas registradas durante el período experimental se presentan en el Anexo 1, incluyendo promedios mensuales de temperatura, humedad relativa, radiación y otras variables ambientales de interés.

Para el control de plagas, se aplicó cebo para hormigas a la dosis recomendada el día 05/06/2025.

#### **4.2.3 Desarrollo y determinaciones del ensayo.**

Desde la emergencia hasta la cosecha de la biomasa aérea (Z30), realizada el 1 de agosto de 2025, se registró el desarrollo foliar de la cebada mediante la escala de Haun (1973). Realizando mediciones cada dos días.

Asimismo, se registró la altura de las plantas desde la superficie del sustrato hasta el extremo de la hoja más alta extendida como variable complementaria de crecimiento.

El contenido relativo de clorofila se estimó utilizando un medidor SPAD-502DL (Konica Minolta, Japón) los días 24 y 31 de julio de 2025, a los 62 y 69 días post siembra. En cada unidad experimental se realizaron cinco mediciones sobre la última hoja completamente expandida de plantas de cebada, y se utilizó el valor promedio por maceta.

Al finalizar el ensayo, el 1 de agosto de 2025, se realizó el corte de la parte aérea de las plantas de cebada a nivel del sustrato. Las muestras se secaron en estufa a 60 °C durante 48 horas hasta peso constante, expresándose los resultados en gramos de materia seca por maceta.

#### **4.2.4 Análisis estadístico**

Los datos del índice de desarrollo foliar (Haun) se analizaron mediante un modelo lineal mixto utilizando el procedimiento GLIMMIX del software SAS.

La variable respuesta fue el índice Haun, y se incluyeron como efectos fijos el cultivar, la presencia de *Lolium multiflorum* y el tiempo (días desde la siembra), así como sus interacciones. El bloque se incluyó como efecto aleatorio.

Dado que se realizaron mediciones repetidas sobre la misma unidad experimental, se modeló la dependencia temporal entre observaciones.

El tiempo se incorporó como covariable continua, incluyendo términos lineales y cuadráticos para describir la dinámica de crecimiento.

Adicionalmente, el análisis se realizó en dos periodos (0–40 y >40 días desde la siembra), con el objetivo de representar adecuadamente los cambios en la dinámica de crecimiento a lo largo del ciclo.

La significancia de los efectos se evaluó mediante pruebas de tipo III, utilizando un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + R_j + T_k + (CR)_{ij} + (CT)_{ik} + (RT)_{jk} + (CRT)_{ijk} + B_l + \epsilon_{ijkl}$$

Qué significa cada término:

$Y_{ijkl}$ : índice de Haun observado

$\mu$ : media general

$C_i$ : efecto del cultivar

$R_j$ : efecto de la presencia de raigrás

$T_k$ : efecto del tiempo

$(CR)_{ij}$ : interacción cultivar × raigrás

$(CT)_{ik}$ : interacción cultivar × tiempo

$(RT)_{jk}$ : interacción raigrás × tiempo

$(CRT)_{ijk}$ : interacción triple

$B_l$ : efecto del bloque

$\epsilon_{ijkl}$ : error experimental

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los Experimentos 1 y 2 permiten analizar la respuesta de distintos cultivares de *Hordeum vulgare* frente a la presencia de *Lolium multiflorum* en etapas tempranas de desarrollo, considerando tanto el proceso de germinación como la dinámica de crecimiento inicial bajo condiciones controladas y semicontroladas.

### 5.1 Experimento 1

La germinación de *Hordeum vulgare* no fue afectada por la presencia de *Lolium multiflorum*, ni por el cultivar, ni por la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ; Tabla 3). La coexistencia temprana con la maleza no modificó el proceso de germinación.

Asimismo, el número de semillas germinadas de *Lolium multiflorum* no presentó un efecto significativo sobre la germinación de cebada en ninguno de los días evaluados (3 y 6 posteriores a la siembra;  $p > 0,05$ ), lo que refuerza la ausencia de interacción entre especies durante la etapa inicial de germinación.

Desde el punto de vista biológico, este comportamiento es consistente con la naturaleza del proceso de germinación, donde la competencia por recursos aún no se encuentra plenamente establecida, por lo que la interferencia entre especies resulta limitada. Y tampoco parece existir liberación de compuestos que alteren el proceso germinativo.

**Tabla 1**

*Pruebas de efectos fijos para la germinación de cebada a los 6 días*

<b>Efecto</b>	<b>DF Num</b>	<b>DF Den</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Raigrás	1	10	0.00	0.9980
Cultivar	4	10	2.30	0.1296
Cultivar × Raigrás	4	10	2.24	0.1375

### 5.2 Experimento 2

#### 5.2.1 Altura de plantas

La altura de *Hordeum vulgare* presentó un incremento significativo a lo largo del tiempo ( $p < 0,0001$ ), evidenciando un patrón de crecimiento no lineal durante el período evaluado, lo cual es consistente con la dinámica de crecimiento de gramíneas anuales,

donde la elongación aumenta progresivamente hasta etapas intermedias del desarrollo (Sadras & Calderini, 2020).

