



# **Efecto del ambiente sobre la dormición y floración en biotipos de *Brassica rapa* L.**

TRABAJO FINAL DE INTENSIFICACIÓN

Camila Guariste

Docente tutor

Ing. Agr. (Dr.) Claudio Ezequiel Pandolfo

Docentes consejeros

Ing. Agr. (Dr.) Alejandro Presotto

Ing. Agr. (Dra.) Soledad Ureta

Asesora externa

Biól. Denise Simian

Bahía Blanca

Departamento de Agronomía

Agosto 2025

## **Contenido**

Índice de tablas.....	2
Índice de figuras.....	3
Resumen.....	5
Introducción .....	7
Situación actual de las malezas y cultivos transgénicos en Argentina.....	7
Crucíferas.....	8
Morfología de las crucíferas .....	8
Tipos de crucíferas y sus usos .....	9
<i>Brassica napus</i> L.....	9
Estado de la resistencia .....	10
<i>Brassica rapa</i> L.....	11
Situación de <i>Brassica rapa</i> L. en Argentina .....	13
Ciclo de vida de <i>Brassica rapa</i> L.....	13
Dormición y efecto materno .....	14
Hipótesis.....	15
Objetivos .....	15
Materiales y métodos .....	15
Análisis de datos .....	16
Resultados .....	18
Evaluación de la germinación .....	18
Evaluación de la floración.....	30
Discusión .....	32
Evaluación de la germinación .....	32
Evaluación de la floración.....	34
Bibliografía .....	35
Anexo .....	37

## Índice de tablas

**Tabla 1.** Especies de Crucíferas con resistencia a herbicidas en Argentina. (Aapresid, REM 2024).

**Tabla 2.** Poblaciones de *B. rapa* L. y *B. napus* L utilizadas en el ensayo.

**Tabla 3.** Desvianza y significancia de los factores en análisis en la germinación de semillas. Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias significativas.

**Tabla 4.** Desvianza y significancia de los factores de análisis en la germinación de semillas en el momento poscosecha. Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias significativas.

**Tabla 5.** Desvianza y significancia de los factores de análisis en la germinación de semillas en el momento posmaduración. Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias significativas.

**Tabla 6.** Efecto de la temperatura y ambiente sobre la germinación en el biotipo BAL08.

**Tabla 7.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo BAL13.

**Tabla 8.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo BAL19.

**Tabla 9.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo ERI.

**Tabla 10.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo HYO.

**Tabla 11.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo IBA.

**Tabla 12.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo LSA.

**Tabla 13.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo SCB.

**Tabla 14.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo SUB.

**Tabla 15.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo TSA.

**Tabla 16.** Estimados y valores de  $p$  de biotipos con efectos destacados en el tercer ambiente.

**Tabla 17.** Comparaciones múltiples entre biotipos dentro de cada fecha de siembra. Las letras distintas indican diferencias significativas entre biotipos ( $p < 0.05$  Test post hoc Tukey). GDA: grados día acumulados a floración.

**Tabla 18.** Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto del ambiente sobre los grados día acumulados (GDA) a floración en cada uno de los biotipos. Se indica la significancia del efecto del ambiente (valor de  $p$ ) para cada biotipo. Diferencias entre ambientes ( $p < 0,005$ ; Test post hoc Tukey).

## Índice de figuras

**Figura 1.** Triángulo “U”, representación gráfica de las relaciones filogenéticas dentro del género *Brassica*.

**Figura 2.** *Brassica rapa* L. A. Plántula. B. Planta en estado de roseta. C. Planta en estado reproductivo. D. Detalle de inflorescencia y flores. E. Fruto silicua maduro. F. Semillas.

**Figura 3.** Porcentaje de germinación del biotipo BAL08 en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 4.** Porcentaje de germinación en el biotipo BAL13 en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 5.** Porcentaje de germinación en el biotipo BAL19 en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 6.** Porcentaje de germinación en el biotipo ERI en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 7.** Porcentaje de germinación en el biotipo HYO en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 8.** Porcentaje de germinación en el biotipo IBA en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 9.** Porcentaje de germinación en el biotipo LSA en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 10.** Porcentaje de germinación en el biotipo SCB en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 11.** Porcentaje de germinación en el biotipo SUB en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas: en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 12.** Porcentaje de germinación en el biotipo TSA en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Figura 13.** Distribución de grados día acumulados (GDA) a floración por biotipo en cada ambiente. Los números en el eje corresponden a los siguientes biotipos: 1=BAL19, 2=SCB, 3=BAL13, 4=LSA, 5=TSA, 6=SUB, 7=HYO, 8=ERI, 9=BAL08, 10=IBA.

**Figura 14.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo BAL19. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 15.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo SCB. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 16.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo BAL13. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 17.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo LSA. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 18.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo TSA. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 19.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo SUB. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 20.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo HYO. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 21.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo ERI. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 22.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo BAL08. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

**Figura 23.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo IBA. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)

## Resumen

Las brasicáceas o crucíferas constituyen una familia vegetal de gran diversidad y amplia distribución mundial, con aproximadamente 338 géneros y 3700 especies. Su alta capacidad competitiva puede afectar negativamente la productividad de los sistemas agrícolas, generando reducciones en el rendimiento de los cultivos. *Brassica rapa*, conocida en Argentina como “nabo” o “nabo silvestre”, es una maleza de carácter invasivo que se encuentra ampliamente difundida en la región pampeana. Esta especie tiene capacidad de hibridación con *Brassica napus* (colza), una planta estrechamente emparentada dentro del mismo género y de gran importancia en la producción mundial de aceites comestibles, de la cual se comercializan variedades resistentes a herbicidas, obtenidas tanto por mejoramiento tradicional como por biotecnología. El uso de variedades transgénicas de *B. napus* no está autorizado en Argentina, no obstante, se han detectado individuos con esta tecnología en el país. Como consecuencia, en el centro y sudeste de la provincia de Buenos Aires, más del 90 % de las poblaciones de *B. rapa* han desarrollado resistencia a glifosato, entre un 70 y 80 % también presentan resistencia a herbicidas que afectan las enzimas acetohidroxiácido sintasa (AHAS o ALS), y entre un 50 y 60 % muestran resistencia a tres mecanismos de acción (glifosato, AHAS y 2,4-D, junto a otros hormonales). El flujo génico entre estas dos especies aumenta su potencial invasivo, haciendo más difícil su control. La dormición de las semillas representa otra ventaja adaptativa de la especie; este mecanismo evita que las semillas germinen incluso bajo condiciones ambientales favorables, lo que asegura su supervivencia a lo largo del tiempo, permitiendo la formación de un banco de semillas en el suelo. Este atributo puede verse influenciado por el ambiente materno, es decir, las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas madre.

Con el objetivo de determinar si el efecto del ambiente influye en la dormición de semillas de *Brassica rapa*, se evaluó la germinación de semillas producidas por distintos biotipos provenientes de diversas regiones de Argentina en tres fechas de siembra contrastantes y evaluadas en dos momentos (poscosecha y posmaduración).

Los resultados mostraron que la dormición estuvo modulada por el ambiente materno, la temperatura, la genética de las poblaciones y el tiempo de almacenamiento así como por interacciones entre estos factores. En general, la dormición fue mayor en semillas recién cosechadas y se redujo tras un periodo de almacenamiento en la mayoría de los biotipos, lo que evidencia que el efecto materno disminuye con el tiempo.

También, se registró el tiempo a floración a campo para cada biotipo y se observó que estuvo principalmente afectado por el ambiente de desarrollo, especialmente por la fecha de siembra. La respuesta fenológica varió entre los biotipos, con adelantos de la floración bajo condiciones más cálidas y días más largos.

En conjunto, estos resultados muestran que factores genéticos y ambientales modulan la capacidad adaptativa de *B. rapa*, afectando dormición y fenología, aspectos claves para su manejo en sistemas agrícolas.

## **Introducción**

### **Situación actual de las malezas y cultivos transgénicos en Argentina.**

Las malezas interfieren con el crecimiento y desarrollo de los cultivos, compitiendo con ellos por nutrientes, agua, luz y espacio, reduciendo su rendimiento y calidad (Zimdahl, 1980), además de dificultar los procesos de cosecha e incrementar los costos de producción. Se estima que las malezas provocan una disminución de hasta un 35% en los rendimientos agrícolas (Aapresid, 2024). En Argentina, hasta 1970, el control de malezas se basaba principalmente en herramientas mecánicas. La adopción de la siembra directa junto con los cultivos resistentes al glifosato ha llevado a un aumento en el uso de herbicidas. La implementación de manera simplificada de este paquete tecnológico redujo costos y mejoró los rendimientos, no obstante, también introdujo riesgos importantes, como el intercambio genético entre las especies cultivadas, malezas asociadas y parientes silvestres sexualmente compatibles, lo cual constituye un mecanismo frecuentemente relacionado con la generación de variabilidad (Ellstrand, 2003). El uso de cultivos resistentes a herbicidas presenta riesgo de flujo génico, es decir, la transferencia de esa característica a especies silvestres emparentadas que constituyen importantes malezas (Devos et al., 2004, Warwick et al., 2008).

La WSSA (Weed Science Society of America) define la resistencia a herbicidas como la habilidad hereditaria que algunos biotipos dentro de una población adquieren para sobrevivir y reproducirse a determinada dosis de un herbicida, a la cual la población original era susceptible. El glifosato lidera como el herbicida de mayor incidencia de resistencias a nivel mundial (92%), seguido por herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (AHAS o ALS) (29%) (Aapresid, 2024). Los herbicidas son capaces de alterar la fisiología de las plantas causando la muerte o desarrollo anormal de las mismas. Estos generan su efecto letal actuando sobre un sitio primario de acción y generando una serie de efectos perjudiciales que llevan a la muerte de la planta (Collavo, A. 2008.; Duke, S. O. 1996). El modo de acción de un herbicida consiste en la secuencia de eventos que ocurren desde que es absorbido por la planta hasta la aparición de fitotoxicidad. Actualmente, en el mundo 273 especies de malezas han desarrollado resistencia a diferentes sitios de acción en herbicidas. Mientras que en Argentina se han confirmado 49 biotipos resistentes en 28 especies a 6 sitios de acción distintos (Aapresid, 2024).

## Crucíferas

Las crucíferas (brasicáceas) constituyen la familia vegetal con más casos de resistencia documentados luego de las gramíneas, resultando la más propensas a desarrollar resistencia respecto al resto de las familias de Dicotiledóneas (Oreja et al., 2024; REM, 2024). En Argentina, representan 68 géneros con 222 especies, de las cuales 103 son nativas, 57 son endémicas y 62 introducidas (Flora Argentina, 2024). Más de 120 especies de esta familia se consideran malezas, impactando en los sistemas productivos alrededor del mundo; afectan cultivos invernales como trigo, cebada, colza y otros verdeos, pero también pueden ser perjudiciales en barbechos o el desarrollo de cultivos de verano (Marzocca, 1994; Istilart y Yanniccari, 2011; Pandolfo, 2016).

En la actualidad en Argentina se han registrado cinco especies de crucíferas con resistencia a herbicidas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies de Crucíferas con resistencia a herbicidas en Argentina (Aapresid, REM 2025).

Espece	Resistencia
<i>Brassica rapa</i> "nabo"	Glifosato + ALS
	Glifosato + ALS + 2,4D
	Glifosato + ALS + 2,4D + Flurocloridona
<i>Raphanus sativus</i> "nabón"	ALS
<i>Brassica napus</i> "colza"	Glifosato
<i>Hirschfeldia incana</i> "mostacilla"	ALS
	ALS + 2,4D
	Glifosato + 2,4D
<i>Rapistrum rugosum</i> "mostacilla"	ALS

## Morfología de las crucíferas

En cuanto a su biología, las crucíferas se distinguen por su porte y robustez, características que las hacen muy competitivas (Gigón, 2019). Su ciclo de vida puede ser anual o bianual y se reproducen mediante fecundación alógama, aunque algunas presentan gran porcentaje de autogamia (Vigna, 2018). Son especies otoño-inverno-primaverales (OIP), con un pico de emergencias en otoño y un segundo pico, de menor intensidad, en primavera. Poseen raíces axonomorfas. Sus hojas son simples, enteras o sectadas, las basales a veces con disposición arrosetada, y las hojas caulinares usualmente alternas, pecioladas o sésiles. Las inflorescencias se presentan en racimos, corimbos o panículas, con flores que presentan simetría bilateral, y

cuentan en general con cuatro sépalos, cuatro pétalos, seis estambres tetradínamos y un ovario bicarpelar. La estructura básica de los frutos consiste en una cápsula bivalvada, dividida longitudinalmente por un falso tabique en dos lóculos, generalmente dehiscentes. Este carácter, que exhibe gran variabilidad entre especies, es de particular relevancia para las clasificaciones taxonómicas. Las semillas son numerosas, dispuestas en el fruto en una o dos filas. Sobre la base de la relación largo/ancho, los frutos son clasificados en silicuas (más largas que anchas) o silículas (tan anchas como largas) (Diez de Ulzurrun, Gigón, y Yannicari, 2024).

