

Potencial de producción de grano del cultivo de soya en el Valle de Puebla

Karla Hernández-Tecol¹
Juan de Dios Guerrero-Rodríguez^{1§}
Ernesto Aceves-Ruíz¹
José Isabel Olvera-Hernández¹
Guillermina Martínez-Trejo²
Ramón Díaz-Ruíz¹

¹Colegio de Postgraduados-*Campus* Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla núm. 205, Santiago Momoxpan, Puebla. CP. 72760. (karlatecol@gmail.com; ruiz@colpos.mx; joseisabel@colpos.mx; dramon@colpos.mx). ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. CP. 56250. (guillermina.utep@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: rjuan@colpos.mx.

Resumen

En México la producción de soya no cubre la demanda, por lo que se importa de otros países. Este cultivo, producido principalmente en el trópico, puede extenderse a la zona templada para incrementar la producción nacional. Por ello, la presente investigación evaluó en 2018 el comportamiento productivo de siete selecciones experimentales y dos variedades comerciales de soya, en tres sitios del Valle de Puebla con altitudes que varían de los 2 190 a 2 240 m. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones analizado de manera combinada. La unidad experimental fue de cuatro surcos de cinco metros de largo y 70 cm de ancho. Las variables evaluadas fueron floración, altura de planta, ancho de dosel y producción de grano. Las variedades más precoces a floración fueron 'Hoja Seca Original', 'Hoja Seca Vainas Abundantes' y 'Varita' con 81, 78 y 82 días, respectivamente comparadas con las demás que tuvieron en promedio 99 días. La localidad donde se manifestó más rápido la floración fue Coronango (89 días). Las variedades que más se diferenciaron en rendimiento fueron Varita de la Nainary quienes en promedio tuvieron 3.42 y 2.02 t ha⁻¹. La localidad la Ciénega tuvo mayor rendimiento fue (3.77 t ha⁻¹) que las otras dos localidades. En conclusión, las variedades precoces Varita, Hoja Seca Vainas Abundantes y Hoja Seca Original tuvieron mayor precocidad y rendimiento de grano, por ello, puede ser las más recomendables para la zona en mención, que presenta cierto potencial.

Palabras clave: altiplano, producción de grano, variedades precoces.

Recibido: febrero de 2022

Aceptado: mayo de 2022

Introducción

La soya es un cultivo de alto valor económico, por los múltiples usos en la alimentación humana y animal, debido a las altas concentraciones de proteína y aceites que posee (Pagano y Miransari, 2016). En México, el cultivo de esta especie se concentra en regiones de clima cálido (principalmente en los estados de Campeche, Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas, y Chiapas, entre otros) y su producción, en 2018, fue de 324 011 t (SIAP-SIACON, 2018), la cual no contrarresta las importaciones, que para el mismo año fue de 6 195 000 t (USDA, 2019). Por otro lado, en las regiones de clima templado, las cuales se asocian a altitudes superiores a los 2 000 m, se carece de un cultivo proteínico-energético para la producción animal, dado que los existentes (haba, garbanzo y frijol, principalmente) son destinados exclusivamente a la alimentación humana.

Es por tanto importante incursionar en la adaptación de la soya a climas templados de los Valles Altos, los cuales son zonas de potencial productivo que pueden ser una opción para cubrir la demanda que se tiene de este grano, además de que son zonas donde existe una población rural que tiene necesidad de mejoras en su nutrición y es también donde se encuentran los mayores puntos de consumo. Para adaptarse a ambientes fríos las plantas responden cambiando su expresión genética, teniendo un impacto en su distribución, supervivencia y rendimiento (Yepes y Silveira, 2011). De acuerdo a Sanghera *et al.* (2011), muchas plantas de origen tropical o subtropical mueren por estar expuestas a bajas temperaturas que no llegan al punto de congelación o resultan dañadas manifestando lesiones por frío comúnmente en clorosis, necrosis o retraso del crecimiento.

