

## Diferencias e importancia de la duración del periodo a floración y del periodo reproductivo en sojas con similar longitud de ciclo

Vicentin I.G.<sup>1</sup>, Heinz A.R.<sup>2</sup>, Ghione E.C.<sup>3</sup>, Cuatrin A.<sup>1</sup> y Gilli J.R.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>INTA EEA Paraná  
<sup>2</sup>INTA CICVyA  
<sup>3</sup>INTA EEA Marcos Juárez

---

*La tolerancia a estrés hídrico o térmico de corta duración y moderados, es posible a través de la selección de genotipos con periodos de floración y duración de ciclo apropiados.*

---

Rendimientos altos y estables son desafíos necesarios para sostener la demanda futura del cultivo en un contexto de cambio climático y declinación de los rendimientos promedios.

Tanto la agricultura de precisión, como el mejoramiento genético, podrían reducir estas pérdidas de rendimiento por superficie de forma sostenible y sustentable. En este sentido, la adaptación a cambios moderados en el clima y de carácter transitorios, puede ser lograda seleccionando cultivares con periodos de floración y duración de ciclo apropiados. La plasticidad de la floración en un cultivo representa una estrategia de escape al estrés (hídrico-térmico, en adelante estrés), principalmente en ambientes donde la disponibilidad de agua en este periodo es incierta o variable. En soja múltiples factores genéticos interactúan entre sí y con el ambiente (principalmente fotoperiodo y temperatura), dando como resultado distintas longitudes de ciclo, adaptándose su cultivo a distintas regiones. De acuerdo a la información disponible, la etapa menos afectada por estrés es aquella comprendida entre el inicio de floración hasta el comienzo del llenado de grano, atribuido a la alta plasticidad de la planta para la formación de nuevas flores y frutos. Y el período de llenado de grano es considerada la etapa más crítica debido a su robusta relación positiva con el rendimiento. Numerosos trabajos sugieren que prolongar el período reproductivo junto al hábito de crecimiento indeterminado, podrían mantener el número de nudos, ramas, vainas, flores y frutos, dando estabilidad a los cultivares de soja, compensando la pérdida causada por algún estrés transitorio.

En estudios preliminares en otras localidades en Argentina, se ha observado que algunos cultivares expresan períodos reproductivos más prolongados que el resto de los cultivares con la misma longitud de ciclo, e incluso, algunos de estos genotipos han mostrado mayor estabilidad en ensayos comparativos de rendimiento.

