

Ecofisiología de Garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



Elaborado por: Ing. Agr. (Esp) Rubén Toledo.
Cereales y Oleaginosas, FCA, UNC

DESARROLLO

Se entiende por desarrollo a la sucesión de las etapas que conducen a establecer la morfología propia de la planta adulta, a medida que avanza el ciclo ontogénico, dónde se van produciendo cambios graduales en las estructuras y el funcionamiento de los distintos órganos de la planta. En base a estos cambios se puede realizar una evaluación y seguimiento de los estadios fenológicos, de acuerdo a la apariencia externa de la planta a través de una [clave fenológica](#) de uso general, donde está definida:

- **Etapa Vegetativa (V):** La etapa transcurre lentamente desde la siembra y hasta finales del invierno y comienza con una germinación hipogea, y posteriormente, alrededor de la 2^{da} semana, aparecen las raíces laterales, y en el nudo cotiledonar se observan los pecíolos notablemente desarrollados, en cuyas axilas se distinguen yemas laterales con diferente grado de desarrollo. Tanto el 1^{er} nudo como el 2^{do} nudo (VE) se ubican debajo del suelo. A partir del 3^{er} nudo (V1) -1^{er} nudo sobre el suelo- comienza la observación que determinará el número que acompañará la letra V. (Tabla 1) (Ateca y Beltramini, 2016)

Tabla 1: Escala fenológica de las etapas vegetativas

Estado	Descripción
VE	Emergencia de plántulas sobre el suelo.
V1	1 ^{er} nudo -sobre el suelo- Se despliega la 1 ^{er} hoja multifoliada.
V2	2 ^{do} nudo -sobre el suelo- Se despliega la 2 ^{da} hoja multifoliada.
V3	3 ^{er} nudo -sobre el suelo- Se despliega la 3 ^{er} hoja multifoliada.
Vn	"n" nudos -sobre el suelo- donde se insertan "n" hojas multifoliadas.

- **Etapa Reproductiva (R):** comienza entre finales del invierno y comienzo de la primavera. Al inicio de la floración, las estructuras reproductivas -flores, vainas y granos- se producen de manera simultánea con el crecimiento vegetativo hasta el final del ciclo de la planta. (Tabla 2)

La floración y desarrollo de las legumbres se producen en forma acrópeta, es decir desde la base hacia la región apical. Presenta inflorescencias racimosas uni o bifloras unidas a la parte vegetativa mediante pedúnculos y pedicelos florales. Presenta un fruto seco

dehiscente denominado botánicamente legumbre y comúnmente vaina (también se lo suele denominar cascabullo) Su forma es ovoide a oblonga, turgente, relativamente grande. (Ateca y Beltramini, 2016)

Tabla 2: Escala fenológica de estados reproductivos

Estado	Descripción
R1	Se inicia la floración y se observa una flor abierta en cualquier parte de la planta.
R2	Más del 50% de las flores están abiertas.
R3	Inicio de formación de vainas.
R4	Más del 50% de las vainas se las visualiza aplanadas y han alcanzado su tamaño máximo.
R5	Se inicia la formación del grano, que comienza a ocupar el lugar que le corresponde dentro de la cavidad de la vaina.
R6	Más del 50% de las vainas se redondean, los granos ocupan las cavidades correspondientes dentro de las mismas.
R7	Las hojas comienzan a virar de color y el 50% de las vainas se vuelven de color amarillo.
R8	El 90 % de las vainas de la planta son de color amarillo-marrón.

