

ECOFISIOLOGIA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)



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

El garbanzo es una leguminosa anual, con una distribución del área sembrada en regiones tropicales y mediterráneas del mundo; su importancia radica en que se ubica en el 3^{er} lugar de las leguminosas comestibles cultivadas en el mundo. En Argentina particularmente tiene una mejor adaptación en las zonas semiáridas, dónde desarrollan una adecuada estructura vegetativa durante el período invernal e inician la floración entre la 2^{da} quincena de agosto y la 1^{era} de septiembre, y la cosecha se realiza entre la 1^{era} y 2^{da} quincena de noviembre. El cultivo se adapta a condiciones de secano, con un requerimiento hídrico de alrededor de 300 mm. ([Saluzzo, 2010](#))

DESARROLLO

A medida que transcurre el ciclo, se van produciendo cambios graduales en las estructuras y el funcionamiento de los distintos órganos, para el seguimiento de cambios externos en la planta, existe una [clave fenológica](#) de uso general, donde está definido:

- **Etapas Vegetativas (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.

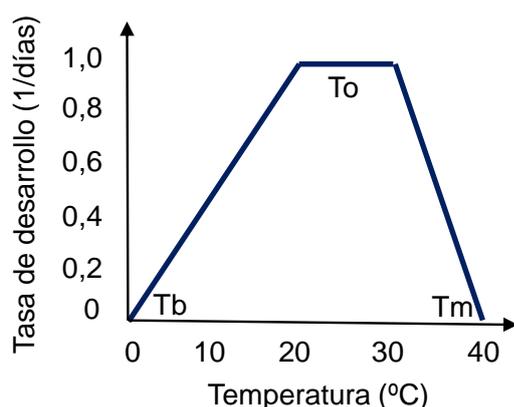
Las primeras flores pueden ser imperfectas y se las denomina **pseudoflores**, que abortan y no llegan a producir vainas o flores verdaderas; son pequeños botones florales que se marchitan y detienen su crecimiento en etapas tempranas del desarrollo floral. En relación a la formación de estas estructuras 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 hacia un máximo, lo que reduce 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 una máxima con temperaturas óptima (To) de entre **20°C y 30°C**, cuando los valores superan la To 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 y To, da origen al concepto de Tiempo Térmico (TT). El TT cuantifica la duración

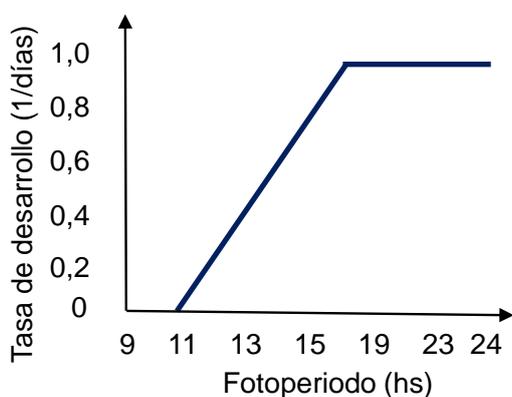


de una fase en un ambiente determinado, y se calcula como la sumatoria de la temperatura media del aire por encima de la Tb. De esta manera, el TT necesario para alcanzar un estado fenológico es menos variable, que la duración en días calendario de la etapa, cuando hay cambios en la temperatura media.

Figura 1: Efecto de la temperatura sobre la tasa de desarrollo.

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.

“Algunos genotipos pueden presentar sensibilidad al fotoperiodo en la etapa emergencia-floración, sin embargo, la **temperatura** es el principal factor ambiental que regula la duración de las etapas del cultivo”

A modo de ejemplo en la Tabla 3 se observa, la duración promedio del período siembra a emergencia, emergencia a floración y floración a madurez en una fecha promedio típica del ambiente de estudio. Con un periodo prolongado para la emergencia sobre el suelo (entre dos y tres semanas promedio), y una duración de etapa vegetativa y reproductiva similar (alrededor de 3 meses promedio) En resumen, una siembra promedio del 13 de mayo, la emergencia sobre el suelo ocurrirá el 31 de mayo (TT acumulado de

Etapa	Siembra 13 de mayo	
S - VE	Duración	18 días
	TT (T ^o base: 0°C)	225 °C día
	Temperatura media	15,0 °C
VE - R1	Duración	83 días
	TT (T ^o base: 0°C)	961 °C día
	Temperatura media	11,4 °C
	Fotoperiodo	11,2 hs
R1 - R8	Duración	83 días
	TT (T ^o base: 0°C)	1422 °C día
	Temperatura media	17,2 °C
	Fotoperiodo	13,0 hs

225°C día), la floración comenzará el 22 de agosto (TT acumulado de aproximadamente 1200°C día), y la madurez será el 13 de noviembre (TT acumulado de alrededor de 2600°C día).