Se ha encontrado que en el cultivo de soya las bajas temperaturas (7 °C) no tienen efecto sobre la oxidación de proteínas tilacoides de las hojas, el daño se observó cuando se modificó la temperatura de 7 a 25 °C, observándose una disminución en la capacidad fotosintética (Tambussi *et al.*, 2004). En otras investigaciones se señala que la soya que se cultiva al sur de Ontario Canadá y norte de Estados Unidos de América en un clima continental húmedo tolera en sus inicios temperaturas de 3 a 10 °C y presenta sólo efectos de reducción en la germinación que puede ir de 44 a 58% conforme disminuye la temperatura (Vanhiea *et al.*, 2015).

Las plantas de soya sometidas a temperaturas de 15 °C en el día y 10 °C en la noche disminuyen la elongación de las vainas valores que van de 70 a 90%, hasta llegar a 40% (Ohnishi *et al.*, 2010). En América del Norte y Sudáfrica algunas variedades de soya toleran un rango de temperaturas de 2 a 5 °C disminuyendo la tasa de desarrollo de 0.8 a 0.85, respectivamente, lo que repercute en el tiempo para alcanzar la floración que puede ser de hasta 120 días (Piper, 1996). En México existen reportes de producción de soya a altitudes que van de 989 hasta 2 013 m (López y Muñoz, 1989), donde se evaluó la producción de siete variedades en la Mixteca Poblana en los climas tropical, semiárido y templado. Estos autores encontraron que en la localidad con clima templado encontraron que la producción osciló entre 456 a 950.3 kg ha⁻¹. Adicionalmente, encontraron que al aumentar de 989 a 2 013 msnm se prolongó el tiempo para alcanzar la floración de 14 a 39 días dependiendo de la variedad, lo cual interaccionó con la presencia de sequía que enfrentó el cultivo.

Con base en lo anterior, aún se desconoce la respuesta de adaptación de la soya en los Valles Altos, en los que el efecto de las temperaturas bajas pudiera ser mayor. Se hipotetizó que algunas selecciones precoces pueden adaptarse al régimen termopluviométrico de los valles altos y tener potencial productivo. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial de

producción de grano de siete selecciones experimentales y dos variedades comerciales de soya en tres localidades a altitudes de 2 190 a 2 240 m. El propósito es de poner a disposición de los productores, en el futuro cercano, una nueva especie y variedades para la siembra que ayude en los sistemas de producción agropecuarios de algunas de las zonas templadas.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El establecimiento de la soya se llevó a cabo en un sitio del municipio de Calpan y dos sitios del municipio de Coronango (en la cabecera municipal y en un paraje denominado la Ciénega separados a tres kilómetros), estado de Puebla, México. El municipio de Calpan se localiza en la parte centro oeste del estado de Puebla en las coordenadas 19° 06' 36" y 19° 41' 12" de latitud norte y s 98° 23' 54" y 98° 32' 24" de longitud oeste. De acuerdo con el INAFED (2017) presenta una topografía más o menos plana al oriente, con un ligero ascenso en dirección sureste-noroeste, suave y regular con altitud de 2 240 m. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. El municipio de Coronango se localiza en la parte centro-Oeste, del estado de Puebla, en las coordenadas 19° 06' 36" y 19° 10' 42" de latitud norte y 98° 14' 54" y 98° 19' 40" de longitud oeste. Presenta una topografía plana con altitud de 2 190 m. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (INAFED, 2017). Se registraron semanalmente los datos de precipitación usando un pluviómetro TFA, así como las temperaturas con un termómetro datalogger Extech RHT10®.

Material vegetal

Se utilizaron siete selecciones experimentales de soya de ciclo precoz (BM2 verde, Hoja Seca Original, Hoja Seca Vainas Abundantes, Hoja Seca Ombligo Negro, Hoja Verde Temporal, Hoja Verde Ramificada y Varita) y dos variedades comerciales de ciclo precoz (Cajeme y Nainary). Se optó por estas variedades comerciales porque en un experimento previo (datos no reportados) las variedades tardías no prosperaron y fueron dañadas por las heladas.