### **Tipos de crucíferas y sus usos**

Además de su carácter invasor, existe una notable diversidad de usos asociados a las crucíferas, especialmente en la alimentación humana. Mientras que las especies silvestres continuaron su evolución natural bajo la influencia del ambiente, las plantas que el ser humano tomó para su provecho fueron moldeadas y domesticadas por éste, creando una gran diversidad según el uso por el cual fueron seleccionándose (Pandolfo et al., 2016). Especies como las mostazas (*Brassica nigra* L., *B. juncea* L. y *Sinapis alba* L.) son utilizadas como condimentos. Variedades de *Brassica oleracea* L. como los repollos, coles, repollitos de Bruselas y coliflores se utilizan para consumo humano como cultivos hortícolas.

### ***Brassica napus* L.**

Dentro de la familia, la colza o canola, es una de las especies oleaginosas de mayor relevancia mundial, se destaca por su elevada participación en la producción de aceites comestibles siendo el tercero en importancia mundial, luego del de palma y soja (FAOSTAT, 2015). La especie se generó por hibridaciones interespecíficas espontáneas a partir de *B. rapa* y *B. oleracea*. No se conoce en estado silvestre, hecho que refuerza las teorías de su origen en ambientes cultivados (Gupta y Pratap, 2007; Prakash et al., 2012).

En la actualidad, más del 25 % de la colza empleada en el mundo es genéticamente modificada (GM) existiendo cultivares con distintas resistencias a herbicidas como glifosato, glufosinato y bromoxinil. Los países que utilizan esta tecnología son Canadá, Estados Unidos, Australia, Japón y Chile (en este último caso, sólo para exportación de semilla) (FAOSTAT, 2016). A través del mejoramiento convencional, se desarrolló la colza resistente a imidazolinonas (IMI), comercializada bajo la denominación Clearfield (CL). Estas variedades han estado disponibles en el país desde hace algunos años (INASE, 2015), sin embargo, el riesgo ambiental no es distinto en cultivos genéticamente modificados que en cultivos obtenidos por mejoramiento convencional (Pandolfo et. al 2016).

Históricamente la colza en Argentina presenta fuertes fluctuaciones en su importancia relativa, la demanda de aceites para biodiesel ha despertado un nuevo interés por su cultivo. El mercado local cuenta con más de 19 cultivares comerciales (INASE, 2015). Sin embargo, no hay disponibles variedades transgénicas debido a las restricciones que implica la existencia de parientes silvestres naturalizados con los cuales puede haber flujo genético (SAGPyA, 1997; SENASA, 2007). Aunque el cultivo transgénico de colza está prohibido en Argentina, individuos con esta tecnología fueron detectados en el país. Las plantas transgénicas fueron halladas en ambientes típicamente ruderales, actuando como maleza y moviéndose varios kilómetros sin que se realizaran cultivos de colza (Pandolfo et al., 2016). Las poblaciones de plantas denominadas ferales, son el resultado de escapes de cultivos, que pueden sobrevivir y reproducirse con éxito sin intervención humana. A menudo, debido a la apertura espontánea de los frutos, las semillas de colza se pierden antes o durante la cosecha y quedan en el suelo, habitan en ambientes como los márgenes de los campos, las banquinas, las instalaciones de almacenamiento y manipulación de semillas; también pueden originarse debido al derrame de semillas durante el transporte, la redistribución de semillas por equipos de campo o su dispersión por aves y mamíferos (Saji et al. 2005).

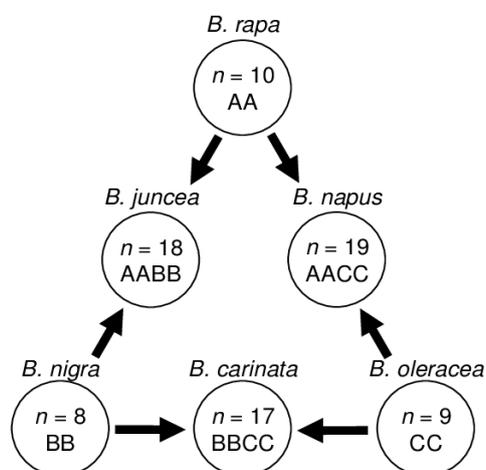
### **Estado de la resistencia**

La probabilidad de transferencia de genes entre las distintas brassicáceas es relativamente alta debido a la compatibilidad cruzada de los miembros del triángulo “U” (Hall et al., 2005). Las cruza con mayor propensión al flujo génico estarían dadas por las que involucran a *B. rapa* y *B. napus* (Devos et al., 2009). De hecho, se ha confirmado la transferencia de resistencia a herbicidas a través de sucesivas generaciones (Snow et al., 1999), y la persistencia de dicha característica en poblaciones silvestres de *B. rapa*, más allá de seis años en ausencia de presión de selección con herbicida (Warwick et al., 2008). Los híbridos emergentes de esta cruza pueden ser reproductivamente tan exitosos como sus progenitores (Hauser et al., 1998). Se denominan comúnmente como “nabolzas” a los individuos de *B. rapa* con resistencia a glifosato (Diez de Ulzurrun, Gigón, y Yanniccari, 2024).

El triángulo “U” es una teoría que explica la evolución de las especies del género *Brassica*, las relaciones filogenéticas entre ellas fueron descritas por el botánico coreano Woo Jang-choon.

Las especies diploides *B. nigra* (mostaza negra) (BB,  $2n=16$ ), *B. oleracea* (coles, repollos, brócoli, coliflor) (CC,  $2n=18$ ) y *B. rapa* (nabo) (AA,  $2n=20$ ) descienden de un progenitor común con un número básico de cromosomas  $x=6$ . Tras su aparición, cruza interespecíficas naturales entre ellas, seguidas de duplicación espontánea de cromosomas, dieron origen a las tres

especies anfidiplóides: *B. napus* (colza) (AACC 2n=38), *B. juncea* (mostaza marrón) (AABB, 2n=36) y *B. carinata* (mostaza etíope) (BBCC, 2n=34) (Gupta y Pratap, 2007; Allender y King, 2010; Iniguez-Luy y Federico, 2011; Prakash et al., 2012) (Figura 1).



**Figura 1.** Triángulo “U”, representación gráfica de las relaciones filogenéticas dentro del género *Brassica*.

El flujo génico y la introgresión exitosa de los caracteres de resistencia dependen de una serie de eventos cuya probabilidad es generalmente baja, aunque varía con las especies. Se requiere coincidencia geográfica de los cultivos con sus parientes silvestres, compatibilidad sexual entre ellos y períodos de floración simultáneos. Además, deben producirse híbridos fértiles, y el gen debe transmitirse a través de sucesivas retrocruzas y estabilizarse en el genoma de las especies silvestres (Légère 2005, Devos et al. 2009).

### ***Brassica rapa* L.**

En nuestro país la importancia de *B. rapa* como maleza de cultivos es reconocida desde la década del 30 (Ibarra, 1937), época en la cual se comenzaron a aprovechar las poblaciones naturales de nabo para la producción de aceite industrial. El grano de nabo se destinaba a la elaboración de aceite no comestible, y cotizó en la Bolsa de Cereales hasta la década del 60 (Pascale, 1976; Iriarte y Valetti, 2008).

Fue la primera especie brasicéa en ser domesticada. Actualmente se reconocen dos amplias razas, con centros de origen independientes. El centro occidental dio origen a las formas oleaginosas y de raíces engrosadas, es utilizado como colza-canola principalmente en el oeste de Canadá, donde se la conoce como turnip rape o “colza tipo polaco”. Por otro lado, el centro oriental fue el origen de las formas hortícolas, cultivadas por sus hojas (col china, Pak-choi, Pet-sai) o sus raíces carnosas (nabo) (Gómez-Campo y Prakash, 1999; Prakash et al., 2012).

La forma silvestre, conocida como “nabo” o “nabo silvestre” se encuentra distribuida en casi todas las provincias del país, sobre todo en la región pampeana. Afecta una amplia variedad de cultivos, frecuente en cereales invernales, aunque también puede ser perjudicial en cultivos como girasol, maíz, sorgo, montes frutales, huertas y alfalfares. Prefiere hábitats disturbados, encontrándose en potreros, banquinas y áreas marginales. Se dispersa como contaminante botánico de las semillas de los cereales y también logra persistir en rastrojos (Parodi, 1964; Marzocca et al., 1976).

Es una especie anual, altamente invasora, de raíz pivotante, con tallos erguidos y ramificados, que pueden llegar al metro y medio de altura. Las plántulas poseen cotiledones de contorno orbicular y ápice escotado (acorazonados), con únicamente la nervadura central visible, peciolados y glabros. Las primeras hojas de la plántula son alternas, de contorno oval y margen dentado-lobulado, pecioladas, con pelos de base mamelonada (con pequeñas protuberancias redondeadas en la base), de color verde a levemente glauco. Las siguientes hojas presentan escasa pilosidad; las basales se disponen en roseta, pinnatífidas a pinnatisectas, con lóbulo terminal oblongo-obovado; hojas caulinares medias y superiores sin pecíolo (sésiles) y abrazadoras al tallo (amplexicaules). La inflorescencia es en racimos con flores abiertas sobrepasando o al mismo nivel que los botones florales con pétalos amarillos a amarillo oscuros. El fruto es una silicua de 4 a 8 cm de longitud y 3 mm de ancho, con 8 a 15 semillas por lóculo, éstas últimas negras, castañas o rojizas, de superficie reticulado-alveolada (Diez de Ulzurrun, Gigón, y Yannicari, 2024) (Figura 2).



**Figura 2.** *Brassica rapa* L. A. Plántula. B. Planta en estado de roseta. C. Planta en estado reproductivo. D. Detalle de inflorescencia y flores. E. Fruto silicua maduro. F. Semillas.

## **Situación de *Brassica rapa* L. en Argentina**

En Argentina, la primera aparición de poblaciones ferales de colza con resistencia a glifosato fue reportada en 2012. A partir de ese momento, el gen de resistencia fue detectado en poblaciones de nabo silvestre distribuidas en amplias zonas del centro y sudeste de la provincia de Buenos Aires. Posteriormente, en 2014 se identificaron poblaciones con resistencia múltiple a glifosato e inhibidores de ALS o AHAS, como metsulfurón, imazetapir y diclosulam entre otros. En 2016, se denunciaron poblaciones con resistencia múltiple a glifosato, 2,4-D e inhibidores de ALS. Recientemente se ha registrado un nuevo caso de resistencia a flurocloridona, un herbicida que actúa como inhibidor de la enzima fitoeno desaturasa (PDS). Además, se trata de un caso de resistencia múltiple, ya que la población afectada presentaba resistencia previamente documentada a glifosato, inhibidores de ALS y herbicidas hormonales (Juan, Ledesma y Núñez Fré, 2025).

La resistencia múltiple o acumulada se presenta cuando una planta o población acumula dos o más mecanismos de resistencia. Cuantos más mecanismos estén presentes, mayor diversidad de familias químicas y modos de acción resultarán ineficaces para controlar la maleza (Yu et al., 2009). Según informes publicados por la red de manejo de plagas de AAPRESID las resistencias acumuladas en Argentina para *B. rapa* presentan 28 biotipos resistentes distribuidos principalmente en el sudeste de la provincia Buenos Aires, zona coincidente con el área de mayor difusión del cultivo de colza; aunque también se encontraron en Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa, San Luis y Chaco, hasta en el norte del país (Aapresid, 2025).

El origen de los biotipos con el transgén de resistencia a glifosato es desconocido, debido a la prohibición existente en nuestro país para el cultivo de variedades con el evento de transgénesis que confiere resistencia. La misma provendría de cultivos de colza transgénica realizados de manera informal en el país o de individuos ingresados como contaminante de semilla importada antes de 2007, año a partir del cual la legislación nacional solicita el análisis probatorio de ausencia de material OGM (SENASA, 2007).

## **Ciclo de vida de *Brassica rapa* L.**

La dispersión de semillas es particularmente importante para la dinámica poblacional de la maleza, por la dehiscencia de los frutos las semillas se liberan al medio ambiente. Estas poseen un alto poder germinativo, generalmente superior al 85%, pueden germinar y emerger desde 5-6 cm de profundidad y permanecer viables en el suelo hasta 6 o más años (Gulden et al., 2008). Una planta individual puede llegar a producir potencialmente hasta 8000 semillas (Juan y Núñez Fré, 2021).

La germinación puede ocurrir durante todo el año, con mayor magnitud en otoño, seguida de la primavera (Marzocca, 1976) y en los veranos lluviosos puede rebrotar luego de la cosecha de los cereales invernales (Pandolfo et al. 2016). El pasaje de estado vegetativo a reproductivo está regulado por el fotoperiodo y vernalización (Gulden et al., 2008), permaneciendo en estado vegetativo durante el periodo invernal y floreciendo a finales de invierno o principio de primavera hasta fines de verano. Luego de la emergencia, se desarrolla en forma de roseta durante el invierno de forma rápida y vigorosa, lo cual le permite a la planta competir eficientemente con los cultivos por los recursos disponibles (Juan y Núñez Fré, 2021).

### **Dormición y efecto materno**

La dormición se define como la ausencia de la germinación de las semillas sometidas a condiciones ambientales adecuadas para que ocurra la misma (Baskin y Baskin, 2004). Es un importante rasgo en el ciclo de vida de la planta ya que regula el momento en el que se produce la germinación, y por lo tanto determina el ambiente en el cual la planta se va a desarrollar.

La presencia de dormición es una importante ventaja ecológica para las malezas, especialmente en hábitats extremos o donde las condiciones son impredecibles. Se trata de un mecanismo de dispersión espacio-temporal que favorece la supervivencia de la especie en el tiempo (Pérez García et al., 1999), permitiéndoles germinar en momentos más adecuados para que las plantas tengan las máximas probabilidades de supervivencia (De La Cuadra, 1992).

