

## RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA EVALUADAS EN DIFERENTE FECHA DE SIEMBRA EN CAMPECHE, MÉXICO

### GRAIN YIELD OF SOYBEAN VARIETIES ACROSS DIFFERENT SOWING DATES IN CAMPECHE, MEXICO

Mirna Hernández-Pérez<sup>1</sup>, Jesus Manuel Soto-Rocha<sup>1</sup>, Miguel Angel Avila-Perches<sup>2</sup>, Francisco Paúl Gámez-Vázquez<sup>2</sup>, Alfredo Josué Gámez-Vázquez<sup>2</sup> y Micaela de la O-Olán<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Edzna, Campeche, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, Texcoco, Estado de México, México.

\* Autor de correspondencia (micaelaolan@yahoo.com.mx)

#### RESUMEN

Campeche es uno de los principales estados productores de soya (*Glycine max* L. Merr.) en México, con un rendimiento promedio de 2.6 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, en éste se tiene una variación significativa en los rendimientos anuales. Algunos autores han asociado estas variaciones a los genotipos, a las fechas de siembra y a su interacción. Por considerar que en este tema existe poca información se realizó este trabajo con el objetivo de estudiar los efectos de cuatro fechas de siembra (19 junio, 10 julio, 2 de agosto y 20 de agosto) durante 2017 y 2018 en el rendimiento de nueve variedades de soya (H100, H200, H300, H400, H600, Tamesí, Vernal, Luziania y Mariana). El experimento se estableció con un arreglo de parcelas divididas en un diseño experimental de bloques completos al azar. Los análisis estadísticos fueron análisis de varianza, pruebas de medias, análisis de componentes principales y de regresión en los sitios (SREG) para las para las interacciones genotipo x ambiente. Las fechas del 19 de junio y 10 de julio tuvieron el rendimiento más alto (3 t ha<sup>-1</sup>), el cual estuvo asociado con el peso de grano, el número de ramas por planta y el número de semillas por planta. Al retrasar la fecha de siembra se redujo el rendimiento por planta entre 5.7 y 10 g día<sup>-1</sup>, asociado a una disminución en el peso de grano, número de vainas, semillas y ramas por planta. En las siembras del 19 de junio sobresalió en rendimiento H100 y en la del 10 de julio destacó H200. Las variedades con menores rendimientos fueron Mariana (2.3 t ha<sup>-1</sup>) y Luziania (2.4 t ha<sup>-1</sup>). Los resultados de este estudio sugieren que no es recomendable sembrar soya en fechas tardías de agosto en Campeche.

**Palabras clave:** *Glycine max* L. Merr., fechas de siembra, interacción genotipo por ambiente, rendimiento, variedades.

#### SUMMARY

Campeche is one of the major soybean (*Glycine max* L. Merr) producing states in Mexico, with an average yield of 2.6 t ha<sup>-1</sup>; however, in it there is a significant variation on yield across years. Some authors have associated these variations to factors linked to genotypes, sowing dates and their interactions. Taking in account that there is reduced information on this topic, the objective of this study was to evaluate the effect of four sowing dates (June 19, July 10, August 2 and August 20) across 2017 and 2018 on the yield of nine soybean cultivars (H100, H200, H300, H400, H600, Tamesí, Vernal, Luziania and Mariana). The experiment was established in a split plot experiment arranged in a randomized complete block design. The statistical analyses were variance analysis, mean test, principal component analysis and SREG for the EG interaction analysis. Results showed that the highest yield (3

t ha<sup>-1</sup>) were observed on June 19 and July 10, and was associated with the traits grain weight, number of branches per plant and number of seeds per plant. In later sowing dates, it was observed a decrease in plant yield in the range of 5.7-10.0 g day<sup>-1</sup>, that was associated to a decrease in grains weight, number of branches and seeds and pods per plant. H100 cultivar excelled in yield in June 19 sowing date and H200 in July 10. The cultivars with the lowest yields were Mariana (2.3 t ha<sup>-1</sup>) and Luziania (2.4 t ha<sup>-1</sup>). Our results suggest that late sowing dates in august are not recommended for soybeans grown in Campeche.

**Index words:** *Glycine max* L. Merr., cultivars, genotype by environment interaction, sowing date, yield.

#### INTRODUCCIÓN

Por el alto valor proteínico para uso humano y animal, así como por la amplia variedad de productos comerciales elaborados con soya (*Glycine max* L. Merr.) (Schrimshaw, 2007; Maldonado *et al.*, 2007), esta oleaginosa es la de mayor superficie cosechada a nivel mundial (123.5 millones de ha). Su rendimiento medio ha oscilado entre 2.1 y 2.8 t ha<sup>-1</sup> en los últimos años (FAO, 2019).