Preparación del terreno y siembra

La condición de humedad del terreno fue bajo temporal. La preparación del terreno se realizó arando y rastreando. La siembra se realizó manualmente poniendo una semilla a una profundidad aproximada de dos centímetros, con una separación entre semillas de ocho centímetros y una distancia entre surcos de 70 cm. Se fertilizó al mismo tiempo con la fórmula 28-75-75 de N-P-K, utilizando las fuentes 18-46-00 y sulfato de potasio (00-00-52). La siembra se realizó el día 15 de mayo de 2018 en la localidad de Calpan, 30 de mayo de 2018 en Coronango y 1 de junio de 2018 en la Ciénega, fechas en las que se tuvo suficiente disponibilidad de humedad para la siembra.

Cosecha del cultivo de soya

La cosecha se realizó cuando más de 50% de las plantas alcanzaron una coloración marrón. En la localidad de Calpan la cosecha se realizó del 17 al 20 de noviembre de 2018, en Coronango la cosecha se realizó del 02 al 06 de diciembre de 2018 y en la Ciénega la cosecha se realizó del 13 al 17 de diciembre de 2018.

Variables de estudio

Se tomaron los datos para días a floración contando los días que pasaron desde la siembra hasta la aparición de las primeras flores en 50% de la población de la unidad experimental. Se midió altura de planta y ancho de dosel cuando inicio la floración, siendo la altura desde la base del suelo hasta la punta de la planta. El dosel se midió tomando en cuenta la superficie que la planta cubría. Se determinó la producción de grano por hectárea a partir de lo que se obtuvo del trillado de la unidad experimental. Asimismo, se contabilizaron las vainas por planta y número de granos por vaina en una muestra de 20 plantas, como componentes del rendimiento.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en cuatro surcos de 0.7 metros de ancho y cinco metros de largo. Se realizó un análisis de varianza combinado incluyendo como factor a las localidades (Cochran y Cox, 1992) con el procedimiento PROC GLM del programa estadístico SAS 9.4 (2002-2012). La comparación de medias se realizó con la Prueba de Tukey con $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

Los efectos de interacción variedad por localidad sólo se mostraron para las variables de dosel, vainas por planta, granos por planta y granos por vaina (Cuadro 1). Las plantas cultivadas en la localidad de Coronango registraron las mayores alturas, siendo 20% más altas en comparación a las plantas que crecieron en Calpan y la Ciénega (Cuadro 2), esto pudiera deberse a factores como la temperatura, donde en Calpan se tuvo un menor promedio que en los otros dos sitios (15 vs 19 °C). La localidad de Calpan presentó menores temperaturas en los meses más lluviosos en comparación con la localidad de Coronango (Figuras 1 y 2) y mayor variabilidad en ella.

Cuadro 1. Parámetros del análisis de varianza para el cultivo de soya en tres sitios del Valle de Puebla.

Variable	Modelo Pr> F	R ²	CV	Media	Error tipo III Pr> F			
					Localidad	Variedad	Loc*Var	
Floración	<0.0001	0.95	2.9	93.29	<0.0001	<0.0001	0.819	ns
Altura	<0.0001	0.67	14.5	71.11	<0.0001	0.009	0.152	ns
Dosel	0.0007	0.58	14.1	45.62	0.01	0.046	0.043	
Vainas por planta	0.0027	0.55	35.1	40.23	0.1297	ns	0.056	ns
Granos por planta	0.0023	0.55	36.2	72.08	0.02	0.075	ns	0.002
Granos por vaina	0.0004	0.59	51.1	1.7	<0.0001	0.02	0.02	
Rendimiento	<0.0001	0.69	37.6	2579.8	<0.0001	0.005	0.09	ns
Semilla vana	<0.0001	0.73	70.8	39.76	<0.0001	0.575	ns	0.264

≤ 0.05= son significativos; ≤ 0.01= son altamente significativos; ns= no son significativos.

Cuadro 2. Comportamiento promedio de las variables medidas en el cultivo de soya en tres localidades del Valle de Puebla.