### Cómo se realizó el ensayo

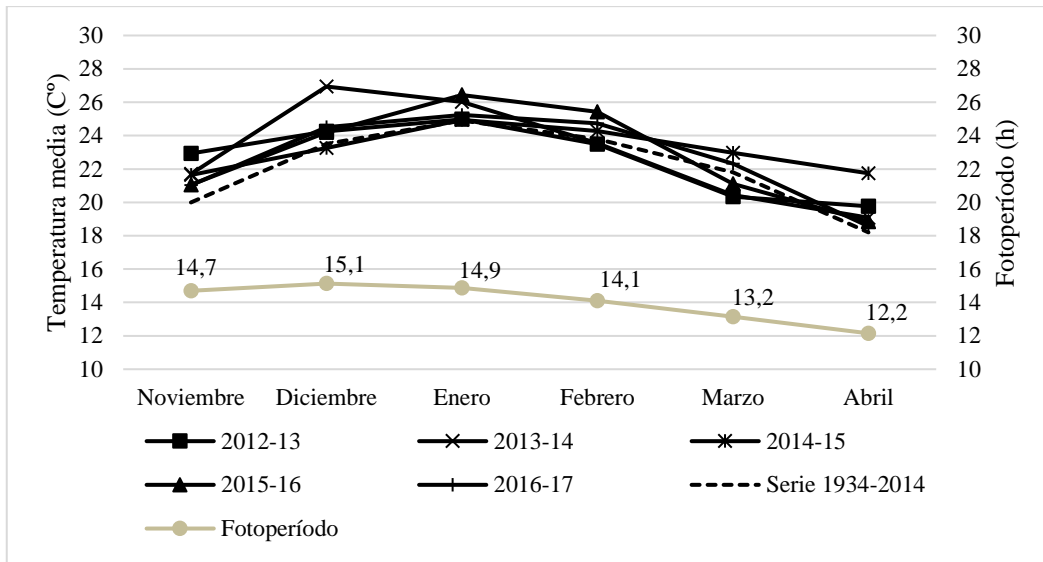
Para determinar la existencia de sojas con periodos reproductivos prolongados adaptados a la región del SO entrerriano, los ensayos se realizaron en Paraná (EEA Paraná, 31° 50'48,13''S) en 5 ciclos agrícolas (2012-17) (ambientes). Se evaluaron 61 genotipos (cultivares actuales y antiguos, líneas experimentales y materiales exóticos) abarcando diferentes duraciones de ciclo. Las siembras se realizaron el 27/11/2012, 19/11/2013, 24/11/2014, 17/11/2015 y el 23/11/2016 de acuerdo al ciclo agrícola estudiado. Para cada genotipo se sembró un surco de 3 m de largo con una densidad de plantas de 10 por metro lineal, con un diseño en bloques completos al azar y 3 repeticiones. Las evaluaciones del estado fenológico se realizaron según la Escala de Fehr y Caviness (1977) para estimar la duración de cada fase y los resultados se corrigieron por la temperatura media diaria para poder realizar el análisis estadístico.

El hábito de crecimiento de las plantas (HC) se clasificó en determinado (D) o indeterminado (I) y se obtuvo por observaciones de campo y de acuerdo al registro en el Instituto Nacional de Semillas (INASE). Los genotipos se agruparon de acuerdo a la duración de su ciclo y se analizaron las diferencias en días de 3 fases, desde emergencia a inicio de fructificación (E-R1), desde inicio de floración a inicio de fructificación (R1-R3) y desde inicio de fructificación a llenado de granos (R3-R6).

Se puede acceder al detalle de la metodología en el siguiente enlace:  
<https://inta.gob.ar/documentos/metodologia-aplicada-para-diferencias-e-importancia-de-la-duracion-del-periodo-a-floracion-y-del-periodo-reproductivo-en-sojas-con-similar-longitud-de-ciclo>