En México, durante los últimos 19 años, el incremento del 39 % en el volumen de la producción de soya corresponde, en parte, al 31 % de incremento en la superficie cosechada, con un rendimiento promedio nacional en dicho período de 1.6 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, en los estados de Tamaulipas, Campeche, San Luis Potosí (SLP) y Sinaloa, con las mayores superficies cosechadas y volúmenes de producción, el rendimiento promedio es de 1.92, 2.69, 2.64 y 2.61 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En Campeche y SLP, el 94 % de la superficie sembrada corresponde a condiciones de temporal; en estas mismas condiciones, en Tamaulipas se establece el 84.3 % del total de la superficie, que genera el 78 % de la producción de la entidad. Una situación diferente ocurre en Sinaloa, donde el 100 % de la producción estatal se da en zonas de riego (SIAP, 2019).

Actualmente, el mejoramiento genético de plantas ha permitido alimentar al mundo (Dempewolf *et al.*, 2017). Este comenzó a tener impacto a finales de la década de los años 30's del siglo pasado en Estados Unidos, con la introducción de híbridos y manejo de los cultivos, de tal forma que al mejoramiento genético se le atribuye entre el 50 y 60 % del incremento del rendimiento en maíz (Duvick, 2005). Con el mejoramiento genético de la soya se ha obtenido un incremento en rendimiento del 1 % por año (Wilcox, 2001), lo cual es importante dada su reducida variabilidad genética en variables de importancia económica (Dempewolf *et al.*, 2017).

En el mercado de semillas mejoradas de México, actualmente existen 37 variedades de soya disponibles (SNICS, 2018), cuyos rendimientos experimentales máximos reportados son de 3.9 t ha<sup>-1</sup> (Maldonado *et al.*, 2012), los cuales se consideran como potenciales para el cultivo, ya que el rendimiento de soya se favorece en un ambiente óptimo de producción, definido entre otros factores por un manejo óptimo de los mejores genotipos, fechas de siembra adecuadas, densidad de población, nutrición y eliminación de estrés biótico y abiótico (Van Ittersum *et al.*, 2013; Van Roekel *et al.*, 2015).

Durante los últimos 30 años en los Estados Unidos, el rendimiento promedio de soya se elevó de 2.0 a 3.0 t ha<sup>-1</sup>, tan solo por establecer el cultivo en fechas de siembra óptimas, que permiten una mayor duración de las etapas vegetativas y reproductivas (Chen y Wiatrak, 2010). Al respecto, Van Roekel *et al.* (2015) atribuyen este incremento a una alta tasa de acumulación de biomasa, además del número y peso de granos. Por su parte, Matsuo *et al.* (2016) lo atribuyen principalmente a un mayor número de vainas por área y a la interacción significativa del peso de 100 semillas con la fecha de siembra.

Campeche es uno de los principales estados productores de soya en México, con un rendimiento promedio de 2.6 t ha<sup>-1</sup>, que varía significativamente cada año. Algunos autores han asociado estas variaciones a los genotipos, a las fechas de siembra y a su interacción (Tosquy *et al.*, 2010; Van Roekel *et al.*, 2015; Matsuo *et al.*, 2016; Painii-Montero *et al.*, 2018). Al considerar que existe poca información de estos factores en Campeche se realizó este trabajo, con el objetivo de estudiar el rendimiento de nueve variedades de soya en cuatro fechas de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Región del estudio

El estudio se realizó en los años 2017 y 2018, bajo condiciones de secano, en el municipio de Pocyaxum,

principal zona productora de soya en Campeche, que se localiza a 19° 37' de LN y 90° 16' de LO, con una altitud media de 30 m. El suelo del experimento es clasificado como Nitisol ródico, con textura arcillosa caolinita (Palma-López *et al.*, 2017). La precipitación acumulada en 2017 y en 2018 durante la estación de crecimiento fue de 1,282 y 1,290 mm, respectivamente y una temperatura media de 32.6 y 33.3 °C, respectivamente (CONAGUA, 2019).