Las primeras flores pueden ser imperfectas y se las denomina **pseudoflores**, que abortan y no llegan a producir vainas o flores verdaderas; son pequeños botones florales que se marchitan y detienen su crecimiento en etapas tempranas del desarrollo floral. En relación a la formación de estas estructuras reproductivas, el riego durante la aparición de los capullos florales produciría mayor cantidad de flores imperfectas. En ambientes donde las temperaturas son relativamente más altas y con baja humedad, las flores falsas se desarrollan con menos frecuencia, de modo tal que la aparición de estas estructuras está relacionada a la temperatura y a la disponibilidad hídrica. **La primera flor verdadera** se manifiesta en el tallo principal y luego continúa en las ramas secundarias y en menor medida en las terciarias. Dado el tipo de **crecimiento indeterminado**, con el inicio de la etapa reproductiva en los ápices vegetativos de los vástagos, comienzan a diferenciarse simultáneamente primordios foliares y florales. Se produce un gran número de flores, pero el cuajado de las mismas se reduce marcadamente; diversos autores manifiestan que el rango es de solo 20 al 50% de flores que forman vainas.

Factores que influyen en el desarrollo de la planta

Considerando una adecuada disponibilidad hídrica y nutricional, la temperatura y el fotoperiodo influyen en el desarrollo del cultivo, sin embargo, de los dos factores, es la **temperatura** el principal factor ambiental que regula la duración de las etapas del cultivo.

Temperatura

A medida que aumenta la temperatura, la velocidad de desarrollo aumenta reduciendo la duración de las etapas. La **temperatura base (Tb)** de desarrollo es de **0°C**, por encima de la misma, la tasa de desarrollo aumenta llegando a un máximo valor con temperaturas óptimas (To) de entre **20°C y 30°C**; por encima de los 30°C la tasa decrece hasta hacerse cero a una temperatura máxima (Tm) de **40°C** (Fig. 1). La relación que existe entre la tasa de desarrollo y la temperatura, en el rango comprendido entre Tb – To y To – Tm, da origen al concepto de Tiempo Térmico (TT). El TT cuantifica la duración de una fase en un ambiente determinado, y se calcula como la sumatoria de la temperatura media del aire por encima de la Tb.

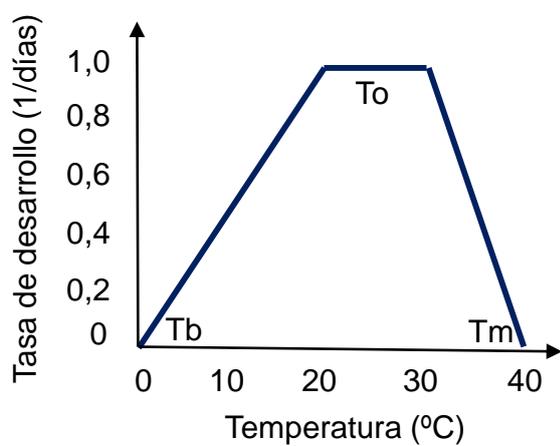
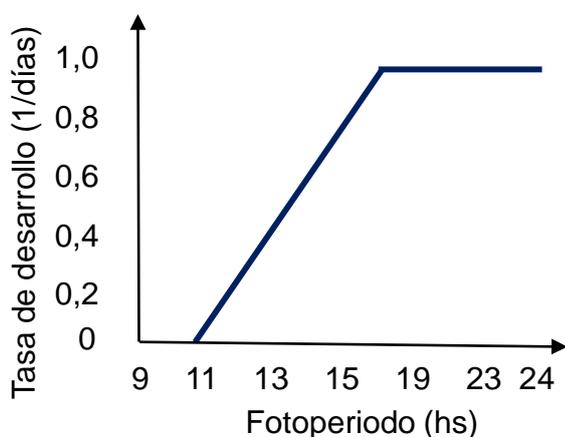


Figura 1: Efecto de la temperatura sobre la tasa de desarrollo. Fuente: [Soltani, 2006](#)

Fotoperiodo

Los cultivares con sensibilidad fotoperiódica exhiben una respuesta de “días largos”. Esto quiere decir que la tasa de desarrollo se incrementa (se reduce la duración de la fase)



cuando el fotoperiodo aumenta. Diversos autores han establecido que la tasa de desarrollo se modifica en un rango que va desde **11-16 hs día⁻¹**, por encima de este valor de fotoperiodo la tasa de desarrollo es máxima y la duración de la fase es la menor (Fig.2).

