

# ENVEJECIMIENTO ACELERADO PARA DETERMINAR EL VIGOR EN SEMILLAS DE *Cicer arietinum* L. (cv. Chañaritos S-156)

Cazón, S.<sup>1,2</sup>; Agüero, C. G.<sup>3</sup>; Molinelli, M. L.<sup>4</sup>; Arias, C. V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Forrajes y Manejo de Pasturas. Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Centro de Excelencia en Procesos y Productos de Córdoba - Santa María de Punilla, Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas. Córdoba, Argentina.

<sup>4</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Botánica Morfológica. Córdoba, Argentina.

sofia.cazon@unc.edu.ar

## RESUMEN

La prueba de envejecimiento acelerado (EA) es un método utilizado para evaluar el vigor seminal, pero aún no se dispone de un procedimiento estándar para garbanzo. El objetivo fue identificar la temperatura y el tiempo adecuado en la prueba de EA para determinar el vigor en lotes de semillas de garbanzo. Tres lotes de semillas fueron sometidos a 6 tratamientos con diferentes temperaturas (41 y 45 °C) y tiempos (24, 48 y 72 h). Se realizó la prueba de germinación y se evaluó el % de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), de semillas muertas (SM), duras (SD) y frescas (SF). Los resultados mostraron diferencias significativas en el % de PN respecto al control en cinco tratamientos, a partir de 41 °C por 48 h. En la mayoría de los tratamientos con el incremento de la temperatura y tiempo, el % PN disminuyó, mientras que el % PA y % SM aumentaron. El efecto del tratamiento de 45 °C por 24 h sobre la variable % PN mostró diferencias significativas en los tres lotes. Se concluye que el tratamiento de EA que resultó más adecuado para determinar diferencias en el vigor entre los lotes de garbanzo fue el de 45 °C por 24 h.

**Palabras clave:** deterioro inducido, calidad fisiológica, garbanzo.

## INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una de las leguminosas más cultivadas a nivel mundial después de la soja (*Glycine max* L. Merr.) (Felagari et al., 2023). En Argentina, la producción de garbanzo creció en los últimos años y se convirtió en una alternativa de uso como cultivo en la rotación invernal, concentrando su producción en Córdoba, Salta y Tucumán (Alemanno, 2016). Además, se destaca que aproximadamente el 95 % de la producción de garbanzo del país se exporta (Instituto Nacional de Semillas [INASE], 2023). Sin embargo, uno de los principales retos que enfrenta la cadena de producción de garbanzo es la obtención de semillas de alta calidad, debido al uso de semilla no fiscalizada (Prado et al., 2018). La semilla es el insumo más importante y punto de partida en un sistema agropecuario, por lo tanto, la calidad de la semilla es fundamental para lograr el establecimiento del cultivo en el campo. Según Tamborelli (2021), se considera semilla de alta calidad aquella que cumple con los atributos de pureza genética, pureza física-botánica,

sanitaria y fisiológica (germinación, viabilidad y vigor). Para evaluar estos atributos, existen diferentes procedimientos estandarizados según la especie.

El ensayo de porcentaje de germinación es ampliamente usado para evaluar la calidad de las semillas y puede complementarse con pruebas de vigor, y así tener mayor certeza del valor de implantación de la especie (Copeland & McDonald, 2012). En relación al vigor, se establece que es la suma de propiedades que determinan el comportamiento de lotes de semillas de germinación aceptable en un amplio rango de ambientes (*International Seed Testing Association* [ISTA], 2021). Uno de los métodos sugeridos para evaluar el vigor de lotes de semillas en diferentes especies es el envejecimiento acelerado (EA) (*Association Of Official Seed Analysts* [AOSA], 2009; ISTA, 2021).

El EA es uno de los métodos más sensible y eficiente utilizado para evaluar el vigor, durante esta prueba las semillas son sometidas a alta temperatura y humedad relativa durante un periodo determinado, lo que causa rápido deterioro de las semillas (Marcos Filho, 2015; de

Oliveira Araújo et al., 2021; Zhang et al., 2021). El EA permite identificar lotes de semillas de alto vigor, con capacidad de tolerar condiciones estresantes, con un deterioro gradual y alta tasa de germinación después del envejecimiento, en contraposición a semillas de bajo vigor (TeKrony, 2005).