Variable	Localidad		
	Calpan	Ciénega	Coronango
Altura (cm)	65 b	65.5 b	82.7 a
Dosel (cm)	48.4 a	44.7 ab	43.4 b
Días a floración	91 b	102 a	89 c
Vainas por planta	38 a	38 a	44 a
Granos por planta	66 b	68 ab	82 a
Semillas por vaina	1.5 c	2.4 a	1.7 b
Rendimiento (t ha ⁻¹)	1.95 b	3.77 a	2.2 b
Grano vano (kg ha ⁻¹)	8 c	83.9 a	34 b

Letras diferentes en la misma hilera son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

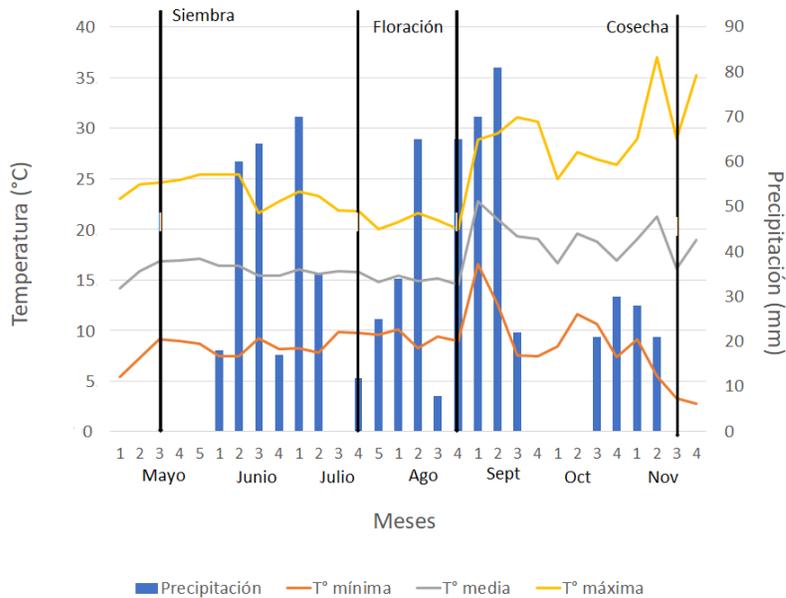


Figura 1. Temperatura y precipitación semanal del municipio de Calpan para el ciclo de cultivo 2018.

La temperatura mínima promedio en Calpan durante los meses de crecimiento del cultivo estuvo entre 9 °C, mientras que en Coronango fue de 12 °C (Figura 2). Al respecto, Sanghera *et al.* (2011) encontraron que al someter las plantas de soya a bajas temperaturas se provoca un retraso en el crecimiento que puede repercutir negativamente en la altura. Ohnishi *et al.* (2010); Janas *et al.* (2000) mencionaron que la temperatura mínima óptima para el desarrollo del cultivo de la soya es de 25°/20 °C en el día y noche, respectivamente. Aunque en los tres sitios no se cumplió con esta condición, Calpán presentó los valores más bajos. En la localidad de la Ciénega se presentó una granizada cuando las plantas estaban en etapa vegetativa, fenómeno que retrasó su crecimiento, lo que repercutió en la altura final alcanzada.