Figura 2: Efecto del fotoperiodo sobre la tasa de desarrollo. Fuente: [Soltani, 2006](#)

La fecha de siembra es una de las prácticas de manejo que modifican el ambiente térmico y fotoperiódico que censa el cultivo a lo largo del ciclo. A modo de ejemplo en la

Tabla 3 se observa la duración del período siembra-emergencia, emergencia-floración y floración-madurez en dos fechas de siembra. Al atrasar la siembra la emergencia demoró unos 9 días más comparado con la fecha más temprana. Este mayor tiempo debe ser tenido en cuenta, ya que se manifiesta en siembras de finales de otoño, y que las semillas demoran más tiempo para iniciar el proceso de germinación y esto puede traer problemas sanitarios si no se realizan tratamientos terapéuticos para evitar ataques fúngicos.

Con respecto a la Tabla 3 tanto la etapa vegetativa (VE-R1) como la reproductiva (R1-R8) tuvieron duraciones similares, pero con una tendencia de menor duración en la siembra tardía. En resumen, se destaca que mínimamente el cultivo emerge a partir de las 2 semanas de sembrado (TT acumulado promedio de 200°Cd), la floración se producirá aproximadamente cuando acumula unos 1100°Cd desde la siembra (unos 85 días), y la madurez ocurre alrededor de los 2500°Cd acumulado desde la siembra (unos 182 días). Prácticamente no se considera efecto del fotoperíodo sobre el desarrollo, que se ubica entre 10 y 11hs de luz, y en función de lo observado en la Fig. 2, no habría influencia en nuestros ambientes.

Tabla 3: Duración (en días y tiempo térmico, TT), temperatura media del suelo (Tm suelo) y del aire (Tm aire) y fotoperíodo medio para las etapas siembra a emergencia (S-VE), emergencia a inicio de floración (VE-R1) y desde floración a madurez (R1-R8) promedio de Chañaritos S-156, Norteño y Felipe FCA-UNC, sembrado en 2 fechas (2 de mayo y 27 de mayo en Córdoba) Fuente: Toledo, 2020.

Etapa		FS	FS
		2-may	27-may
S-VE	Duración (d)	13	19
	TT (°Cd; Tb=0)	197	229
	Tm (°C)	16,8	11,9
VE-R1	Duración (d)	88	81
	TT (°Cd; Tb=0)	989	925
	Tm (°C)	11,5	11,4
	Fotoperíodo (hs)	10,1	10,4
R1-R8	Duración (d)	85	81
	TT (°Cd; Tb=0)	1363	1433
	Tm (°C)	16	17,9
	Fotoperíodo (hs)	11,5	12,3

CRECIMIENTO

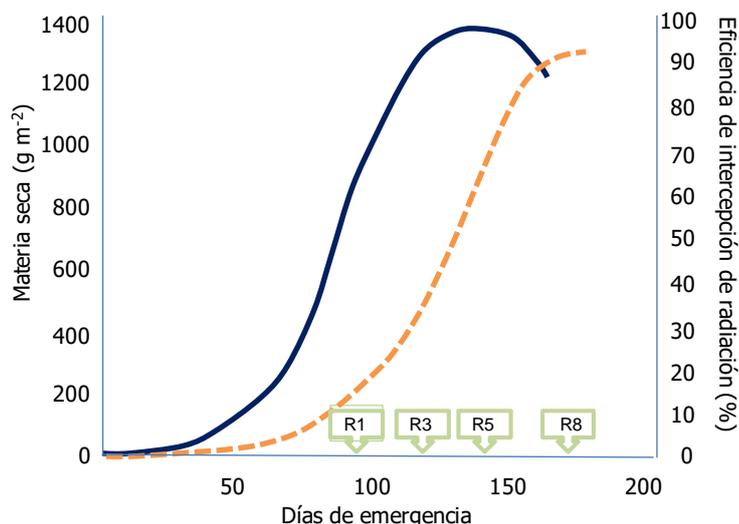
El crecimiento de un cultivo puede ser entendido como la acumulación de biomasa en el espacio y tiempo, y está directamente asociada con la cantidad de radiación solar incidente durante el ciclo (Rinc), la eficiencia con que esa radiación incidente es capturada (Eficiencia de intercepción, Ei) y la eficiencia con que la radiación interceptada es transformada en