En relación al EA aplicado en semilla de garbanzo, se encontraron trabajos que recomiendan este método bajo diferentes condiciones de temperatura, tiempo y humedad, como el de Kapoor et al. (2010), Bayat et al. (2016), Dias et al. (2020) y de Oliveira Araújo et al. (2021); y en otras legumbres como *Lens culinaris* Medik "lenteja" (Freitas & Nascimento, 2006). Si bien en las reglas ISTA (2021) se describe el método de EA estandarizado para soja, aún no está validado para garbanzo por las principales asociaciones de analistas de semillas. Por lo tanto, los analistas no cuentan con los procedimientos estándares de evaluación para analizar el vigor por EA en esta especie. El objetivo de este trabajo fue identificar la temperatura y el tiempo adecuado en la prueba de EA para determinar diferencias de vigor en lotes de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Se trabajó con tres lotes (L) de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156 provenientes de: (L1) el Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) Universidad Nacional de Córdoba (UNC), (L2) la empresa 4 Pulses y (L3) el semillero Granaria Vitulo Agro S.A. El material se almacenó en bolsas de polietileno a  $19 \pm 1$  °C y  $55 \pm 5$  HR % ambiente hasta el momento de la realización de los ensayos, los que se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Semillas, Investigación, Docencia y Servicios (LASIDYS) de la FCA - UNC.

### Calidad física de las semillas

Para la caracterización física inicial de los tres lotes se determinó el peso de 1000 semillas (P1000 g) y el contenido de humedad en base húmeda (CH %) siguiendo los procedimientos establecidos por ISTA (2021).

### Calidad fisiológica de las semillas

Se determinó la calidad fisiológica inicial de los lotes de semillas a través de la prueba de germinación estándar (ISTA, 2021), con ocho repeticiones de 50 semillas sembradas en bandejas plásticas con arena esterilizada y humedecida a 60 % del contenido a saturación. Estas se colocaron en bolsas transparentes de polipropileno, para evitar la pérdida de humedad, y luego se llevaron a cámara de germinación a temperatura alterna ( $20 \leq 30$  °C) y con un fotoperiodo de 8 h (luz) y 16 h (oscuridad). Al

octavo día después de la siembra (DDS) se evaluó el porcentaje de plántulas normales (% PN), plántulas anormales (% PA), de semillas muertas (% SM), semillas duras (% SD) y semillas frescas (% SF) según ISTA (2018).

### Determinación de vigor mediante la prueba de envejecimiento acelerado (EA)

De forma simultánea a la evaluación de la calidad fisiológica inicial, los tres lotes de semillas fueron sometidos a ensayos de EA. Para cumplir con el requisito del rango de humedad (10-14 %) solicitado por ISTA (2021) para la prueba de EA, se ajustó el contenido de humedad (CH %) de las semillas del L2 ( $8,60 \% \pm 0,30$ ); mientras que el CH % del L1 y L3 estuvieron dentro del rango requerido.

El EA se realizó en minicámaras de EA (Cereal Tools®) en las que se agregaron 200 ml de agua destilada (para lograr una humedad relativa de equilibrio superior al 95 % en su interior). Luego, se colocaron 200 semillas distribuidas en una capa uniforme sobre la malla metálica, se taparon y se llevaron a estufa (Memmert, ULE 500). El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Las semillas fueron sometidas a seis tratamientos (T) donde se combinaron dos temperaturas (°C) y tres tiempos (h) de exposición (**Tabla 1**), los efectos de los diferentes tratamientos se contrastaron con un control (T0: semillas no envejecidas). Después de cada periodo, se determinó el CH (%) a través del peso de las semillas para evaluar la uniformidad de las condiciones de ensayo (Marcos Filho, 2015).

**Tabla 1.** Condiciones de temperatura (°C) y tiempo (h) de exposición para cada tratamiento de la prueba de envejecimiento acelerado.

Tratamiento (T)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
0	-	-
1	41	24
2	41	48
3	41	72
4	45	24
5	45	48
6	45	72

Para evaluar el vigor de los lotes de semillas sometidos a EA, se realizó la prueba de germinación, descrita anteriormente en la metodología correspondiente a Calidad Fisiológica.

### Determinación de vigor mediante la prueba de conductividad eléctrica masal (CEM)

Se realizó la prueba de CEM, que está validada para *C. arietinum* por ISTA (2021), para evaluar los tratamientos aplicados en el EA, mediante la comparación de los resultados de ambas pruebas. Se pesaron cuatro

repeticiones de 50 semillas de cada lote, en balanza de precisión (Mettler Toledo, AE 160) y se sumergieron en 250 ml de agua destilada a 20 °C durante 24 h. Posteriormente, se midió la CEM de la solución con un conductímetro (Horiba Laquatwin) y los resultados se expresaron en  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de semilla.

### Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba Duncan para la comparación entre medias con un nivel de significancia del 0,05. Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad física y fisiológica inicial de las semillas

El valor del peso de 1000 semillas (P1000), para los tres lotes, estuvo dentro de los registros de distribución (246 a 460 g) informados por Carreras et al. (2016) para el cv. Chañaritos S-156 (**Tabla 2**). Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los lotes de semillas, donde

el L2 fue el de mayor peso, seguido del L1 y el L3, el de menor peso. En relación con el CH (%), los valores estuvieron dentro del rango óptimo para su conservación (5-14 %) según Benech-Arnold & Sánchez (2004) y hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) entre lotes, donde: L1 presentó el mayor CH (%), seguido del L3 y de L2 quién mostró el menor porcentaje de humedad (**Tabla 2**).

Los porcentajes de plántulas normales (% PN) para el L1 y L2, registrados al 8<sup>vo</sup> DDS, estuvieron por encima del 86 %, valor mínimo de referencia establecido por INASE para la comercialización y sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellos. Mientras que el % PN del L3, estuvo por debajo de lo aceptable y fue significativamente inferior a L1 y L2 (**Tabla 2**). El % PA fue inferior al 10 % y no hubo diferencias significativas entre los tres lotes. En cuanto al % SM, el L1 y L2 mostraron bajos valores respecto al L3 y no se registraron SD y SF.

Por lo tanto, el L1 y L2 expresaron mejor calidad fisiológica dado por el mayor porcentaje de germinación de plántulas normales, en base a los estándares de calidad de semillas de garbanzo, establecidos por INASE (2023).

**Tabla 2.** Peso de 1000 semillas (P1000), contenido de humedad (CH %), porcentaje de plántulas normales (%PN), anormales (%PA) y semillas muertas (%SM) de tres lotes de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156 al 8<sup>vo</sup> día después de la siembra (DDS). Los valores representan la media  $\pm$  DS. Letras diferentes indican diferencias significativas entre lotes ( $p \leq 0,05$ ).

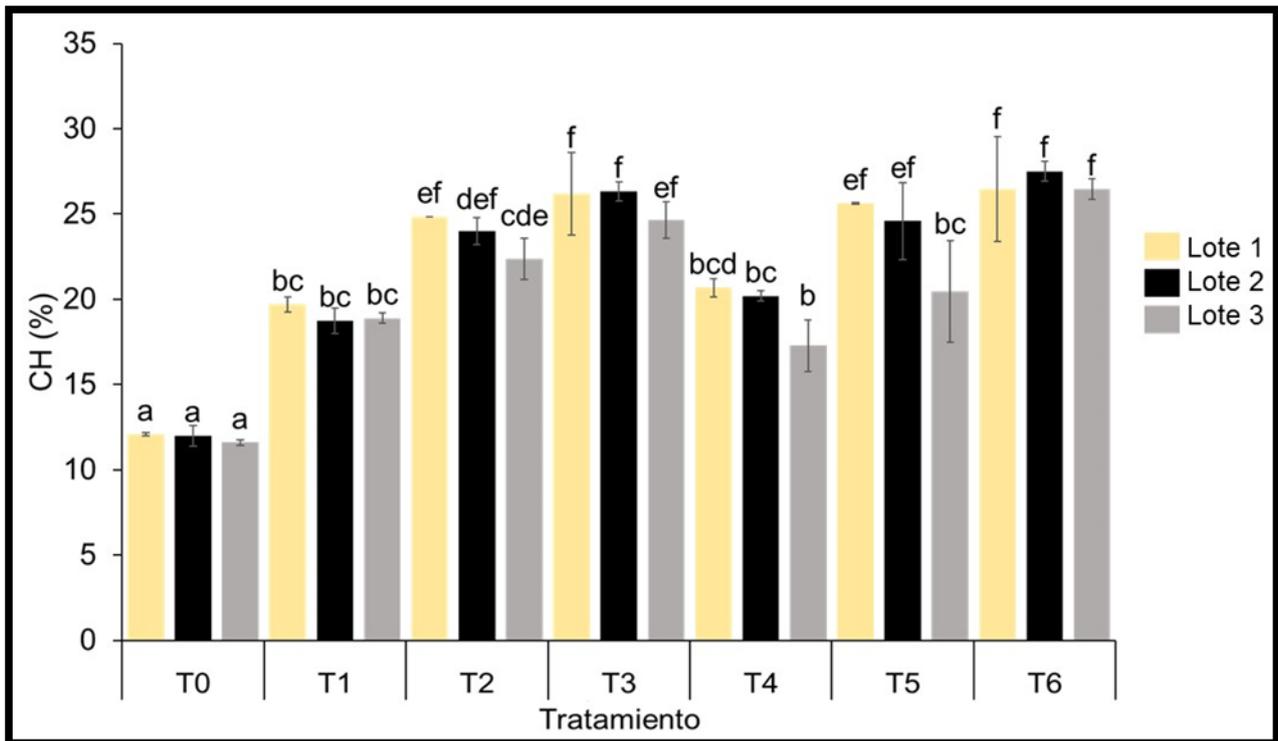
Lote	P1000 (g)	CH (%)	Conteo al 8 <sup>vo</sup> DDS		
			(%)PN	(%)PA	(%)SM
1	370,80 $\pm$ 0,94 b	12,07 $\pm$ 0,09 c	86,3 $\pm$ 4,3 b	9,7 $\pm$ 3,4 ab	4,0 $\pm$ 3,8 ab
2	386,50 $\pm$ 0,23 c	8,60 $\pm$ 0,30 a	90,3 $\pm$ 2,9 b	7,7 $\pm$ 3,4 a	2,0 $\pm$ 2,5 a
3	295,99 $\pm$ 0,56 a	11,60 $\pm$ 0,15 b	78,5 $\pm$ 3,0 a	9,7 $\pm$ 3,7 ab	12,0 $\pm$ 5,3 cde