Las condiciones necesarias para que ocurra la germinación dependen de factores externos a la semilla, como la disponibilidad de agua, temperatura adecuada y la presencia o ausencia de luz; y también de factores intrínsecos, como su viabilidad, poder germinativo, grado de madurez y su permeabilidad al agua.

Se reconocen dos tipos de dormición: primaria o innata, y secundaria o inducida. La dormición primaria es aquella que se inicia al final de la maduración de la semilla, cuando está aún en la planta madre; en este caso, la semilla no germina de inmediato, incluso si se encuentra en condiciones ambientales favorables debido a mecanismos internos que impiden la germinación. En cambio, la dormición secundaria se inicia en semillas maduras ya dispersadas, como respuesta a condiciones ambientales desfavorables para la germinación (Baskin y Baskin, 2014).

Las condiciones ambientales experimentadas por las plantas madre durante la fase de formación y maduración de las semillas pueden influir en el nivel de dormición de la progenie (Donohue et al., 2009), a esto se lo denomina efecto del ambiente o efecto materno.

## Hipótesis

El momento de emergencia de los biotipos de *Brassica rapa* L. define las condiciones térmicas y lumínicas en las que se desarrollan y afecta los parámetros reproductivos de las plantas madre como los niveles de dormición de las semillas que producen.

## Objetivos

1. Evaluar la germinación de semillas de *Brassica rapa* L. criadas en tres fechas de siembra contrastante en dos momentos: luego de la cosecha y tras 24 semanas de almacenamiento.
2. Evaluar el tiempo a floración de diversos biotipos de *Brassica rapa* L. (e.g. con y sin resistencia a herbicidas de diferentes sitios), sembrados en tres fechas de siembra contrastante.

## Materiales y métodos

Se utilizaron 10 biotipos de *B. rapa* de distintas regiones de Argentina, con diferencia en su resistencia a herbicidas (glifosato y AHAS) y sus requerimientos de vernalización. Además, se incluyeron como controles, un biotipo cultivado y otro de *B. napus* (Tabla 2).

**Tabla 2.** Poblaciones de *B. rapa* L. y *B. napus* L. utilizadas en el ensayo.

Población	Especie	Origen	Estatus biológico
BAL08	<i>B. rapa</i>	Balcarce, Buenos Aires	Silvestre
BAL13	<i>B. rapa</i>		Silvestre
BAL19	<i>B. rapa</i>		Silvestre
ERI	<i>B. rapa</i>	Concepción del Uruguay, Entre Ríos	Silvestre
HYO	<i>B. napus</i>	-	Cultivado
IBA	<i>B. rapa</i>	Ibarra, Buenos Aires	Silvestre
LSA	<i>B. rapa</i>	Azul, Buenos Aires	Silvestre
SCB	<i>B. rapa</i>	Bariloche, Río Negro	Silvestre
SUB	<i>B. rapa</i>	-	Cultivado
TSA	<i>B. rapa</i>	Tres Arroyos, Buenos Aires	Silvestre

El ensayo se llevó a cabo durante el año 2023, con tres fechas de siembras contrastantes: 24 de mayo, 21 de julio y 25 de octubre. Las semillas de cada biotipo fueron sembradas en bandejas multicelda con sustrato comercial manteniéndolas en condiciones de luz natural, riego diario y temperaturas entre 20-25 °C. Una vez alcanzado el desarrollo adecuado, las plántulas fueron trasplantadas al campo experimental del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. El trasplante se realizó bajo un diseño en bloques completamente aleatorizados, con cuatro bloques, cada uno de los cuales contenía doce plantas de cada biotipo. Para cada biotipo se evaluó el tiempo a floración, medido como la suma de grados día acumulados desde la fecha de siembra hasta el día en el que se produjo la primera floración (GDA). Una vez alcanzada la madurez, las plantas fueron cosechadas, trilladas manualmente y pasadas por una zaranda con viento para eliminar los restos de silicua. Dado que la madurez de los biotipos ocurrió en distintos momentos, las semillas cosechadas fueron almacenadas en sobres de papel madera durante una semana dentro de una campana de vidrio con gel de sílice, con el fin de reducir la humedad. Luego de este periodo, las semillas fueron envasadas al vacío y refrigeradas a -20 °C, con el objetivo de minimizar cualquier actividad metabólica. De este modo, se colocaron a germinar todos los biotipos provenientes de las tres fechas de siembra al mismo tiempo. Para evaluar la germinación se utilizaron cajas de Petri con papel absorbente y se realizaron cuatro réplicas de 30 semillas por biotipo y se dispusieron en cámaras de germinación a tres temperaturas constantes: 10 °C, 20 °C y 30 °C durante 15 días, bajo un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Esta evaluación se realizó en dos momentos, inmediatamente luego de la cosecha (PC) y luego de un lapso de veinticuatro semanas de maduración (PM).

### **Análisis de datos**

Se evaluó el porcentaje final de germinación de semillas de *Brassica rapa*. Las variables explicativas consideradas fueron: el ambiente materno, representado por distintas fechas de siembra; la genética de las poblaciones, expresada en diferentes biotipos; la temperatura de incubación (10, 20 y 30 °C); y el momento de evaluación, definido como poscosecha y posmaduración. Posteriormente, se realizaron análisis por separado para cada momento, y finalmente, un análisis por biotipo dentro de cada momento. En cada una de estas tres instancias, el porcentaje final de germinación se analizó mediante modelos lineales generales (*i.e.*, MLGs), utilizando una distribución quasibinomial.

Para analizar el efecto de la fecha de siembra y el biotipo sobre el tiempo a floración, expresado como grados día acumulados (GDA), se ajustó un modelo lineal generalizado mixto

(GLMM) utilizando la función *glmer* del paquete *lme4*. El modelo consideró la interacción entre los factores biotipo y fecha de siembra como efectos fijos, y un intercepto aleatorio correspondiente al bloque anidado dentro de cada fecha de siembra para capturar la variabilidad entre bloques experimentales. Dado que la variable respuesta (GDA) presentó una distribución asimétrica, se asumió una distribución Gamma con función de enlace logarítmica.

Se utilizaron métodos de máxima verosimilitud con aproximación de *Laplace* para el ajuste del modelo, empleando el optimizador "*bobyqa*". Los contrastes múltiples entre biotipos dentro de cada fecha de siembra se realizaron utilizando la función *emmeans* del paquete *emmeans*, con ajuste de comparaciones a través del método de Tukey.

Complementariamente, se evaluó el efecto de la fecha de siembra dentro de cada biotipo por separado. Para ello, se ajustaron modelos GLM con distribución Gamma para cada biotipo individual, y se aplicó un test de Tukey posterior al análisis de varianza. Los análisis estadísticos se realizaron en R (versión 4.5.1) utilizando los paquetes *lme4*, *emmeans*, *dplyr*, *agricolae*, *ggplot2*, y *broom*.

## **Resultados**

### **Evaluación de la germinación**

En el análisis de germinación realizado en la primera instancia, se observó que los factores temperatura, biotipo y momento tuvieron un efecto altamente significativo sobre la germinación, seguido por el ambiente (Tabla 3). También se detectaron interacciones dobles significativas entre biotipo y momento, biotipo y ambiente, temperatura y momento, y entre ambiente y tratamiento. Por otro lado, la interacción triple entre ambiente, biotipo y momento también resultó significativa. Las demás interacciones no presentaron efectos significativos, y no se encontró significancia estadística en la interacción entre los cuatro factores evaluados (Tabla 3).

**Tabla 3.** Desviación y significancia de los factores en análisis en la germinación de las semillas. Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias significativas.

<b>Factor</b>	<b>Desviación</b>	<b>P valor</b>
Temperatura	61.632	$< 2.2e^{-16}$
Biotipo	40.438	$4.209e^{-07}$
Momento	38.512	$< 2.2e^{-16}$
Ambiente	6.577	$4.209e^{-07}$
Biotipo x Momento	8.703	$1.226e^{-05}$
Temperatura x Momento	3.051	0.001103
Ambiente x Biotipo	9.106	0.001700
Ambiente x Momento	1.470	0.037585
Temperatura x Ambiente	2.115	0.050961
Temperatura x Biotipo	4.754	0.268235
Ambiente x Biotipo x Momento	6.790	0.034529
Temperatura x Ambiente x Momento	1.261	0.228450
Temperatura x Biotipo x Momento	4.456	0.338947
Temperatura x Ambiente x Biotipo	5.102	0.957569
Temperatura x Ambiente x Biotipo x Tratamiento	4.330	0.989521

En el momento poscosecha, la germinación de las semillas estuvo significativamente afectada por temperatura, ambiente y biotipo. También se encontró una interacción significativa entre ambiente y biotipo. Las demás interacciones evaluadas no mostraron efectos significativos (Tabla 4).

**Tabla 4.** Desviación y significancia de los factores de análisis en la germinación de semillas en el momento poscosecha. Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias significativas.

<b>Factor</b>	<b>Desviación</b>	<b>P valor</b>
Temperatura	21.617	$< 2.2e^{-16}$
Biotipo	41.469	$< 2.2e^{-16}$
Ambiente	6.281	$3.793e^{-06}$
Ambiente x Biotipo	11.639	0.000272
Temperatura x Ambiente	1.425	0.063107
Temperatura x Biotipo	3.553	0.076193
Temperatura x Ambiente x Biotipo	5.307	0.977296

En el momento posmaduración, se registraron efectos altamente significativos de temperatura y biotipo sobre la germinación. El ambiente también mostró un efecto significativo, aunque de menor magnitud. Las demás interacciones no mostraron efectos significativos (Tabla 5).

**Tabla 5.** Desviación y significancia de los factores de análisis en la germinación de semillas en el momento posmaduración. Valores de  $p < 0,05$  indican diferencias significativas.

<b>Factor</b>	<b>Desviación</b>	<b>P valor</b>
Temperatura	45.260	$< 2.2e^{-16}$
Biotipo	11.120	$5.512e^{-09}$
Ambiente	1.818	0.009635
Ambiente x Biotipo	4.897	0.124584
Temperatura x Ambiente	1.656	0.076193
Temperatura x Biotipo	5.468	0.063107
Temperatura x Ambiente x Biotipo	3.821	0.988541

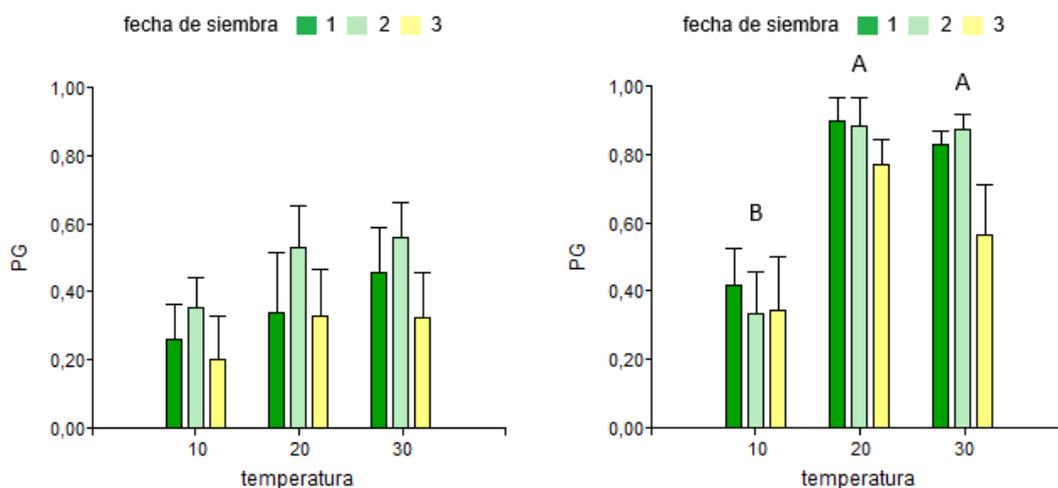
A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada biotipo en forma individual.

### **Biotipo BAL08**

En el momento poscosecha la germinación no fue afectada significativamente por la temperatura. No obstante, en el momento posmaduración sí se observó un efecto altamente significativo; mientras que el ambiente no tuvo un impacto sobre la germinación en ningún momento (Tabla 6). La tendencia visible en los gráficos indicaría que la posmaduración podría facilitar una mayor germinación, especialmente a 20 °C y 30 °C (Figura 3).