### Diseño, tratamientos, genotipos y parcela experimental

En cada año de estudio, el experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas, con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron cuatro fechas de siembra (FS): 19 de junio (FS1), 10 julio (FS2), 2 de agosto (FS3) y 20 de agosto (FS4), mientras que las parcelas chicas fueron nueve genotipos: Huasteca 100 (H100), Huasteca 200 (H200), Huasteca 300 (H300), Huasteca 400 (H400), Huasteca 600 (H600), Tamesí, Vernal, Luziania y Mariana; estos dos últimos como testigos. La unidad experimental fueron cuatro surcos de 3 m de longitud, separados a 0.8 m; la parcela útil fueron los dos surcos centrales. La densidad de población fue 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### Manejo agronómico

La semilla se trató con una mezcla fungicida de Carboxín y Thiram a una dosis de 130 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semilla y se inoculó con *Bradyrhizobium japonicum* a una dosis de 365 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semilla. Para la fertilización se usó la fórmula 60-80-00; el fertilizante se aplicó en banda al momento de la siembra. El control de maleza preemergente se realizó con 2 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato, mientras que en postemergencia se controló la de hoja angosta y ancha con 1 L ha<sup>-1</sup> de Fluzifop-p-buthyl y Fomesafen. El control de plagas se realizó alternando en tres aplicaciones 100 mL ha<sup>-1</sup> de Novalurón y 200 mL ha<sup>-1</sup> de Cipermetrina.

### Variables evaluadas

Se registraron datos de: altura de planta, medida en cm desde la superficie del suelo y hasta la yema terminal superior de la planta; ramas por planta, contadas en 10 plantas con competencia completa, tomadas al azar dentro de cada unidad experimental; vainas por planta, se contaron en 10 plantas tomadas al azar con competencia completa dentro de cada unidad experimental; número de semillas por planta, se cuantificaron las semillas por vaina de cada una de las 10 plantas tomadas al azar en cada unidad experimental y se multiplicó por el número de vainas por planta; peso de 100 granos, de cada unidad experimental se tomaron 100 granos al azar y se pesaron en g en una balanza de precisión; rendimiento de grano,

que fue el peso experimental en g en cada parcela útil transformado a t ha<sup>-1</sup>, previo ajuste al 14 % de humedad del grano.

### Análisis estadístico

Para considerar el efecto de los años de estudio se realizó el análisis de varianza combinado de un diseño experimental de bloques completos a azar con arreglo en parcelas divididas. También se hicieron una prueba de comparación de medias mediante la diferencia mínima significativa (DMS), un análisis de componentes principales y un análisis con el modelo SREG (Crossa y Cornelius, 1997) para la interacción genotipo x ambiente, donde se consideró cada fecha de siembra como un ambiente de evaluación. Todos los análisis se hicieron con SAS® (SAS, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza

El efecto de las fechas de siembra (FS) fue el de mayor importancia en la expresión del rendimiento de grano, pues aportó el 75.3 % de la variabilidad total del mismo, mientras que la altura de planta aportó 59.6 %, el número de ramas por planta 52.3 % y el peso de cien granos 47.5 %. Además, entre FS hubo diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1) para todas las variables ( $P \leq 0.01$ ). Al respecto, Yari *et al.* (2013), en un trabajo similar, encontraron que las fechas de siembra aportaron la mayor variabilidad en la

expresión del rendimiento (62.9 %) y de la altura de planta (54.1 %); esto en un ambiente con menor precipitación (720 mm anuales) que Campeche.

La variación debida a los genotipos (G) tuvo un impacto menor al de FS, pero estadísticamente importante ( $P \leq 0.01$ ), pues generaron 19.7 % de la variabilidad en el número de semillas, el 16 % en ramas por planta y el 11.8 % en la expresión del rendimiento de grano. En el número de vainas y de semillas por planta se observó un impacto similar al de FS, pero en esta última variable el genotipo mostró una mayor influencia, pues superó al efecto de fechas de siembra (16.5 %) y al de años (17 %). Al igual que entre FS, entre genotipos hubo alta significancia ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables.

El factor años (A) generó el 49.9 % de la variabilidad total en la expresión del número de vainas por planta y el 22.5 % del peso de cien granos y únicamente el número de semillas y el de ramas por planta mostraron significancia ( $P \leq 0.01$ ) entre años. Con respecto a las interacciones entre factores, la de mayor importancia fue genotipos x fechas de siembra; en ésta se generó variabilidad estadísticamente significativa para todas las variables evaluadas, lo que coincide con lo reportado en trabajos similares por Robinson *et al.* (2009) y Matsuo *et al.* (2016). La interacción de fechas de siembra x años (FS x A) y la de genotipos x años (G x A) no resultaron significativas para rendimiento. No obstante, en esta última variable, los efectos de FS, genotipos (G) y su interacción (G x FS) aportaron la mayor variabilidad, lo que dio lugar a