En la etapa inicial del cultivo (< 25 días desde la siembra), no se detectaron diferencias significativas entre cultivares ni efecto de la presencia de *Lolium multiflorum* ( $p > 0,05$ ). Este resultado sugiere que, durante las primeras fases del establecimiento, la competencia interespecífica aún no se ha intensificado, lo cual puede explicarse por la baja demanda de recursos y la dependencia de las reservas de la semilla en estadios tempranos (Fenner & Thompson, 2005). En este contexto, la superposición de nichos entre especies es limitada, reduciendo la intensidad de la interferencia.

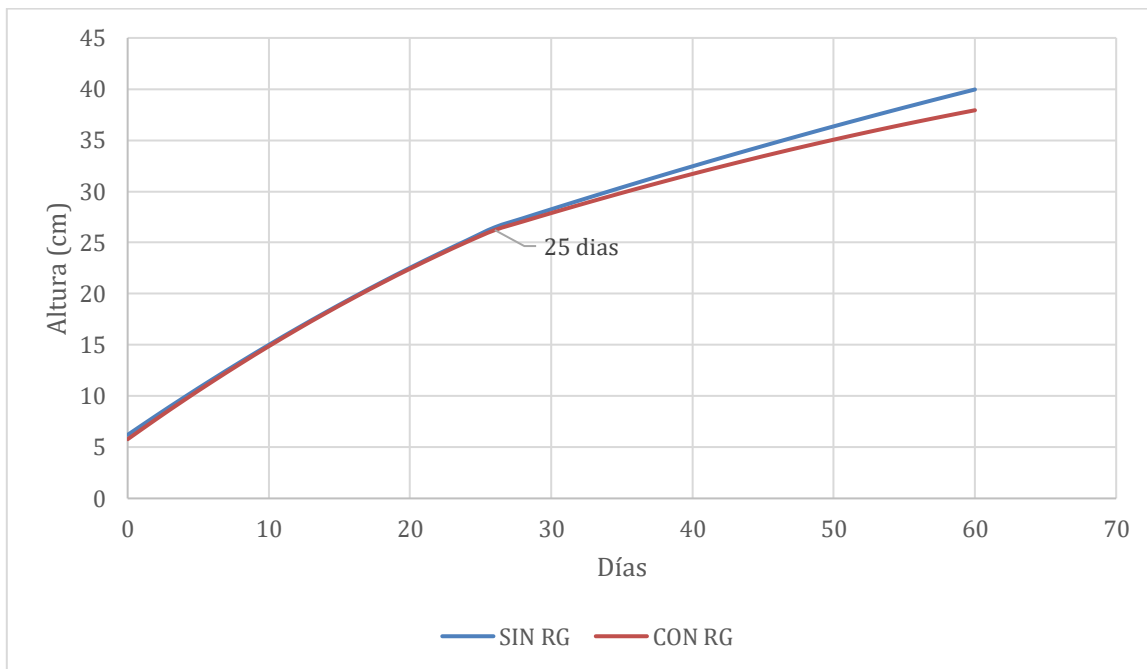
A partir de los 25 días, se observaron diferencias significativas entre cultivares ( $p = 0,0433$ ), así como un efecto de la competencia evidenciado mediante el contraste entre condiciones con y sin raigrás ( $p = 0,0005$ ). En esta etapa, las plantas sin competencia alcanzaron mayor altura que aquellas en presencia de la maleza (Figura 2). Este comportamiento es consistente con el incremento en la competencia por recursos limitantes (principalmente luz, agua y nutrientes) a medida que aumenta el tamaño de las plantas y la cobertura del canopeo (Cousens, 1985; Weiner, 1990).

Hacia el final del período evaluado (60 días), las plantas sin raigrás alcanzaron aproximadamente 40 cm, mientras que aquellas en competencia se ubicaron en torno a 37 cm, lo que refleja un efecto acumulativo de la interferencia. No obstante, la magnitud de la reducción en altura fue relativamente moderada, lo cual coincide con lo reportado en estudios de competencia cultivo–maleza, donde la altura no siempre es la variable más sensible para detectar efectos competitivos (Radosevich et al., 2007).

La interacción cultivar  $\times$  raigrás no fue significativa ( $p > 0,05$ ), indicando que el efecto de la competencia sobre la altura fue similar entre los cultivares evaluados. Esto sugiere que, en etapas tempranas, los cultivares no difieren sustancialmente en su capacidad de evitar la interferencia mediante mecanismos de crecimiento en altura.

## Figura 2

Curvas de crecimiento de altura de cebada desde la siembra con y sin raigrás



### 5.2.2 Desarrollo foliar (índice HAUN)

El índice de desarrollo foliar (HAUN) estuvo significativamente determinado por el tiempo ( $p < 0,0001$ ), evidenciando un patrón de crecimiento no lineal a lo largo del ciclo, con una desaceleración progresiva en la tasa de emisión de hojas.

No se detectaron efectos significativos del cultivar, la presencia de raigrás ni la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ), tanto en el período inicial ( $< 40$  días) como en el período posterior ( $\geq 40$  días). Este resultado indica que el desarrollo fenológico del cultivo no fue afectado por la competencia en las condiciones evaluadas.

La ausencia de respuesta del índice HAUN frente a la competencia sugiere que el desarrollo foliar es un proceso relativamente conservador y menos plástico frente a condiciones de estrés, en comparación con variables de crecimiento como la biomasa.