materia seca (Eficiencia de uso de la radiación, EUR). La E_i dependerá del índice de área foliar (IAF) en cada etapa del ciclo y del coeficiente de extinción del cultivo (K), mientras que La EUR está principalmente condicionado por el tipo de metabolismo de C, que en el caso de garbanzo corresponde a una especie de tipo C3. La producción de biomasa por parte de un cultivo puede entonces estimarse a partir del siguiente modelo:

$$\text{Biomasa} = \text{Rinc} \times E_i \times \text{EUR}$$

Debido a que la Rinc está regulada por la oferta del ambiente y la EUR depende de la fotosíntesis del cultivo, ambos factores relativamente poco controlables, se desprende que la cantidad de biomasa que un cultivo produce, dependerá principalmente de la capacidad que el mismo tenga para capturar la radiación disponible. Esto se visualiza en la Fig. 3 donde la producción de biomasa sigue un patrón temporal.

Mientras más largo sea el tiempo en el que el cultivo es capaz de mantener un alto nivel de cobertura mayor será la captación de radiación y por lo tanto la producción de biomasa. El período de tiempo durante el cual un cultivo captura radiación dependerá del ciclo del cultivar y del efecto que la temperatura ejerce sobre la duración de cada etapa. Es importante resaltar en la Fig. 3, el largo período inicial de muy baja cobertura que presenta el garbanzo (y por lo tanto de producción de materia seca), período que se extiende por unos



80 a 100 días hasta la aparición de las primeras flores (R1). A partir de este momento, el cultivo entra en una fase de rápido crecimiento, aspecto de gran importancia ya que esto coincide con el momento del ciclo en el que ocurre la fijación y posterior crecimiento de los granos.

Figura 3: Materia seca acumulada (línea discontinua) y E_i de la Rinc (línea continua) en un cultivar de garbanzo conducido sin limitaciones hídricas en el norte de Córdoba. R1, R3, R5 y R8 se corresponden con los estados fenológico descritos en Tabla 1 (adaptado de Luque *et al.*, 2015).

Porte de la Planta

La planta adulta presenta una ramificación de tipo monopodial, dado que se origina de yemas axilares. Su número oscila entre 3-5 ramas principales, con ramificaciones secundarias y terciarias que le dan un aspecto umbeliforme. Los patrones de ramificación están estrechamente relacionados con la aparición de los nudos en el tallo principal, con el TT y la humedad ambiental.

Se pueden encontrar diferentes portes o hábitos de crecimiento, basándose en el ángulo que forman las ramificaciones primarias con el eje vertical respecto a la línea del suelo: a) erecto (formando un ángulo entre 0-15°), b) semi-erecto (entre 15-25°), c) semi-rastrero (entre 25-60°), d) rastrero (entre 60-80°) y e) ramas apoyadas en el suelo. En nuestro país, para la inscripción de nuevos cultivares de garbanzo en el Anexo II del INASE solo se consideran cuatro tipos de porte: erecto (característico de plantas de tipo Mexicano), semierecto (característico de Sauco), semirastrero (característico de Chañaritos S-156) y rastrero (característico de Criollo) (Fig. 4).