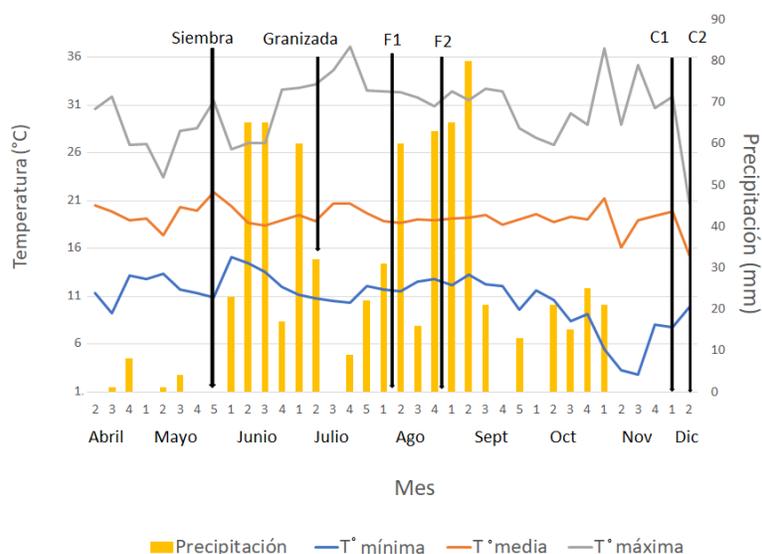


Figura 2. Temperaturas y precipitaciones semanales correspondientes al municipio de Santa María Coronango para el ciclo de cultivo 2018. F1= floración en Coronango; F2= floración en la Ciénega; C1= cosecha en Coronango; C2= cosecha en la Ciénega.

Entre variedades también hubo diferencias (Cuadro 3), aunque esta fue más notada en la variedad Cajeme que alcanzó 79.6 cm respecto a la variedad Hoja Seca Ombligo Negro que tuvo 65.2 cm. En este caso el promedio fue más alto debido a la elevada altura promedio obtenida en la localidad de Coronango, en la que se observaron las mayores alturas en todas las variedades. En global, las variedades alcanzaron relativamente valores similares. En esta investigación se utilizaron variedades de soya precoces; sin embargo, dentro de este grupo de madurez se pudieron encontrar variedades que continuaron creciendo aún después de haber iniciado la etapa reproductiva, como lo señala la OECD (2000).

Cuadro 3. Comportamiento de las variables en nueve variedades de soya del Valle de Puebla.

Variedad	Variable							
	Altura (cm)	Dosel (cm)	Días a flor	Vainas por planta	Semilla por vaina	Granos por planta	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Grano vano (kg ha ⁻¹)
BM2	66.5 ab	45.7 a	100 a	44 a	1.9 ab	80 a	2.73 ab	49.6 a
C	79.6 a	44.4 a	97 a	42 a	1.4 b	76 a	2.76 ab	43.6 a
HSO	69.1 ab	41.7 a	81 b	34 a	1.5 ab	63 a	2.07 ab	32.51 a
HSO N	65.2 b	43.1 a	100 a	33 a	1.5 ab	57 a	2.08 ab	38.4 a
HSVA	67.3 ab	43.1 a	78 b	50 a	2.6 a	88 a	2.36 ab	41.49 a
HVR	71.9 ab	49.5 a	98 a	50 a	1.9 ab	90 a	3.1 ab	42.13 a
HVT	65.8 ab	48.3 a	100 a	38 a	1.7 ab	65 a	2.45 ab	24.8 a
N	78.2 ab	49.7 a	99 a	35 a	1.4 b	61 a	2.02 b	51.05 a
V	74.5 ab	44.8 a	81 b	39 a	1.6 ab	73 a	3.42a	34.4 a

BM2= BM2 Verde; C= Cajeme; HSO= Hoja Seca Original; HSVA= Hoja Seca Vainas Abundantes; HVR= Hoja Verde Ramificada; HVT= Hoja Verde Temporal; N= Nainary; V= Varita. Letras diferentes en la misma columna son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Los días a floración fueron diferentes entre localidades (Cuadro 2). En la localidad de la Ciénega se tuvieron los periodos más largos para iniciar floración, seguido de la Calpan y Coronango. El largo periodo para iniciar floración en la Ciénega se debió a una granizada que se presentó en la segunda semana del mes de julio cuando las plantas estaban en etapa vegetativa, como se observa en la (Figura 2). Este fenómeno tuvo un efecto negativo en el crecimiento de las plantas de soya, observándose defoliación de la mayor parte de las plantas y en el caso de la variedad Hoja Seca Vainas Abundantes las plantas no resistieron el fenómeno y perecieron.