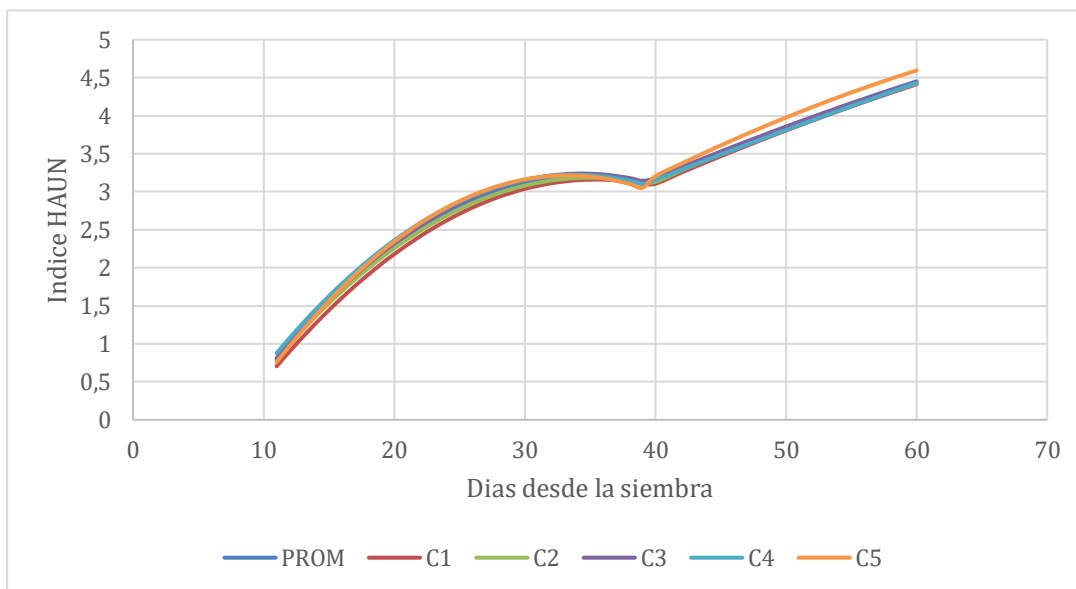
Este comportamiento ha sido reportado en cereales, donde el ritmo de aparición de hojas depende principalmente de la temperatura y del control genético, siendo menos sensible a factores de competencia en etapas tempranas (Kirby, 1995; Sadras & Calderini, 2020).

Las curvas de crecimiento mostraron un incremento sostenido del índice HAUN a lo largo del tiempo, sin diferencias entre tratamientos (Figuras 3–4-5), lo que refuerza la idea de que la competencia no alteró el patrón de desarrollo fenológico.

En conjunto, estos resultados indican que el índice HAUN presenta menor sensibilidad para detectar efectos tempranos de competencia interespecífica, y que las respuestas a la interferencia se manifiestan principalmente en variables asociadas al crecimiento y acumulación de biomasa, más que en el desarrollo foliar.

