



Ciencia e Innovación

Revista Científica Semestral

Investigación, Desarrollo e Innovación

Vol. 4 Núm. 2 / Julio - diciembre, 2021

ISSN-2594-150X

2021

VARIETADES DE FRIJOL PINTO, UNA ALTERNATIVA PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL NOROESTE DE ZACATECAS

Nadiezhdá Ramírez-Cabral; Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez; José Ángel Cid-Ríos
y Raquel Cruz-Bravo

Universidad Galileo Galilei
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

VARIEDADES DE FRIJOL PINTO, UNA ALTERNATIVA PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL NOROESTE DE ZACATECAS

VARIETIES OF PINTO BEANS, AN ALTERNATIVE TO MITIGATE THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN NORTHWEST ZACATECAS

RESUMEN

Nadiezhdá Ramírez-Cabral; Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez; José Ángel Cid-Ríos y Raquel Cruz-Bravo

INIFAP Campo Experimental Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo km. 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México.

*Autor para correspondencia:

✉ ramirez.nadiezhdá@inifap.gob.mx

El frijol debido a su enorme importancia se siembra incluso en regiones de bajo potencial productivo. Para saber cómo afecta el cambio de clima al cultivo de frijol, es necesario conocer sus requerimientos climáticos. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue establecer variedades de frijol pinto en condiciones de temporal para evaluarlas como alternativas de siembra en las regiones productoras de frijol en Zacatecas. Además, se realizaron pruebas de cocción para conocer los tiempos de cocimiento de las variedades, característica de suma importancia para el consumidor final. Las parcelas fueron sembradas en temporal con variedades de frijol pinto y como testigo frijol Negro San Luis. Se evaluaron las variables: número de días a floración y madurez, rendimiento y peso de 100 semillas. Se realizaron pruebas de cocimiento con el método Mattson. Pinto Saltillo presentó el rendimiento más bajo en condiciones de temporal. En cuanto a las unidades calor necesarias para llegar a la madurez fisiológica los pintos Coloso, Libertad y Saltillo obtuvieron los valores más altos, seguidos por los pintos Bravo, Centenario y Centauro con 671 UC; el más tardío fue NSL con 801 UC. En las pruebas de cocimiento Pinto Libertad fue la variedad que tardó más en cocerse, seguida por Pinto Bravo. A pesar de que la precipitación en los años evaluados fue deficiente, los materiales que se evaluaron produjeron semilla, algunos con rendimientos modestos y la gran mayoría superando la media reportada para el estado. Los frijoles pintos, evaluados en este estudio, representan una buena opción para mitigar el cambio de clima en los patrones de lluvia ya que son variedades mejoradas resistentes a sequía y de ciclos cortos. En el noreste de Zacatecas, la siembra de NSL ha prevalecido porque ya se cuenta con un mercado asegurado, sin embargo, debido a las condiciones climáticas que se han venido presentando con temperaturas más elevadas y lluvias erráticas es necesario que los agricultores tengan alternativas de grano, como lo son los frijoles pintos que tienen ciclos más cortos. Se vuelve necesario realizar investigaciones del fenómeno del cambio climático en el cultivo de frijol para las diferentes regiones agroecológicas de Zacatecas y generar alternativas para mitigar los efectos del cambio de clima, como lo son el uso de variedades de ciclo corto, resistentes a sequía y tolerantes a altas temperaturas.

Palabras clave: Unidades calor, método Mattson, rendimientos, cultivos básicos, variedad Negro San Luis