**Cuadro 1. Cuadros medios del análisis de varianza de seis variables de nueve genotipos de soya evaluados en cuatro fechas de siembra y dos años en Pocyaxum, Campeche, México.**

Fuentes de variación	GL	Cuadros Medios					
		Rendimiento de grano	Peso de 100 granos	Altura de planta	Vainas por planta	Semillas por planta	Ramas por planta
Años (A)	1	0.10	27.4	4.6	5626	3883 **	4.8 **
Bloques/A	4	0.32	7.87	27.5	1024	59	0.1
Fechas Siembra (FS)	3	8.16 **	57.9 **	4811 **	1699 **	3762 **	19.6 **
FS x A	3	0.58	8.7 **	1785 **	723 **	944 **	3.3 **
Error a	12	0.38	0.7	33.3	5.3	139	0.3
Genotipo (G)	8	1.28 **	14.1 **	1234 **	1536 **	4500 **	6.0 **
G x A	8	0.27	10.8 **	92 **	959 **	6979 **	1.8 **
G x FS	24	0.45 **	3.0 *	142 **	736 **	2801 **	2.0 **
G x A x FS	24	0.26 *	2.0	128.1 **	336 **	948 **	1.4 **
Error b	128	0.14	1.6	34.7	5.4	74	0.3
CV FS (%)		23.0	5.9	7.6	3.8	9.4	11.8
CV G (%)		14.0	9.0	7.8	3.8	6.9	12.4

GL: Grados de libertad, CV: Coeficiente de variación, \* =  $P \leq 0.05$ , \*\* =  $P \leq 0.01$ .

diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.01$ ). Por otro lado, con base en los valores de los coeficientes de variación (CV) de fechas de siembra y genotipos se asume una adecuada precisión en la comparación de dichos factores de estudio (Gomez y Gomez, 1984).

**Año de producción**

Solamente se observaron diferencias estadísticas (Cuadro 2) entre años para el número de semillas (8.5 semillas) y de ramas por planta (0.3 ramas). La anterior respuesta se derivó probablemente de la homogeneidad de la precipitación acumulada durante ambos años (Figura 1).

**Fechas de siembra**

En el Cuadro 3 se puede observar que la evaluación de los genotipos en los ensayos establecidos el 19 de junio y 10 de julio presentó la mejor respuesta agronómica, al superar estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) a la de las fechas de agosto (2 y 20) en rendimiento promedio con 650 kg ha<sup>-1</sup>, 1.5 g en el peso de 100 granos, 3.6 cm en altura de planta, 9.5 vainas, así como con 14 semillas y 1 rama

por planta. Además, en la medida en que se retrasó la fecha de siembra, los genotipos redujeron su rendimiento en 5.7 g día<sup>-1</sup>, entre el 19 de junio y 19 de julio y durante agosto en promedio 10 g día<sup>-1</sup> (Cuadro 3). Una respuesta similar en fechas de siembra es la reportada por Ascencio y Maldonado (1998), en Tamaulipas, en 16 fechas de siembra, donde los rendimientos de las fechas de junio y julio superaron al de las de agosto. Un comportamiento semejante lo encontraron Matsuo *et al.* (2015, 2016) con siembras de junio en el suroeste de Japón.