### Figura 3

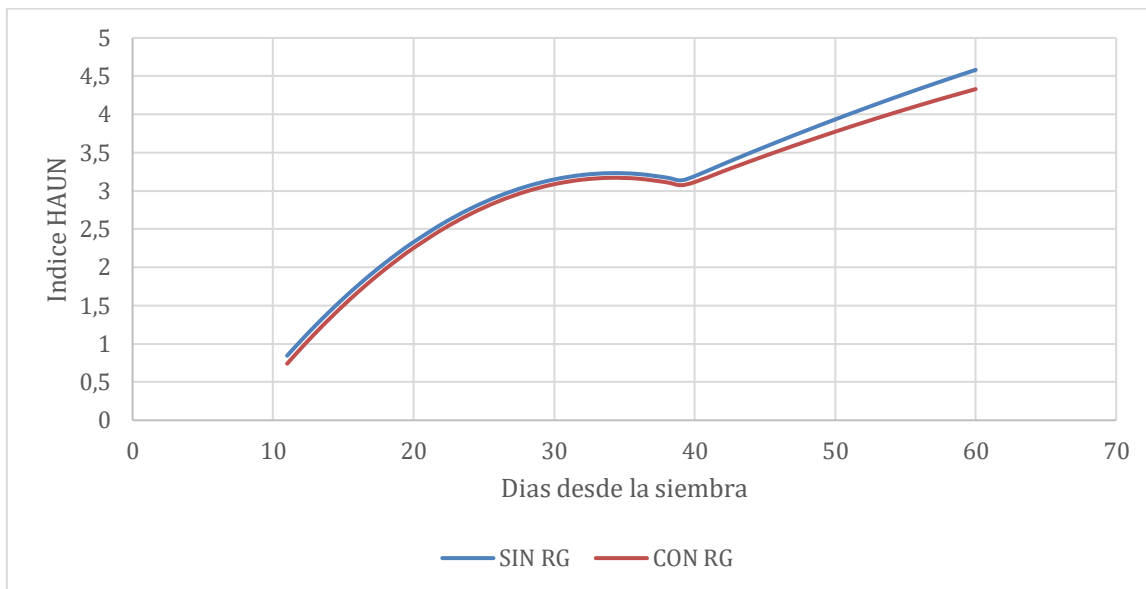
*Curvas del índice Haun por cultivar*



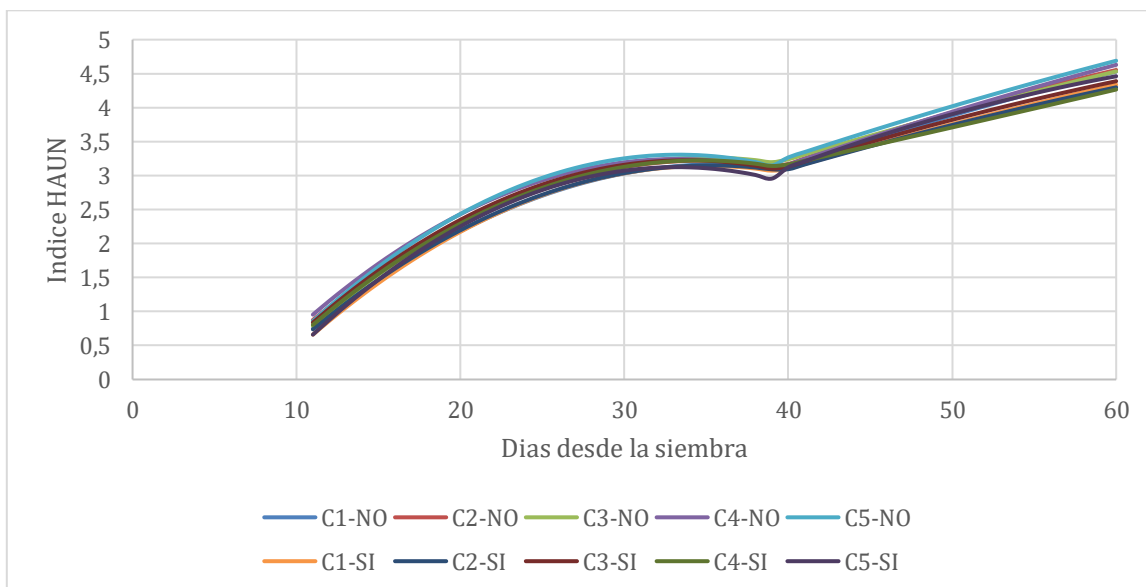
*Nota.* Los cultivares fueron codificados de la siguiente manera: C1 = INIA Arrayán; C2 = Fana; C3 = Danielle; C4 = Olimpia; C5 = Attika.

**Figura 4**

*Curvas del índice Haun en cebada con y sin raigrás*

**Figura 5**

*Curvas del índice Haun por cultivar con y sin raigrás*



*Nota.* Los cultivares fueron codificados de la siguiente manera: C1 = INIA Arrayán; C2 = Fana; C3 = Danielle; C4 = Olimpia; C5 = Attika.

### 5.2.3 Resultados mediciones con SPAD

La Figura 6 presenta los valores de SPAD en cultivares de cebada evaluados con y sin presencia de raigrás en dos fechas. El análisis de varianza evidenció efectos significativos del cultivar, de la presencia de raigrás y de la interacción entre ambos factores ( $p < 0,05$ ).

En términos generales, la presencia de raigrás se asoció con una disminución de los valores de SPAD, indicador indirecto del contenido de clorofila foliar. Esta reducción refleja una menor capacidad del cultivo para mantener la actividad fotosintética bajo condiciones de competencia, lo que sugiere una limitación en la utilización de recursos.