### Determinación de vigor mediante la prueba de envejecimiento acelerado (EA)

Las semillas que fueron sometidas a los tratamientos de EA, presentaron diferencias significativas en el CH (%) respecto al control; además, en cada una de las temperaturas evaluadas, hubo incrementos significativos en el CH (%) a medida que aumentó el tiempo de envejecimiento (**Figura 1**). Los valores de CH % del cv. Chañaritos S-156 fueron mayores a lo registrado por Dias et al. (2020) y de Oliveira Araújo et al. (2021) a 41 y 45 °C para los cv. BRS Aleppo (17-20 % a 24 h y 22-25 % a 48 h) y Cícero (16-19 % a 24 h y 20-24 % a 48 h). Pero fueron similares a los informados en semillas de *Lens culinaris* Medik expuestas a 41 °C (22 % a 24 h, 27 % a 48 h y 31 % a 72 h) (Freitas & Nascimento, 2006). No hubo diferencias en el CH (%) entre los tratamientos a 41 y 45 °C para un mismo tiempo de exposición (**Figura 1**), esto difiere a lo registrado por Dias et al. (2020), quienes observaron un

mayor incremento en el CH (%) de las semillas de garbanzo sometidas a 45 °C por 48 h comparado con el tratamiento a 41 °C en el mismo tiempo.

Los resultados de la prueba de germinación de las semillas sometidas a EA son presentados en la **Tabla 3**. En general, se evidencia una disminución progresiva del % PN por lote a medida que se incrementa el tiempo de exposición al EA. El % PA como el de % SM aumentaron de manera significativa en el T3 (41 °C a 72 h). Esto concuerda con de Oliveira Araújo et al. (2021), quienes observaron un incremento de la tasa de deterioro de la semilla a través de la disminución del % PN con el aumento del tiempo de exposición a 41 °C. A su vez, este nivel de daño fisiológico se incrementó cuando la temperatura fue de 45 °C (**Tabla 3**) en coincidencia con lo observado por Kapoor et al. (2010). Desde 48 h de exposición a 45 °C, se observó un mayor % SM en L1 y L3 (**Tabla 3**).