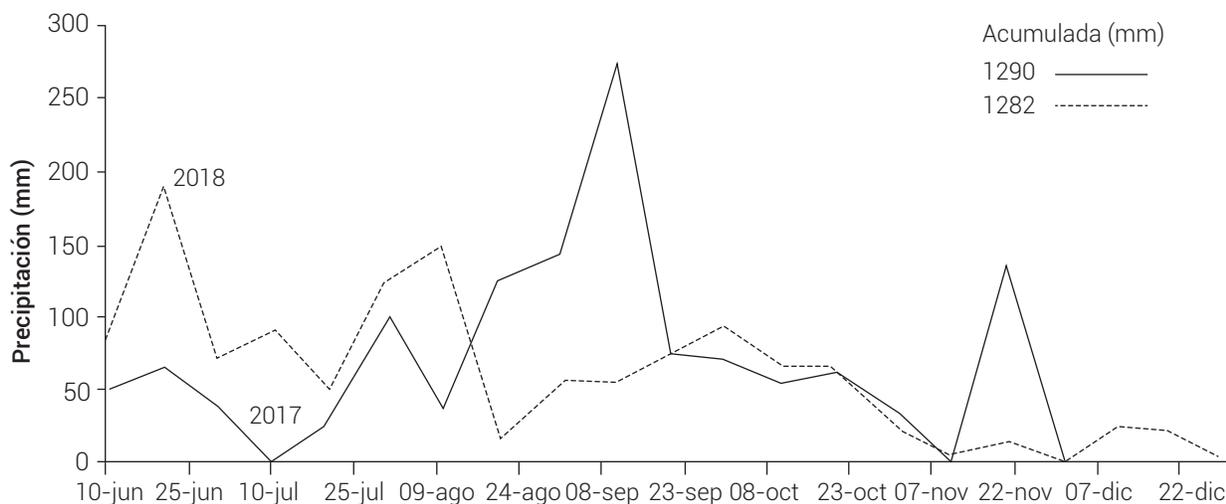
**Genotipos**

En las variedades se observó que, a una mayor altura de planta y número de semillas por planta, además de un mayor peso de cien granos, estas presentaron un mayor rendimiento, y entre los componentes más asociados a este estuvieron el número y peso de semillas (Cuadro 4). De igual manera, se observó que entre más ramas tuvieron las variedades hubo mayor número de vainas, aunque estas variables fueron las que menor relación presentaron con el rendimiento de grano. Entre los genotipos, las variedades H200, H600, H100, H400 y H300 tuvieron el mejor comportamiento agronómico, pues

**Cuadro 2. Medias de seis variables de nueve genotipos de soya evaluados en Pocyaxum, Campeche, México, durante dos años.**

Años	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Peso de 100 granos (g)	Altura de planta (cm)	Vainas por planta	Semillas por planta	Ramas por planta
2017	2.701 a	14.4 a	76.1 a	56.2 a	120.9 b	4.8 a
2018	2.658 a	13.7 a	75.8 a	66.4 a	129.4 a	4.5 b
DMS (P = 0.05)	0.2	1.0	1.9	12.0	2.9	0.1

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra en las columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).



**Figura 1. Precipitación registrada durante los dos ciclos de cultivo de soya en Pocyaxum, Campeche, México.**

superaron al resto en 394 kg ha<sup>-1</sup> de grano, 0.5 g en el peso de cien granos y en mayor altura de planta (7 cm); mientras que en el número de vainas, semillas y ramas por planta presentaron respuesta similar ambos grupos (Cuadro 4). Entre las mejores variedades destacaron por su rendimiento H200, H600, H100, H400 y H300, ya que superaron las 2.6 t ha<sup>-1</sup> en promedio, mientras que las de menor rendimiento fueron Vernal y Tamesí, que superaron a las variedades testigo Luziania y Mariana.

### Componentes principales

Mediante este análisis (Cuadro 5) se encontró que los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 83.3 % de la varianza total, donde sobresalieron el rendimiento de grano, número de ramas por planta y el peso de cien granos dentro del CP1, mientras que en el CP2 destacaron el número de semillas y vainas por planta. En el Cuadro 5 también se observa que el rendimiento se asocia principalmente con el peso de semillas y número

de ramas por planta; es decir, que estas mantuvieron una respuesta similar al rendimiento a través de las fechas de siembra, lo que coincide con lo reportado por Van Roekel *et al.* (2015), quienes encontraron que los componentes del rendimiento de mayor importancia fueron el número y masa de los granos.

En la Figura 2 se observa que las FS de junio y julio de ambos años (2017 y 2018) tendieron a agruparse por una respuesta similar del rendimiento de grano, número de ramas, semillas y vainas por planta. Hubo una respuesta diferencial a favor del 2017 por un mayor rendimiento, pero con menor número de vainas y semillas. También destaca que en la medida en que se retrasó la siembra del 19 de junio al 20 de agosto de cada año, los genotipos evaluados redujeron su rendimiento y el número de ramas por planta. Si bien las fechas de siembra temprana (19 de junio y 10 de julio) de 2018 tuvieron más alto rendimiento, con base en un mayor número de semillas y vainas por planta, las mismas fechas tempranas en 2017 superaron

**Cuadro 3. Prueba de medias de seis variables de nueve genotipos de soya evaluados en Pocyaxum, Campeche, México, en cuatro fechas de siembra y en dos años.**

Fecha de Siembra	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Peso de 100 granos (g)	Altura de planta (cm)	Vainas por planta	Semillas por planta	Ramas por planta
19 Junio	3.06 a	15.4 a	72.5 b	65.1 b	132.5 a	5.1 a
10 Julio	2.94 a	14.3 b	83.0 a	67.1 a	131.7 a	5.3 a
2 Agosto	2.44 b	13.6 c	84.1 a	57.3 c	115.5 c	4.3 b
20 Agosto	2.26 b	13.0 d	64.1 c	55.8 d	120.7 b	4.1 b
DMS (P = 0.05)	0.2	0.3	2.4	0.9	4.9	0.2