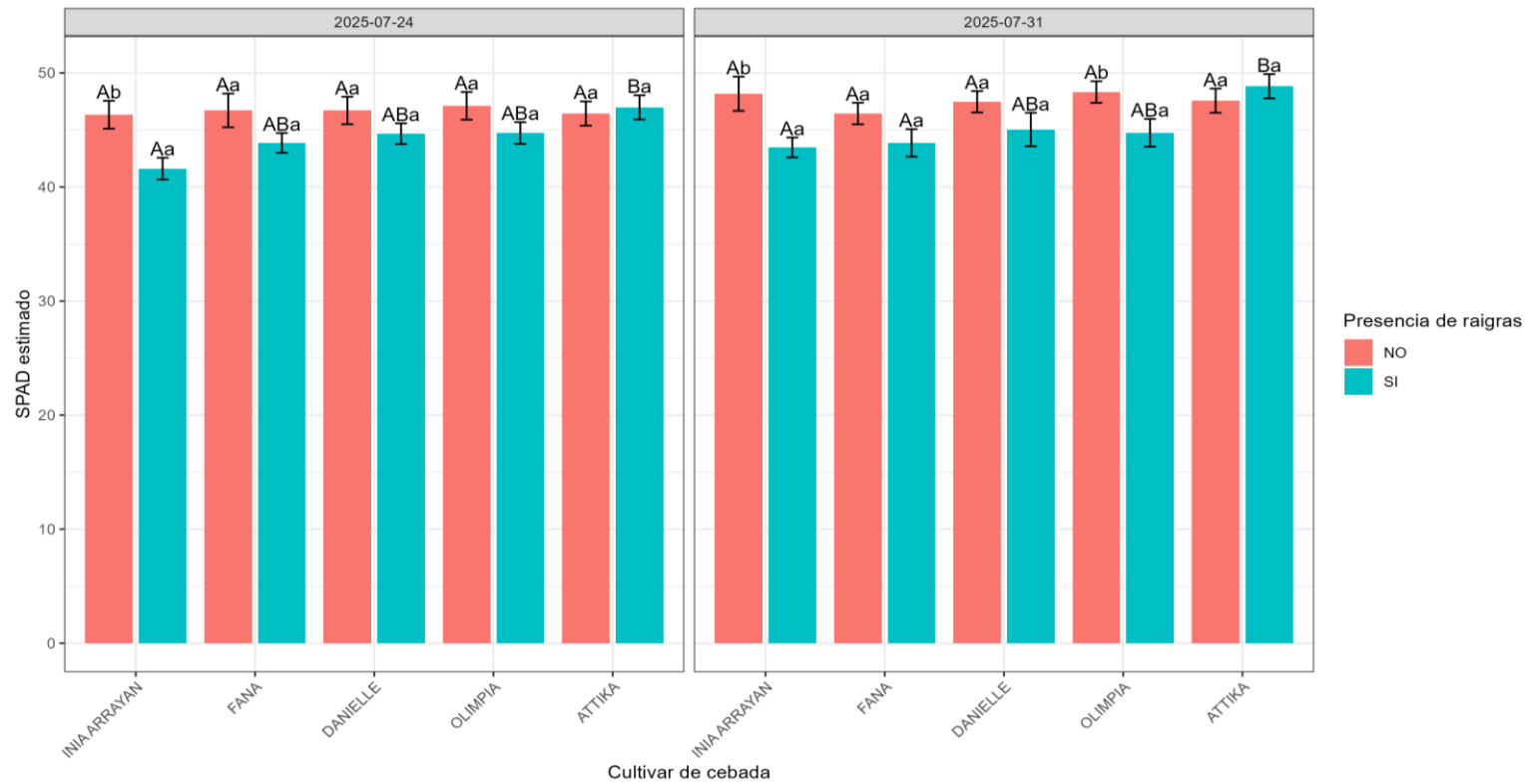
La magnitud de este efecto varió entre cultivares, INIA Arrayán presentó la mayor disminución de SPAD en presencia de raigrás, lo que evidencia una mayor sensibilidad a la competencia. En contraste, Attika mostró valores más estables entre condiciones, indicando una mayor capacidad para sostener el contenido de clorofila y, potencialmente, la actividad fotosintética bajo interferencia.

Asimismo, se observaron diferencias significativas entre cultivares dentro del nivel de raigrás. En ausencia de competencia, los mayores valores de SPAD correspondieron a Olimpia, Danielle y Attika, mientras que INIA Arrayán presentó los valores más bajos. Esta tendencia se mantuvo en presencia de raigrás, aunque con una reducción general de los valores. La interacción significativa entre cultivar y presencia de raigrás indica que la respuesta de los valores de SPAD a la competencia no fue uniforme entre los materiales evaluados, sino que dependió del cultivar.

En el caso de Olimpia, el cambio de comportamiento observado entre fechas podría deberse a variabilidad experimental, por lo que no se considera una respuesta consistente del cultivar frente a la presencia de raigrás.

Figura 6

SPAD estimado por cultivar con y sin presencia de raigrás en cada fecha de muestreo



**Nota.** \*\* Letras mayúsculas indican diferencias entre cultivares dentro de cada nivel de raigrás y fecha, mientras que letras minúsculas indican diferencias entre la presencia y ausencia de raigrás dentro de cada cultivar y fecha ( $p < 0,0$ )

#### 5.2.4 Biomasa aérea

La ausencia de interacción cultivar × raigrás ( $p = 0,5536$ ) indica que la reducción de biomasa inducida por la competencia fue consistente entre cultivares, lo que sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, no se evidenciaron diferencias en tolerancia a la competencia en esta variable. Este comportamiento coincide con lo observado en otras variables analizadas, como la altura y el índice HAUN, en las que tampoco se detectaron respuestas diferenciales claras entre cultivares frente a la presencia de raigrás. En conjunto, estos resultados indican que, aunque existieron diferencias entre materiales en su crecimiento, la respuesta a la interferencia temprana de *Lolium multiflorum* fue similar entre los cultivares evaluados.

El peso de la parte aérea seca de *Hordeum vulgare* fue significativamente afectado por la presencia de *Lolium multiflorum* ( $p < 0,0001$ ), evidenciando una reducción marcada de biomasa bajo condiciones de competencia.