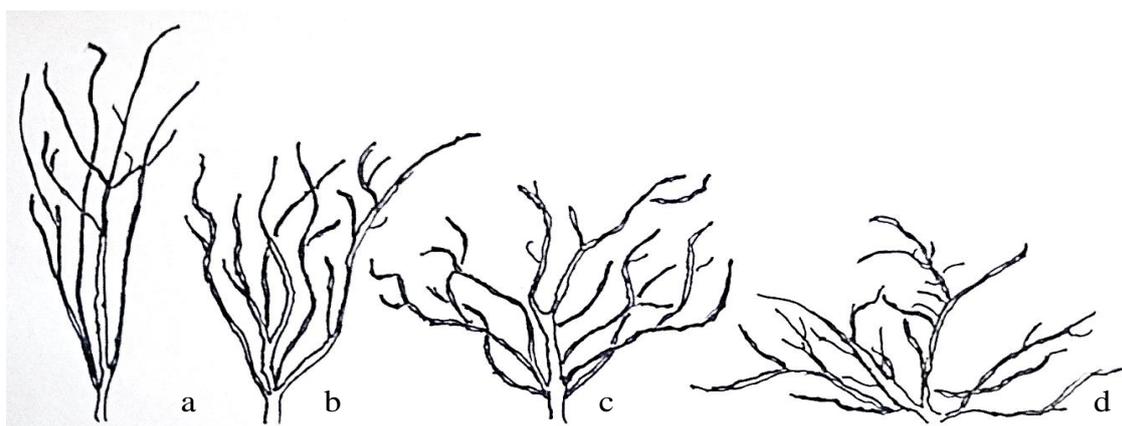


Figura 4: Esquema representando los diferentes hábitos de crecimiento a) erecto, b) semierecto, c) semirastrero y d) rastrero.

Los tipos erectos y semierectos tienen generalmente menor número de ramas, una estructura de planta más cerrada, mayor despeje de las primeras vainas con respecto al nivel del suelo, favoreciendo su cosecha. Es importante destacar que aquellas variedades que tienen un porte semierecto en etapa vegetativa, se presentan como semirastreros a la cosecha.

RENDIMIENTO

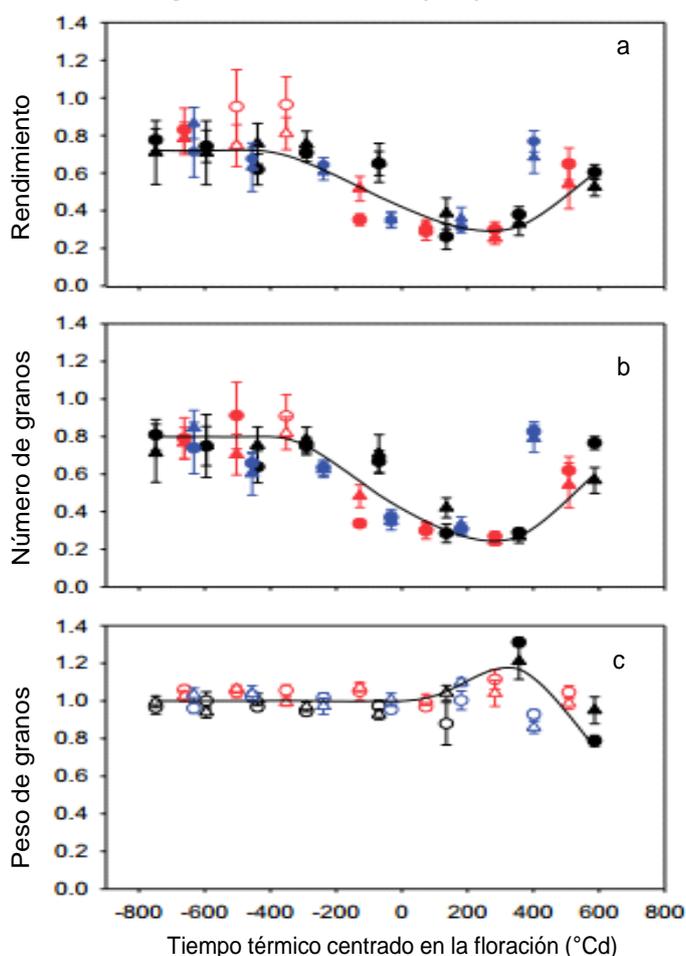
Cualquier intento de identificar las bases fisiológicas del rendimiento deberá partir necesariamente del reconocimiento de la complejidad de estas interacciones, y del hecho que las mismas se producen a medida que se cumple el desarrollo del cultivo, es decir,

siguiendo una secuencia temporal definida. En términos de crecimiento, el rendimiento puede expresarse como la proporción de la biomasa total producida que está alojada en los granos cosechados. Esto se conoce como índice de cosecha (IC) y puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} = \text{Biomasa} \times \text{IC}$$