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra en las columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

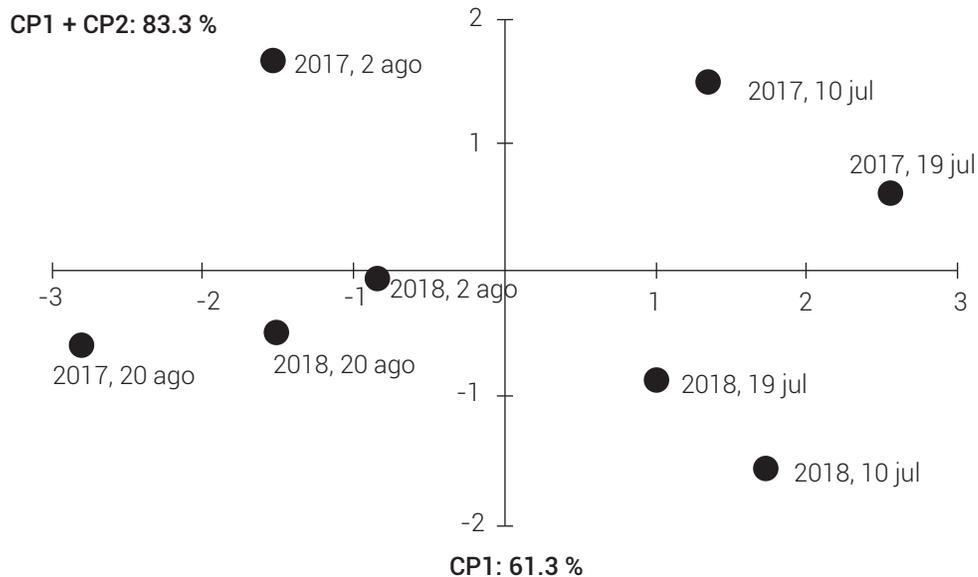
**Cuadro 4. Prueba de medias de seis variables de nueve genotipos de soya, evaluados en cuatro fechas de siembra y en dos años (Pocyaxum, Campeche, México).**

Variedad	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Peso 100 granos (g)	Altura de planta (cm)	Vainas por planta	Semillas por Planta	Ramas por planta
H200	2.968 a	14.2 bc	80.7 b	75.7 a	149.5 a	5.5 a
H600	2.923 a	13.5 c	75.6 c	57.1 e	115.4 d	4.8 c
H100	2.922 a	14.4 b	71.5 de	57.3 e	125.0 c	4.6 d
H400	2.778 ab	13.7 b	83.7 ab	67.6 c	138.1 b	4.6 d
H300	2.686 bc	16.0 a	84.1 a	53.3 f	109.2 e	4.6 d
Vernal	2.564 bcd	13.9 b	74.3 cd	52.5 f	107.7 e	4.2 e
Tamesí	2.497 cde	13.8 b	61.7 e	57.7 e	122.5 c	4.0 e
Luziania	2.445 de	13.7 b	71.9 de	61.2 d	134.2 b	5.4 ab
Mariana	2.339 e	14.0 b	80.4 b	70.0 b	124.8 c	5.1 bc
DMS (P=0.05)	0.219	0.74	3.3	1.3	4.9	0.3

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra en las columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

**Cuadro 5. Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por tres componentes principales (CP), en el estudio de dos años y cuatro fechas de siembra de seis variables de nueve genotipos de soya evaluados en Pocyaxum, Campeche, México.**

Variables originales	Vectores característicos		
	CP1	CP2	CP3
Rendimiento de grano	0.514	0.093	-0.133
Peso de 100 granos	0.440	0.310	-0.322
Altura de planta	0.230	0.427	0.828
Vainas por planta	0.356	-0.552	0.381
Semillas por planta	0.391	-0.564	-0.054
Ramas por planta	0.456	0.295	-0.208
Valor característico	3.674	1.317	0.819
Porcentaje de varianza explicado	61.3	22.0	13.6



**Figura 2. Dispersión de los ocho ambientes de evaluación (dos años y cuatro fechas de siembra), para seis variables de nueve materiales genéticos de soya evaluados en Pocyaxum, Campeche, México.**

en rendimiento a la de 2018, con un menor número de semillas y vainas; es decir, se produjo un mayor peso de granos por unidad de área.

Las siembras tardías del 2 de agosto, que presentaron rendimientos bajos, se asociaron con un menor número de vainas y semillas por planta, mientras que las siembras del 20 de agosto presentaron un mayor número de éstas, por lo que su menor rendimiento estuvo asociado con un menor peso de granos por área.