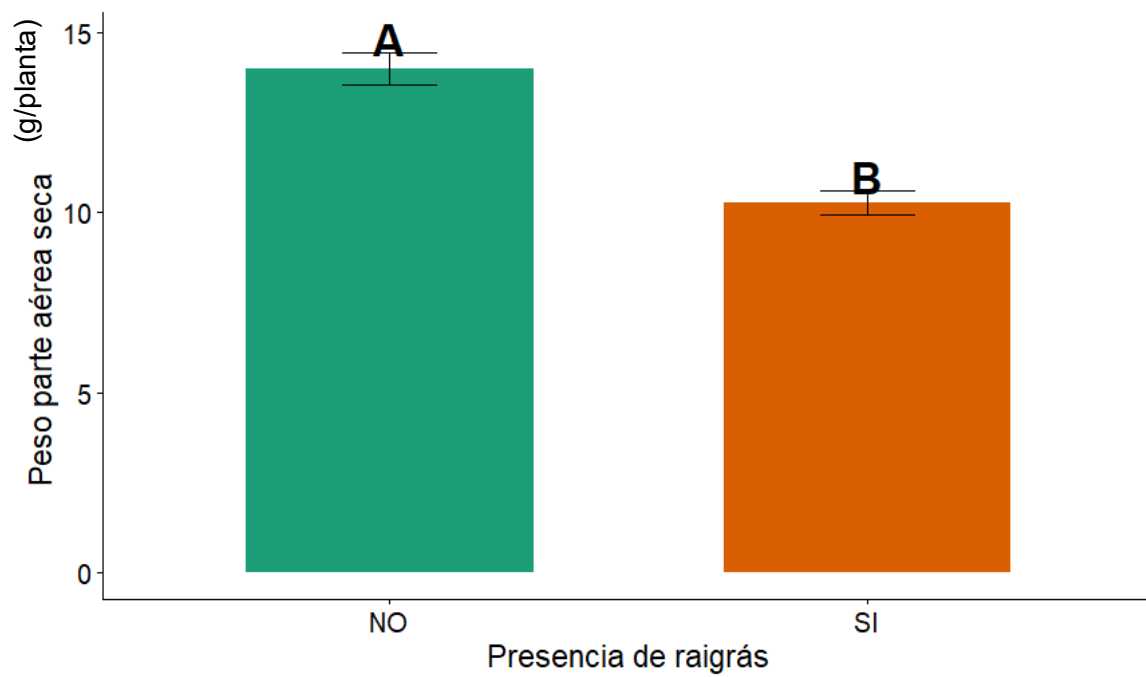
En términos absolutos, las plantas sin raigrás presentaron valores promedio cercanos a 14 g/planta, mientras que aquellas en presencia de la maleza registraron aproximadamente 10 g/planta (Figura 7), lo que confirma un efecto competitivo importante sobre el crecimiento del cultivo. La biomasa constituye una variable integradora del crecimiento, ya que refleja el balance entre captura de recursos y eficiencia en su uso (Poorter et al., 2012).

A diferencia de la altura, la biomasa aérea mostró una respuesta más marcada a la competencia, lo cual es consistente con numerosos estudios que indican que la reducción de biomasa es uno de los indicadores más sensibles de interferencia interespecífica (Radosevich et al., 2007). Esto se debe a que la competencia afecta directamente procesos como la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la disponibilidad hídrica, reduciendo la acumulación de materia seca.

Asimismo, se detectaron diferencias significativas entre cultivares ( $p = 0,0201$ ), lo que indica variabilidad en la capacidad de acumulación de biomasa (Figura 8). El cultivar Attika presentó los mayores valores, lo que podría estar asociado a una mayor tasa de crecimiento inicial o una mayor eficiencia en el uso de recursos. En contraste, Fana registró los valores más bajos, sugiriendo menor desempeño en condiciones de competencia.

**Figura 7**

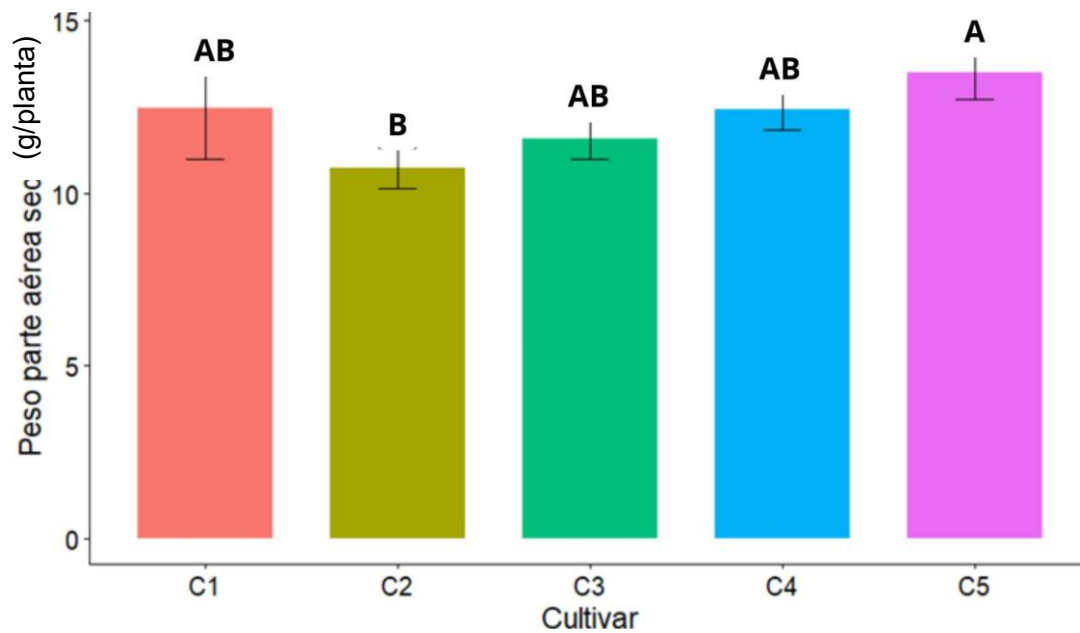
*Peso de parte aérea seca de cebada (g/planta) en presencia y ausencia de raigrás*



*Nota.* Barras representan media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Figura 8**

*Biomasa aérea seca de cebada por cultivar al final del período experimental (g/planta)*



*Nota.* Barras representan media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Medias promediadas sobre ambos niveles de raigrás. El orden de los cultivares en la figura fue: C1 = INIA Arrayán, C2 = Fana, C3 = Danielle, C4 = Olimpia y C5 = Attika.