**Tabla 6.** Efecto de la temperatura y ambiente sobre la germinación en el biotipo BAL08.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
Temperatura	0.72515	0.2314	7.0316	8.547e <sup>-08</sup>
Ambiente	1.00047	0.1327	0.9577	0.109



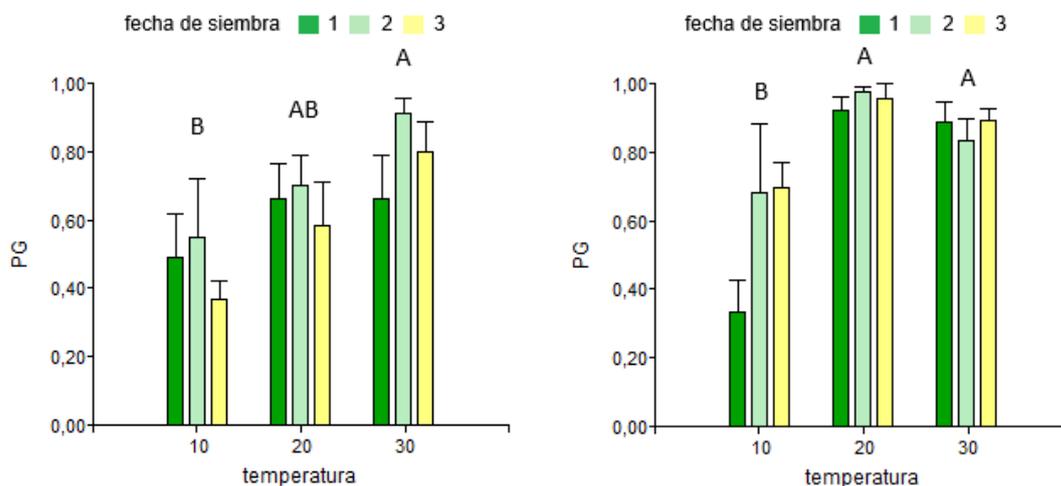
**Figura 3.** Porcentaje de germinación del biotipo BAL08 en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

### **Biotipo BAL13**

En ambos momentos evaluados, la temperatura fue el único factor que mostró un efecto significativo sobre la germinación. En poscosecha, los mayores valores se registraron a 30 °C, siendo significativamente superiores a los obtenidos a 10 °C (Figura 4). Tras el almacenamiento, se observó un aumento general en los niveles de germinación, con valores promedio superiores al 80 % a temperaturas intermedias y elevadas. Esta tendencia, reflejada en la Figura 4, indicaría que el período de posmaduración podría haber contribuido a una mayor capacidad germinativa.

**Tabla 7.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo BAL13.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
Temperatura	2.70850	0.002237	5.9428	2.65e <sup>-09</sup>
Ambiente	0.62839	0.242719	0.8419	0.0609



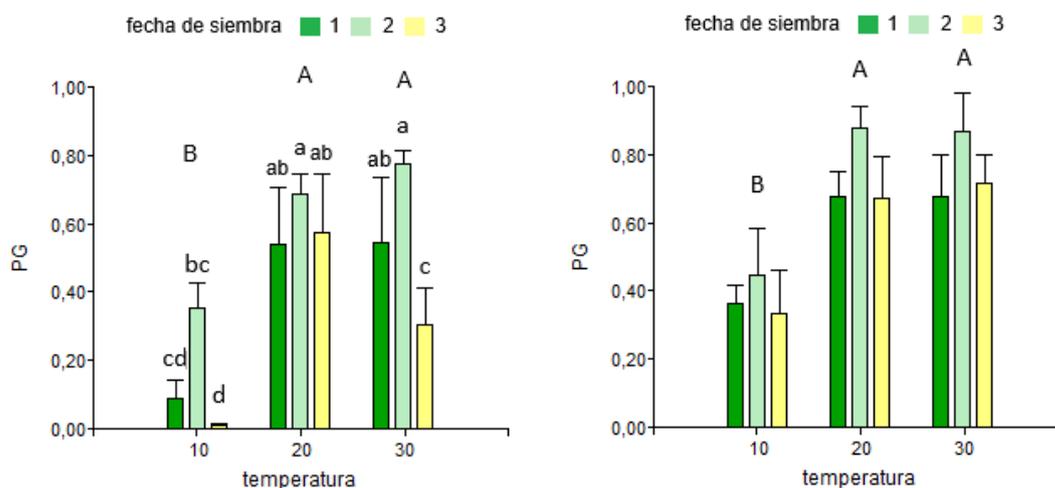
**Figura 4.** Porcentaje de germinación en el biotipo BAL13 en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

### **Biotipo BAL19**

La germinación en el momento poscosecha mostró efectos altamente significativos de ambos factores evaluados (Tabla 8). Por un lado, se observó el efecto de la temperatura, siendo las más altas las que promovieron una mayor germinación. Bajo el efecto del ambiente, pudo observarse una tendencia a que los mayores valores de germinación se produzcan en la segunda fecha de siembra. Asimismo, bajo 10 °C la segunda fecha de siembra no difirió significativamente de la primera. Bajo 20 °C tampoco existieron diferencias significativas entre las tres fechas de siembra. Mientras que bajo 30 °C, la segunda fecha no difirió de la primera, pero sí de la tercera (Figura 5). En el momento posmaduración, la temperatura fue el único factor que demostró tener un efecto significativo (Tabla 8). Las semillas incubadas a 20 °C y 30 °C alcanzaron mayores niveles de germinación en comparación con 10 °C, y en general, la germinación fue más alta que en el tratamiento poscosecha.

**Tabla 8.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo BAL19.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
Temperatura	6.6211	5.648e <sup>-07</sup>	4.5864	1.014e <sup>-05</sup>
Ambiente	3.2754	0.0008111	0.9959	0.08235



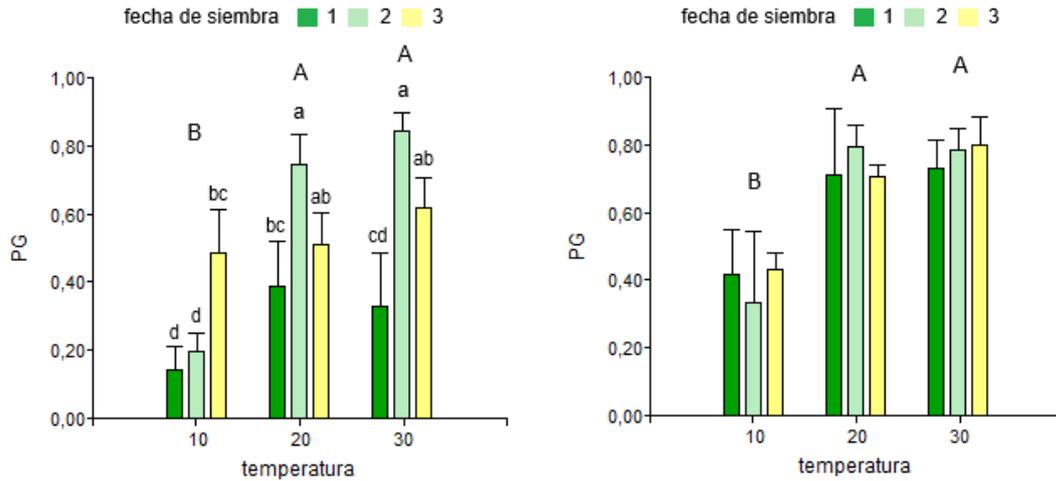
**Figura 5.** Porcentaje de germinación en el biotipo BAL19 en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

### **Biotipo ERI**

La germinación en el momento poscosecha mostró efectos significativos tanto de la temperatura como del ambiente (Tabla 9). En cuanto a la temperatura, las más altas favorecieron significativamente la germinación, observándose los menores valores a 10 °C. Por otra parte, el efecto del ambiente mostró una respuesta variable según la temperatura: bajo 10 °C, las semillas provenientes de la tercera fecha de siembra alcanzaron los valores más altos, diferenciándose estadísticamente de las otras dos fechas. A 20 °C, las mayores tasas de germinación se registraron en semillas de la segunda y tercera fecha, sin diferencias significativas entre ellas, pero sí con respecto a la primera. Finalmente, a 30 °C, también se destacaron las semillas provenientes de la segunda y tercera fecha, aunque en este caso, la tercera fecha difirió de la primera, pero no de la segunda. En el tratamiento posmaduración, la germinación fue afectada únicamente por la temperatura (Tabla 9), evidenciándose los mayores valores bajo 20 °C y 30 °C. Esto sugiere que, tras el almacenamiento, la sensibilidad al ambiente materno se reduce.

**Tabla 9.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo ERI.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
Temperatura	2.9629	0.001525	4.2206	3.325e <sup>-05</sup>
Ambiente	2.9270	0.001649	0.0299	0.9295



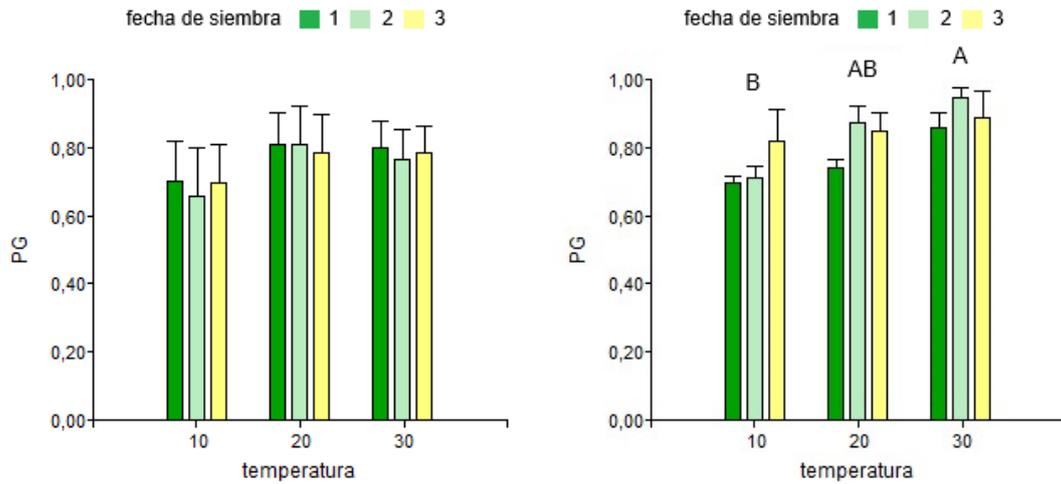
**Figura 6.** Porcentaje de germinación en el biotipo ERI en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

**Biotipo HYO**

El biotipo cultivado de *B. napus* presentó un comportamiento estable y altos niveles de germinación en ambos momentos (Figura 7). En poscosecha, no se observaron efectos significativos de ningún factor sobre la germinación (Tabla 10). En posmaduración, la temperatura tuvo un efecto significativo sobre la germinación, observándose mayores valores de germinación a 30 °C en comparación con 10 °C, mientras que el ambiente no mostró un efecto estadísticamente relevante (Tabla 10).

**Tabla 10.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo HYO.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
Temperatura	0.48322	0.3197	1.05328	0.001536
Ambiente	0.02078	0.9521	0.34652	0.118659



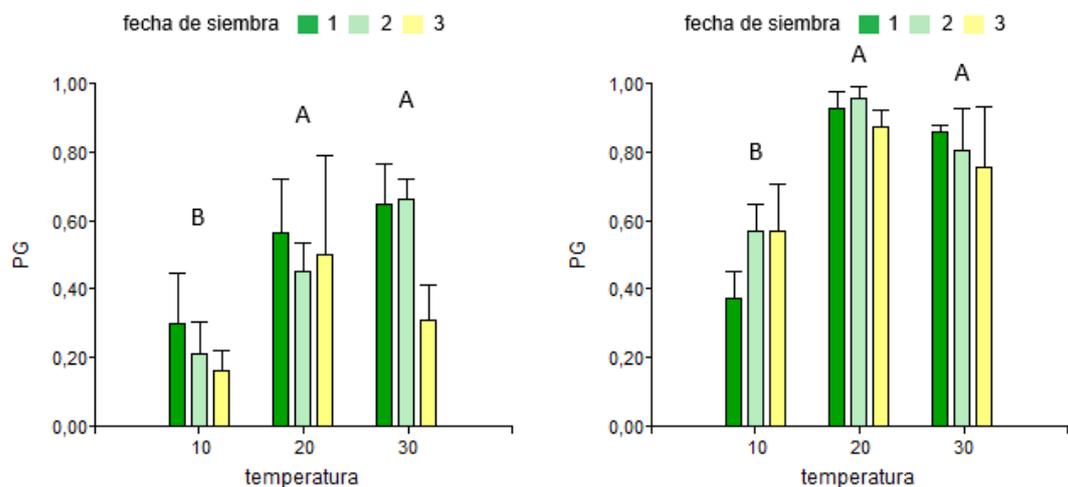
**Figura 7.** Porcentaje de germinación en el biotipo HYO en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

### **Biotipo IBA**

La temperatura fue el único factor que presentó efectos significativos sobre la germinación en ambos momentos evaluados, mientras que el ambiente no mostró influencia estadísticamente significativa (Tabla 11). Como se observa en la Figura 8, a 10 °C se registraron los porcentajes más bajos de germinación en ambos momentos, con diferencias significativas respecto a 20 °C y 30 °C. Además, se evidenció un incremento general en la capacidad germinativa luego de la maduración.