Las temperaturas de Calpan en la época de cultivo son menores a las de Coronango (Figuras 1 y 2); de acuerdo con Piper (1996) cuando se somete al cultivo de soya a bajas temperaturas (2 a 5 °C) el tiempo para llegar a la floración se puede prolongar hasta 120 días (Piper, 1996). De acuerdo con Abrahão y Costa (2018) los días a floración se ven afectados por las bajas temperaturas, el déficit hídrico y el fotoperiodo. Estos autores mencionan que fotoperiodos cortos aceleran la floración de las plantas, por el contrario, fotoperiodos largos retrasan el inicio de la floración, en zonas donde el fotoperiodo es constante (por ejemplo, en zonas ecuatoriales) se observa un aumento en los días a floración si las temperaturas disminuyen, en cambio si la temperatura está por encima de los 27 °C se inhibe la floración (Gavioli, 2013).

Entre variedades se encontraron diferencias ($p < 0.001$) en los días a floración (Cuadro 3) de las cuales, tres variedades iniciaron su etapa reproductiva entre 78 a 81 días después de la siembra (Hoja Seca Vainas Abundantes, Hoja Seca Original y Varita), por lo que se pueden considerar como las más precoces dentro del grupo de estudio.

El comportamiento del ancho del dosel fue diferente de acuerdo con la localidad ($p \leq 0.01$) en Calpan se tuvieron los doseles más anchos (48.4 cm) comparado la localidad con el sitio Coronango (Cuadro 2). La producción de mayor biomasa antes de la aparición del fruto tiende a aumentar el número de granos y el rendimiento del cultivo de soya (Nicoa *et al.*, 2015). Aunque no se midió la biomasa aérea en la presente investigación, se relacionó a esta con el ancho del dosel. Se esperaba así un mayor número de vainas y granos; sin embargo, el número de vainas fue el mismo en las tres localidades y el número de granos fue mayor en Coronango.

Esto puede implicar que existen otras características de la planta que están influyendo en la cantidad de vainas y granos diferente a la extensión del dosel, incluso de la biomasa aérea que determinan a las variables de vainas y granos por planta. Tales características pueden estar relacionadas con algunas variables de la fertilidad del suelo; por ejemplo, el suelo de Calpan es arenoso con baja retención de humedad, bajo contenido de materia orgánica y tiene poca disponibilidad de nutrientes. También, algunos estudios se contraponen a lo reportado por Nicoa *et al.* (2015), en donde se ha encontrado que las plantas con mayor biomasa tienen menor número de granos, disminuyendo así sus rendimientos (Masino *et al.*, 2018), pero dicho comportamiento no se detectó en la presente investigación al no encontrarse diferencias entre las variedades.

Tanto el número de vainas como el número de granos por planta no tuvieron diferencia entre localidades ni entre variedades (Cuadro 2 y 3). En cuanto al rendimiento de grano por hectárea el sitio que presentó mayor rendimiento fue La Ciénega que superó en promedio con 55% a los otros sitios. El rendimiento de un cultivo depende de numerosas variables entre ellas se encuentran las de tipo genético y la acción de factores climáticos como la temperatura, precipitación, radiación solar, además de características propias del suelo como el porcentaje de materia orgánica, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros (Simorte *et al.*, 1995).

El rendimiento del cultivo de soya en la localidad de la Ciénega fue mayor en comparación con las demás localidades (Cuadro 2), a pesar de haberse visto afectado el crecimiento de las plantas por una granizada. Esto se pudiera explicar por las características físicas del suelo (Cuadro 4), cuya textura es franco arenoso, apta para toda clase de cultivos, además de tener un muy alto contenido de materia orgánica (>8%) y ser un suelo muy rico en contenido de nitrógeno (>0.25%). La fertilidad mayor del suelo y el mayor tiempo de crecimiento posiblemente tuvieron incidencia en el número de granos logrados por vaina (Cuadro 2).

Cuadro 4. Características físicas del suelo de los municipios de Calpan y Coronango.

