

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS

Fertilización nitrogenada en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el norte de Sinaloa

Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

Raúl Hipólito Saucedo Acosta

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gabriel Antonio Lugo García

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México, a diciembre de 2016

LA PRESENTE TESIS TITULADA: FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) EN EL NORTE DE SINALOA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

Dr. Gabriel Antonio Lugo García

CODIRECTOR

M.C. Franklin Gerardo Rodríguez Cota

ASESOR

Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México, a diciembre de 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Raúl Hipólito Saucedá Acosta, alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 980696-4, de la Unidad Académica Facultad de Agricultura del valle del Fuerte, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dr. Gabriel Antonio Lugo García y cede los derechos del trabajo titulado “Fertilización nitrogenada en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el norte de Sinaloa”, a la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

SAUCEDA A. RAUL
Raúl Hipólito Saucedá Acosta

CORREO ELECTRÓNICO: saucedá_raul@hotmail.com
CURP: SAAR820813HSLCCL09

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto de investigación, A mis Padres Raúl Saucedo y Susana Acosta por estar ahí cuando más los necesite gracias por sus consejos comprensión y amor los amo.

A mi esposa María Fernanda a mis hijos Raúl Fernando y Susan Airam por ser mi fuente de motivación para superarme cada día más para darle un futuro mejor.

A mis hermanos María Victoria, Maximina, Elvia, Carlos Patricio, Honorelia Inés y Maribel gracias por estar conmigo en todo momento gracias por formar parte de mi vida.

A toda mi familia y amigos que es lo mejor que dios me ha dado que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

A mis asesores y maestros que creyeron en mí en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por darme la vida, una maravillosa formación, por su ternura y todo su amor y por contagiarme de sus mayores fortalezas. Ellos me han educado y formado desde que era un niño, dándome buenos consejos en su momento justo.

A mis hermanos A ellos que siempre han estado al pendiente de mí y por todo su apoyo que me han brindado siempre.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), por abrir sus puertas y por haber formado parte de mi educación académica.

A Mis Maestros Durante este tiempo, buenos y malos momentos me ayudaron a fortalecer mi carácter, me brindaron una perspectiva de la vida mucho más amplia y me han enseñado a ser más cauteloso, pero sin dejar de ser auténtico. Al finalizar mis estudios de maestría en el Colegio de Ciencias Agropecuarias. A ellos que fueron fundamentales para mi formación académica no solo como investigador sino también como mejor persona.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme proporcionado el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle del Fuerte por su apoyo que me ha brindado siempre en la realización de mi trabajo de estudio.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Dr. Gabriel Lugo García al M.C. Franklin Gerardo Rodríguez Cota y al Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto por aceptarme para realizar esta tesis de bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación.

CONTENIDO

PÁGINA

ÍNDICE DE CUADROS-----	i
ÍNDICE DE FIGURAS -----	ii
RESUMEN-----	iii
ABSTRACT-----	iv
I. INTRODUCCIÓN-----	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
2.1. Origen del garbanzo y domesticación -----	3
2.2. Ecología del garbanzo -----	3
2.3. Importancia del garbanzo -----	4
2.4. Fertilización nitrogenada (FN) -----	5
2.5. Fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBN)-----	6
2.6. Evaluación de la fertilización nitrogenada. -----	7
2.6.1. Lecturas SPAD o índice de verdor (IV) -----	7
2.6.2. Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI) -----	7
III. OBJETIVOS-----	8
3.1 Objetivos general -----	8
3.2 Objetivos específicos -----	8
IV. HIPÓTESIS -----	8
V. MATERIALES Y MÉTODOS -----	9
5.1. Sitio experimental -----	9
5.2. Genotipos -----	9
5.3. Tratamientos -----	10
5.4. Diseño Experimental y tamaño de parcela. -----	10

5.5. Fecha de siembra, método de siembra y densidad de población. -----	10
5.6. Prácticas de manejo-----	11
5.7. Variables evaluadas-----	11
5.7.1. Fenológicas -----	11
5.7.2. Altura de planta y biomasa de raíz-----	12
5.7.3. Índice de verdor (IV) -----	12
5.7.4. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)-----	12
5.7.5. Rendimiento, calibre y porcentaje de exportación -----	12
5.8. Análisis estadísticos-----	13
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	14
6.1. Fenología-----	14
6.2. Altura de planta y peso seco de raíz-----	14
6.3. Número de ramas y cápsulas-----	16
6.4. Índice de Verdor-----	19
6.5. NDVI-----	22
6.6. Peso parcela útil, peso limpio-----	24
6.7. Calibre, porcentaje de exportación y rendimiento de grano. -----	24
VII. CONCLUSIONES -----	29
LITERATURA CITADA -----	30

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Condiciones del suelo de acuerdo a los resultados del análisis físico-químico.....	9
Cuadro 2. Características y origen de los cultivares de garbanzo utilizados.....	10
Cuadro 3. Altura, peso seco de raíz y largo de raíz de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014, en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.....	15
Cuadro 4. Número de ramas de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014 en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.	17
Cuadro 5. Número de cápsulas con grano y vanas de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014 en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.	18
Cuadro 6. Lecturas de IV de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014. Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.....	20
Cuadro 7. Índice de verdor en garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.), en el norte de Sinaloa. Ciclo otoño-invierno 2013/2014.....	21
Cuadro 8. Índice de vegetación diferenciada normalizada (NDVI) de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013, Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.....	23
Cuadro 9. Peso parcela útil y peso limpio de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013, Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.	25
Cuadro 10. Calibre de grano y porcentaje de exportación de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013, Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.....	26
Cuadro 11. Rendimiento y calibre de grano en garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.), en el norte de Sinaloa. Ciclo otoño-invierno 2013/2014.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Aplicación de las dosis de N.	11
Figura 2. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el peso de la raíz en cultivo de garbanzo.	16
Figura 3. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el IV en el cultivo de garbanzo.	22
Figura 4. Respuesta del NDVI en función de la dosis de nitrógeno.	23
Figura 5. Relación entre el calibre y rendimiento de grano.	28
Figura 6. Relación entre el NDVI y rendimiento de grano de garbanzo.	29

RESUMEN

En la región noroeste de México se produce el mejor garbanzo blanco de calidad en el mundo; la producción es para consumo humano y exportación. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en las variedades de garbanzo Blanco Sinaloa 92, Costa 2004, Jumbo 2010 y Blanoro, la siembra fue en húmedo, en surcos a 80 cm, con densidad de siembra de 12 plantas por m lineal, bajo un diseño experimental con arreglo en franjas, con distribución en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela fue de seis surcos de cinco metros de longitud y la parcela útil de dos surcos centrales. Las dosis de fertilización nitrogenada (Urea), fueron 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 92, 100, 120 y 140 kg de N ha⁻¹. Se aplicó un riego de auxilio. Se obtuvo el índice de verdor (IV) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). En madurez se contabilizó número de plantas por metro lineal, número de ramas y cápsulas por planta, calibre de grano, peso de raíz y el rendimiento de grano (kg ha⁻¹). Las dosis de nitrógeno no presentaron efecto sobre las variables evaluadas. La dosis de 40 kg de N ha⁻¹ presentó mayor número de cápsulas y con 100 kg de N se obtuvo mayor número de ramas. El mayor rendimiento se obtuvo en las dosis de 30, 70 y 140 kg de N. La aplicación de nitrógeno no incrementó el rendimiento, ni el calibre de exportación. El bajo contenido de N en el suelo fue suficiente para producir rendimiento de grano similar a cuando se aplicó nitrógeno a base de UREA.