**Tabla 11.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo IBA.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
Temperatura	3.04977	0.003048	5.9448	$6.787e^{-07}$
Ambiente	0.95623	0.162612	0.1609	0.6809



**Figura 8.** Porcentaje de germinación en el biotipo IBA en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

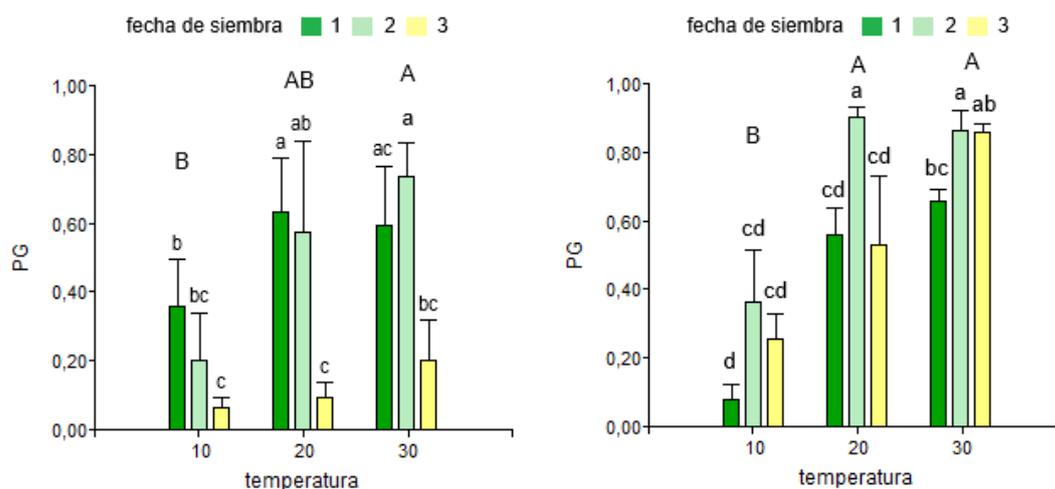
### **Biotipo LSA**

Fue el único biotipo que presentó efectos significativos tanto de la temperatura como del ambiente en ambos momentos evaluados.

En poscosecha, la germinación fue mayor a medida que aumentó la temperatura, con los valores más altos registrados a 20 °C y 30 °C. La tercera fecha de siembra presentó los valores más bajos de germinación bajo las tres temperaturas. Dentro de cada temperatura, se observaron diferencias según la fecha de siembra: a 10 °C y 20 °C, la germinación disminuyó progresivamente de la primera a la tercera siembra. A 30 °C, la segunda fecha de siembra fue la que mostró mayor germinación, con diferencias significativas con respecto a la última fecha de siembra. En posmaduración, la germinación también aumentó con la temperatura y en general los valores fueron más altos, superando el 85% en promedio en las combinaciones más favorables. La segunda fecha de siembra mantuvo la mayor capacidad germinativa bajo las tres temperaturas. A 10 °C se observan los menores valores de germinación, sin diferencias entre las fechas de siembra (Figura 9).

**Tabla 12.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo LSA.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
<b>Temperatura</b>	2.5357	0.01807	7.8656	$1.786e^{-09}$
<b>Ambiente</b>	6.2379	$5.154e^{-05}$	2.3578	0.002386



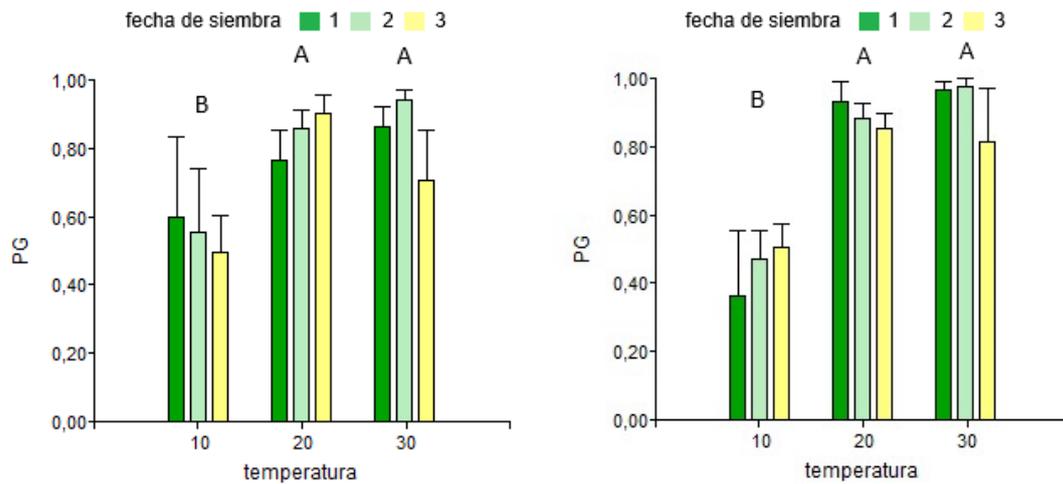
**Figura 9.** Porcentaje de germinación en el biotipo LSA en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

### **Biotipo SCB**

La germinación no se vio afectada significativamente por el ambiente en ninguno de los dos momentos evaluados. En cambio, la temperatura de incubación tuvo un efecto significativo en ambos, siendo más marcado en posmaduración (Tabla 13). En general, los niveles más bajos de germinación se registraron a 10 °C, mientras que a 20 °C y 30 °C se observaron valores elevados, sin diferencias estadísticas entre ellas. Estos resultados reflejan una buena capacidad germinativa del biotipo en un amplio rango térmico, con una mejora luego del almacenamiento (Figura 10).

**Tabla 13.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo SCB.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
<b>Temperatura</b>	3.2242	0.004624	7.3931	$8.545e^{-08}$
<b>Ambiente</b>	0.2011	0.715146	0.1018	0.7992



**Figura 10.** Porcentaje de germinación en el biotipo SCB en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

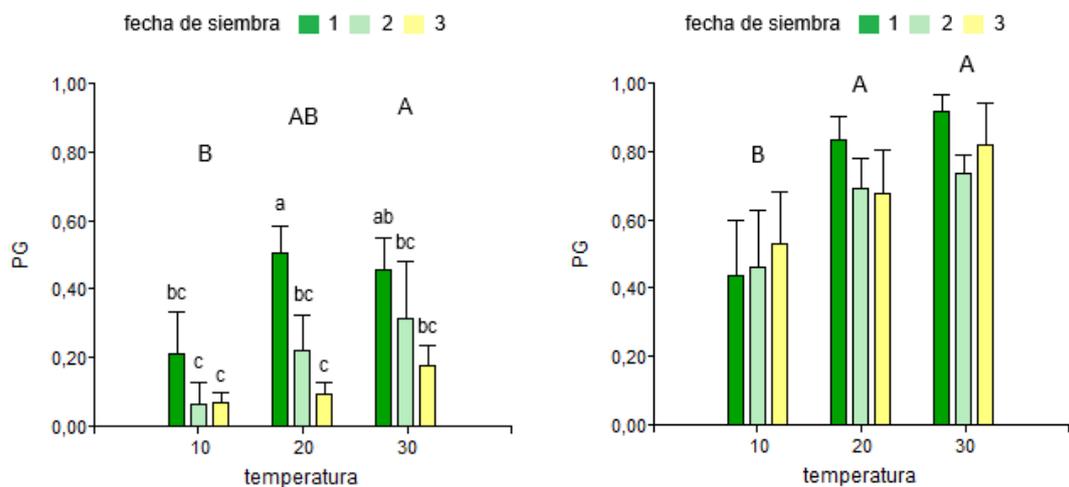
### **Biotipo SUB**

El biotipo cultivado de *B. rapa* en el momento poscosecha mostró que la temperatura y el ambiente tuvieron efectos significativos sobre la germinación (Tabla 14). Los valores más altos de germinación correspondieron a la primera siembra en las tres temperaturas evaluadas, especialmente a 20 y 30 °C, mientras que las semillas originadas en la tercera siembra mostraron los valores más bajos, sin diferencias significativas entre sí, independientemente de la temperatura. En la Figura 11, se observa un patrón en las tres temperaturas donde la germinación disminuye de manera gradual a medida que se atrasa la fecha de siembra. En términos de temperatura, 30 °C fue la condición que presentó los mejores resultados, mientras que a 10 °C se observaron los valores más bajos.

En el momento posmaduración, la germinación estuvo determinada únicamente por la temperatura de incubación (Tabla 14), mostrando un incremento a medida que esta aumentaba. Las diferencias más marcadas se observaron entre 10 °C y las temperaturas más elevadas (Figura 11). En general, la germinación fue superior en este momento, lo que podría indicar una reducción de la dormición durante el almacenamiento.

**Tabla 14.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo SUB.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
<b>Temperatura</b>	1.3811	0.0280942	3.7519	0.001043
<b>Ambiente</b>	2.8521	0.0006254	0.3038	0.573536



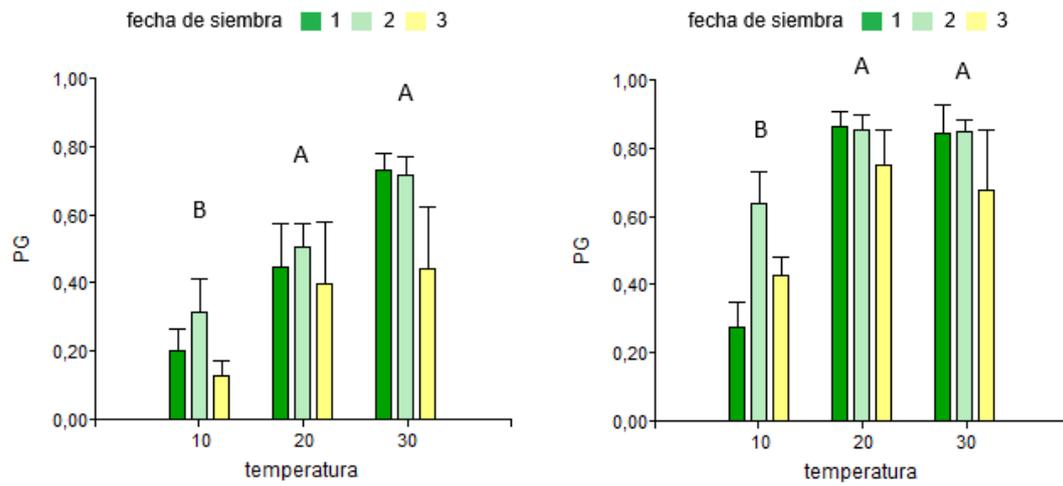
**Figura 11.** Porcentaje de germinación en el biotipo SUB en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en: mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas; minúscula indican diferencias significativas entre la interacción de ambos factores ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

### Biotipo TSA

La temperatura fue el único factor que influyó significativamente en la germinación en ambos momentos (Tabla 15). A 20 °C y 30 °C se obtuvieron resultados similares y con valores más altos de germinación, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Comparativamente, a 10 °C se registraron los valores más bajos de germinación y mediante la observación de la Figura 12, se podría inferir que la segunda fecha de siembra sería la óptima en ambos momentos. Al realizar una comparación visual de los momentos se puede ver como el almacenaje de las semillas mejora la capacidad germinativa de las mismas, sobre todo en la temperatura intermedia.

**Tabla 15.** Efectos de la temperatura y el ambiente sobre la germinación en el biotipo TSA.

Factor	Momento poscosecha		Momento posmaduración	
	Desviación	P valor	Desviación	P valor
<b>Temperatura</b>	4.4653	$1.1e^{-05}$	4.5589	$1.561e^{-06}$
<b>Ambiente</b>	1.0759	0.06386	0.8164	0.09123



**Figura 12.** Porcentaje de germinación en el biotipo TSA en función de la temperatura y el ambiente materno. Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas entre temperaturas ( $p < 0,05$ ). Momento: poscosecha (izquierda) y posmaduración (derecha).

## Evaluación de la floración

El tiempo a floración, analizado en primera instancia, evidenció un efecto altamente significativo del ambiente ( $\text{Chi}^2 = 154.81$ ,  $\text{gl} = 2$ ,  $p < 0.001$ ) y de la interacción ambiente  $\times$  biotipo ( $\text{Chi}^2 = 207.66$ ,  $\text{gl} = 18$ ,  $p < 0.001$ ). No obstante, el efecto del biotipo no resultó significativo ( $\text{Chi}^2 = 12.13$ ,  $\text{gl} = 9$ ,  $p = 0.2061$ ). En una segunda instancia, el efecto aleatorio del bloque resultó despreciable ( $\text{varianza} = 0.0011$ ).

En cuanto al efecto del ambiente, se observó que el ambiente 3 presentó un efecto significativo y negativo en relación al ambiente 1 (estimado =  $-0.699$ ,  $p < 0.001$ ), lo que implica una reducción en los GDA requeridos para floración en este ambiente. En contraste, el ambiente 2 no presentó diferencias significativas frente a la fecha 1 (estimado =  $0.115$ ,  $p = 0.181$ ).