Propiedad físicoquímica del suelo	Sitio		
	Ciénega	Coronango	Calpan
pH	6.15	7.08	5.59
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0.06	0.14	0.15
Materia orgánica (%)	12.64	2.89	1.69
N inorgánico (mg kg ⁻¹)	18.2	18.2	9.1
P (mg kg ⁻¹)	24.62	10.33	20.38
K (mg kg ⁻¹)	486	610	146
Ca (mg kg ⁻¹)	4 198	2 305	343
Mg (mg kg ⁻¹)	949	594	77
Fe (mg kg ⁻¹)	34.58	5.55	7.98
Cu (mg kg ⁻¹)	0.83	1.91	1.2
Zn (mg kg ⁻¹)	3.13	1.56	0.57
Mn (mg kg ⁻¹)	5.51	13.94	1.39
B (mg kg ⁻¹)	3.01	1.36	0.82
Densidad aparente (g cm ⁻³)	0.87	1.3	1.66
Arena (%)	58.2	60.2	88.2
Limo (%)	35.3	31.3	7.3
Arcilla (%)	6.5	8.5	4.5
Textura	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Arenoso

En cuanto al rendimiento promedio de los tres sitios entre variedades, la diferencia contrastante fue solo entre Varita y Nainary (3.1 vs 2.02 t ha⁻¹). Varita fue estadísticamente igual a las otras variedades, pero fue la variedad con mayor ($p < 0.05$) rendimiento en la Ciénega con 5.25 t ha⁻¹, aunque en Calpan y Coronango tuvo valores menores 2.58 y 2.43 t ha⁻¹, respectivamente, pero sin diferencias significativas con respecto a las demás variedades en ambas localidades. El promedio de rendimiento obtenido en la localidad de la Ciénega y el rendimiento promedio las variedades estudiadas es comparable con los rendimientos en el país (1 a 2 t ha⁻¹) y a nivel mundial (2.1 y 2.6 t ha⁻¹) reportados por FAOSTAT (2017).

Los Valles altos del Estado de Puebla tienen potencial para la producción de soya, ya que los rendimientos promedio obtenidos en cada una de las localidades son superiores al rendimiento promedio nacional de 1.67 t ha⁻¹ obtenido entre 2012 y 2018, la localidad de la Ciénega incluso tuvo un rendimiento mayor de 3 t ha⁻¹ obtenido en ese mismo periodo (SIAP; 2018). Por otro lado,

el potencial productivo de soya en Valles Altos de Puebla se puede determinar si se comparan los rendimientos reportados de las variedades comerciales en algunos estudios realizados en las zonas productoras de soya; por ejemplo, Cortez *et al.* (2013) reportaron rendimientos promedio de la variedad Cajeme de 1.53 t ha⁻¹ en el Valle del Fuerte, Sinaloa, en tanto que Gómez *et al.* (2014) reportaron rendimientos promedio obtenidos en el estado de Hidalgo de 1.5 y 1.9 t ha⁻¹ en condiciones de temporal para Cajeme y Nainary respectivamente, y de 3.5 y 3.9 t ha⁻¹ en riego para Cajeme y Nainary respectivamente, cuyos rendimientos son comparables a los obtenidos en la presente investigación.

Conclusiones

Las variedades con el mejor potencial para ser cultivadas fueron Varita, Hoja Seca Vainas Abundantes y Hoja Seca Original ya que éstas llegaron a floración en menos tiempo y presentaron rendimiento de grano promedio aceptables, esto es importante para prevenir pérdida del cultivo por heladas tempranas. La localidad del Valle de Puebla con las condiciones más favorables para el cultivo de soya fue la Ciénega, localizada en el municipio de Santa María Coronango. En esta primera aproximación de ensayo de variedades en el Valle Alto de Puebla, se observa cierto potencial para la producción de soya; no obstante, es recomendable realizar más evaluaciones para confirmar esta aseveración.