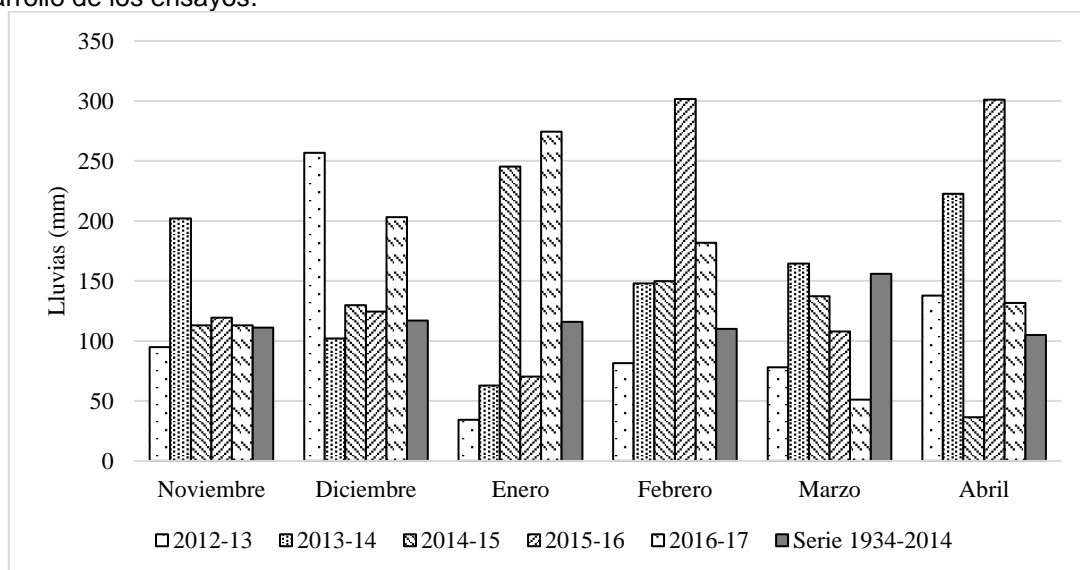
## Condiciones Agrometeorológicas

En general, los 5 ciclos agrícolas fueron levemente más cálidos respecto de los registros de la serie histórica 1930-2014 (Figura 1), considerando la temperatura media mensual de los meses de desarrollo del cultivo desde noviembre a abril. Se destacaron el ciclo agrícola 2013-14 con el mes de diciembre con 26,9°C, 3,4°C por encima del valor de la serie histórica y los ciclos agrícolas 2012-13, 2013-2014 y 2015-16 que en el mes de marzo presentaron temperaturas levemente inferiores a la temperatura media de la serie histórica.



**Figura 1.** Temperaturas medias mensuales de los ciclos agrícolas 2012-13, 2013-14, 2014-15, 2015-16 y 2016-17, la media histórica 1930- 2014 y el fotoperíodo promedio mensual en la localidad de Paraná. Fuentes: Observatorio Agrometeorológico del INTA EEA Paraná; VARAST 1.0.

Respecto a las lluvias, el promedio anual en la serie histórica es 1027 mm y para el periodo del cultivo (noviembre-abril) es 715 mm. En general las lluvias superaron a la media de la serie histórica durante el periodo del cultivo en los cinco ciclos agrícolas evaluados, destacándose 2015-16 con 1025 mm, 310 mm por encima de la media y, por el contrario, el ciclo agrícola 2012-13 con 683 mm, 32 mm por debajo de la media de la serie histórica (Figura 2). La distribución de las lluvias en los meses fue variable de acuerdo al ciclo agrícola con 128 y 172 mm por mes aproximadamente, no condicionando el crecimiento y desarrollo de los ensayos.



**Figura 2.** Lluvias mensuales de los ciclos agrícolas 2012-13, 2013-14, 2014-15, 2015-16 y 2016-17 y de la serie histórica 1930-2014 en la localidad de Paraná. Fuente: Observatorio Agrometeorológico del INTA EEA Paraná.

### Qué resultados se obtuvieron

La interacción genotipo x ambiente fue altamente significativa, debido a la gran influencia del ambiente, y esto dio como resultado que los genotipos presentaran un comportamiento desigual de sus ciclos en los diferentes ciclos agrícolas evaluados.

Se pudieron visualizar 3 grupos de genotipos de acuerdo a la longitud de ciclo. En el grupo de ciclos cortos, la duración desde emergencia a madurez de cosecha fue de 115 días promedio (Tabla 1) y se observó variabilidad en los periodos estudiados. Se destacaron 2 genotipos DM4670 y NA5009 que combinaron periodos cortos de E-R1 con R1-R3 y R3-R6 prolongados, respecto a todo el grupo. Por otro lado, se destacó Harosoy (cultivar antiguo del GM II) con el periodo E-R1 más corto y los genotipos Maria50, PI385942, A5409, PI123440 y LAE0696358 con R1-R3 prolongado. En este grupo el HC indeterminado estuvo asociado a los periodos a floración corto y reproductivos más prolongados.

**Tabla 1.** Promedio de la duración de ciclo y de las fases E-R1, R1-R3 y R3-R6 para los genotipos de soja evaluados 5 años en Paraná, agrupados como de ciclo corto.