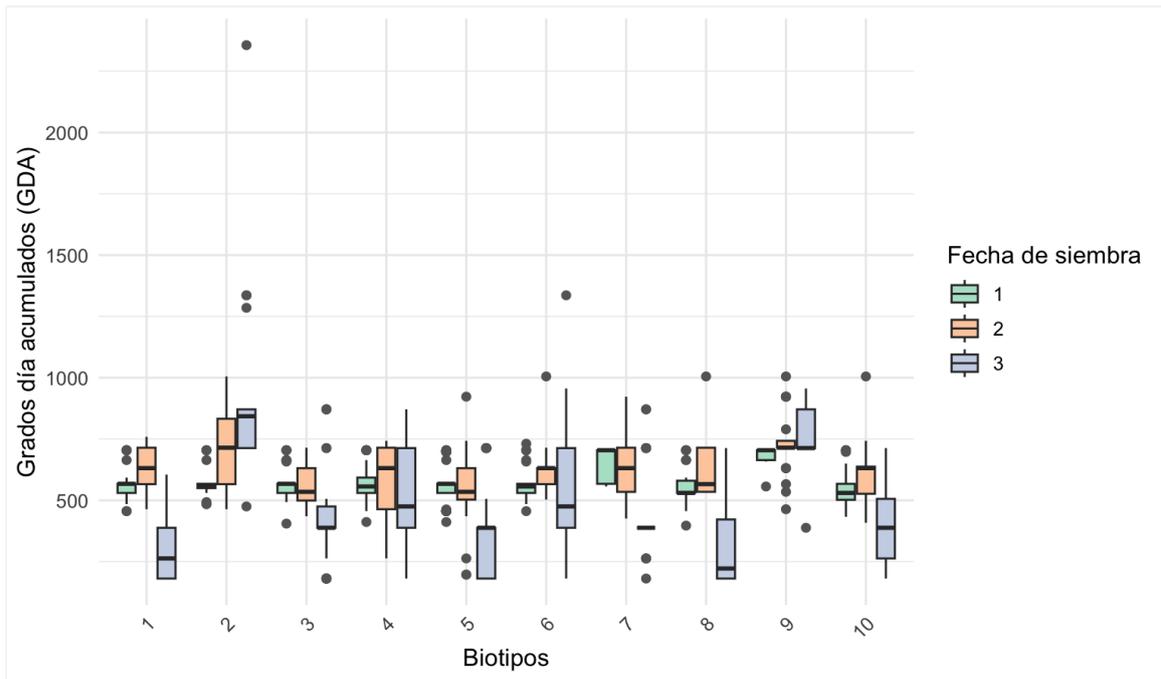
En el ambiente 1 y 2 no se observaron diferencias significativas entre la mayoría de los biotipos. Sin embargo, en el ambiente 3 se evidenciaron diferencias marcadas entre varios de ellos, donde la tendencia general fue una disminución en la acumulación de GDA, excepto para los biotipos BAL08 y SCB. Asimismo, en este ambiente se observa una mayor dispersión y diferenciación entre biotipos.

Esta tendencia fue confirmada mediante un análisis *post hoc* de comparaciones múltiples (Tukey), realizado para cada ambiente de forma independiente. Los resultados mostraron escasas diferencias entre biotipos en las fechas 1 y 2, y un patrón contrastante en la fecha 3, donde varios biotipos presentaron diferencias significativas en el tiempo requerido para alcanzar floración (ver Tabla 17 del Anexo). Estas diferencias también se visualizan en la Figura 13, donde puede observarse una mayor dispersión en el tercer ambiente.

Entre los biotipos, sólo BAL08 presentó un efecto principal significativo respecto al biotipo BAL19 (referencia). Las interacciones entre biotipo y ambiente 3 fueron en su mayoría significativas (Tabla 16).

**Tabla 16.** Estimados y valores de p de biotipos con efectos destacados en el tercer ambiente.

Biotipo	Estimado	P valor
SCB	1.226	< 0.001
BAL13	0.368	< 0.001
LSA	0.631	< 0.001
TSA	0.248	0.0035
SUB	0.651	< 0.001
HYO	0.322	0.0045
BAL08	0.803	< 0.001
IBA	0.352	< 0.001



**Figura 13.** Distribución de grados día acumulados (GDA) a floración por biotipo en cada ambiente. Los números en el eje corresponden a los siguientes biotipos: 1=BAL19, 2=SCB, 3=BAL13, 4=LSA, 5=TSA, 6=SUB, 7=HYO, 8=ERI, 9=BAL08, 10=IBA.

En la Tabla 18 se presentan los resultados del análisis de varianza utilizado para evaluar el efecto del ambiente sobre los GDA a floración en cada uno de los biotipos, y en las Figuras 14-23 del Anexo se visualiza la respuesta de cada biotipo individual en términos de GDA en los diferentes ambientes.

## **Discusión**

### **Evaluación de la germinación**

Este estudio sugiere que la germinación de las semillas de *Brassica rapa* L. está regulada por múltiples factores, tanto genéticos como ambientales. La temperatura de incubación es uno de los principales factores que influyen en la germinación, con efectos altamente significativos en la mayoría de los biotipos y momentos evaluados. A 10 °C se registraron los valores más bajos de germinación, mientras que a 20 °C y 30 °C se observaron niveles significativamente mayores, en muchos casos sin diferencias marcadas entre estas dos últimas temperaturas. A partir de los resultados se podría inferir que a 10 °C la dormición de las semillas se expresa con mayor intensidad, en comparación con las otras dos temperaturas evaluadas.

No obstante, la respuesta germinativa no fue uniforme en todos los biotipos. En el momento poscosecha, BAL08 y HYO no presentaron efectos significativos de la temperatura. BAL08 mostró bajos niveles de germinación en todas las condiciones evaluadas, lo que sugiere una fuerte dormición primaria que podría limitar la respuesta a la temperatura. En cambio, HYO alcanzó valores altos de germinación en todas las temperaturas, indicando baja dormición, posiblemente asociada a su origen domesticado como material de *B. napus*. Este contraste destaca la importancia del componente genético, dado que diferentes biotipos expresan distintos niveles de dormición y sensibilidad térmica.

El ambiente materno, representado por la fecha de siembra, tuvo un efecto significativo en varios biotipos, sobre todo en la etapa poscosecha. Las interacciones significativas entre ambiente y biotipo confirman que la influencia del entorno de desarrollo sobre la dormición depende del genotipo. Se observó que la influencia del ambiente fue mayor en semillas recientemente cosechadas, disminuyendo luego de 24 semanas de almacenamiento. El biotipo LSA fue el único que mantuvo la sensibilidad al ambiente materno aun después de la maduración de las semillas, mientras que en los demás no fue significativo. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Azcón-Bieto y Talón (2013), quienes explican que durante el almacenamiento pueden darse procesos fisiológicos que contribuyen a la superación de la dormición, como la disminución de ácido abscísico, el aumento de giberelinas y la modificación de las cubiertas seminales.

Además, el almacenamiento tuvo un efecto positivo en la mayoría de los biotipos, con incrementos en la germinación tras la posmaduración. En varios casos, como BAL13, ERI, SUB o LSA, se observó una mejora marcada, con un aumento marcado respecto a la etapa

poscosecha. Sin embargo, no todos los biotipos respondieron de igual manera, algunos mostraron aumentos modestos o una germinación alta desde poscosecha, lo que refleja una variabilidad genética en la dormición y en los requerimientos para su superación.

En conjunto, los resultados de este estudio permiten concluir que la germinación de *Brassica rapa* L. está fuertemente influenciada tanto por factores genéticos como ambientales y que el ambiente materno juega un rol clave en la expresión de dormición de las semillas. En general, las semillas recién cosechadas mostraron una mayor sensibilidad al ambiente materno, lo que evidencia una influencia directa del entorno de desarrollo sobre la expresión de la dormición. En cambio, tras 24 semanas de almacenamiento, la mayoría de los biotipos incrementaron su capacidad germinativa y el efecto del ambiente se atenuó o desapareció. Esto sugiere que el almacenamiento reduce la dormición y modula la respuesta germinativa, posiblemente a través de mecanismos fisiológicos que compensan las condiciones impuestas durante la formación de la semilla. Por lo tanto, los resultados obtenidos son consistentes con la hipótesis de que la germinación de las semillas está influenciada tanto por el ambiente materno como por el almacenamiento, y que su efecto conjunto varía según el biotipo y la temperatura de incubación.

Estas observaciones tienen implicancias para la ecología de la maleza, ya que la existencia de biotipos con dormición podría dificultar el control de *B. rapa* L. en los sistemas agrícolas. La emergencia escalonada de plántulas derivada de diferentes grados de dormición y sensibilidad a la temperatura podría favorecer la evasión frente a controles mecánicos o químicos.

## **Evaluación de la floración**

Los resultados obtenidos demuestran que el tiempo requerido para alcanzar la floración en *Brassica rapa* L. está fuertemente influenciado por el ambiente de desarrollo, particularmente por la fecha de siembra, mientras que los efectos genéticos se expresan en forma dependiente del ambiente. La interacción significativa entre el ambiente y biotipo indica que la respuesta fenológica de los distintos materiales no es uniforme, sino que depende de las condiciones ambientales en las que se desarrollan. El efecto aleatorio del bloque resultó no significativo, por lo que la mayor parte de la variación fue explicada por los efectos fijos considerados.

En el ambiente 1 y 2, la respuesta de los biotipos fue relativamente homogénea, sin diferencias significativas en GDA en la mayoría de los casos. Sin embargo, el ambiente 3 promovió una floración más temprana en la mayoría de los biotipos, reflejada en una disminución significativa de los GDA acumulados hasta floración. Esta aceleración fenológica podría deberse a que las temperaturas elevadas reducen los requerimientos térmicos necesarios para la floración y al aumento de las horas de luz, que es un factor determinante para la floración de *B.rapa*. Sin embargo, el hecho de que no todos los biotipos respondieran de la misma forma demuestra una variabilidad genética en la sensibilidad al ambiente.

La mayor dispersión y diferenciación registrada entre biotipos en el tercer ambiente podría atribuirse a las condiciones térmicas y lumínicas particulares de esa fecha, las cuales habrían intensificado las diferencias fenológicas entre materiales. Por lo que algunos biotipos acortaron o prolongaron el tiempo hasta floración en respuesta a ese entorno, manifestando estrategias adaptativas distintas.

Estas diferencias fenológicas condicionadas por el ambiente tienen implicancias relevantes para la dinámica poblacional y el manejo de la maleza en sistemas agrícolas. La variabilidad en el momento de floración podría generar una distribución asincrónica de las fases reproductivas en el campo, dificultando las estrategias de control basadas en momentos clave del ciclo del cultivo.

En muchos casos, la reducción significativa del tiempo a floración podría interpretarse como una estrategia de escape frente a condiciones ambientales restrictivas. Por otro lado, la estabilidad en ciertos biotipos podría estar vinculada a mecanismos genéticos menos sensibles a las variaciones térmicas y del fotoperiodo del ambiente materno.

## **Bibliografía**

Aapresid (2024, Enero). Desafío malezas resistentes en Argentina: ¿dónde estamos parados? Disponible en: <https://dev.aapresid.org.ar/blog/desafio-malezas-resistentes-argentina-parados>

Aapresid (2024, Octubre). Malezas resistentes: de la sospecha a campo a la confirmación en laboratorio. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/blog/malezas-resistentes-sospecha-campo-confirmacion-laboratorio#:~:text=Actualmente%2C%20en%20el%20mundo%20273,sitios%20de%20acci%C3%B3n%20en%20herbicidas.>

Aapresid REM. (2025). Monitoreo de resistencias. Disponible en: <https://aapresid.org.ar/rem/malezas#monitoreo>

Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal (2.ª ed.). McGraw-Hill.

Al-Shehbaz, I. A., & Salariato, D. L. (2018). Brassicaceae. En A. M. Anton & F. O. Zuloaga (Dirs.), Flora Argentina (Vol. 8). Disponible en: <http://www.floraargentina.edu.ar>

De la Cuadra, C. (1992). Germinación, latencia y dormición de las semillas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario.

Diez de Ulzurrun, P., Gigón, R., & Yannicari, M. (2024). Brasicáceas o Crucíferas: Bases para su manejo y control en Sistemas de Siembra Directa. REM, Aapresid.

Donohue K. (2009). Completing the cycle: maternal effects as the missing link in plant life histories. Philos. Trans. R. Soc. London B Biol. Sci.

FAOSTAT (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://faostat.fao.org>

Fernández, O.A., Leguizamón, E.S., Acciaresi, H.A. (2014). Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: Ecología y manejo.

HRAC Argentina. (2025, Diciembre). Conceptos básicos sobre herbicidas. Disponible en: <https://hracargentina.org/conceptos-basicos/>

Instituto Nacional de Semillas (INASE) (2015). Catálogo Nacional de Cultivares. Disponible en: <https://gestion.inase.gob.ar/registroCultivares/publico/catalogo>

Juan, V. F., Núñez Fré, F. (2021). Nabo Silvestre. Disponible en: <https://www.malezaenfoco.com/>

Juan, V. F., Ledesma, L., Núñez Fré, F. R. (2025). Un biotipo de nabo silvestre (*Brassica rapa* L.) resistente a flurocloridona, detectado en el centro de la provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/webroot/archivos/pdfs/681d5a0606ab2.pdf>

MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) (2015). Sistema Integrado de Información Agropecuaria.

Longás, M. D. L. M., Sabbatini, M. R., Chantre Balacca, G. R. (2012). Efecto materno sobre la dormición en semillas de malezas.

Pandolfo, C. (2016). Caracterización de poblaciones ferales brasicáceas con resistencia a herbicidas. Tesis de doctorado. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

Pandolfo, C. e. (2018). Transgene escape and persistence in an agroecosystem: the case of glyphosate resistant *Brassica rapa* L. in central Argentina. En Environmental Science and Pollution.

Pérez García, F., Pita Villamil, J. M. (1999). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. Dormición de semillas.

Prina, A. O. (2020). Las crucíferas de la provincia de La Pampa, República Argentina. *Semiárida*, 8 (2), 29–67. Disponible en: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/4901>.

SENASA (Secretaría Nacional de Sanidad Ambiental) (2007). Resolución 305/2007.

## Anexo

**Tabla 17.** Comparaciones múltiples entre biotipos dentro de cada fecha de siembra. Las letras distintas indican diferencias significativas entre biotipos ( $p < 0.05$  Test post hoc *Tukey*). GDA: grados día acumulados a floración.