**Figura 1.** Contenido de humedad (CH %) en lotes de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156 luego de ser sometidas a diferentes tratamientos de envejecimiento acelerado (T0): control, (T1): 24 h a 41 °C, (T2): 48 h a 41°C, (T3): 72 h a 41 °C, (T4): 24 h a 45 °C, (T5): 48 h a 45°C y (T6): 72 h a 45 °C. Las barras representan la media  $\pm$  DS. Letras diferentes indican diferencias significativas entre lotes y tratamientos ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 3.** Porcentaje de plántulas normales (% PN), plántulas anormales (% PA) y de semillas muertas (% SM) al 8<sup>vo</sup> día después de la siembra (DDS) en tres lotes de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156, luego de ser sometidas a diferentes tratamientos de envejecimiento acelerado. Los valores representan la media  $\pm$  DS. Letras diferentes indican diferencias significativas entre lotes y tratamientos ( $p \leq 0,05$ ).

Tratamiento	Lote	(%)PN	(%)PA	(%)SM
T0 (Control)	L1	86,3 $\pm$ 4,3 ghi	9,7 $\pm$ 3,4 ab	4,0 $\pm$ 3,8 ab
	L2	90,3 $\pm$ 2,9 i	7,7 $\pm$ 3,4 a	2,0 $\pm$ 2,5 a
	L3	78,5 $\pm$ 3,0 efg	9,7 $\pm$ 3,7 ab	12,0 $\pm$ 5,3 cde
T1 (41°C x 24 h)	L1	82,5 $\pm$ 5,3 fgghi	11,5 $\pm$ 3,4 abc	6,0 $\pm$ 4,9 abc
	L2	87,0 $\pm$ 3,8 hi	10,0 $\pm$ 3,7 ab	3,0 $\pm$ 2,5 a
	L3	74,0 $\pm$ 4,3 e	15,0 $\pm$ 2,6 bcde	11,0 $\pm$ 5,0 bcd
T2 (41°C x 48 h)	L1	76,5 $\pm$ 6,2 ef	10,0 $\pm$ 0,1 ab	13,5 $\pm$ 6,2 def
	L2	82,0 $\pm$ 1,6 fgh	12,5 $\pm$ 1,9 abc	5,5 $\pm$ 1,0 abc
	L3	61,0 $\pm$ 5,8 d	20,0 $\pm$ 2,8 def	19,0 $\pm$ 3,4 efg
T3 (41°C x 72 h)	L1	58,5 $\pm$ 1,9 d	21,5 $\pm$ 4,4 ef	20,0 $\pm$ 2,8 fg
	L2	54,0 $\pm$ 9,9 cd	31,0 $\pm$ 4,7 g	15,0 $\pm$ 6,6 def
	L3	47,5 $\pm$ 4,1 c	21,5 $\pm$ 6,8 ef	31,0 $\pm$ 6,2 h
T4 (45°C x 24 h)	L1	73,5 $\pm$ 7,0 e	15,0 $\pm$ 8,1 bcde	11,0 $\pm$ 3,4 bcde
	L2	84,5 $\pm$ 4,4 ghi	11,5 $\pm$ 2,5 abc	4,0 $\pm$ 2,3 ab
	L3	58,5 $\pm$ 7,5 d	17,0 $\pm$ 7,4 cdef	24,5 $\pm$ 6,6 gh
T5 (45°C x 48 h)	L1	26,0 $\pm$ 6,7 b	22,0 $\pm$ 4,3 f	52,0 $\pm$ 9,1 i
	L2	76,0 $\pm$ 1,6 ef	14,5 $\pm$ 1,9 bcd	9,5 $\pm$ 3,0 abcde
	L3	25,0 $\pm$ 7,4 b	21,5 $\pm$ 1,9 ef	53,5 $\pm$ 5,7 i
T6 (45°C x 72 h)	L1	2,5 $\pm$ 1,0 a	15,5 $\pm$ 1,9 bcdef	82,0 $\pm$ 1,6 j
	L2	20,5 $\pm$ 9,0 b	50,5 $\pm$ 6,4 h	29,0 $\pm$ 7,0 h
	L3	0,5 $\pm$ 1,0 a	11,0 $\pm$ 2,6 abc	88,5 $\pm$ 3,4 j