Palabras clave: nitrógeno, nutrición, rendimiento.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on chickpea varieties Blanco Sinaloa 92, Costa 2004, Jumbo 2010 and Blanoro, planting was wet, furrows of 80 cm and plant density 12 plants per meter under an experimental design was a randomized complete block in a strip-plot arrangement with four replications. The plot consisted in six rows of five meters long and useful plot two central rows. The doses of nitrogen fertilizer (UREA) used were 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 92, 100, 120 and 140 kg N ha⁻¹. One Irrigation was applied and application of chemical insecticides for combat fruitworm (*Helicoverpa virescens*). SPAD measurement, normalized difference vegetation index was measured. At maturity, number of plants per meter, number of branches and pods per plant, seed size, root weight and grain yield (kg ha⁻¹) was recorded. The doses of nitrogen had no effect on the variables in study. The dose of 40 kg N ha⁻¹ showed a higher number of capsules and 100 kg of N greater number of branches was obtained. The highest yield was obtained at doses of 30, 70 and 140 kg of N. The application of nitrogen did not increase the yield nor the caliber of export. The low N content in the soil was sufficient to produce grain yield similar to when nitrogen-based UREA was applied.

Keywords: nitrogen, nutrition, yield grain.

I. INTRODUCCIÓN

En México, Sinaloa, es el principal productor de garbanzo *Cicer arietinum* L. donde en el ciclo agrícola 2014-2015 se sembraron 61.267.26 hectáreas con un rendimiento de 1.69 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). El garbanzo ocupa el tercer lugar en producción a nivel mundial dentro de las fabáceas comestibles, superado por frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y chícharo (*Pisum sativum* L.) (Amanullah *et al.*, 2013). El valor alimenticio radica en que el grano contiene 30% de proteína, 40% de hidratos de carbono y lípidos de 3 a 6% y son fuente de calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio, hierro y zinc (Jukanti *et al.*, 2012).

En la región norte del estado se produce garbanzo de calidad, ya que el 90% es exportado a España, Italia, Venezuela y Cuba. La variedad Blanco Sinaloa-92 propició que México exporte garbanzo a 40 países, siendo España, Argelia e Italia los principales compradores (Manjarrez *et al.*, 2004). El rendimiento potencial del garbanzo excede las 4.0 t ha⁻¹, pero el promedio mundial es menor a 0.8 t ha⁻¹ (Sillero *et al.*, 2012). Las principales limitaciones del rendimiento se atribuyen al daño por enfermedades y por las propiedades físicas y químicas del suelo (Havlin *et al.*, 2014); para incrementar la producción y el calibre de grano se requiere el uso de genotipos, manejo de agua de riego y fertilización (Ulemale *et al.*, 2013). El nitrógeno N es el nutrimento de mayor demanda por el cultivo de garbanzo porque incrementa el rendimiento y calibre de grano de garbanzo (Namvar *et al.*, 2011).

En Sinaloa, México, se aplican fertilizantes nitrogenados de síntesis química, sin embargo, estos son costosos y requieren la quema de combustibles en el proceso de fabricación lo cual incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero

(Nandasena *et al.*, 2014). En cambio, Kurdali *et al.* (2002) registraron que el 85% del N que requiere el cultivo se obtiene del ambiente por la fijación biológica de este nutrimento (FBN). De la misma manera Walley *et al.* (2007) reportaron que la FBN en garbanzo es de 26 a 40 kg N ha⁻¹ y varía entre genotipos. En Sinaloa, se tiene el registro de que la FBN oscila de 60 a 100 kg de N ha⁻¹, por lo que la fertilización es poco necesaria (Salinas *et al.*, 2008). Por lo tanto, una de las alternativas utilizables es el uso de bio-fertilizantes preparados con microorganismos con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2010).

Altas aplicaciones de N (100 kg ha⁻¹) como una manera de eliminar la fijación simbiótica no ha probado ser efectiva en aumentar los rendimientos, en cambio se observa un incremento mayor en la producción de biomasa en relación a la producción de grano (Saxena y Shel Drake, 1980). La deficiencia de fósforo de manera indirecta resulta en una deficiencia de nitrógeno que restringe la simbiosis, lo cual se traduce en una reducción en la producción de materia seca y rendimiento del cultivo. Aplicaciones de 50 kg de P₂O₅ (óxido de fósforo) resultan en el incremento de nódulos y producción de materia seca (Miller *et al.*, 2003).

En el norte de Sinaloa, el garbanzo se fertiliza en presiembra y al cierre del cultivo, (inicio de floración) además se aplican fertilizantes foliares con alto contenido de N, lo cual puede ocasionar excesos que se traducen en pérdidas de rendimiento o en el incremento de los costos de producción. En este sentido, a pesar de haberse extendido el cultivo garbanzo en el noroeste del país, no se han desarrollado estudios respecto al potencial que ofrece la fertilización nitrogenada, más si actualmente se tienen áreas sin recibir fertilización alguna.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del garbanzo y domesticación

El garbanzo es una de las primeras fabáceas domesticadas en el viejo mundo, ya que evidencias arqueológicas datan del año 1,400 al 2,000 A.C., las cuales indican que se utilizaba como alimento. Vavilov (1926) reconoció cinco centros de origen que son: El Mediterráneo, Asia Central, Cercano Oriente, India y un centro secundario en Etiopía. Reportes hechos por van der Maesen (1972) y Ladizinsky y Adler (1976) indican que la región adyacente a Turquía, Afganistán y Rusia es el lugar de origen del garbanzo, por haber encontrado la más alta variabilidad genética.