**Interacción Genotipo Ambiente**

El análisis de la interacción genotipo x ambiente para el rendimiento de las variedades de soya (Figura 3) indica que H200 tuvo el mayor promedio (3.57 t ha<sup>-1</sup>) en los ambientes con mayor potencial, los cuales fueron las FS del 10 de julio de ambos años (2017 y 2018). Este resultado indica que esta variedad tuvo un comportamiento superior al de 2.7 t ha<sup>-1</sup>, encontrado por Maldonado y Ascencio (2010); mientras que H100 sobresalió con un promedio de 3.12 t ha<sup>-1</sup> pues en las FS del 19 de junio rindió 3.401 t ha<sup>-1</sup> y en las del 2 de agosto 2.84 t ha<sup>-1</sup>, en ambos años (2017 y

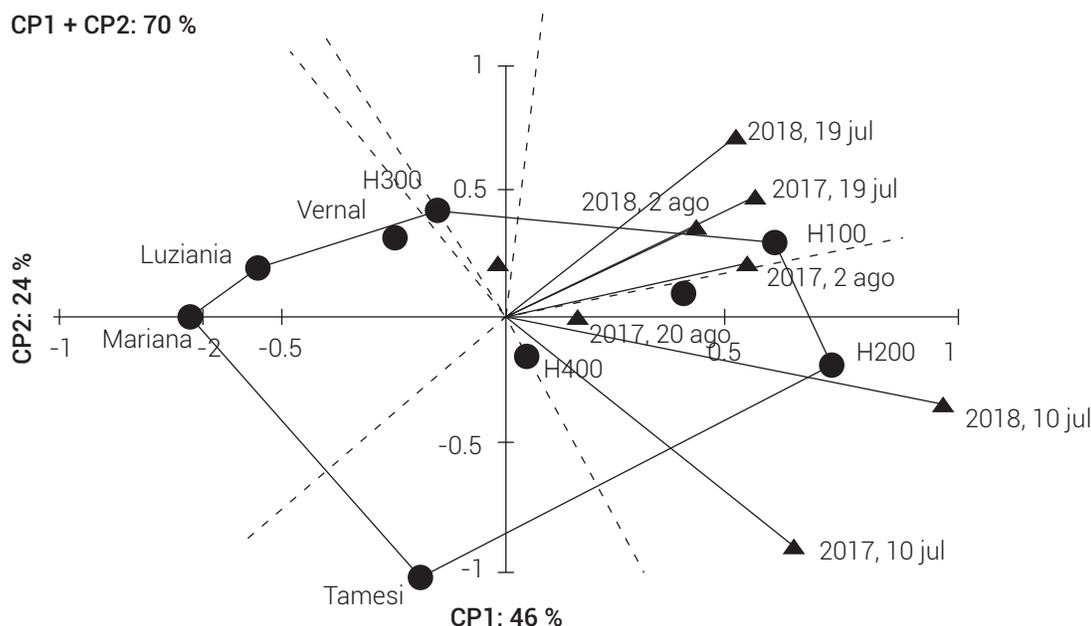


Figura 3. Interacción genotipo x ambiente en rendimiento de nueve variedades de soya evaluadas en dos años y cuatro fechas de siembra en Pocyaxum, Campeche, México.

2018). Las FS del 02 y 20 de agosto fueron superadas en rendimiento promedio por las FS del 10 de julio y 19 de junio con 0.56 y 0.74 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La variedad H300 sobresalió únicamente en el ambiente del 20 de agosto de 2018, donde registró un rendimiento de 2.31 t ha<sup>-1</sup>, mientras que las variedades H400 y H600, con un promedio de 2.77 y 2.92 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, no destacaron en ninguno de los ambientes de evaluación. El rendimiento de las variedades testigo comerciales osciló entre 2.3 y 2.4 t ha<sup>-1</sup> en promedio, por lo que no presentaron un comportamiento sobresaliente en ninguno de los ambientes de evaluación.