SUMMARY

Due to its importance, dry beans are sown even in regions with low yield productive potential. To know how climate change affects this crop, it is necessary to know its climatic requirements. The objective of this research was to establish pinto bean varieties in rainfed conditions to evaluate them as sowing alternatives in the bean-producing regions of Zacatecas, Mexico. In addition, cooking tests were carried out to know the cooking times of the varieties, a characteristic of great importance for the final consumer. The plots were planted with varieties of pinto beans in rainfed conditions and Negro San Luis variety was used as control. The variables evaluated were yield, number of days to flowering, number of days to maturity and weight of 100 seeds. Cooking tests were performed with the Mattson method. Pinto Saltillo had the lowest yield. The heat units necessary to reach physiological maturity, the Coloso, Libertad and Saltillo pinto varieties obtained the highest values, followed by the Bravo, Centenario and Centauro pinto varieties with 671 CU. In the cooking tests, Pinto Libertad was the variety that took the longest to cook, followed by Pinto Bravo. All the varieties evaluated during this research produced seed, despite the fact that the precipitation was deficient, some with modest yields and the vast majority exceeding the average yield reported in the state. Pinto bean varieties, evaluated in this study, are a good option to mitigate climate change effects. These varieties are resistant to drought and had short cycles for maturity. In the northeast region of Zacatecas, Negro San Luis variety sowing has prevailed because there is already an assured market; however, due to the climatic conditions that have been occurring with higher temperatures and erratic rains, it is necessary for farmers to have other alternatives for this variety. It becomes necessary to carry out research on the climate change phenomenon in bean cultivation for the different agroecological regions of Zacatecas and to generate alternatives to mitigate the effects of climate change, such as the use of short-cycle varieties, resistant to drought and tolerant to high temperatures.

Keywords: Heat units, Mattson method, yield production, staple crops, Negro San Luis variety

Recibido: 6 de agosto del 2021 Aceptado: 11 de octubre del 2021

Publicado como: ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ciencia e Innovación 4(2): 91-100

INTRODUCCIÓN

El frijol es una fuente importante de proteínas, principalmente, en países en desarrollo. En la República Mexicana gran parte de la población de ingresos bajos y medios consume esta leguminosa, siendo un grano básico en la dieta del mexicano. Además, que representa una fuente importante de ocupación e ingresos, como también autosuficiencia alimentaria para los hogares de los agricultores (Sánchez *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2010). El país se encuentra posicionado dentro de los principales productores de frijol a nivel mundial, prácticamente toda su producción es para consumo doméstico llegando a presentar déficit en la balanza comercial, tenido que recurrir al mercado internacional para cubrir la demanda interna de este producto (Ayala *et al.*, 2008).

La región que abarca Zacatecas, Durango, Chihuahua y San Luis Potosí es la principal zona productora de frijol donde debido a su enorme importancia se siembra incluso en regiones de bajo potencial productivo (García *et al.*, 2012). Dentro de estos estados, Zacatecas, continúa siendo el principal productor de frijol, a pesar de los bajos rendimientos que se presentan, ocupando el primer lugar en superficie sembrada y en producción (SIAP, 2014). En Zacatecas, la principal zona productora de esta leguminosa se localiza en el noroeste de Zacatecas, y comprende los municipios de: Sombrerete, Río Grande, Miguel Auza, Juan Aldama, Sain Alto y Francisco R. Murguía; con una producción promedio del 81% del total de la producción del estado. En esta región se siembra, principalmente, la variedad Negro San Luis (NSL) (Galindo y Zandate, 2004; SIAP 2012).

Desde la preparación para la siembra hasta la post-cosecha los agricultores se enfrentan a diversos problemas como: alto costo de insumos, falta de tecnología adecuada, ataque de plagas, enfermedades y malezas, precipitaciones erráticas, presencia de heladas tempranas y tardías, así como bajo precio de su cosecha y deficiente comercialización. Aunado a esto, un alto porcentaje de las áreas donde se cultiva el frijol presentan suelos poco fértiles, erosionados, con poca profundidad y pendientes inclinadas que constituyen una limitante para el desarrollo del cultivo, es decir suelos con bajo potencial produc-

tivo (Pérez y Galindo, 2003). En las tierras semidesérticas de Zacatecas, la precipitación siempre ha sido un factor limitante para la agricultura, y sumando los efectos del cambio de clima, los agricultores de temporal han venido practicando una agricultura más riesgosa año con año.