El nombre *Cicer* es de origen latino, derivado de la palabra preindogermana *kickere* usada por antiguas tribus del norte de Grecia y *arietinum* que corresponde a la traducción del griego *krios* que significa carnero, aludiendo a la forma de la semilla (De Miguel, 1991). El garbanzo cultivado y sus parientes silvestres pertenecen al género *Cicer*, de la familia Fabácea y a la tribu *Cicerae* (USDA, 2005). El número cromosómico es de 16, aunque algunas especies como *Cicer songaricum* y accesiones de *C. anatolicum* presentan 14. El garbanzo domesticado es una planta autógama, la polinización se completa antes de abrir el botón y generalmente presenta una sola semilla por cápsula (van der Maesen, 1972).

Existen dos clases de garbanzo, los tipos desi *Cicer arietinum* var. *fuscum*, conocidos como porqueros, los cuales se establecen en la región centro del país para alimentación animal. Los tipos Kabuli *C. arietinum* var. *macrocarpum*, conocidos como blancos, se siembran en el noroeste de México y su producción es para exportación y consumo humano (Morales *et al.*, 2004).

2.2. Ecología del garbanzo

El garbanzo se siembra en las zonas de temporal de clima semiárido/árido (Islam *et al.*, 2012), con adaptación en regiones templadas, subtropicales y tropicales como cultivo de invierno (FAO, 1994). En las regiones tropicales se siembra en condiciones de humedad residual (Aragón, 1995) ya que tolerante a la sequía (Gispert y Prats, 1985; Mantri *et al.*, 2007). Las plantas de garbanzo no sufren daños severos por bajas

temperaturas en invierno; sin embargo, las heladas afectan a la planta en etapa de floración y formación de vainas (*Chena et al.*, 1978). El rango térmico para desarrollo es de 5 a 35 °C, con un óptimo alrededor de 22 °C (FAO, 1994).

Cuando las temperaturas medias entre 14 y 16 °C coinciden con floración, el garbanzo tarda en la formación de vainas, debido a que ocurre un ciclo continuo de florecer y abortar flores, el cual se interrumpe con el aumento de la temperatura (*Berger et al.*, 2005). La respuesta fototérmica de la floración en garbanzo se describe por la ecuación: $1/f = a + bt + cp$, donde f es el número de días de siembra a primera flor, t es la temperatura media y p es el fotoperíodo. Los valores de las constantes a , b y c varían entre genotipos y proveen la base para la selección de genotipos por su sensibilidad a la temperatura y fotoperíodo (*Roberts et al.*, 1985). De acuerdo con *Daba et al.* (2016) la fenología del garbanzo desde la emergencia hasta la primera floración se puede dividir en tres fases: 1) una fase preinductiva insensible al fotoperíodo, 2) una fase inductiva sensible al fotoperíodo, y 3) una fase postinductiva insensible al fotoperíodo.

Algunos genotipos responden a la vernalización; en estos casos, las plantas tienen un desarrollo anatómico más rápido, por ejemplo, florecen más temprano y en nudos más bajos (inferiores) que las plantas provenientes de semillas no vernalizadas (*Chakravorti; Pal y Murty; Pillay; citados por Summerfield y Roberts, 1985*).

2.3. Importancia del garbanzo

En México, la producción de garbanzo blanco se concentra en el noroeste, en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur; en zona se produce grano de la mejor calidad en el mundo (*Ortega-Murrieta et al.*, 2013) y la producción es para consumo humano y exportación; este mercado requiere grano grande, color blanco crema y rugosidad pronunciada. Sinaloa, México, tiene una larga tradición garbancera y es el de mayor superficie y producción (*Manjarrez et al.*, 2010; *Manjarrez et al.*, 2011). El promedio de superficie sembrada en riego y temporal de los últimos cinco años fue de 64,181.54 ha, la cual representa el 57.83 %, con un rendimiento medio de 1.58 t ha⁻¹, mientras que en los estados productores promedio es de 1.17 t ha⁻¹ (SIAP, 2015).

La comercialización del garbanzo es en grano seco, pero también se consume en verde. La vaina de garbanzo (llamada guasana o green fresh garbanzo pod) se comercializa en fresco y su calidad es en base al color verde y turgencia. Muy-Rangel *et al.* (2011) indican que la compañía Campo Nuevo ubicada en Hermosillo, Sonora inició la comercialización en verde y que la calidad del fruto se asocia con el tamaño uniforme y color característico de la vaina.

Zia-Ul-Haq *et al.* (2007) mencionan varios usos medicinales de los granos de garbanzo para el tratamiento de bronquitis, lepra, enfermedades de la piel, hígado, bazo e incluso como tónico y estimulante afrodisiaco. La concentración de proteína en el grano varía de 16.7 a 30.6 % para el tipo desi y de 12.6 a 29.0 % para kabuli, comúnmente es dos a tres veces mayor con respecto a los granos de cereales (Wood y Grusak, 2007).

El garbanzo ofrece beneficios en rotación con cereales y oleaginosas, como el aprovechamiento del agua (Miller *et al.*, 2003) e incremento en rendimiento de grano en cereales (Gan *et al.*, 2003); asimismo reduce las emisiones de gas efecto invernadero (Lemke *et al.*, 2007). Debido al bajo costo de producción del cultivo, la adaptación climática, la factibilidad de rotación con otros cultivos y la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, esta fabácea es importante en los sistemas de agricultura sustentable (Khamssi *et al.*, 2010); en el mismo sentido Namvar y Sharifi (2011) señalan que el garbanzo se utiliza como forraje y abono verde y mejora la fertilidad del suelo.

2.4. Fertilización nitrogenada (FN)

Las principales limitantes en la producción de garbanzo es el uso de genotipos con altos rendimientos, el agua de riego y la fertilización (Ulemale *et al.*, 2013). El nitrógeno (N) es el elemento de mayor demanda por el cultivo y el rendimiento de grano de garbanzo está relacionado con el contenido de N en la planta, al comparar el rendimiento de grano y el N extraído, es evidente que a mayor tasa de absorción se incrementa el rendimiento (Bhattacharya y Ali, 2002).

Los síntomas de deficiencia de N en garbanzo pocas veces se manifiestan, y si no hay FBN se presenta clorosis en las hojas más viejas, pigmentación rosácea en tallos y hojas maduras; el N presente en el suelo satisface la demanda a nivel de plántula y sí en etapas posteriores las condiciones favorecen la fijación biológica de N la necesidad de éste es abastecida, lo que contribuye a disminuir la aplicación de este nutrimento (Ahlawat *et al.*, 2007).