### CONCLUSIONES

Los mejores rendimientos de grano en soya estuvieron influenciados por las fechas de siembra tempranas, asociados a un mayor peso de grano, número de ramas por planta y de semillas por planta. En las siembras tempranas, la variedad Huasteca 100 sobresalió por su rendimiento, mientras que en las siembras del 10 de julio lo hizo Huasteca 200. Las variedades con menores rendimientos fueron Mariana y Luziania.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ascencio L. G. y N. Maldonado M. (1998) Crecimiento y desarrollo de la soya en el sur de Tamaulipas, México. *Agricultura Técnica en México* 24: 99-109.
- Chen G. and P. Wiatrak (2010) Soybean development and yield are influenced by planting date and environmental conditions in the

- southeastern coastal plain, United States. *Agronomy Journal* 102: 1731-1737, <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2010.0219>
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2019) Servicio Meteorológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/es/> (Julio 2019).
- Crossa J. and P. L. Cornelius (1997) Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. *Crop Science* 37:406-415, <https://doi.org/10.1080/1343943X.2016.115541710.2135/cropsci1997.0011183X003700020017x>
- Duvick D. N. (2005) Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). *Maydica* 50: 193-202.
- Dempewolf H., G. Baute, J. Anderson, B. Kilian, C. Smith and L. Guarino (2017) Past and future use of wild relatives in crop breeding. *Crop Science* 57: 1070-1082, <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0885>
- FAO (2019) FAOSTAT Agricultural Statistics Database. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> (Agosto 2019).
- Gomez K. A. and A. A. Gómez (1984) *Statistical Procedures for Agricultural Research* (2<sup>nd</sup> Ed.), John Wiley & Sons (Eds), USA. 680 p.
- Maldonado M. N., G. Ascencio L. y J. Ávila V. (2007) Guía para cultivar soya en el sur de Tamaulipas. SAGAR-INIFAP-CIR Noreste. CE Sur de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. 83 p.
- Maldonado M. N. y G. Ascencio L. (2010) Huasteca 200, variedad de soya de baja sensibilidad al fotoperiodo corto para el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 707-714.
- Maldonado M. N., G. Ascencio L. y J. Ávila V. (2012) Tamesí, nueva variedad de soya para el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1671-1677.
- Matsuo N., K. Fukami and S. Tsuchiya (2016) Effects of early planting and cultivars on the yield and agronomic traits of soybean grown in southwestern Japan. *Plant Production Science* 19: 370-380, <https://doi.org/10.1080/1343943X.2016.1155417>
- Matsuo N., T. Yamada, M. Hajika, K. Fukami and S. Tsuchiya (2015) Planting date and row width effects on soybean production in southwestern Japan. *Agronomy Journal* 107: 1-10, <https://doi.org/10.1080/1343943X.2016.115541710.2134/agronj14.0268>
- Painii-Montero V. F., F. Camarena-Mayta, O. Santillán-Muñoz y F. R. Garcés-Fiallos (2018) Interacción genotipo x ambiente de genotipos de soya en Ecuador. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:433-441. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.433-441>
- Palma-López. D. J., J. Zavala-Cruz, F. Bautista-Zúñiga, M. A. Morales-Garduza,

- A. López-Castañeda, E. D. Shirma-Torres, R. Sánchez- Hernández, A. J. Peña-Peña, S. Tinal-Ortiz (2017) Clasificación y cartografía de suelos del estado de Campeche, México. *Agroproductividad* 10:71-78.
- Robinson A. P., S. P. Conley, J. J. Volenec and J. B. Santini (2009) Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. *Agronomy Journal* 101:131–139, <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0014x>
- SAS, *Statistical Analysis System* (2003) SAS online Doc. Version 9.3. Institute, Inc. Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/en/documentation/all-products-documentation.html> (Agosto 2019).
- SIAP, *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera* (2019) Sistema de información agroalimentaria de consulta. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> (Agosto 2019).
- SNICS, *Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas* (2018) Catálogo Nacional de Variedades Vegetales. Tercer trimestre 2018. SAGARPA, SNICS. 47 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/401833/CNVV3erTrim18\\_web\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/401833/CNVV3erTrim18_web_.pdf) (Agosto 2019)
- Tosquy V. O. H., V. A. Esqueda E., R. Zetina L. y G. Ascencio L. (2010) Densidad y distancia en dos variedades de soya de temporal en Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 21:63-72.
- Van Ittersum M. K., K. G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittonell and Z. Hochman (2013) Yield gap analysis with local to global relevance -a review. *Field Crops Research* 143:4–17, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>
- Van Roekel R. J., L. C. Purcell and M. Salmeron (2015) Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. *Field Crops Research* 182:86–97, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.018> Get rights and content
- Wilcox J. R. (2001) Sixty years of improvement in publicly developed elite soybean lines. *Crop Science* 41:1711-1716, <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2001.1711>
- Yari V., A. Frnia, A. Maleki, M. Moradi, R. Naseri, M. Ghasemi and A. Lotfi (2013) Yield and yield components of soybean cultivars as affected by planting date. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 2:85- 90.