Genotipo	HC	Ciclo	E-R1	*	R1-R3	*	R3-R6	*
Harosoy	I	93,2	<b>29,7</b>	a	6,5	a	29,6	a
Maria50	I	112,0	44,8	d	<b>13,6</b>	d	28,0	a
A5417	D	112,3	44,4	d	12,8	c	27,4	a
ALIM1,57	I	113,2	46,7	d	10,4	b	30,8	b
PI385942	-	114,1	47,5	d	<b>13,9</b>	d	28,1	a
A5409	I	114,2	45,7	d	<b>13,8</b>	d	27,5	a
NA5009	I	115,0	<b>40,1</b>	c	<b>14,6</b>	d	<b>33,9</b>	c
DM4670	I	115,0	<b>34,2</b>	b	<b>15,0</b>	d	<b>36,7</b>	c
NEM31,07	I	115,5	48,7	e	10,5	b	31,8	b
MD70100	I	116,0	50,9	e	12,7	c	28,0	a
TJ2055	I	116,4	49,4	e	11,9	c	29,6	A
A6411	D	116,4	49,4	e	12,0	c	28,6	A
A5520	D	117,0	49,4	e	12,9	c	25,9	A
A5777	D	118,0	49,7	e	12,5	c	27,1	A
PI123440	I	118,0	56,0	f	<b>14,7</b>	d	26,8	A
ACA530	I	118,1	49,5	e	12,6	c	27,9	A
LAE0696358	I	118,8	47,7	d	<b>17,1</b>	d	27,6	A
Champaqui5,7	I	119,0	51,4	e	11,7	c	27,5	A
LAE9756701	D	119,0	52,3	e	10,8	b	26,4	A
A6040	D	119,1	48,9	e	13,1	c	28,3	A
C.V.		4,76	7,89		21,25		14,76	
Rango		25,9	26,3		10,6		10,8	

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Scott & Knott Alfa=0,05; HC: Hábito de crecimiento, Ciclo: Duración de ciclo, E-R1: días desde emergencia a inicio de floración, R1-R3: días desde inicio de floración a inicio de fructificación, R3-R6: días desde inicio de fructificación a llenado de granos; - sin dato.

En el grupo con una duración de ciclo intermedia de 123 días promedio, se observaron genotipos con diferencias significativas en las tres variables analizadas. Combinando periodos cortos de E-R1 con periodos prolongados de R1-R3 y R3-R6 se destacó solamente LAE0690102, una línea experimental del INTA EEA Paraná. Con E-R1 corto y R1-R3 prolongado Akishinore y Moyashimame, con E-R1 corto Champaqui5,4, A5901, A6126, NS6002 y J036074, con R1-R3 prolongado INTA Paraná 5500 y LAE9764703 y con R3-R6 prolongado Enrei que se caracteriza por tener una semilla de gran tamaño (P100 de 20,2 g) (Tabla 2). En este grupo la mayoría de los genotipos que se destacaron presentaban HC determinado.

**Tabla 2.** Promedio de la duración de ciclo y de las fases E-R1, R1-R3 y R3-R6 para los genotipos de soja evaluados 5 años en Paraná, agrupados como de ciclo intermedio.