El exceso de N en garbanzo se manifiesta en abundante crecimiento vegetativo, alargamiento del ciclo del cultivo (Gan *et al.*, 2009), color verde intenso y provoca aborto de flores y frutos (Núñez *et al.*, 2004), además, la eficiencia de la bacteria fijadora se reduce (Dibut *et al.*, 2005; Ghanem *et al.*, 2012). De igual manera, Sharma y Khurana (2001) señalan que la eficiencia de las bacterias se reduce cuando se aplican dosis por encima de 75 kg de N ha⁻¹ y Salvagiotti *et al.* (2008) mencionan que el N fijado por la soya (*Glycine max* L.), es de 98%.

McConnell *et al.* (2002) indican que la aplicación de N en garbanzo incrementa la biomasa aérea y de concentración de N en el tejido de la planta en la etapa de floración, pero no así el rendimiento de grano. Kamithi *et al.* (2009) reportan que el incremento de la dosis de N disminuye el índice de cosecha y el rendimiento de grano es inconsistente, lo cual de acuerdo con Salvagiotti *et al.* (2008) es por la fertilización nitrogenada, ya que no existe evidencia de que ésta sea necesaria para complementar la oferta de la FBN.

2.5. Fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBN)

Rennie y Dubetz (1986) y Herridge *et al.* (1995) indican que 70 a 85% del N requerido por el cultivo de garbanzo es abastecido por FBN. Kurdali (1996) registró que el 60% del N se obtuvo de la FBN y 35% del nitrógeno residual, mientras que Mefti (2003) indica que la planta de garbanzo fija entre 55 y 72%. La FBN depende de las condiciones ambientales como la sequía y el calor (Zahran *et al.*, 1999).

El suministro adecuado de nutrientes minerales en las leguminosas incrementa la fijación de N (Ganeshamurthy y Reddy, 2000). En garbanzo la bacteria *Mesorhizobium cicerii* tiene altos índices de colonización, con alto número, peso y contenido de N en

los nódulos formados en las raíces cuando se aplican bajas dosis de N (Dibut *et al.*, 2005). Salinas *et al.* (2008) señalan que la cantidad de N fijado por el garbanzo fluctúa de 60 a 100 kg ha⁻¹, por lo que la necesidad de fertilización puede ser innecesaria; por su parte Walley *et al.* (2005) sugieren que, si no se fertiliza, se realice la inoculación con *Rhizobium*.

2.6. Evaluación de la fertilización nitrogenada.

Existen diversos métodos para estimar el estado nutrimental del N en los cultivos. El análisis de tejidos mediante el método Kjeldahl, es la técnica de mayor uso para la determinación cuantitativa de nitrógeno (Bremmer y Mulvaney, 1982) representa una manera directa y precisa de medir la concentración de N, pero requiere tiempo y la operación es costosa (Saberioon *et al.*, 2013).

2.6.1. Lecturas SPAD o índice de verdor (IV)

El IV se obtiene con el sensor SPAD-502® (Soil Plant Analysis Development; Konica-Minolta Inc., Osaka, Japón) y se utiliza para estimar la concentración de N mediante la transmitancia en el espectro de las bandas de 650 y 940 nm (Saberioon *et al.*, 2013). El sensor SPAD-502 es una herramienta de diagnóstico portátil para medir el verdor de las hojas en campo, dicho valor se relaciona con el contenido relativo de clorofila (Kashiwagi *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2014). Es un método no destructivo utilizado para estimar la concentración de N en hojas (Barari *et al.*, 2013).

2.6.2. Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI)

El NDVI permite el diagnóstico rápido y dirigido de las condiciones nutricionales (especialmente de nitrógeno), el estado fisiológico, la incidencia de estrés, y el rendimiento potencial de los cultivos (Lan *et al.*, 2009).

El Sensor Óptico Portable GreenSeeker® (NTech Industries, Inc., Ukiah, California, USA) mide la radiación activa en la banda del rojo e infrarrojo cercano. El sensor obtiene la reflectancia del cultivo y calcula el NDVI; tiene una iluminación propia en la banda roja (650 ± 10 nm) y la banda del infrarrojo cercano (Near Infrared, NIR, 770 ± 15nm). El dispositivo registra la fracción de la radiación emitida por la superficie que regresa al sensor (reflectancia). Estas fracciones se usan dentro del sensor para

obtener el NDVI, que de acuerdo con Walter *et al.* (2015) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = (\text{FNIR} - \text{FRED}) / (\text{FNIR} + \text{FRED})$$

Dónde: FNIR = Fracción de la banda infrarroja cercana emitida y regresada por la superficie registrada. FRED = Fracción de la banda roja emitida y regresada por la superficie registrada. Existe una alta correlación entre la captación de N del cultivo y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) obtenido (Schlegel *et al.* 2005; Gan *et al.*, 2005). De Acuerdo con Lafond (2002) el NDVI aumenta con el incremento en las dosis de N.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivos general

Estudiar la fertilización nitrogenada en el cultivo garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el norte de Sinaloa, México.

3.2 Objetivos específicos

Analizar la relación entre la fertilización nitrogenada y la fenología del cultivo del garbanzo.

Identificar la respuesta de las variedades Blanco Sinaloa 92, Costa 2004, Jumbo 2010 y Blanoro al incremento de la dosis de nitrógeno.

Evaluar el efecto del nitrógeno sobre los componentes y el rendimiento de grano de garbanzo.

IV. HIPÓTESIS

El incremento de la dosis de nitrógeno en el cultivo de garbanzo no representa aumento en rendimiento de grano.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Sitio experimental

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2013-2014, en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, (25° 45' 45" N y 108° 48' 45" W) y 14 msnm.

El clima dominante es el BW (h')w(e'), un clima muy seco, con temperatura media anual de 22 °C, con lluvias en verano y temperaturas extremas de 41 °C. Para conocer el nivel inicial de fertilidad de cada suelo se realizó un análisis físico y químico (Cuadro 1), de acuerdo a los resultados el experimento se estableció en un suelo arcilloso arenoso, profundo, sin problemas de salinidad y pH alrededor de 7.4 apto para el cultivo de garbanzo (Amanullah *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Condiciones del suelo de acuerdo a los resultados del análisis físico-químico.

Prof.	SAT. %	pH	CE	M.O.%	N-NO3	PSI	TEXTURA
0-30 cm	85 Muy alta	7.40 Lig. alcalino	0.49 Bajo	0.83 Med. bajo	11.0 Muy bajo	2.48 Normal	Arcilla Arena=13 % Arcilla=68. 3%
30-60 cm	77 Muy alta	6.40 Lig. ácido	1.03 Normal	0.79 Bajo	7.0 Muy bajo	4.62 Normal	Limo=10.7 %

MO= Materia orgánica, SAT= Saturación, CE= Conductividad eléctrica (dS m⁻¹), PSI= Porcentaje de sodio intercambiable.