A partir del T2 (41 °C por 48 h) el % PN disminuyó y presentó diferencias significativas en el L1 y L2 en comparación con el L3 (**Tabla 3**). Estos resultados fueron similares a los registrados por Dias et al. (2020) en uno de sus lotes evaluados, ya que tampoco encontraron diferencias significativas entre el control (94 % PN) con respecto al tratamiento a 41 °C por 24 h (93,5 % PN), pero sí a 41 °C por 48 h (87,5 % PN). En el T3 a 41 °C durante 72 h, los tres lotes se vieron afectados de manera similar, disminuyeron significativamente el % PN con respecto a T2 y los % PA y SM aumentaron respecto al control (**Tabla 3**). Esto concuerda con lo observado por de Oliveira Araújo et al. (2021), quienes manifestaron que un EA a 41°C durante 72 h provoca una disminución en la germinación en lotes de semillas de garbanzo del cv. BRS Alepo (entre 60 % hasta valores de 19-11 % PN) y cv. Cícero (entre 25 a 1 % PN), indicando un excesivo deterioro de las semillas. Por otro lado, en *Lens culinaris* Medik., el EA a 41 °C durante 72 h impidió la emergencia de las plántulas en el campo (Freitas & Nascimento, 2006). Sin embargo, Bayat et al. (2016) concluyeron que a 41 °C por 72 h existe una alta correlación con el porcentaje y la tasa de emergencia de plántulas de garbanzo en la prueba de campo.

Al aumentar la temperatura a 45 °C durante 24 h (T4), se encontraron diferencias ( $p < 0,05$ ) en el % PN del L1 y L3 con respecto al T0, no observándose este comportamiento en el L2. Con el aumento del tiempo de exposición, a 48 y 72 h con 45 °C (T5 y T6), el % PN disminuyó significativamente en los tres lotes, diferenciándose el L2 del L1 y L3. Mientras que, al analizar el % SM, si bien en los tres lotes los valores aumentaron, el L1 y el L3 alcanzaron valores superiores en comparación con L2 (**Tabla 3**).

#### Determinación de vigor mediante la prueba de conductividad eléctrica masal (CEM)

La **Tabla 4** muestra los resultados de la CEM, en la que se observan diferencias significativas entre los tres lotes. Estos valores estuvieron dentro del rango de CEM obtenidos por de Oliveira Araújo et al. (2022) para los cv. BRS Aleppo (22,82 – 40,97  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) y Cícero (27,02 – 31,21  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). El L2 presentó el menor valor de CEM, asociado a un mayor vigor, le siguieron el L1 y el L3 en orden creciente de CEM y decreciente de vigor. Estos resultados permitieron diferenciar a los tres lotes por su vigor y coinciden con las diferencias entre lotes que presentó el T4 (45 °C x 24 h) mediante la prueba de EA.

#### CONCLUSIÓN

El tratamiento de EA que resultó más adecuado para determinar el vigor en los lotes de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156 fue el T4 (45 °C durante

24 h), aunque la condición T2 (41 °C durante 48 h) debería ser evaluada en futuros estudios por su buen desempeño. El T1 (41 °C x 24 h) no sería recomendable, ya que en los parámetros evaluados no presentó diferencias significativas respecto al control. Los tratamientos T3, T5 y T6 demostraron un mayor deterioro con una disminución en el % PN en los tres lotes.

La prueba de CEM respalda la combinación de temperatura y tiempo (45 °C por 24 h) realizada en el T4 para proponerla como prueba de EA, ya que ambas pruebas diferenciaron a los tres lotes, donde el L2 exhibió el mayor vigor, seguido por el L1 y, finalmente, el L3 con el menor vigor.

Este trabajo contribuye con aportes novedosos para el proceso de estandarización de la prueba de EA en garbanzo. Asimismo, es necesario profundizar los estudios y evaluar el EA en diferentes genotipos y complementar con pruebas de emergencia a campo.

**Tabla 4.** Conductividad eléctrica masal (CEM  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) en tres lotes de semillas de *Cicer arietinum* L. cv. Chañaritos S-156. Los valores representan la media  $\pm$  DS. Letras diferentes indican diferencias significativas entre lotes ( $p \leq 0,05$ ).

Lote	CEM ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )
1	36,2 $\pm$ 1,2 b
2	22,6 $\pm$ 0,6 a
3	44,2 $\pm$ 2,4 c

#### AGRADECIMIENTO

Al Ceproc y al Laboratorio LASIDYS de FCA-UNC por permitir la realización de estos ensayos. Al Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo (FCA-UNC), a la empresa 4 Pulses y Granaria Vitulo S.A. por brindar las semillas.

El presente trabajo contó con la financiación de la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba (SeCyT-UNC) a través del Proyecto Consolidar 2018-2022.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Alemanno, G.A. 2016. El cultivo de garbanzo en las diferentes provincias de Argentina: Catamarca. En J. Carreras; V. Mazzuferi; M. Karlin. -1a. ed. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. El cultivo de garbanzo en Argentina. Córdoba, Argentina, 377-384 pp.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 2009. Seed Vigor Testing Handbook: Contribution N° 32 To The Handbook on Seed Testing, New York, USA, 334 p.

- Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M.E., Mohammadi, G. 2016. Calibration of accelerated aging test as a vigor test to predict the seedling emergence of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in field conditions. *Iranian Journal Pulses Research*, 7(1), 9-24. <https://doi.org/10.22067/IJPR.V7I1.a.33894>
- Benech-Arnold, R.L., Sánchez, R.A. 2004. Handbook of seed physiology: applications to agriculture (Benech-Arnold RL & Sánchez RA, Eds.). Food Products Press® and The Haworth Reference Press, New York - London - Oxford, 480 p.
- Carreras, J., Mazzuferi, V., Karlin, M. 2016. *El cultivo de garbanzo (Cicer arietinum L.) en Argentina*. Editado por Carreras J; Mazzuferi V; Karlin M. -1a ed. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 567 p.
- Copeland, L.O., McDonald, M.F. 2012. Principles of seed science and technology. Springer Science & Business Media. 4<sup>th</sup> ed. New York, USA, 390 p.
- de Oliveira Araújo, J., Cunha Fernandes dos Santos Dias, D., Miranda, R.M.D., Nascimento, W.M. 2022. Adjustment of the electrical conductivity test to evaluate the seed vigor of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Seed Science*, 44: e202244003. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43253934>
- de Oliveira Araújo, J., Cunha Fernandes dos Santos Dias, D., Nascimento, W.M., Martins, A.O., Limão, M.A.R. 2021. Accelerated aging test and antioxidant enzyme activity to assess chickpea seed vigor. *Journal of Seed Science*, 43: e202143038. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43253934>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Dias, L.B.X., de Melo Queiroz, P.A., da Silva Ferreira, L.B., Moreira de Freitas, M.A., Araújo, E.F.L., da Silva, P.F., Nascimento, W.M. 2020. Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds. *Australian Journal of Crop Science*, 14(02), 339-346. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.02.p1957>
- Felagari, K., Bahramnejad, B., Siosemardeh, A., Mirzaei, K., Lei, X., Zhang, J. 2023. A Comparison of the Physiological Traits and Gene Expression of Brassinosteroids Signaling under Drought Conditions in Two Chickpea Cultivars. *Agronomy*, 13(12), 2963. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122963>
- Freitas, R.A.D., Nascimento, W.M. 2006. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. *Revista Brasileira de Sementes* 28: 59-63. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000300009>
- Instituto Nacional de Semillas (INASE). 2023. Garbanzo: Semilla de Clase Fiscalizada a partir de enero 2024. Ministerio de Economía. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/garbanzo-semilla-de-clase-fiscalizada-partir-de-enero-2024>
- International Rules for Seed Testing (ISTA). 2018. Handbook on seedling evaluation 4th ed. Zürichstr. Bassersdorf, Switzerland, 221 p.
- International Rules for Seed Testing (ISTA). 2021. Introduction to the ISTA Rules. In International Rules for Seed Testing (Vol. 2021, Issue 1). Zürichstr. Bassersdorf, Switzerland, 300 p <https://doi.org/10.15258/istarules.2021.1>
- Kapoor, N., Arya, A., Siddiqui, M.A., Amir, A., Kumar, H. 2010. Seed deterioration in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9 (3), 158-162. DOI: [10.3923/ajps.2010.158.162](https://doi.org/10.3923/ajps.2010.158.162)
- Marcos-Filho, J. 2015. Seed Physiology of Cultivated Plants. 2nd Edition, Londrina, Abrates.
- Prado, C., Rayó, M.A., Devani, M. 2018. Calidad de la semilla de garbanzo producida en el NOA en las últimas 5 campañas. Reporte Agroindustrial N° 153. Calidad de semilla en cultivo de granos. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). ISSN 2346-9102.
- Tamborelli, M. 2021. Importancia del control de calidad de semillas. Hoja Informativa N° 123. EEA Inta Mercedes.
- TeKrony, D.M. 2005. Accelerated Aging Test: Principles and Procedures. *Seed Technology*, 27(1), 135-146. <http://www.jstor.org/stable/23433228>
- Zhang, K., Zhang, Y., Sun, J., Meng, J., Tao, J. 2021. Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 475-485. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.031>