Literatura citada

- Abrahão, G. M. and Costa, M. H. 2018. Evolution of rain and photoperiod limitations on the soybean growing season in Brazil: the rise (and possible fall) of double-cropping systems. *Agric. Forest Meteorol.* 256-257:32-45.
- Cortez, M. E.; Pérez, M. J.; Rodríguez, C. F. G.; Martínez, C. J. L. y Cervantes, C. L. 2013. Rendimiento y respuesta de variedades de soya a mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn.) en tres fechas de siembra. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(7):1067-1080.
- Cochran, W. G. and Cox, G. M. 1992. *Experimental designs*. Second (Ed.). Wiley. New York. 391-413 pp.
- Gavioli, E. A. 2013. Explanations for the rise of soybean in Brazil. *In: a comprehensive survey of international soybean research- genetics, physiology, agronomy and nitrogen relationships*. J. E. Board (Ed). IntechOpen.1-25 pp. <https://doi.org/10.5772/51678>.
- Gómez, M. R.; Gómez, M. R.; Morales, D. P.; Martínez, C. E. y Zarazúa, D. M. A. 2014. Tecnología para la producción de soya en el estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigaciones Regional Centro (CIRCE)-Sitio Experimental Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. Folleto técnico núm. 1. 48 p.
- INAFED. 2017. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21034a.html>.
- Janas, K. M.; Cvikrová, M.; Pałagiewicz, A. and Eder, J. 2000. Alterations in phenylpropanoid content in soybean roots during low temperature acclimation. *Plant Physiol. Biochem.* 38(7-8):587-593.
- López, S. H. y Muñoz, O. A. 1989. Ensayo de variedades de soya (*Glycine max* L. Merr.) bajo condiciones de temporal crítico en la Mixteca Poblana. *Rev. Chapingo.* 60-61(1):59-64.

- Masino, A.; Rugeroni, P.; Borrás, L. and Rotundo, J. L. 2018. Spatial and temporal plant-to-plant variability effects on soybean yield. *Eur. J. Agron.* 98:14-24.
- Nicoa, M.; Miralles, D. J. and Kantolic, A. G. 2015. Post-flowering photoperiod and radiation interaction in soybean yield determination: direct and indirect photoperiodic effects. *Field Crops Res.* 176:45-55.
- Ohnishi, S.; Miyoshi, T. and Shirai, S. 2010. Low temperature stress at different flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean. *Environ. Exp. Bot.* 69(1):56-62.
- OECD. 2000. Organisation for Economic Co-operation and Development. Consensus document on the biology of *Glycine max* (L.) Merr. (Soybean). Series on harmonization of regulatory oversight in biotechnology. 15:11-14.
- Pagano, M. C. and Miransari, M. 2016. The importance of soybean production worldwide. In: abiotic and biotic stresses in soybean production: soybean production volume one. First (Ed), London UK. Academic Press, Elsevier Inc. 1-26. pp.
- Piper, E. L.; Smit, M. A.; Boote, K. J. and Jones, J. W. 1996. The role of daily minimum temperature in modulating the development rate to flowering in soybean. *Field Crops Res.* 47(2-3):211-220.
- Sanghera, G. S.; Wani, S. H.; Hussain, W. and Singh, N. B. 2011. Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current Genomics.* 12(1):30-43.
- SIAP-SIACON. 2018. Principales estados productores de soya en México. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.
- Simorte, T.; Flores, F.; Torres, A. and Moreno, M. T. 1995. Estudio de los componentes del rendimiento en generaciones segregantes. *Investigación agraria, producción y protección vegetales.* 10(3):402-413.
- Tambussi, E. A.; Bartoli, C. G.; Guiamet, J. J.; Beltrano, J. and Araus, J. L. 2004. Oxidative stress and photodamage at low temperatures in soybean (*Glycine max* L. Merr.) leaves. *Plant Sci.* 167(1):19-26.
- USDA. 2019. Mexico: production, supply and distribution (PSD) for soybeans. <https://www.usda.gov>.
- Vanhiea, M.; Deena, W.; Lauzonb, D. L. and Hookerc, D. C. 2015. Effect of increasing levels of maize (*Zea mays* L.) residue on no-till soybean (*Glycine max* Merr.) in northern production regions. *Soil Tillage Res.* 150:201-210.
- Yepes, A. y Silveira, B. M. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal.* 14(2):213-232.