5.2. Genotipos

Se utilizaron las variedades de garbanzo Blanco Sinaloa 92, Costa 2004, Jumbo 2010 y Blanoro (Cuadro 2). Todos reportados con moderada resistencia a rabia.

Cuadro 2. Características y origen de los cultivares de garbanzo utilizados.

Variedad	Origen	Habito de crecimiento	Días a madurez	Calibre
Blanco Sinaloa 92	Santo Domingo-82 x Blanco Lechoso	Semierecto	140	44-46
Costa 2004	Tubutama 88 x Blanco Sinaloa 92	Erecto	135	44-46
Jumbo 2010	Dwellely x Blanco Sinaloa 92	Semierecto	120	36-38
Blanoro	L-4924 x Blanco Lechoso x Blanco Sinaloa 92	Erecto	125	42-44

5.3. Tratamientos

Los cuatro cultivares de garbanzo se establecieron con dosis crecientes de nitrógeno de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 92, 100, 120 y 140 kg de N ha⁻¹. Se generaron 52 tratamientos.

5.4. Diseño Experimental y tamaño de parcela.

Se utilizó el diseño experimental factorial, con arreglo en franjas y distribución en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela estuvo representada por cuatro surcos de cinco metros de largo, con separación de 0.8 m (16.0 m²) y la parcela útil por cuatro metros de los dos surcos centrales (6.4 m²). El área experimental ocupó 3,328 m².

5.5. Fecha de siembra, método de siembra y densidad de población.

La siembra se realizó el 23 de noviembre de 2013, en suelo húmedo, en surcos con separación de 80 cm y densidad de siembra de 12 plantas por metro lineal. La fertilización fue a base de UREA (46-00-00) y la aplicación se realizó de forma manual. Para asegurar la adecuada colocación del fertilizante se utilizaron tubos de PVC de cinco metros de largo, cortados longitudinalmente, sobre éstos se distribuyó de manera homogénea la dosis de nitrógeno correspondiente para cada surco (Figura 1).



Figura 1. Aplicación de las dosis de N.

5.6. Prácticas de manejo

Se aplicó un riego de auxilio en el inicio de floración (08/01/2014) y se realizaron dos aplicaciones de insecticida comercial para el manejo de lepidópteros que afectan la cápsula (*Helicoverpa zea* y *H. virescens*) (Lepidoptera: Noctuidae), la primera fue el 11 de febrero de 2014 con Spinetoram (Ingrediente activo) a dosis 75 ml ha^{-1} , la segunda el 27 de febrero con Novaluron a dosis de 200 ml ha^{-1} . El control de malezas fue mediante escardas mecánicas y en forma manual.

5.7. Variables evaluadas

Se midió la altura de planta, NDVI, SPAD, largo de raíz, peso de la raíz, número de ramas, número de capsulas, número de capsulas vanas, parcela útil, peso limpio, peso cribado, calibre del grano y porcentaje de exportación.

5.7.1. Fenológicas

La fenología se evaluó mediante el registro de los días después de la siembra a la ocurrencia de las fases fenológicas: días a emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2) y a madurez fisiológica (RH) según el criterio presentado en Padilla *et al.* (2008).

5.7.2. Altura de planta y biomasa de raíz

La altura de la planta se tomó en madurez de grano ya que en dicho periodo fenológico la planta dejó de crecer. Las raíces se extrajeron con cuidado de la primera planta de cada surco, se colocaron dentro de una bolsa de papel y se llevaron al laboratorio donde se lavaron, posteriormente se desecaron en una estufa con recirculación de aire a 70 °C durante 72 h y el peso seco se obtuvo con una balanza de precisión.

5.7.3. Índice de verdor (IV)

Durante el desarrollo del cultivo se midió el IV de las hojas con el medidor SPAD-502®. El IV se obtuvo en las etapas de floración, fructificación y llenado de cápsulas, las lecturas se realizaron en hojas del estrato superior, de la parte media y parte inferior de la planta; en cada unidad experimental se realizaron mediciones en cinco plantas con competencia completa, en cada hoja muestreada se registró el valor medio de las cinco mediciones obtenidas.

5.7.4. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI se obtuvo con el sensor GreenSeeker®, en las etapas de floración, fructificación y llenado de cápsulas. La medición se realizó sobre las dos camas centrales, a una altura de 0.2, 0.4 y 0.6 m sobre la superficie del cultivo y orientado a fin de que a 0.6 m la anchura estuviera perpendicular y centrado al surco.

5.7.5. Rendimiento, calibre y porcentaje de exportación

En madurez fisiológica se registró el número de plantas por metro lineal, en cuatro plantas se registró el número de ramas, de cápsulas y cápsulas vanas. En madurez de cosecha, en cada unidad experimental se cosecharon las plantas en cuatro metros de los dos surcos centrales (6.4 m²). La cosecha y limpieza del grano se realizó manualmente y se obtuvo el rendimiento de grano (kg ha⁻¹). Posteriormente se obtuvo el calibre de grano, para ello se registró el número de granos contenidos en 30 g y se calculó el porcentaje de exportación.

5.8. Análisis estadísticos

Los datos se analizaron mediante la prueba descrita por Shapiro y Wilk (1965) para determinar normalidad y la prueba de Bartlett (1937) para comprobar la homogeneidad de varianzas (estadística paramétrica) de las variables evaluadas. Se realizó un análisis de varianza y en las variables que hubo diferencia significativa entre tratamientos se realizó una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey al 0.01 y 0.05) con el programa SAS ver 9.1. Para todas las variables evaluadas se obtuvieron estadísticas descriptivas y se realizaron análisis de correlación simple de Pearson entre dosis de N y peso seco de raíz, índice de verdor y el NDVI.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Fenología

La fenología del cultivo de garbanzo en el norte de Sinaloa no fue afectada por el incremento de las dosis de N, lo cual coincide con Apaéz *et al.* (2015) quienes señalan que el incremento de la dosis de N no afectó el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas en garbanzo, pero es diferente a lo reportado por Namvar y Sheriff (2011), quienes señalan que al incrementar las dosis de N se retarda la floración, la formación de cápsulas y la madurez fisiológica; así mismo difiere con Walley *et al.* (2005), quienes señalan que los días a primera flor y llenado de cápsulas son afectados por las dosis de N, pero no así los días después de la siembra (DDS) a madurez fisiológica del garbanzo, por su parte Gan *et al.* (2009) reportaron que el incremento de la dosis de N aumentó los DDS a madurez fisiológica en plantas de garbanzo.

Las cuatro variedades de garbanzo emergieron a los 7 días después de la siembra (DDS), mientras que el inicio de la floración (R1) ocurrió de los 35 a 44 DDS, la fructificación (R2) a los 68 DDS y la madurez fisiológica fue a los 113 a 130 DDS.