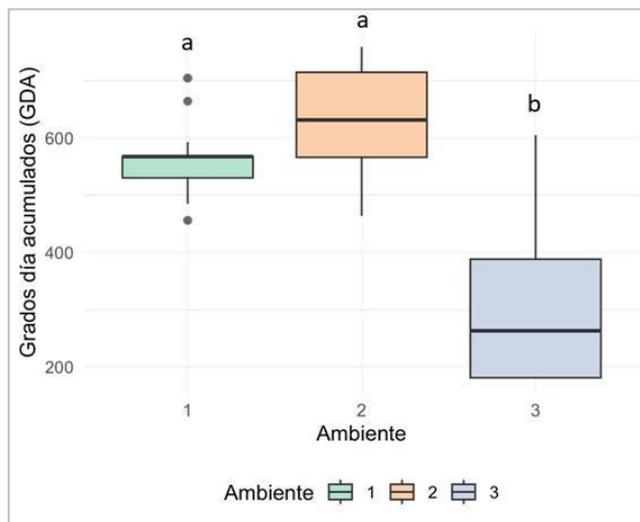
Contrastes	Ambiente	Estimado	Desviación estándar	g	z ratio	P valor
BAL19 - SCB	1	-0.0085115962919793	0.0759728205693142	inf	-0.112034754379216	0.999
BAL19 - BAL13	1	-0.0104421892347523	0.0689570321556707	inf	-0.151430374949708	0.999
BAL19 - LSA	1	-0.0115765123019927	0.0649284940794953	inf	-0.178296331466104	0.999
BAL19 - TSA	1	0.006741524403801	0.0616886362422103	inf	0.10928308379734	0.999
BAL19 - SUB	1	0.0088176919867586	0.0616306914659163	inf	0.143073065984261	0.999
BAL19 - HYO	1	-0.142720121187709	0.0918214297044333	inf	-1.55432257640853	0.869
BAL19 - ERI	1	0.0211273034099144	0.0661221542337299	inf	0.31951928449326	0.999
BAL19 - BAL08	1	-0.176338882811346	0.0756869106930818	inf	-2.32984648463746	0.369
BAL19 - IBA	1	0.0366013196444542	0.0609066090815899	inf	0.60094167441539	0.999
SCB - BAL13	1	-0.0019305929427729	0.0828812733341294	inf	-0.0232934758976239	1.0
SCB - LSA	1	-0.0030649160100132	0.0795085344768765	inf	-0.0385482644118495	1.0
SCB - TSA	1	0.0152531206957805	0.0768224407594745	inf	0.198550326505987	0.999
SCB - SUB	1	0.017329288278738	0.0768403866550596	inf	0.225523179061164	0.999
SCB - HYO	1	-0.13420852489573	0.102669025854903	inf	-1.30719585364918	0.952
SCB - ERI	1	0.0296388997018938	0.0805638994331801	inf	0.367893062654897	0.999
SCB - BAL08	1	-0.167827286519367	0.0881764695103626	inf	-1.90331147812221	0.666
SCB - IBA	1	0.0451129159364336	0.0762269507389244	inf	0.591823698824637	0.999
BAL13 - LSA	1	-0.0011343230672403	0.0728941153718005	inf	-0.0155612433384326	1.0
BAL13 - TSA	1	0.0171837136385534	0.0700062097623142	inf	0.245459848446241	0.999
BAL13 - SUB	1	0.019259881221511	0.0699488110964088	inf	0.275342510038741	0.999
BAL13 - HYO	1	-0.132277931952957	0.0977780536107222	inf	-1.35283866949926	0.941
BAL13 - ERI	1	0.03156949264446667	0.0738914503807945	inf	0.42724148033332	0.999
BAL13 - BAL08	1	-0.165896693576594	0.0827874971715776	inf	-2.00388584320615	0.596
BAL13 - IBA	1	0.0470435088792065	0.0692977570656656	inf	0.678860483675233	0.999
LSA - TSA	1	0.0183180367057938	0.0659921921651499	inf	0.277578848418183	0.999
LSA - SUB	1	0.0203942042887513	0.0659696741565701	inf	0.309145142059493	0.999
LSA - HYO	1	-0.131143608885717	0.0947928285802427	inf	-1.38347605878965	0.932
LSA - ERI	1	0.0327038157119071	0.0702263411941311	inf	0.46569157891199	0.999
LSA - BAL08	1	-0.164762370509353	0.0790942754993414	inf	-2.08311372054638	0.539
LSA - IBA	1	0.0481778319464469	0.0652725540553972	inf	0.738102448167696	0.999
TSA - SUB	1	0.0020761675829575	0.0627515482114029	inf	0.0330855196745616	1.0
TSA - HYO	1	-0.14946164559151	0.0926301300965188	inf	-1.61353163852598	0.841
TSA - ERI	1	0.0143857790061133	0.0672649261139007	inf	0.21386746165087	0.999
TSA - BAL08	1	-0.183080407215147	0.0762069850239009	inf	-2.40240979429546	0.324
TSA - IBA	1	0.0298597952406531	0.0619878795549471	inf	0.481703769431005	0.999
SUB - HYO	1	-0.151537813174468	0.0925714899880641	inf	-1.63698146366669	0.830
SUB - ERI	1	0.0123096114231557	0.0671717878173236	inf	0.183255676574103	0.999
SUB - BAL08	1	-0.185156574798105	0.0764422602602308	inf	-2.42217556319999	0.312
SUB - IBA	1	0.0277836276576956	0.0619992342407689	inf	0.448128561552876	0.999
HYO - ERI	1	0.163847424597624	0.0956248904228033	inf	1.71343908341412	0.788
HYO - BAL08	1	-0.0336187616236368	0.10229954428999	inf	-0.328630609813246	0.999
HYO - IBA	1	0.179321440832163	0.0921779793925916	inf	1.94538263925728	0.637
ERI - BAL08	1	-0.19746618622126	0.0804791702567124	inf	-2.45363099037158	0.294
ERI - IBA	1	0.0154740162345398	0.0665471064860104	inf	0.232527258533664	0.999

BAL08 - IBA	1	0.2129402024558	0.0757126989366098	inf	2.81247671059889	0.132
BAL19 - SCB	2	-0.117660039446047	0.0811818752650685	inf	-1.44933877250154	0.911
BAL19 - BAL13	2	0.141332128671819	0.0810950220235839	inf	1.74279660015034	0.771
BAL19 - LSA	2	0.0768539621268582	0.0868062270591641	inf	0.885350794874165	0.996
BAL19 - TSA	2	0.158860056678807	0.0832094789333288	inf	1.9091581718243	0.662
BAL19 - SUB	2	0.0286366835847836	0.0799071414152167	inf	0.358374521696134	0.999
BAL19 - HYO	2	0.0099957768292586	0.0864959210887191	inf	0.115563563037914	0.999
BAL19 - ERI	2	-0.0246720013038841	0.0968280153269623	inf	-0.254802303037745	0.999
BAL19 - BAL08	2	-0.149624763381675	0.0826557684435877	inf	-1.81021562316965	0.728
BAL19 - IBA	2	0.0579470718282142	0.079785320133627	inf	0.726287388847504	0.999
SCB - BAL13	2	0.258992168117866	0.0720632343602594	inf	3.59395703533246	0.012
SCB - LSA	2	0.194514001572905	0.0775235047196089	inf	2.50909710901789	0.263
SCB - TSA	2	0.276520096124854	0.0730628120308935	inf	3.78469002819015	0.006
SCB - SUB	2	0.146296723030831	0.0696317379692522	inf	2.10100634132429	0.526
SCB - HYO	2	0.127655816275306	0.0772095811805894	inf	1.65336755261921	0.821
SCB - ERI	2	0.092988038142163	0.0890875715236111	inf	1.04378238795653	0.989
SCB - BAL08	2	-0.0319647239356283	0.0728392827698706	inf	-0.438839081332227	0.999
SCB - IBA	2	0.175607111274261	0.0694515788732643	inf	2.52848263672609	0.253
BAL13 - LSA	2	-0.0644781665449607	0.0768238059481741	inf	-0.839299299861012	0.997
BAL13 - TSA	2	0.0175279280069881	0.0732758781585317	inf	0.239204612042541	0.999
BAL13 - SUB	2	-0.112695445087035	0.069800634458624	inf	-1.61453324831651	0.841
BAL13 - HYO	2	-0.13133635184256	0.077962382513965	inf	-1.68461182954529	0.804
BAL13 - ERI	2	-0.166004129975703	0.0901547549930097	inf	-1.84132417628526	0.7086
BAL13 - BAL08	2	-0.290956892053494	0.0726468470303234	inf	-4.00508630377374	0.002
BAL13 - IBA	2	-0.0833850568436048	0.0692506726655632	inf	-1.20410464814258	0.971
LSA - TSA	2	0.0820060945519488	0.0776822308647305	inf	1.05566091034058	0.988
LSA - SUB	2	-0.0482172785420746	0.0746734549599597	inf	-0.645708418981403	0.999
LSA - HYO	2	-0.0668581852975996	0.0829271362632538	inf	-0.806228073345702	0.998
LSA - ERI	2	-0.101525963430742	0.0945464040182525	inf	-1.07382152166403	0.987
LSA - BAL08	2	-0.226478725508534	0.0770231629478252	inf	-2.94039762638608	0.094
LSA - IBA	2	-0.018906890298644	0.0740367621453569	inf	-0.255371652551796	0.999
TSA - SUB	2	-0.130223373094023	0.070482926869749	inf	-1.84758747795297	0.704
TSA - HYO	2	-0.148864279849548	0.0787751969142906	inf	-1.88973542029373	0.676
TSA - ERI	2	-0.183532057982691	0.0906049184387968	inf	-2.02563018813009	0.580
TSA - BAL08	2	-0.308484820060482	0.073191909010038	inf	-4.21473936440399	0.001
TSA - IBA	2	-0.100912984850593	0.0700553978055562	inf	-1.44047408210691	0.914
SUB - HYO	2	-0.018640906755525	0.0756160083166263	inf	-0.246520639881836	0.999
SUB - ERI	2	-0.0533086848886677	0.0876965781981064	inf	-0.607876452924348	0.999
SUB - BAL08	2	-0.178261446966459	0.0699242538001291	inf	-2.54935072279784	0.2422
SUB - IBA	2	0.0293103882434306	0.066664006697114	inf	0.439673366417975	0.999
HYO - ERI	2	-0.0346677781331427	0.0938134392609905	inf	-0.369539571368835	0.999
HYO - BAL08	2	-0.159620540210934	0.0785223504267257	inf	-2.03280390033518	0.575
HYO - IBA	2	0.0479512949989555	0.0754568688974355	inf	0.635479522270308	0.999
ERI - BAL08	2	-0.124952762077791	0.0900577885402411	inf	-1.38747313367525	0.931
ERI - IBA	2	0.0826190731320982	0.0878908473676061	inf	0.940019076008467	0.995
BAL08 - IBA	2	0.20757183520989	0.0694823876370859	inf	2.98740216433062	0.083
BAL19 - SCB	3	-1.23415113532951	0.078886141138702	inf	-15.6447142364279	<0.001
BAL19 - BAL13	3	-0.378914677419327	0.0607300792416058	inf	-6.23932460077764	<0.001
BAL19 - LSA	3	-0.642595918774038	0.0690862999340241	inf	-9.3013509102051	<0.001
BAL19 - TSA	3	-0.241102848002891	0.0582881169429988	inf	-4.13639795978776	0.001