A continuación se observa una experiencia realizada en Sudáfrica para identificar el **período crítico** (con una t_b : 0°C) para la definición del rendimiento, y que concluye que el rendimiento se ve más afectado cuando existe una condición de estrés durante un período de 800 °Cd centrados en 100 °Cd después de floración, donde la mayor sensibilidad se ubica entre en unos **300°Cd antes de la floración y 200°Cd después de la floración**, este momento del ciclo es lo más vulnerable para el rendimiento ante un estrés (Lake, 2017) (Fig. 5) Hasta la actualidad (agosto de 2021) no hay referencias/replicas locales al respecto.

Dicho **periodo crítico**, que podría decirse que se desarrolla alrededor de la **floración**



e **inicio de formación de vainas** difiere en su ubicación con respecto a otras leguminosas, como soja, por ejemplo, donde dicho período se inicia una vez formadas las vainas. Por lo tanto, garantizar buenas condiciones de crecimiento (suministro suficiente de agua y nutrientes) y evitar el estrés (como las heladas y el calor) durante la ventana crítica son esenciales para los cultivos de garbanzo de alto rendimiento. (Lake y Sadras, 2014)

Figura 5: Variaciones porcentuales en: a) rendimiento, b) Número de granos y c) tamaño de granos provocados por breves períodos de estrés (sombreado) en relación al tiempo térmico desde floración. Fuente: (Lake, 2017)

El componente que mejor explica las modificaciones en el rendimiento es el **número de granos** por unidad de superficie (Fig. 5b) y mínimamente es el **peso de los**

granos (Fig. 5c), si bien el último podría compensar la reducción del número de granos, es decir, la disminución de uno provoca el aumento de otro, pero esta compensación es bastante limitada.

Otra forma de visualizar la influencia de los componentes numéricos sobre el rendimiento, es a través de las siguientes Fig., con una alta influencia del número de granos (>90%) (Fig. 6a), y mínima incidencia del peso de los granos sobre el rendimiento (< 1%) (Fig. 6b) La definición de ambos factores dependerá tanto de la longitud de la etapa durante el cual los granos estén creciendo -período de llenado efectivo- como de la tasa a la que lo hacen. Durante el período crítico la temperatura es el factor ambiental que más influye en la duración de dicho periodo, no hay que olvidar que un estrés hídrico también puede acortar la etapa de llenado e inducir una senescencia anticipada de las hojas, reduciendo su capacidad para interceptar radiación.