6.2. Altura de planta y peso seco de raíz

Las dosis de N evaluadas no tuvieron efecto significativo en altura de planta de las variedades, en cambio entre cultivares si presentaron diferencias altamente significativas para esta variable ($P \leq 0.001$). La variedad Jumbo 2010 mostró la mayor altura con 61.25 cm en la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N, mientras que el valor menor la obtuvo Costa 2004 con 51.25 cm bajo la dosis 20 y 100 kg ha⁻¹ de N. No hubo interacción entre genotipo y dosis de nitrógeno.

El cultivar Blanoro mostró el mayor peso de raíz con 6.70 g en promedio en dosis de 92 kg ha⁻¹ de N y el menor peso fue en Blanco Sinaloa que sólo alcanzó 5.08 g sin fertilización. El promedio de la raíz más larga fue de 27.50 cm en variedad Jumbo con la aplicación de 50 kg ha⁻¹ de N, en comparación con la raíz de menor longitud ($\bar{X} = 23.75$ cm) para la variedad Costa 2004.

Cuadro 3. Altura, peso seco de raíz y largo de raíz de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014, en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha ⁻¹	BLANCO SINALOA			BLANORO		
	Alt ($\bar{X} \pm D.E.$)	Pr ($\bar{X} \pm D.E.$)	Lr ($\bar{X} \pm D.E.$)	Alt ($\bar{X} \pm D.E.$)	Pr ($\bar{X} \pm D.E.$)	Lr ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	59.50 ± 1.91	5.08 ± 1.27	19.75 ± 1.26	57.50 ± 5.00	6.58 ± 1.76	18.75 ± 3.30
10	59.50 ± 2.38	5.05 ± 1.23	17.50 ± 2.08	57.25 ± 4.99	5.53 ± 1.12	20.50 ± 7.85
20	53.50 ± 7.23	4.48 ± 1.55	23.50 ± 3.00	54.25 ± 2.87	5.63 ± 1.13	23.75 ± 5.74
30	56.25 ± 6.99	4.83 ± 1.28	18.75 ± 2.50	55.25 ± 6.24	4.83 ± 1.02	22.75 ± 3.59
40	58.75 ± 2.99	4.55 ± 0.17	21.75 ± 3.59	53.75 ± 0.96	5.83 ± 0.73	24.00 ± 10.71
50	58.00 ± 4.24	5.20 ± 0.74	18.75 ± 2.99	52.00 ± 7.16	5.88 ± 1.63	18.75 ± 4.86
60	57.50 ± 4.20	3.00 ± 0.94	19.00 ± 2.00	54.50 ± 3.70	4.50 ± 1.57	23.75 ± 5.85
70	59.50 ± 1.73	4.75 ± 1.72	20.50 ± 3.79	54.25 ± 7.68	5.13 ± 1.37	16.75 ± 4.99
80	56.75 ± 3.30	4.78 ± 1.40	18.75 ± 3.30	54.00 ± 1.15	5.38 ± 2.32	16.00 ± 5.94
92	59.75 ± 2.06	4.93 ± 1.83	21.75 ± 3.50	53.25 ± 3.77	6.70 ± 1.40	21.75 ± 3.86
100	58.50 ± 4.51	3.73 ± 1.27	19.50 ± 1.73	55.00 ± 1.83	6.30 ± 0.88	18.25 ± 3.59
120	57.25 ± 3.40	3.73 ± 1.08	24.00 ± 3.27	53.50 ± 1.29	4.45 ± 1.01	20.00 ± 6.93
140	55.25 ± 1.71	3.95 ± 0.47	24.25 ± 6.29	56.75 ± 4.11	5.30 ± 1.04	19.00 ± 4.08

DOSIS Kg ha ⁻¹	COSTA 2004			JUMBO 2010		
	Alt ($\bar{X} \pm DE$)	Pr ($\bar{X} \pm DE$)	Lr ($\bar{X} \pm DE$)	Alt ($\bar{X} \pm DE$)	Pr ($\bar{X} \pm DE$)	Lr ($\bar{X} \pm DE$)
0	48.75 ± 6.13	3.70 ± 2.55	17.00 ± 2.58	55.25 ± 8.26	3.70 ± 2.55	17.00 ± 2.58
10	48.00 ± 1.63	3.98 ± 1.71	20.25 ± 2.87	59.25 ± 2.87	5.10 ± 1.73	19.75 ± 2.50
20	51.25 ± 6.65	4.23 ± 1.42	23.75 ± 8.18	55.75 ± 3.10	3.63 ± 1.09	17.75 ± 5.38
30	44.00 ± 1.15	5.43 ± 1.46	22.75 ± 2.75	57.75 ± 4.79	4.65 ± 0.97	19.50 ± 4.12
40	46.75 ± 6.70	3.55 ± 1.93	17.25 ± 4.19	61.00 ± 2.58	5.08 ± 1.72	14.00 ± 6.98
50	44.25 ± 2.87	3.13 ± 1.64	18.00 ± 4.55	60.50 ± 1.91	4.55 ± 1.24	27.50 ± 15.09
60	45.75 ± 3.50	2.53 ± 1.10	20.00 ± 3.83	56.75 ± 1.50	4.73 ± 1.51	16.75 ± 2.22
70	46.25 ± 5.32	3.03 ± 1.58	19.25 ± 7.54	59.50 ± 3.70	4.70 ± 2.16	18.00 ± 2.94
80	48.00 ± 4.55	2.88 ± 0.44	18.00 ± 5.35	58.25 ± 3.50	4.23 ± 1.15	17.25 ± 3.30
92	51.5 ± 2.65	2.43 ± 0.36	17.75 ± 3.50	57.00 ± 3.83	3.95 ± 0.58	17.25 ± 1.89
100	51.25 ± 1.50	2.85 ± 0.90	18.50 ± 5.74	55.25 ± 3.59	2.73 ± 0.51	14.5 ± 4.51
120	44.00 ± 2.45	2.90 ± 1.23	15.00 ± 1.41	61.25 ± 3.77	5.20 ± 2.10	18.25 ± 2.06
140	49.75 ± 1.71	4.23 ± 2.85	18.00 ± 3.92	56.75 ± 3.40	4.23 ± 1.84	18.25 ± 0.50

Alt, Altura de la planta. Pr, Peso seco de raíz. Lr, Largo de raíz. \bar{X} , media. DE, desviación estándar.