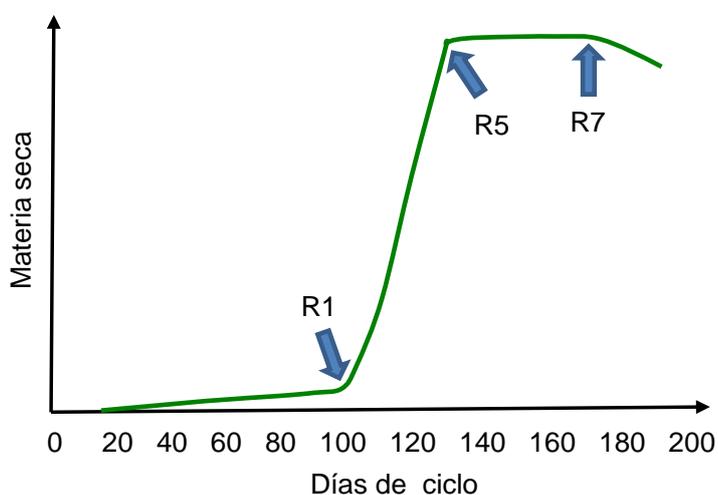
Tabla 3: Duración (en días y TT), temperatura media del aire y fotoperíodo medio para S-VE, desde VE-R1 y desde R1-R8, promedio del conjunto de datos de los cultivares (Chañaritos S-156, Norteño, Kiara FCA-UNC, y Felipe FCA-UNC), sembrados en promedio el 13/05 Córdoba (31°19'LS, 64°13'W) (Fuente: Toledo, 2018).

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 Ei 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:

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

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 dónde la producción de biomasa sigue un patrón temporal, que copia el modo en que el cultivo intercepta radiación durante su ciclo. 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. Es importante resaltar el largo período inicial de lento crecimiento (y por lo tanto igual de lenta acumulación 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 que comienza a crecer y desarrollarse los granos.



(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 que comienza a crecer y desarrollarse los granos.

Figura 3: Curva teórica de acumulación de materia seca.

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).

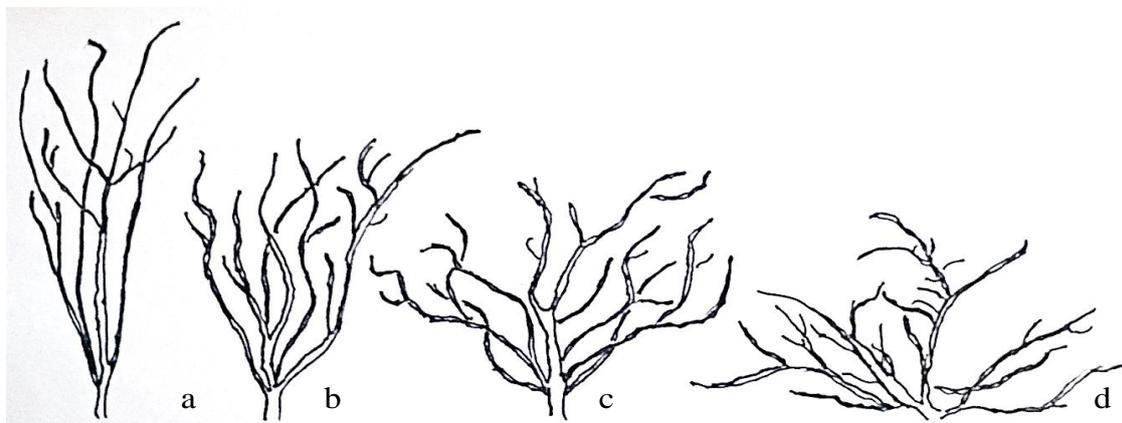


Figura 4: Esquema representando los diferentes hábitos de crecimiento a) erecto, b) semierecto, c) semirastrero y d) rastrero.