## 6 CONCLUSIONES

La interferencia temprana entre cultivo y maleza no se manifestó en todos los procesos evaluados, lo que sugiere que la competencia interespecífica no actúa sobre el desarrollo inicial de las plantas.

Los efectos de la competencia tenderían a expresarse con mayor intensidad en procesos vinculados al crecimiento y funcionamiento fisiológico, más que en etapas iniciales de establecimiento o en el desarrollo fenológico.

La respuesta del cultivo frente a la presencia de raigrás no sería homogénea, lo que indicaría que existen diferencias en la capacidad de los cultivares para sostener su desempeño bajo condiciones de competencia.

La menor respuesta de algunas variables frente a la competencia sugiere que no todos los indicadores de crecimiento resultan igualmente adecuados para detectar interferencia en etapas tempranas.

Los cambios observados en variables asociadas al estado fisiológico indicarían que la competencia podría afectar el funcionamiento del cultivo antes de que se manifiesten efectos estructurales más evidentes.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten plantear que la interferencia temprana de *Lolium multiflorum* en cebada se expresaría principalmente a través de modificaciones en el funcionamiento del cultivo, más que mediante alteraciones en procesos iniciales o en el patrón de desarrollo y no se evidenciaron respuestas diferenciales claras entre cultivares frente a la competencia temprana.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Silva, P., & Silva, H. (2002). Wheat growth and physiology. En B. C. Curtis, S. Rajaram & H. Gómez Macpherson (Eds.), *Bread wheat: Improvement and production* (pp. 39-70). FAO. <https://www.fao.org/4/y4011e/y4011e06.htm>
- Bajwa, A. A., Latif, S., Borger, C., Iqbal, N., Asaduzzaman, M., Wu, H., & Walsh, M. (2021). The remarkable journey of a weed: Biology and management of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in conservation cropping systems of Australia. *Plants*, 10(8), Artículo e1505. <https://doi.org/10.3390/plants10081505>
- Cebada ATTIKA. (s.f.). Almacén Rural. <https://www.almacenrural.com.uy/Cebada-ATTIKA-x-ton/>
- Christensen, S. (1995). Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research*, 35(4), 241-247.
- Connell, J. H. (1990). Apparent versus “real” competition. En J. Grace & D. Tilman (Eds.), *Perspectives on plant competition* (pp. 9-26). Academic Press.
- Cousens, R. (1985). A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology*, 107(2), 239-252.
- Cultivares: Cebada cervecera 2021-2022. (s.f.). ABInBev. [https://www.dufour.uy/Folleto\\_cultivares.pdf](https://www.dufour.uy/Folleto_cultivares.pdf)
- Díaz, A., & Rava, C. (2024). Cebada y malta: Situación y perspectivas. En *Anuario Opypa 2024* (pp. 2-24). MGAP.
- Díaz Lago, J. E., Germán, S., Pereyra, S., & Vázquez, D. (2007). Cebada CLE 233 – INIA Arrayán: Un ciclo largo con alta respuesta al fotoperíodo y buen tamaño de grano. *Revista INIA*, (10), 24-25. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/882/1/111219220807171620.pdf>
- Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press.
- Fernández, G. (2017). Diferencias entre cultivares de cebada en su habilidad competitiva frente a raigrás. *Revista Cangüé*, (38), 19-22.

- Giménez, A., Ríos, A., & García, A. (1992). *Malezas problema en cereales de invierno: Raigrás (Lolium multiflorum)*. INIA.
- Goldberg, D. E. (1990). Components of resource competition in plant communities. En J. Grace & D. Tilman (Eds.), *Perspectives on plant competition* (pp. 27-49). Academic Press.
- Haun, J. R. (1973). Visual quantification of wheat development. *Agronomy Journal*, 65(1), 116-119. <https://doi.org/10.2134/agronj1973.00021962006500010035x>
- Heap, I. (2026, 13 de abril). *International herbicide-resistant weed database*. Weedscience. <https://www.weedscience.org>
- Humphreys, M. W., Feuerstein, U., Vandewalle, M., & Baert, J. (2010). Ryegrasses. En B. Boller, U. K. Posselt & F. Veronesi (Eds.), *Fodder crops and amenity grasses* (pp. 211-260). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8_10)
- Inderjit, & Duke, S. O. (2003). Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*, 217, 529-539. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1054-z>
- Kirby, E. J. M. (1995). Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop Science*, 35(1), 11-19. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010003x>
- Maltería Oriental. (2021). *Cebadas cerveceras: Programa de Desarrollo Varietal 2021/2022*. [https://www.malteriaoriental.com.uy/wp-content/uploads/2021/05/Brochure-digital\\_CEBADAS-MOSA-2021-final.pdf](https://www.malteriaoriental.com.uy/wp-content/uploads/2021/05/Brochure-digital_CEBADAS-MOSA-2021-final.pdf)
- Naylor, R. E. L. (2002). Weed population dynamics. En R. E. L. Naylor (Ed.), *Weed management handbook* (9<sup>th</sup> ed., pp. 63-74). Blackwell Science.
- Office of the Gene Technology Regulator. (2017). *The biology of Hordeum vulgare L. (barley)*. Australian Government. [https://www.ogtr.gov.au/sites/default/files/files/2021-07/biology\\_of\\_hordeum\\_vulgare\\_l\\_barley\\_april\\_2017.pdf](https://www.ogtr.gov.au/sites/default/files/files/2021-07/biology_of_hordeum_vulgare_l_barley_april_2017.pdf)