El peso medio de la raíz presentó una relación lineal negativa con la dosis de N ($P < 0.05$, $r = 0.67$), es decir, este disminuyó al incremento de la dosis de N (Figura 1). Lo anterior puede explicarse a través del efecto negativo de altas dosis de fertilización nitrogenada sobre la nodulación y la fijación biológica de N en garbanzo (Walley *et al.*, 2005; Ogutcu *et al.*, 2008). De la misma manera algunos factores como genotipo, temperatura, tipo de suelo, humedad del suelo y contenido de materia orgánica pueden afectar la respuesta de la fijación biológica de nitrógeno en garbanzo (Werner, 2005; Caliskan *et al.*, 2008; Salvagiotti *et al.*, 2008).

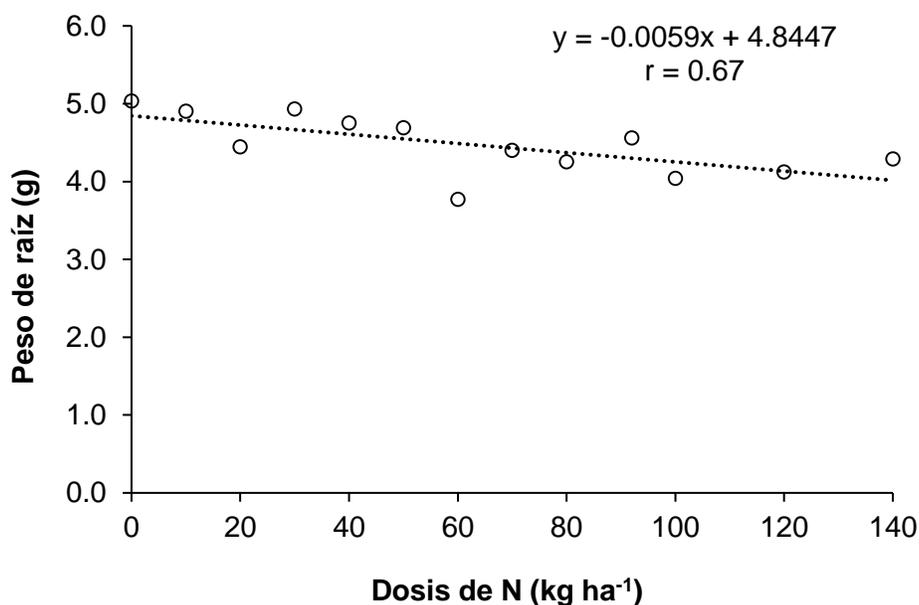


Figura 2. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el peso de la raíz en cultivo de garbanzo.

6.3. Número de ramas y cápsulas

El número de ramas y de cápsulas no mostraron respuesta significativa entre las dosis de N utilizadas. La variedad Blanoro y Costa 2004 presentaron el mayor número de ramas ($\bar{X} = 3.38$ ramas) en las dosis 120 y 140 kg ha⁻¹ de N, mientras que Blanco Sinaloa-92 y Jumbo 2010 no presentaron diferencias en ramas bajo las dosis de 70 y 80 kg ha⁻¹ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de ramas de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014 en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha ⁻¹	BLANCO SINALOA N.r. ($\bar{X} \pm D.E.$)	BLANORO N.r. ($\bar{X} \pm D.E.$)	COSTA 2004 N.r. ($\bar{X} \pm D.E.$)	JUMBO 2010 N.r. ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	2.94 ± 0.24	3.13 ± 0.52	2.94 ± 0.24	2.94 ± 0.43
10	2.69 ± 0.38	3.06 ± 0.24	2.81 ± 0.24	2.75 ± 0.61
20	2.50 ± 0.20	3.19 ± 0.55	3.25 ± 0.00	2.94 ± 0.24
30	2.88 ± 0.43	3.13 ± 0.32	2.88 ± 0.14	2.81 ± 0.38
40	3.13 ± 0.25	2.88 ± 0.32	3.25 ± 0.35	3.06 ± 0.31
50	2.94 ± 0.24	3.00 ± 0.00	2.88 ± 0.43	3.25 ± 0.35
60	3.19 ± 0.43	3.19 ± 0.13	2.81 ± 0.43	3.19 ± 0.24
70	3.25 ± 0.54	3.19 ± 0.52	3.13 ± 0.32	3.00 ± 0.29
80	3.06 ± 0.52	2.94 ± 0.38	3.00 ± 0.20	3.25 ± 0.20
92	2.69 ± 0.43	3.13 ± 0.32	3.06 ± 0.24	2.75 ± 0.20
100	2.75 ± 0.68	3.00 ± 0.46	3.19 ± 0.52	3.06 ± 0.55
120	3.06 ± 0.80	3.38 ± 0.32	3.00 ± 0.20	3.13 ± 0.14
140	2.81 ± 0.47	3.06 ± 0.43	3.38 ± 0.32	3.13 ± 0.25

N.r., Número de ramas. \bar{X} , media. DE, desviación estándar.

El número de ramas principales fueron de 2.5 a 3.38 y son superiores a los reportados por Namvar *et al.* (2011), quienes obtuvieron de 1.93 a 2.63, sin aplicación de N y con 42 kg ha⁻¹ de N respectivamente. El número de cápsulas por planta fue de 49.88 a 62.63 valores con tendencia mayor al intervalo de 21.83 a 59.72 reportado por Mohammadi *et al.* (2009).

El número de cápsulas con grano y vanas en las cuatro variedades fue diferente ($P \leq 0.001$); Blanco Sinaloa 92 presentó el mayor porcentaje de cápsulas vanas, mientras que el menor número de cápsulas lo presentó Jumbo 2010. Blanoro sobresalió con 75.25 cápsulas con grano en promedio para la concentración de 120 kg ha⁻¹ de N, mientras que el menor valor se presentó en Jumbo con 60.94 cápsulas con grano en la dosis 140 kg ha⁻¹; los valores máximos y mínimos de cápsulas vanas se registraron en Jumbo 2010 con $\bar{X} = 6.94$ cápsulas vanas con la aplicación 40 kg ha⁻¹ en comparación con $\bar{X} = 13.00$ cápsulas vanas de Blanoro con 92 kg ha⁻¹ de nitrógeno (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de cápsulas con grano y vanas de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014 en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha ⁻¹	BLANCO SINALOA		BLANORO	
	Cápsulas con grano ($\bar{X} \pm D.E.$)	Cápsulas vanas ($\bar{X} \pm D.E.$)	Cápsulas con grano ($\bar{X} \pm D.E.$)	Cápsulas vanas ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	55.88 ± 14.61	8.94 ± 1.77	73.25 ± 20.99	10.63 ± 9.22
10	40.94 ± 13.11	11.13 ± 2.44	63.31 ± 23.17	9.38 ± 7.73
20	47.56 ± 6.35	7.69 ± 2.07	63.38 ± 18.02	6.06 ± 3.13
30	50.56 ± 12.68	8.13 ± 2.18	68.31 ± 22.03	10.13 ± 8.84
40	68.44 ± 5.76	12.5 ± 2.15	69.56 ± 20.13	8.00 ± 3.71
50	40.81 ± 8.11	8.13 ± 3.38	57.88 ± 10.87	6.38 ± 2.29
60	54.31 ± 2.26	10.63 ± 6.15	65.50 ± 5.63	5.88 ± 1.56
70	49.50 ± 18.18	9.81 ± 3.48	72.50 ± 25.14	8.38 ± 3.14
80	46.38 ± 8.68	6.19 ± 1.84	50.50 ± 11.68	2.56 ± 1.65
92	42.06 ± 10.57	6.94 ± 3.29	63.63 ± 11.39	13.00 ± 6.84
100	48.38 ± 13.03	8.50 ± 5.15	61.00 ± 15.27	6.81 ± 1.43
120	51.31 ± 25.63	9.81 ± 4.03	75.25 ± 13.61	7.19 ± 3.91
140	47.00 ± 8.72	8.06 ± 2.30	46.94 ± 5.85	7.63 ± 3.29