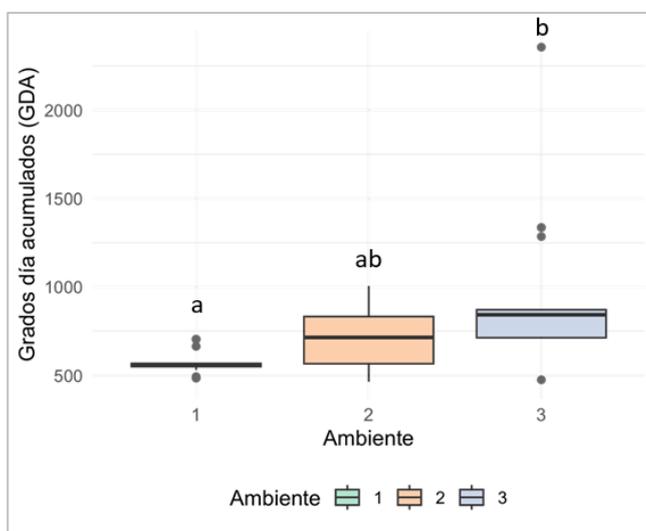
BAL19 - SUB	3	-0.6424601215415	0.0614492983105226	inf	-10.4551254319447	<0.001
BAL19 - HYO	3	-0.464695803819898	0.0665445479221519	inf	-6.9832288043121	<0.001
BAL19 - ERI	3	-0.0380793238538964	0.101481499285462	inf	-0.375234147327498	0.999
BAL19 - BAL08	3	-0.979071362051519	0.0789666117452148	inf	-12.3985484550165	<0.001
BAL19 - IBA	3	-0.315234697318002	0.0626634384608046	inf	-5.03060006059479	<0.001
SCB - BAL13	3	0.855236457910185	0.0794764405335526	inf	10.7608802327921	<0.001
SCB - LSA	3	0.591555216555474	0.0858922016269826	inf	6.8871819018508	<0.001
SCB - TSA	3	0.993048287326621	0.0776663225722783	inf	12.7860860980313	0<0.001
SCB - SUB	3	0.591691013788012	0.0797512579548786	inf	7.41920602835853	<0.001
SCB - HYO	3	0.769455331509614	0.0843638007970561	inf	9.12068119548811	<0.001
SCB - ERI	3	1.19607181147562	0.114948477766001	inf	10.4052862179736	<0.001
SCB - BAL08	3	0.255079773277992	0.0941823081572725	inf	2.70836188100255	0.170
SCB - IBA	3	0.91891643801151	0.0810196859801183	inf	11.3418908860867	<0.001
BAL13 - LSA	3	-0.263681241354711	0.0700017337067091	inf	-3.76678158371725	0.006
BAL13 - TSA	3	0.137811829416436	0.059292102224283	inf	2.32428644366729	0.372
BAL13 - SUB	3	-0.263545444122174	0.0621075356597906	inf	-4.24337306773543	<0.001
BAL13 - HYO	3	-0.085781126400571	0.0674058787647362	inf	-1.27260600963262	0.959
BAL13 - ERI	3	0.34083535356543	0.103101924383166	inf	3.30580981494348	0.032
BAL13 - BAL08	3	-0.600156684632193	0.08017914869496	inf	-7.4851965180558	<0.001
BAL13 - IBA	3	0.0636799801013248	0.0637439123995365	inf	0.998997044646224	0.992
LSA - TSA	3	0.401493070771147	0.067586326431985	inf	5.94044819369176	<0.001
LSA - SUB	3	0.0001357972325377	0.0704677422797372	inf	0.0019270836292531	1.0
LSA - HYO	3	0.17790011495414	0.0747986945679403	inf	2.3783852911036	0.338
LSA - ERI	3	0.604516594920141	0.107331568322523	inf	5.63223480629313	<0.001
LSA - BAL08	3	-0.336475443277482	0.086089355144578	inf	-3.90844422881792	0.003
LSA - IBA	3	0.327361221456036	0.0716507629477302	inf	4.56884488019826	<0.001
TSA - SUB	3	-0.40135727353861	0.0599595389260382	inf	-6.69380186584982	<0.001
TSA - HYO	3	-0.223592955817007	0.0651597381187859	inf	-3.43145878532228	0.021
TSA - ERI	3	0.203023524148994	0.100561089714579	inf	2.0189073599464	0.585
TSA - BAL08	3	-0.737968514048629	0.0777368600237918	inf	-9.49316082258493	<0.001
TSA - IBA	3	-0.0741318493151112	0.0611978177638287	inf	-1.2113479209536	0.970
SUB - HYO	3	0.177764317721602	0.0681879900254751	inf	2.60697400898882	0.214
SUB - ERI	3	0.604380797687604	0.103478120254269	inf	5.84066270437176	<0.001
SUB - BAL08	3	-0.336611240510019	0.0803969678052468	inf	-4.18686487437467	0.001
SUB - IBA	3	0.327225424223498	0.0642776555174511	inf	5.09081144278291	<0.001
HYO - ERI	3	0.426616479966001	0.105205483926041	inf	4.0550783480632	0.002
HYO - BAL08	3	-0.514375558231622	0.0842689983600912	inf	-6.10397142770863	<0.001
HYO - IBA	3	0.149461106501896	0.0692192308911695	inf	2.15924251942191	0.485
ERI - BAL08	3	-0.940992038197623	0.112525893822922	inf	-8.36244891045637	<0.001
ERI - IBA	3	-0.277155373464105	0.102757314715449	inf	-2.69718388643758	0.174
BAL08 - IBA	3	0.663836664733518	0.0808257681654787	inf	8.21318101641064	<0.001

**Tabla 18.** Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto del ambiente sobre los grados día acumulados (GDA) a floración en cada uno de los biotipos. Se indica la significancia del efecto del ambiente (valor de  $p$ ) para cada biotipo. Diferencias entre ambientes ( $p < 0,005$ ; Test post hoc *Tukey*).

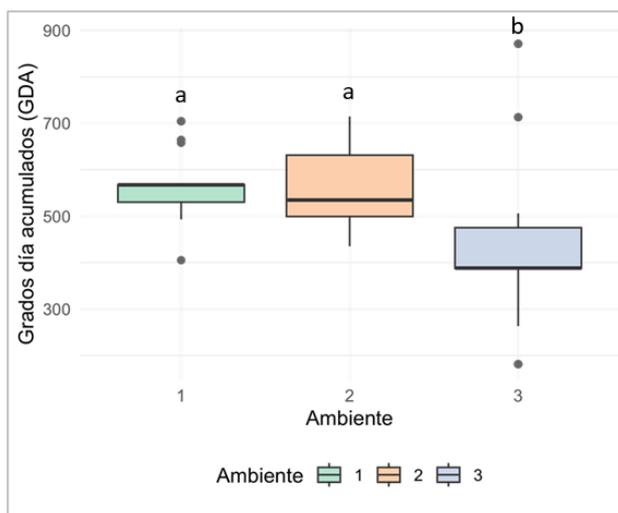
Biotipo	gl	Desviación explicada	gl residual	Desviación residual	F	p-valor
BAL19	1	9.426	105	10.795	88.63	<0,001
SCB	1	2.469	67	4.543	29.97	<0,001
BAL13	1	1.965	98	8.87	21.94	<0,001
LSA	1	0.065	82	7.857	0.8	0.374
TSA	1	4.442	116	14.087	37.74	<0,001
SUB	1	0.058	113	12.031	0.61	0.435
HYO	1	1.544	63	5.491	16.55	0.00013
ERI	1	1.076	54	5.617	10.77	0.0018
BAL08	1	0.111	67	1.379	5.9	0.0178
IBA	1	1.965	113	11.45	21.32	<0,001



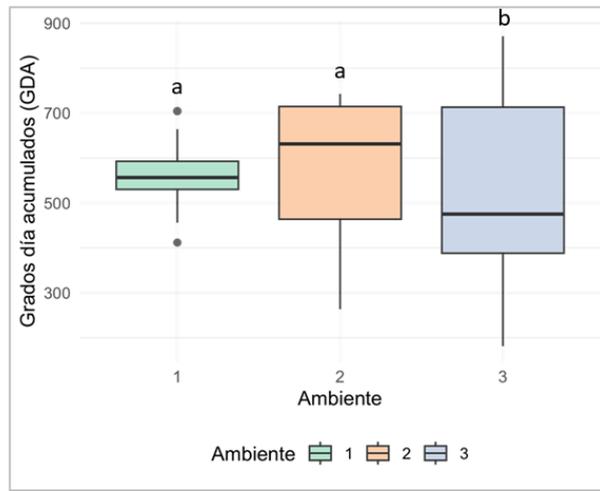
**Figura 14.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo BAL19. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



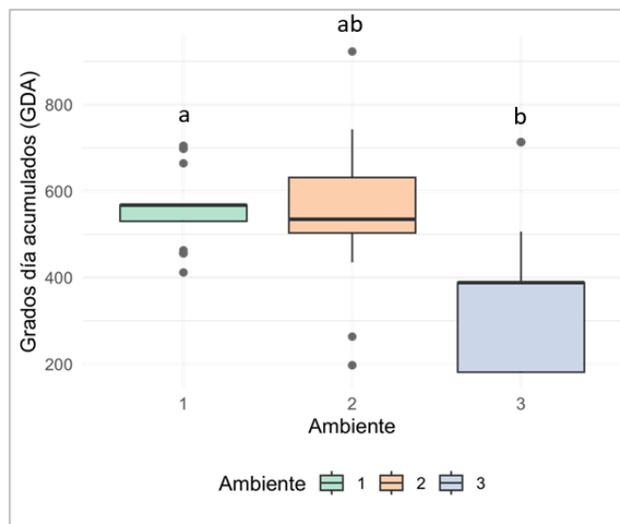
**Figura 15.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo SCB. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



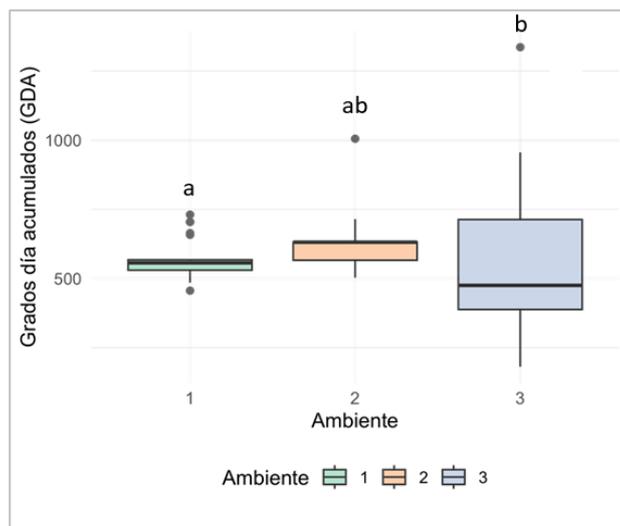
**Figura 16.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo BAL13. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



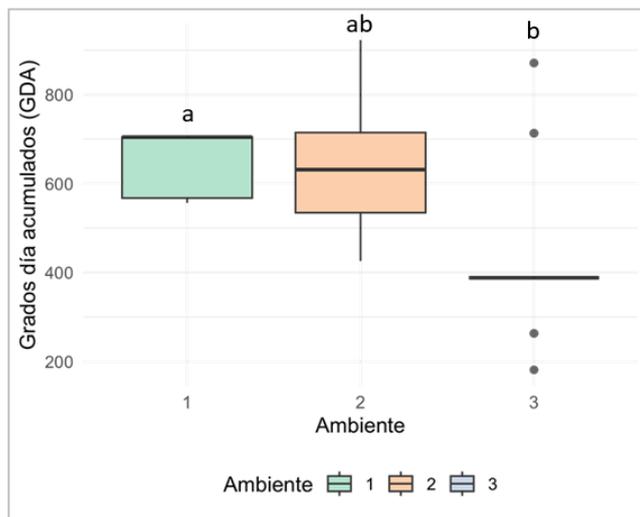
**Figura 17.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo LSA. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



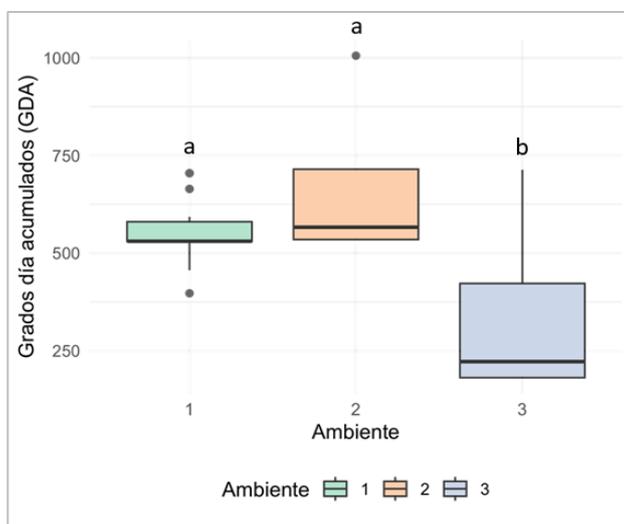
**Figura 18.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo TSA. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



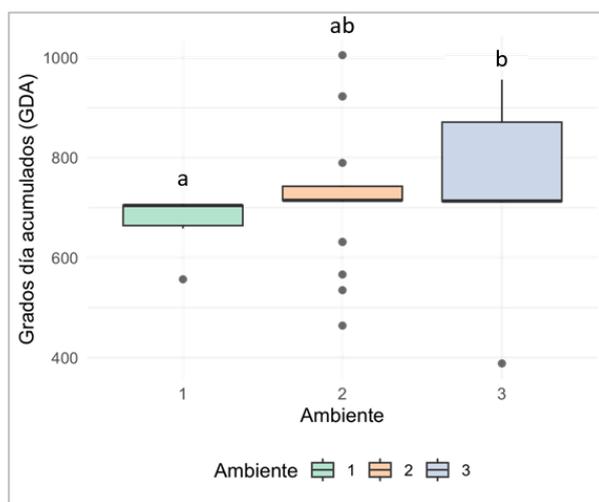
**Figura 19.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo SUB. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



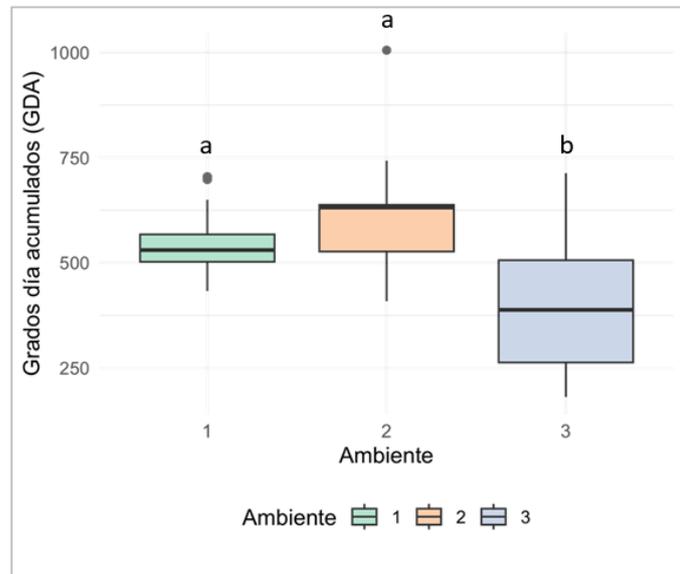
**Figura 20.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo HYO. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



**Figura 21.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo ERI. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



**Figura 22.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo BAL08. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)



**Figura 23.** Comparaciones de GDA entre fechas de siembra dentro del biotipo IBA. (Las letras distintas indican diferencias significativas,  $p < 0.05$ .)