Para saber cómo afecta el cambio de clima al cultivo de frijol, es necesario conocer sus requerimientos climáticos. En cuanto a temperatura, algunos autores señalan que el rango óptimo de desarrollo es de 15° a 17°C, algunos otros de 16 a 28°C. Las bajas temperaturas retardan el crecimiento y las altas lo aceleran. Esta planta es susceptible al frío y no tolera temperaturas por debajo de los 0°C. Temperaturas por encima de los 30°C provocan deformaciones en las vainas y se producen el aborto de flores (Masaya y White 1991; Padilla *et al.*, 2009). La humedad relativa óptima durante la primera fase de cultivo es del 60% al 65%, y posteriormente oscila entre el 65% y el 75%. Altas humedades relativas favorecen el desarrollo de enfermedades en la parte aérea de la planta y dificultan la fecundación (Padilla *et al.*, 2009). Esta leguminosa requiere por lo menos de 300 mm de agua, aunque su siembra se realiza en localidades con precipitaciones anuales de hasta 2000 mm. Los periodos críticos de agua son dos semanas antes de la floración y tres semanas antes de la maduración de las primeras vainas. Se ha reportado que se necesitan de 110-180 mm entre siembra y floración y de 50-90 mm durante la floración e inicio de formación de vainas (Ruiz *et al.*, 2013).

Los principales factores abióticos que impactarán en la producción de frijol serán las sequías y las altas temperaturas (Beebe *et al.*, 2011). Se estima que para el año 2050, se necesitará un incremento en la producción del 30% para satisfacer las necesidades de la población (Palomino, 2012). Bajo este escenario, es muy probable que el cambio de clima impacte en la producción de esta leguminosa, por lo que se requieren de medidas de adaptación como lo son el uso de variedades resistentes a sequía, altas temperaturas y de ciclos cortos (Lobell *et al.*, 2008).

Además de sembrar variedades que se adapten a las cambiantes condiciones de lluvia y temperatura, es necesario, que la obtención de variedades agrónomicamente superiores, también tengan un reducido tiempo para la cocción y sabor agradable del grano que son las características

principales que utiliza el consumidor para definir sus preferencias (Castellanos *et al.*, 1997).

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue establecer variedades de frijol pinto en condiciones de temporal para evaluarlas como alternativas de siembra en las regiones productoras de frijol en Zacatecas. Además, se realizaron pruebas de cocción para conocer los tiempos de cocimiento de las variedades, característica de suma importancia para el consumidor final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas fueron sembradas en temporal. Las parcelas se establecieron cuando se inició la temporada de lluvias e incluso después del 15 de julio, que es la fecha límite recomendada para las siembras en esta región. Se realizaron siembras en cuatro localidades de Zacatecas, en uno de los sitios se realizaron del año 2010 al 2012, en la localidad de Calera de Víctor Rosales, Zacatecas en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) – INIFAP. En el resto de las localidades de temporal sólo se realizó la siembra en el año del 2012 (Tabla 1). Los lotes se establecieron en sitios cercanos a las estaciones climatológicas del INIFAP – CEZAC para contar con los datos de temperatura y precipitación.

Los lotes establecidos fueron de una hectárea en el que se sembraron 8 surcos de 50 m y 0.76 cm de separación para cada una de las variedades con un diseño experimental completamente al azar y cuatro repeticiones. Los lotes se rastrearon para estar listos al inicio de la temporada de lluvias. Las parcelas establecidas en CEZAC se enmallaron para proteger el cultivo del ataque de las liebres, las cuales suelen alimentarse de los brotes tiernos. Las var-

iedades evaluadas fueron: Pinto Bravo, Pinto Centenario, Pinto Coloso, Pinto Libertad, Pinto Centauro, Pinto Dorado, Pinto Saltillo y Negro San Luis (NSL). Todas las variedades, con excepción de NSL son materiales generados en el INIFAP. Las cinco primeras variedades de frijol pinto son de reciente liberación, con menos de 10 años en el mercado.

Se fertilizó con la dosis 35-50-00 (nitrógeno-fósforo-potasio) aplicada al momento de la siembra y se utilizaron las recomendaciones emitidas por el INIFAP para el cultivo de frijol en Zacatecas (Medina *et al.*, 2003). El deshierbe se realizó de manera manual cuando lo requerían las parcelas, manteniéndose libres de maleza para evitar la competencia por nutrientes y/o agua.