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.

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.

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:

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

Como ejemplo de comportamiento productivo, en la Fig. 5 se observa la distribución de rendimiento en una fecha de siembra promedio del 13 de mayo en un ambiente de seco, con un registro promedio de 13,1 qq ha⁻¹ con un mínimo de 3,5 qq ha⁻¹ y un máximo de 28,7 qq ha⁻¹. Se observó que, en el ambiente de estudio, hubo valores superiores a 4,5 qq ha⁻¹ en el 90% de las veces (percentil 10) y la posibilidad de lograr registros mayores a 22,5 qq ha⁻¹ en el 10% de las veces (percentil 90)

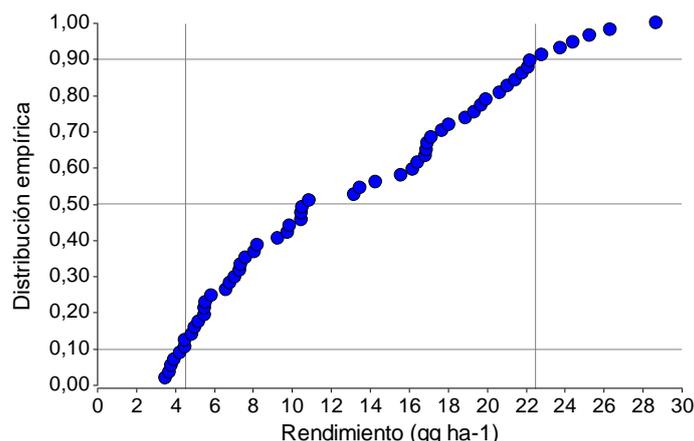


Figura 5: Distribución de rendimiento del conjunto de datos de la variedad Norteño, durante las campañas 2011/12 al 2017/18. Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19'LS, 64°13'LV) (Toledo, 2018)

Se ha determinado que el **período crítico** (con una **tb: 0°C**) para la definición del rendimiento abarca principalmente entre los **300°Cd antes**, y unos **200°Cd después de la floración**, centrado en **100°Cd después de la floración**, este momento del ciclo es lo más vulnerable para el rendimiento ante un estrés (Lake, 2017) (Fig. 7) Los °Cd son un cálculo del tiempo basado en la temperatura diaria y son necesarios para tener en cuenta el hecho de que los cultivos se desarrollan más rápido a medida que aumentan las temperaturas. Por ejemplo, si el cultivo está en condiciones ambientales donde la

temperatura media diaria es de 15°C, la etapa crítica de 200°Cd se alcanzará 13 días después de la floración ($200 \div 15 = 13$). Si la temperatura media diaria fuera de 20°C, los 200°Cd ocurrirá 10 días después de la floración ($200 \div 20 = 10$) (Lake y Sadras, 2014)

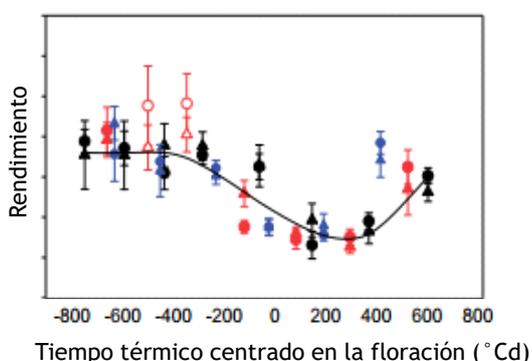


Figura 7: Variaciones en el rendimiento obtenidos por sombreados de diferentes genotipos, en diferentes momentos en relación al tiempo térmico. Fuente: (Lake, 2017)

El **número de granos** que se produzcan por unidad de superficie, y el **peso de los granos**, se conocen como **componentes numéricos** del rendimiento. La definición de ambos 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, siendo la temperatura el factor ambiental que influye en la duración de dicho periodo. Un estrés hídrico también puede acortar la etapa de llenado e inducir una senescencia anticipada de las hojas, reduciendo su capacidad para interceptar radiación.