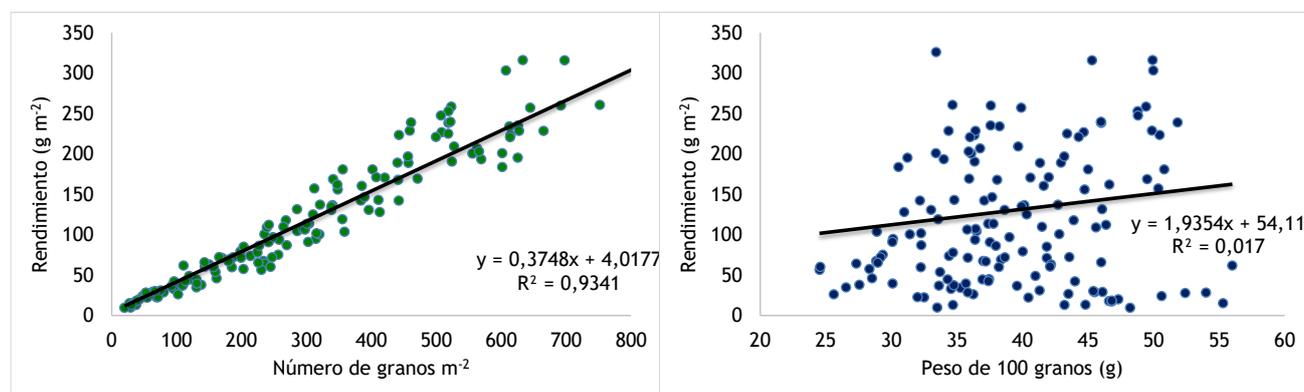


Figura 6: Relación del rendimiento (expresado en g m⁻²) de la variedad Norteño a) con el número de granos y b) con el peso de 100 granos, campañas 2011/12 al 2017/18. Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19'LS, 64°13'LV) (Toledo, 2018)

Toda adversidad que durante el período crítico afecte la capacidad para capturar radiación, debido a un escaso desarrollo del área foliar, o disminución de la EUR, provocará una menor producción de biomasa y una caída en el número de granos por planta. Tanto la presencia de enfermedades como el estrés hídrico pueden afectar la capacidad fotosintética de los tejidos. Sin embargo, tales adversidades ejercen un primer efecto desfavorable al limitar la expansión foliar, o inducir la pérdida de hojas afectando el crecimiento a través de una menor captura de radiación.

Como ejemplo de comportamiento productivo en un ambiente representativo del centro de Córdoba, en la Fig. 7 se observa la distribución de rendimiento en una fecha de siembra promedio del 13 de mayo en un ambiente de secano, con un registro promedio de 10,5 qq ha⁻¹ con un mínimo de 1,0 qq ha⁻¹ y un máximo de 26,1 qq ha⁻¹. Se observó que, en

el ambiente de estudio, hubo valores superiores a 2,6 qq ha⁻¹ en el 90% de las veces y la posibilidad de lograr registros mayores a 22,7 qq ha⁻¹ en el 10% de las veces (percentil 90)

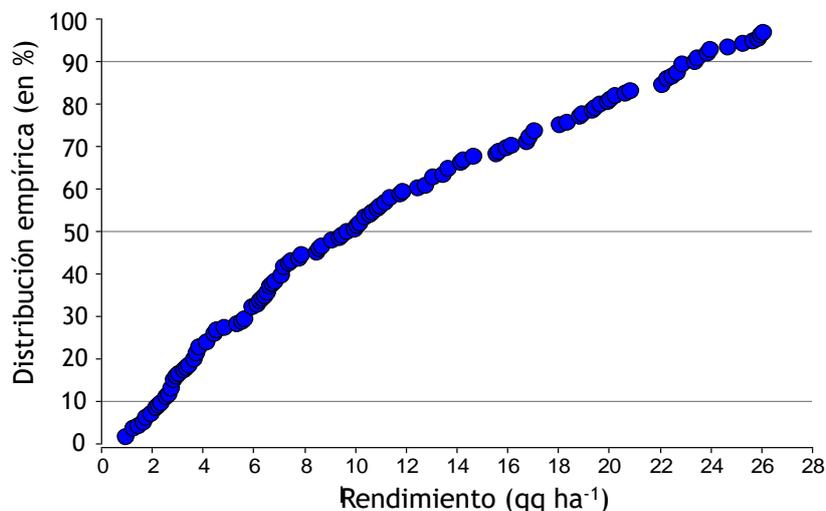


Figura 7: Distribución de rendimiento del conjunto de datos de la variedad Norteño (secano), durante las campañas 2011/12 al 2017/18. Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19'LS, 64°13'LV) (Toledo, 2018)

Estrés por helada

Con una temperatura media diurna **inferior de 15°C** y nocturnas en un rango de **0°C-5°C** (Ateca y Beltramini, 2016), se produce el **aborto de flores** y aquellas que puedan evolucionar, el polen se vuelve estéril e infértil (pseudoflores), y las siguientes estructuras reproductivas no se desarrollan.