Agronómicamente, se evaluaron las variables: número de días a floración (DF) y madurez (DMF), rendimiento y peso de 100 semillas. El número de días a floración se registró cuando el 50% de las plantas de cada parcela experimental mostró al menos una flor abierta. Los días a madurez se establecieron cuando las plantas de cada parcela cambiaron la tonalidad de las hojas del color verde al amarillo. Los días a floración y a madurez fisiológica se calcularon en unidades calor (UC) con temperatura base de 10°C y tomando los datos de temperatura que registraron las estaciones climatológicas más cercanas a las parcelas durante el tiempo del cultivo. También se obtuvieron los promedios de días a floración y a madurez fisiológica en días calendario. Además, se calcularon para el año 2012 las temperaturas promedio máximas y mínimas, así como la precipitación ocurrida durante el ciclo de cultivo y durante la duración de los eventos de DF y DMF. Las UC se obtuvieron como un promedio de

Tabla 1. Fechas de siembras, localidades y estaciones climatológicas del INIFAP-CEZAC más cercana al sitio de siembra.

Fecha de siembra	Localidad	Estación climatológica más cercana
15 julio 2010	CEZAC	CEZAC
11 agosto 2011	CEZAC	CEZAC
18 julio 2012	CEZAC	CEZAC
15 julio 2012	Localidad 1, Sombrerete	Col. Hidalgo
17 julio 2012	Localidad 2, Sombrerete	Emiliano Zapata
19 julio 2012	Col. Progreso, Río Grande	Col. Progreso

todas las localidades y años. Además, se calculó el tiempo de cocción de las variedades en estudio. Para evaluar el rendimiento, se cosecharon cinco muestras de dos surcos de 5m en las parcelas de cada variedad. Se trillaron las plantas y se limpió el grano obtenido en cada muestra para pesarlo en una balanza electrónica y estimar el rendimiento de cada variedad en kilogramos por hectárea. Al mismo tiempo se tomó una muestra aleatoria de 100 granos en cada repetición para determinar su peso y con ello establecer el tamaño de grano.

La prueba de cocimiento se realizó con el método Mattson con tres repeticiones por material. Las pruebas se llevaron con frijol de la cosecha del año 2011 en el laboratorio de Agroindustrias del CEZAC. En cuanto a la absorción de agua se tomó el peso seco de 25 semillas, posteriormente, se dejan sumergidas en agua a temperatura ambiente de 18 a 20 horas. El porcentaje de testa es una característica relacionada con la acción de ser una cubierta protectora a la invasión de patógenos y desde el punto de vista sensorial con la textura del frijol cocido. El contenido de testa se obtuvo dejando remojar el grano para separar la testa del cotiledón, posteriormente se puso la testa y el cotiledón en una estufa para secarse y se calculó el porcentaje del contenido de la testa del grano, se hicieron tres repeticiones de este experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación presentada durante la realización de este experimento fue deficiente en todas las localidades.

En CEZAC, durante el 2011 de junio a octubre, se registró una precipitación de 226 mm, siendo el promedio histórico 336 mm, por lo que se presentó un déficit de -50 a -25 % de la lluvia esperada. Durante este año la humedad fue deficiente en casi todo Zacatecas, por lo que la parcela, en CEZAC, se estableció hasta el 11 de agosto, fuera de fecha de las recomendaciones de manejo para este cultivo. La precipitación promedio registrada en las estaciones más cercanas, durante los años de siembra de los meses de julio a octubre, fue: CEZAC de 203 mm, Col. Hidalgo de 310 mm, Emiliano Zapata de 454.2 mm y Col. Progreso de 249.8 mm.

La variedad Pinto Centenario superó a Pinto Saltillo (666 kg ha⁻¹) y NSL (785 kg ha⁻¹) con rendimientos de 963 kilogramos por hectárea. Pinto Saltillo presentó el rendimiento más bajo en condiciones de temporal. De las variedades de reciente liberación, Pinto Coloso tuvo el menor rendimiento. El valor más bajo en el peso de 100 semillas correspondió a NSL, seguido por Pinto Saltillo contrarrestando el valor máximo de 37 grms de Pinto Libertad. En las variedades de más reciente liberación el valor promedio para el peso de 100 semillas fue de 36 gramos. Los frijoles pintos fluctuaron muy poco en cuanto a los DF y DMF (Tabla 2)

En cuanto a las unidades calor necesarias para llegar a la madurez fisiológica los pintos Coloso, Libertad y Saltillo obtuvieron los valores más altos, seguidos por los pintos Bravo, Centenario y Centauro con 671 UC. El más tardío

Tabla 2. Promedio de todos los años y todas las localidades del rendimiento, peso de 100 semillas, días a floración, días a madurez fisiológica y unidades calor a madurez fisiológica de las variedades en estudio.