Genotipo	HC	Ciclo	E-R1	*	R1-R3	*	R3-R6	*
Champaqui5,4	D	119,9	49,2	a	12,8	a	27,5	a
A5901	D	120,1	48,8	a	13,0	a	26,1	a
PI157440	D	121,0	52,3	b	13,9	a	28,6	a
A6126	D	121,6	48,5	a	14,1	a	28,5	a
LAE0690102	I	121,6	49,7	a	14,8	b	36,5	C
Akishinore	D	121,7	50,7	a	14,5	b	30,7	b
INTA Paraná 5500	I	121,8	53,5	b	14,4	b	29,7	b
RA605	D	122,3	54,7	b	13,2	a	26,0	a
RA514	I	122,3	53,8	b	13,1	a	29,9	b
NS6002	D	122,4	51,0	a	13,7	a	28,7	a
BRM926600	D	122,7	53,2	b	13,8	a	30,1	b
J036074	D	122,7	51,1	a	14,1	a	29,5	b
PI462312	-	122,8	61,5	d	12,5	a	29,3	b
INTA Paraná 6200	D	123,5	56,2	c	12,4	a	29,3	b
Moyashimame	-	123,5	49,1	a	17,3	b	31,9	b
A7321	I	123,7	52,5	b	13,9	a	31,4	b
Davis	D	124,4	58,3	c	12,5	a	27,4	a
LAE9764703	D	125,5	56,6	c	14,9	b	27,4	a
Ocepar11	-	125,5	59,6	d	12,6	a	26,9	a
PI90768	D	125,6	54,2	b	12,5	a	30,3	b
Enrei	D	125,6	55,0	b	12,3	a	36,6	C
LAE9962801	I	126,9	53,5	b	15,7	b	32,1	b
LAE9757504	-	127,2	56,2	c	17,2	b	27,5	a
PI200492	D	127,9	62,8	d	15,3	b	27,0	a
C.V. (%)		6,19	9,01		23,63		15,78	
Rango		8	14,3		5		10,6	

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Scott & Knott Alfa=0,05; HC: Hábito de crecimiento, Ciclo: Duración de ciclo, E-R1: días desde emergencia a inicio de floración, R1-R3: días desde inicio de floración a inicio de fructificación, R3-R6: días desde inicio de fructificación a llenado de granos; - sin dato.

En el grupo de ciclo largo, con 134 días promedio de duración de ciclo, se destacaron combinando periodos de E-R1 cortos y con R1-R3 y R3-R6 prolongados PROT12FCA que es un genotipo con alto contenido de proteína en grano, y Fukuyutaka y Tamba que poseen granos de tamaño grande (P100 18 y 49 g respectivamente). Combinando E-R1 corto y R1-R3 prolongado PI416937, Nattoo-kotsubu y Crocket, con E-R1 corto y R3-R6 prolongado FAINTA760, con E-R1 corto LAE9956204 y LAE9758803-B y con R1-R3 prolongado IAC 100 (Tabla 3). Como en el grupo anterior, la mayoría de los genotipos que se destacaron presentaban HC determinado.

**Tabla 3.** Promedio de la duración de ciclo y de las fases E-R1, R1-R3 y R3-R6 para los genotipos de soja evaluados 5 años en la localidad Paraná, agrupados como de ciclo largo.

Genotipo	HC	Ciclo	E-R1	*	R1-R3	*	R3-R6	*
PI416937	-	128,6	54,9	a	21,0	b	23,5	a
PI587880A	-	130,9	65,5	b	13,9	a	30,1	c
PROT12FCA	I	131,0	55,7	a	23,2	b	31,9	d

Natoo-kotsubu	D	131,2	<b>51,0</b>	a	<b>18,8</b>	b	29,9	C
LAE9956204	D	131,5	<b>58,3</b>	a	16,0	a	29,2	C
LAE9758803-B	D	131,7	<b>60,5</b>	a	13,6	a	28,5	C
Yori1	D	131,8	69,6	c	15,1	a	26,2	B
Fainta760	D	132,3	<b>59,3</b>	a	13,2	a	<b>32,0</b>	D
PI459025	D	132,9	72,4	d	13,0	a	25,4	B
Himeshirazu	D	133,1	70,8	c	14,5	a	27,1	B
Kinoshita	I	133,3	71,0	c	11,9	a	28,3	C
PI416819	D	133,5	76,4	d	13,3	a	21,6	A
PI594754	D	135,8	74,3	d	12,9	a	27,2	B
IAC 100	D	138,7	66,7	b	<b>18,2</b>	b	29,9	C
Fukuyutaka	D	139,7	<b>58,9</b>	a	<b>20,6</b>	b	<b>32,9</b>	D
Tamba	D	139,9	<b>57,4</b>	a	<b>21,2</b>	b	<b>36,8</b>	D
Crockett	D	141,0	<b>63,7</b>	a	<b>21,6</b>	b	30,3	C
C.V. (%)		7,00	9,67		26,71		15,23	
Rango		12,4	25,4		11,3		15,2	

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Scott & Knott Alfa=0,05; HC: Hábito de crecimiento, Ciclo: Duración de ciclo, E-R1: días desde emergencia a inicio de floración, R1-R3: días desde inicio de floración a inicio de fructificación, R3-R6: días desde inicio de fructificación a llenado de granos; - sin datos.