Se ha comprobado que un estrés durante periodo crítico tiene una alta influencia en el número de granos, y es mínima sobre el peso de los mismos (Figuras 8a y 8b). De modo tal que la reducción en la productividad está más asociada con un menor número de granos producidos, antes que por un efecto sobre el peso de los mismos. (Fig. 9)

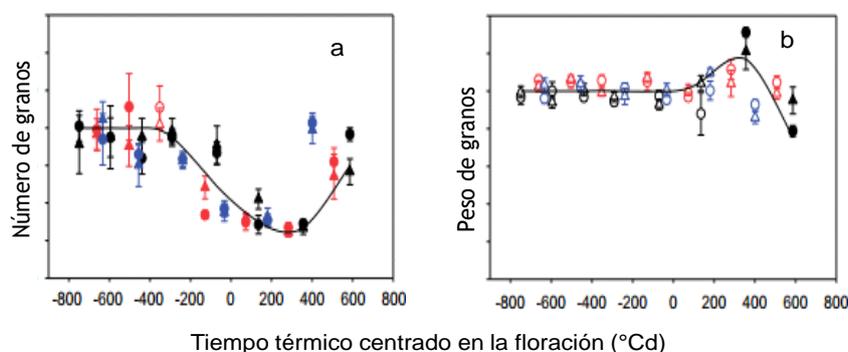


Figura 8: Variaciones en a) número de granos y b) peso de granos, obtenidos por sombros de diferentes genotipos, en diferentes momentos en relación al tiempo térmico. Fuente: [\(Lake, 2017\)](#)

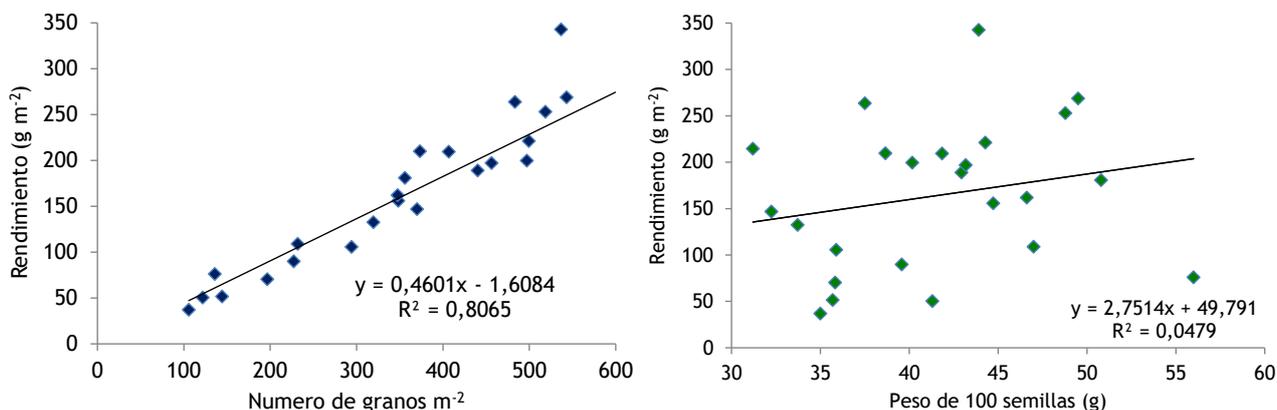


Figura 6: Relación del rendimiento (expresado en g m^{-2}) de la variedad Norteño a) con el número de granos y b) con el peso de 100 granos, campañas 2011/12 al 2017/18. Campo Escuela, FCA-UNC. ($31^{\circ}19'LS$, $64^{\circ}13'LV$) [\(Toledo, 2018\)](#)

Como ejemplo, se puede mencionar que, para condiciones térmicas promedio como las del centro de la provincia de Córdoba, la longitud del **período crítico** es de aproximadamente **40 días**, unos **25 días antes y 15 días después de R1**. Este periodo crítico difiere en su ubicación con respecto a otras leguminosas, como lupino, arveja y soja, donde dicho período se ubica después del inicio de floración. 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. [\(Lake y Sadras, 2014\)](#)

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.
- Saluzzo, J. A. (2010) Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. Resumen 3era Jornada Nacional de Garbanzo. INTA Salta. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-jornada_garbanzo.pdf
- 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>