Variedad	Temporal		Días calendario		Unidades calor a madurez fisiológica
	Rendimiento de grano (kg/ha)	Peso de 100 semillas	Floración	Madurez fisiológica	
Pinto Bravo	843	35.8	41	88	671
Pinto Centenario	963	35.2	41	88	671
Pinto Coloso	817	35.8	41	90	702
Pinto Libertad	957	37.1	41	90	702
Pinto Centauro	948	34.9	41	88	671
Pinto Saltillo	666	25.2	43	90	702
NSL	785	24.9	62	104	801

fue NSL con 801 UC. En el año 2012, la temperatura promedio máxima durante el ciclo de cultivo fue de 25.3 °C, 25.0 °C, 24.2 °C y 26.7 °C en CEZAC, Col. Hidalgo, Emiliano Zapata y Col. Progreso, respectivamente. En cuanto a las mínimas promedio fueron 11.9 °C, 11.6 °C, 11.4 °C y 12.0 °C en el mismo orden. La precipitación acumulada, en las diferentes localidades, para días a floración y días a madurez vario mucho dependiendo del sitio donde se había establecido la parcela, con una mayor acumulación de precipitación en Emiliano Zapata y una menor en CEZAC (Tabla 3).

oría superando la media reportada para el estado. Los materiales que se evaluaron tienen como características ser de ciclos más cortos (precocidad), tolerantes las principales plagas y enfermedades de la región y grano de calidad comercial y culinaria (Rosales *et al.*, 2014). Los frijoles pintos presentaron un ciclo de cultivo más corto que los negros, los cuales son sembrados en grandes extensiones en Zacatecas. La variedad Negro San Luis (NSL) en promedio necesita de 800 UC para completar su ciclo; en comparación las variedades de frijoles pintos de reciente liberación que necesitaron de 680 UC en

Tabla 3. Precipitación acumulada en las diferentes localidades en el año 2012 para los eventos de DF y DMF.

Localidad	Variedad	Evento	Precipitación acumulada (mm)
CEZAC	Promedio pintos	DF	85.2
		DMF	160.4
	NSL	DF	160.2
		DMF	174.8
Col.Hidalgo	Promedio pintos	DF	176.7
		DMF	289.7
	NSL	DF	250.4
		DMF	299.8
Em.Zapata	Promedio pintos	DF	255.8
		DMF	433.4
	NSL	DF	389.6
		DMF	447.2
Col.Progreso	Promedio pintos	DF	71.3
		DMF	225.9
	NSL	DF	218.4
		DMF	236.0

Nota: La precipitación se acumuló una semana antes de la fecha de siembra. DF=Días a floración. DMF= Días a madurez fisiológica

En las pruebas realizadas en el laboratorio de Agroindustrias del CEZAC de las pruebas de cocimiento de los materiales, Pinto Coloso y Pinto Centauro tuvieron un menor tiempo de cocción que los testigos. Pinto Libertad fue la variedad que tardó más en cocerse, seguida por Pinto Bravo con 6 minutos menos. El porcentaje de absorción de agua fue similar en todas las variedades con el menor valor para Pinto Libertad y el mayor valor para Pinto Saltillo. El porcentaje de contenido también fue similar entre las variedades. Ver tabla 4.

A pesar de que la precipitación en los años evaluados fue deficiente, los materiales que se evaluaron produjeron semilla, algunos con rendimientos modestos y la gran may-

promedio para llegar a madurez fisiológica. Por lo que a pesar de ser NSL la variedad más sembrada en el noroeste de Zacatecas, los frijoles pintos representan una mejor alternativa por ser de ciclos más cortos.

La región noroeste cuenta con un potencial medio a bajo para la siembra de esta leguminosa. El realizar siembras en áreas no aptas conlleva a un elevado costo ambiental y económico, pues al existir una mayor diferencia entre los requerimientos del cultivo y las condiciones de la región, se debe invertir una mayor cantidad de energía, recursos y acciones para compensar esta diferencia. Asimismo, la producción agrícola en el estado está enfrentando nuevos desafíos climáticos aunados a las presencias tempranas

Tabla 4. Tiempo de cocimiento, porcentaje de absorción de agua y porcentaje del contenido de testa de las variedades en estudio.