- Olesen, J. E., Hansen, P. K., Berntsen, J., & Christensen, S. (2004). Simulation of above-ground suppression of competing species and competition tolerance in winter wheat varieties. *Field Crops Research*, 89(2-3), 263-280.
- Poorter, H., Niklas, K. J., Reich, P. B., Oleksyn, J., Poot, P., & Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: Meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1), 30-50.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Radosevich, S. R., Holt, J. S., & Ghera, C. M. (2007). *Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management* (3<sup>rd</sup> ed.). Wiley.
- Rossi, C., García, M. A., Kaspary, T., & Marques, S. (2019, 11 de abril). *Control de raigrás en el sistema agrícola*. INIA. <https://www.inia.uy/noticias/control-de-raigras-en-el-sistema-agricola>
- Rouiller Borjas, P., & Scaglia Carmona, L. (2011). *Evaluación de potencial alelopático y capacidad supresora sobre raigrás (Lolium multiflorum) en siete cultivares de trigo (Triticum aestivum)* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Sadras, V. O., & Calderini, D. F. (Eds.). (2020). *Crop physiology: Case histories for major crops*. Elsevier.
- Scursoni, J. A. (2009). *Malezas: Concepto, identificación y manejo*. Universidad de Buenos Aires.
- Shrestha, R. K., & Lindsey, L. E. (2019). Agronomic management of malting barley and research needs to meet demand by the craft brew industry. *Agronomy Journal*, 111(4), 1570-1580. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0787>
- Vigna, M., Wojszko, A., & Rubione, C. (2021). *Raigrás: Lolium perenne L. sp. multiflorum (Lam.) Husnot*. Maleza en Foco. <https://www.malezaenfoco.com/wp-content/uploads/2021/10/Malezaenfoco-Boletin-4-Lolium-multiflorum.pdf>

- Wanic, M., Jastrzębska, M., Kostrzevska, M. K., & Treder, K. (2013). Competition between spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under different water supply conditions. *Acta Agrobotanica*, 66(3), 73-80. <https://doi.org/10.5586/aa.2013.040>
- Weiner, J. (1990). Asymmetric competition in plant populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(11), 360-364. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(90\)90095-U](https://doi.org/10.1016/0169-5347(90)90095-U)
- Young, J. A., Evans, R. A., & Eckert, R. E., Jr. (1975). Germination of Italian ryegrass seeds. *Agronomy Journal*, 67(3), 386-389. <https://doi.org/10.2134/agronj1975.00021962006700030026x>
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>

## 8 ANEXOS

### Anexo A

*Variables climáticas registradas durante el período experimental*

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Temperatura media del aire	10.71	°C
Temperatura mínima absoluta	-2.70	°C
Temperatura máxima absoluta	26.10	°C
Humedad relativa media	82.42	%
Punto de rocío medio	7.62	°C
Velocidad media del viento	5.61	m/s
Radiación solar media	97.70	W/m <sup>2</sup>
Presión barométrica media	1021.04	hPa
ET media	0.02	mm

*Nota.* Valores promedios calculados para el período comprendido entre el 23/05/2025 y el 01/08/2025, a partir de los registros provistos por la estación meteorológica. Las unidades corresponden a las reportadas en las planillas originales.

## Anexo B

*Promedio mensual de variables climáticas registradas durante el período experimental en EEMAC, Paysandú*

<b>Mes</b>	<b>/</b>	<b>Temp.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Humedad</b>	<b>Punto</b>	<b>Viento</b>	<b>Radiación</b>	<b>Presión</b>	<b>ET</b>
<b>período</b>		<b>media</b>	<b>mínima</b>	<b>máxima</b>	<b>relativa</b>	<b>de</b>	<b>medio</b>	<b>media</b>	<b>media</b>	<b>media</b>
<b>considerado</b>		<b>abs.</b>	<b>abs.</b>		<b>media</b>	<b>rocío</b>				
					<b>(%)</b>	<b>medio</b>				
Mayo	2025	12.27	3.40	21.60	85.68	9.85	5.85	92.56	1019.53	0.02
	(23–31)									
Junio	2025	9.75	0.10	19.20	80.15	6.24	5.21	100.76	1019.96	0.02
Julio	2025	10.90	-2.80	26.20	84.10	8.11	5.66	96.66	1022.97	0.02

*Nota.* Valores calculados a partir de los registros meteorológicos correspondientes al período experimental comprendido entre el 23/05/2025 y el 01/08/2025. En mayo se consideraron únicamente los días efectivamente incluidos en el ensayo.