## En síntesis

La manipulación de la duración total del ciclo y de determinadas fases fenológicas constituye una estrategia valiosa en la búsqueda de tolerancia al estrés hídrico y/o térmico. A partir de este trabajo, se puede concluir que dentro de los grupos de genotipos de soja evaluados y de similar ciclo de vida, existen genotipos que se destacan con periodos E-R1 más cortos (floración más temprana) y con periodos R1-R3 (inicio de floración a inicio de fructificación) y R3-R6 (inicio de fructificación a llenado de granos) más prolongados. Esto muestra la importancia de la información del comportamiento fenológico de los cultivares para su selección y siembra. Algunos genotipos combinaron periodos E-R1 cortos con una o las dos fases R1-R3 y R3-R6 más largas o prolongadas.

El hábito de crecimiento no presentó una asociación clara con periodos a floración cortos o periodos reproductivos prolongados. Futuros estudios deberían realizarse para confirmar este resultado.

Conociendo el comportamiento fenológico de los diferentes cultivares recomendados para una región, información disponible en softwares como CRONOSOJA (<http://cronosoja.agro.uba.ar/>), SIFESOJA (<http://www.agrobin.com/productos/si-fe-soja-2017/>) y la información suministrada por las empresas semilleras, INTA (RECSO) y facultades, se puede seleccionar aquellos cultivares con fases reproductivas prolongadas, con una posible mayor estabilidad en su rendimiento ante eventuales condiciones extremas de estrés hídrico y/o térmico. Además, esta información es una herramienta valiosa para los mejoradores para incorporarla en sus programas de mejoramiento genético.

## Agradecimientos

Este trabajo es parte de la tesis doctoral del Ing. Agr. Ignacio Vicentin, actualmente en desarrollo "Identificación de genes y/o alelos que determinan el tiempo a floración y la longitud del periodo reproductivo en soja a través de mapeo asociativo".

A Diana Fresoli y Patricia Beret por facilitar semilla e información del cultivar PROT12FCA.

A Diego Santos y Alan Severini por sus aportes para ajustar el registro de datos fenológicos.

A la empresa NITRAP S.R.L. por la provisión del inoculante.

### Para seguir leyendo

- ANDREANI J., ANDRADE F., E. SUERO and J. DARDANELLI. 1991. Water deficits during reproductive growth of soybeans. I. Their effects on dry matter accumulation, seed yield and its components. *Agronomie* 11:737-746.
- BERNARDI C., GHIONE C., MURGIO M., MAGNAGO M., SEQUIN L. y J. GILLI. 2013. Análisis de la variabilidad de patrones fenológicos de genotipos de soja con longitudes de ciclo similares. Comunicaciones libres. GMV49.XLII Congreso Argentino de Genética. Salta 20 al 23 de octubre de 2013.
- CECCARELLI S., GRANDO S., MAATOUGUI M., MICHAEL M., SLASH M., HAGHPARAST R., RAHMANIAN M., TAHERI A., AL-YASSIN A., BENBELKACEM A., LABDI M., MIMOUN H. and M. NACHIT. 2010. Plant breeding and climate changes. *Journal of Agricultural Science*, 148, 627–637.
- KANTOLIC A. and G. SLAFER 2007. Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering. *Annals of Botany* 99: 925-933.

**Para más información:** [vicentin.ignacio@inta.gob.ar](mailto:vicentin.ignacio@inta.gob.ar)