Variedad	Tiempo cocimiento		
	(minutos)	%Absorción agua	%Contenido testa
Pinto Bravo	103	54.60	9.36
Pinto Centenario	89	52.43	9.44
Pinto Coloso	70	53.41	8.87
Pinto Libertad	109	49.33	9.40
Pinto Centauro	73	50.11	8.29
Pinto Saltillo	78	56.18	8.73
NSL	67	51.36	8.96

de heladas, que con excepción del sur de la entidad suele presentarse desde principios de octubre a principios de abril, este fenómeno reduce considerablemente la temporada óptima para la siembra y desarrollo de los cultivos, afectando en muchos casos la productividad de los mismos (Medina *et al.*, 2003). En Zacatecas, como en muchas partes del mundo, en los últimos años los patrones de precipitación se han venido modificando y las fechas de las primeras lluvias se han presentado después de la fecha recomendada de siembra, es decir, las fechas de siembra cada año se recorren más para finales de julio, principios de agosto e incluso existen agricultores arriesgados que siembran en septiembre, además la cantidad de lluvia cae en pocos eventos, por lo anterior se deben de emplear tecnologías como uso de variedades de ciclos cortos o la cosecha del agua de la lluvia (IPCC, 2007). Si se continúan sembrando frijoles negros con valores promedio de 120 días para la cosecha, las heladas tempranas afectarán la producción de frijol en la zona noroeste del estado, como ya se ha presentado en años de sequía como lo fue el año 2019 donde se siniestraron los cultivos de frijol debido a la sequía.

Los frijoles pintos, evaluados en este estudio, representan una buena opción para mitigar el cambio de clima en los patrones de lluvia ya que son variedades mejoradas resistentes a sequía y de ciclos cortos. Los genotipos de ciclo intermedio con plasticidad fenológica son una buena opción para estabilizar el rendimiento entre años y localidades sujetas a déficits intermitentes de humedad, pues permite la sincronización fenológica con los patrones de disponibilidad de agua, así como la posibilidad de recuperación posterior a los déficits de humedad. La preco-

cidad es otra característica importante, ya que permite el escape a la sequía y a las bajas temperaturas al final del ciclo biológico de la leguminosa. (Acosta y Adams, 1991; Rosales, 1997).

Las temperaturas máximas y mínimas registradas en las localidades no afectan el cultivo de frijol ya que se encuentran dentro de los rangos de crecimiento de la leguminosa. Sin embargo, es muy importante evaluar estas variedades de pintos en temperaturas más elevadas, debido a que las temperaturas están incrementando debido al cambio climático y el frijol no es tolerante a altas temperaturas como se había mencionado anteriormente (Masaya y White 1991; Padilla *et al.*, 2009). Es necesario que las variedades utilizadas sean resistentes a sequía y tolerantes a temperaturas elevadas, este segundo requisito es la parte que falta evaluar en las variedades en estudio.

Ruiz y colaboradores (2013), mencionan que la precipitación mínima requerida es de 300 mm al año, de las localidades donde se sembraron los experimentos, únicamente la localidad cercana a la estación climatológica de Emiliano Zapata cumplió con este requisito. Este mismo autor cita que de la siembra a la floración se requieren de 110 a 180 mm de agua para el desarrollo del cultivo, condición que no fue cumplida en los frijoles pintos en las localidades de CEZAC y la de la estación cercana a Col. Progreso. Sin embargo, como se ya se mencionó, en todas las localidades, en todos los años se cosechó el grano, es decir que aún con precipitación deficiente las variedades de pintos evaluadas produjeron grano (superando a NSL, con excepción de Pinto Saltillo).

Finalmente, aunque todas las variedades tuvieron mayor tiempo de cocción que NSL, hubo variedades muy cercanas al tiempo de cocción de NSL. Se necesitan realizar pruebas con otros métodos para conocer el tiempo de cocción y obtener mejores resultados. También se abre una posibilidad de investigar esta característica de menor tiempo de cocción en las variedades de pintos con mejores rendimientos.