- ❖ Las flores son las estructuras más sensibles ante un estrés hídrico, temperaturas extremas y heladas.
- ❖ A diferencia de otras leguminosas de estación fría, el garbanzo es muy susceptible a las condiciones frías, especialmente durante la floración.
- ❖ Las vainas son generalmente más resistentes a las heladas, aunque las que tienen menor tamaño o de menor desarrollo, pueden sufrir algún daño.
- ❖ Las temperaturas bajo cero en invierno y primavera pueden dañar las hojas y los tallos de la planta.
- ❖ Tiene una excelente capacidad recuperarse de daños superficiales por helada, y es capaz de regenerar nuevas ramas en casos severos. (Pulse Australia, 2015)

Estrés por calor

En la etapa reproductiva es sensible al estrés por calor, con temperaturas diurnas superiores a **32°C** y nocturnas de **20°C** o más, con una pérdida de rendimiento importante a medida que se incrementan las temperaturas.

- ❖ Temperaturas superiores a **35°C** en primavera provocan aborto de estructuras reproductivas, y reducción del tiempo disponible para el llenado de granos, por ende menor rendimiento (GRDC, 2018)
- ❖ Las anteras de los genotipos sensibles al calor reducen la síntesis de azúcares, genera que el polen tenga niveles de sacarosa considerablemente más bajos, afectando la fecundación y provocando una mala formación de vainas.
- ❖ Comparado con otras legumbres de invierno, es tolerante a las altas temperaturas.

Bibliografía consultada

- Ateca, N. y Beltramini, V. (2016) Estudio Morfológico. Capítulo 2. En: Carreras, J., V. Mazzuferi y M. Karlin. (eds). *El cultivo de garbanzo (Cicer arietinum L.) en Argentina*. Pp.: 39-56
- Cubero, J.I. (1987) Morphology of chickpea. In: The chickpea. CAB International, Wallingford, UK, pp. 35-66. Eds: Saxena, M. C.; Singh, K.B.
- Gordillo, E. (1991) Fases de desarrollo: Aspectos fisiológicos. En: El garbanzo. Una alternativa para el secano. Ed: Mundi-Prensa. Madrid.
- Khanna-Chopra, R. y Sinha, S.K. (1987) Chickpea: physiological aspects of growth and yield. In: Saxena, M.C. y Singh, K.B. (eds) The chickpea. CAB International, Wallingford, UK, pp.163-190.
- Lake, L. and Sadras, V. O. (2014) The critical period for yield determination in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, 168, 1-7. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429014002287>
- Muehlbauer, F., Short, R., Kaiser W. (1982) Description and Culture of Garbanzo Beans. Coop. Ext. Publ. EB 1112. Washington St. Univ., Pullman.
- Saxena, N. P. (1984) Chickpea. *Rev. Field Crops Research*. Vol. 53. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429097000294>
- Singh, F. and Diwakar, B. (1995) Chickpea botany and production practices. Skill Development Series nº 16. Recuperado de: <http://oar.icrisat.org/2425/1/Chickpea-Botany-Production-Practices.pdf>
- Toledo, R. (2016) Ecofisiología de Garbanzo. Capítulo 5. En: Carreras, J., V. Mazzuferi y M. Karlin. (eds). *El cultivo de garbanzo (Cicer arietinum L.) en Argentina*. Pp.: 89-114
- Van Der Maesen, L. (1972) *Cicer* L. a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation. *Mededlingen landbouwhogeschool (Communication Agricultural University) Wageningen* 72-10. 342 p.
- Verghis, T. I., McKenzie B. A. & Hill. G. D. (1999) Phenological development of chickpeas (*Cicer arietinum*) in Canterbury, New Zealand. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 27(3), 249-256. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01140671.1999.9514103>