CONCLUSIONES

La tendencia para la generación de nuevos materiales de frijol es liberar materiales de ciclo corto y tolerantes a la sequía, debido a la gran variabilidad climática que se ha venido presentando, temporal tardío, disminución en la precipitación y eventos erráticos de la misma. Se vuelve necesario realizar investigaciones del fenómeno del cambio climático en el cultivo de frijol para las diferentes regiones agroecológicas de Zacatecas y generar alternativas para mitigar los efectos del cambio de clima, como lo son el uso de variedades de ciclo corto, resistentes a sequía y tolerantes a altas temperaturas. En el noreste de Zacatecas, la siembra de NSL ha prevalecido porque ya se cuenta con un mercado asegurado, sin embargo, debido a las condiciones climáticas que se han venido presentando con temperaturas más elevadas y lluvias erráticas es necesario que los agricultores tengan alternativas de grano, como lo son los frijoles pintos que tienen ciclos más cortos. En este estudio, Pinto Centenario fue superior en características agronómicas y cocción de grano en condiciones de temporal

LITERATURA CITADA

- Acosta G. J. A. y Adams M. W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *Journal of Agriculture Science* 117: 213–219.
- Ayala G. A. V., Schwentesius R. R., Gómez C. M. A. y Almaguer V. G. 2008. Competitividad del frijol mexicano frente al de Estados Unidos en un contexto de liberación comercial. *Región y Sociedad*. Vol. XX. No. 42.
- Beebe, S., Ramírez, J., Jarvis, A., Rao, I.M., Mosquera, G., Bueno, J.M., Blair, M.W., 2011. Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. In: *Crop Adaptation to Climate Change*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Castellanos R. J. Z., Guzmán M. S. H., Jiménez C., Mejía A., Muñoz R. J. J., Acosta G. J. A., Hoyos G., López S. E., González D., Salinas P. R. A., González A. J., Muñoz V. J. A. Fernández P. y Cázares B. 1997. Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *E Arch. Latinoamer. Nutr.* 47:163-168.
- Galindo G.G y Zandate R. H. 2004. Caracterización de productores del noroeste de Zacatecas y el uso de variedades de frijol. INIFAP-CEZAC. Folleto técnico No. 13.
- García S. J. A., Rodríguez L. G., Borja B. M. y Guzmán S. E. 2012. Distribución espacial de la producción de frijol en función de las variedades demandadas por el consumidor. Año 4. No. 2. 85-99 p
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). 2007. Synthesis report of Climate Change. Valencia Spain. 52p.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., Naylor, R.L., 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319, 607–610.
- Masaya, P., y White J. W. 1991. Adaptation to photoperiod and temperature. In: *Common Beans. Research for Crop Improvement*. Van Schoonhoven A. and O. Voysest (eds.), CAB Int. CIAT, Colombia. pp: 445-500.
- Medina G.G., Cabañas C. B., Ruiz C. A. J., Rubio D. S., Rumayor R. A., Luna F. M., Gallegos V. C., Gutiérrez S. R. y Bravo L. A. G. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. INIFAP. CIRNOC- CEZAC. Libro técnico No. 2
- Padilla V. I., Castillo T. N., Ramírez A. J. A., Armenta C. I., Cabrera C. F., Madrid M. C. y Ortiz E. J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el

- sur de Sonora. Folleto Técnico No. 69. Campo Experimental Valle del Yaqui-INIFAP. 122 p
- Palomino, V., 2012. Bayesian Analysis of a Linear Mixed Model to Measure The Impact of Climate Change on Yield of Common Bean For The Year 2030 Worldwide. University of Puerto Rico, Puerto Rico, Tesis de Maestría.
- Pérez T. H. y Galindo G. G. 2003. Situación socioeconómica de los productores de frijol de temporal en Zacatecas. *TERRA Latinoamericana*. Vol. 21, Núm. 1. 137-147
- Rodríguez L. G., García S. J. A., Rebollar R. S y Cruz C. A. C. 2010. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. *Paradigma económico*. Año 2, Núm. 1. 121-145 p.
- Rosales S. R. 1997. Rendimiento de grano y adaptación del frijol común en condiciones variables de disponibilidad hídrica. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Mex., México. 185 p
- Rosales S. R., Nava B. C. A, González R. H., Herrera M. D., Jiménez G. J. C., Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Osuna C. E. 2014. Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.5 no. 2
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
- Sánchez R.G., Martínez M. F. A. y López I. L. A. 2001. El frijol en México competitividad y oportunidades de desarrollo. FIRA. Boletín informativo. Núm. 316 Volumen XXXIII 9a. Época
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.