DOSIS Kg ha ⁻¹	COSTA 2004		JUMBO 2010	
	Cápsulas con grano ($\bar{X} \pm D.E.$)	Cápsulas vanas ($\bar{X} \pm D.E.$)	Cápsulas con grano ($\bar{X} \pm D.E.$)	Cápsulas vanas ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	48.69 ± 11.72	7.38 ± 0.32	46.13 ± 13.69	4.94 ± 2.12
10	58.69 ± 10.18	7.13 ± 3.57	43.94 ± 21.11	3.56 ± 2.18
20	51.31 ± 8.68	5.50 ± 1.85	43.63 ± 13.49	3.94 ± 1.78
30	56.00 ± 8.89	9.19 ± 2.02	46.81 ± 6.55	5.38 ± 1.16
40	61.19 ± 11.06	9.13 ± 2.76	50.63 ± 13.62	6.94 ± 0.94
50	61.69 ± 32.62	7.06 ± 1.43	47.06 ± 9.24	4.81 ± 1.09
60	72.19 ± 55.67	8.50 ± 5.03	43.63 ± 16.53	5.38 ± 2.26
70	65.31 ± 10.10	9.63 ± 4.48	39.81 ± 19.55	4.69 ± 1.60
80	51.00 ± 7.58	6.06 ± 1.14	44.88 ± 6.36	4.19 ± 1.75
92	58.44 ± 13.15	10.00 ± 2.17	37.63 ± 6.19	3.94 ± 0.75
100	53.31 ± 21.67	7.19 ± 2.51	38.06 ± 10.82	5.00 ± 1.02
120	61.94 ± 18.36	6.19 ± 0.94	51.94 ± 12.22	4.63 ± 2.03
140	59.88 ± 22.57	8.94 ± 4.69	60.94 ± 12.25	5.75 ± 0.74

\bar{X} , media. DE, desviación estándar

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con López *et al.* (2004), quienes reportaron que al incrementar las dosis de N no existe efecto en el número de ramas, capsulas por rama y peso de 100 granos. Aunque no concuerdan con los

reportes de Namvar *et al.* (2011), ya que obtuvieron respuesta positiva en biomasa, número de ramas, de capsulas, peso de 100 granos y rendimiento de grano. En contraste, Aliloo *et al.* (2012) señalan que la aplicación de N en garbanzo en las etapas vegetativas y reproductivas no afecta el número de ramas, biomasa y rendimiento; y que la aplicación de fertilizantes nitrogenados solo incrementa los costos de producción y la contaminación del ambiente.

6.4. Índice de Verdor

El índice de verdor presentó diferencias entre genotipos, siendo el cultivar Blanoro el que sobresalió en todas las etapas de muestreo. En la primera medición Jumbo 2010 presentó la lectura más alta con 65.97 con la dosis de 30 kg ha⁻¹ de N, mientras que Blanco Sinaloa obtuvo la lectura media más baja con 60.77 en las concentraciones 120 y 20 kg ha⁻¹, pero en la segunda lectura Blanoro incrementó la lectura con 57.43 con la dosis 40 kg ha⁻¹. En la tercera lectura del IV la variedad Costa 2004 con 120 kg ha⁻¹ de N alcanzó la media más alta con 47.92, mientras que Jumbo 2010 con 40 kg ha⁻¹ tuvo la mínima lectura (Cuadro 6).

El IV mostró diferencias significativas en floración, fructificación y llenado de capsulas; el registro máximo de IV fue en el tercio superior de la planta, durante el llenado de cápsulas con 72.25, pero también en esta etapa hubo una fuerte disminución de los valores de IV en el tercio medio e inferior (Cuadro 7).

El IV medio obtenido en el primer tercio son superiores al promedio de 57.6 reportado por Kashiwagi *et al.* (2006) en el cultivo de garbanzo en condiciones de temporal, dichos autores señalan menor valor medio en garbanzo bajo riego (47.4), pero las obtenidas en el estrato superior durante las etapas de floración y fructificación (64.79 y 64.57 respectivamente) son similares a 66.4 obtenida por Kashiwagi *et al.* (2010) en el genotipo ICC4958 durante el ciclo 2006-07 en el sitio experimental de ICRISAT, Patancheru.

Cuadro 6. Lecturas de IV de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013-2014. Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha	BLANCO SINALOA			BLANORO		
	SPAD 1 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 2 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 3 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 1 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 2 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 3 ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	57.38 ± 2.57	45.72 ± 5.51	36.85 ± 3.2	62.96 ± 2.78	52.99 ± 1.09	39.07 ± 2.95
10	55.68 ± 3.70	47.05 ± 5.99	42.2 ± 1.3	64.12 ± 1.17	53.12 ± 5.8	41.27 ± 3.47
20	60.77 ± 3.89	50.32 ± 5.37	43.08 ± 8.5	61.85 ± 3.76	51.27 ± 4.58	36.14 ± 3.89
30	58.02 ± 1.53	48.05 ± 7.73	43.81 ± 5.3	65.36 ± 3.94	54.11 ± 2.17	44.58 ± 2.73
40	60.22 ± 2.52	48.09 ± 5.66	42.23 ± 2.9	64.83 ± 2.31	54.12 ± 7.46	40.12 ± 4.17
50	58.19 ± 1.15	45.33 ± 5.95	43.62 ± 2.5	65.55 ± 3.82	56.65 ± 4.77	42.33 ± 1.91
60	57.96 ± 2.03	45.03 ± 5.02	48.33 ± 6.0	64.32 ± 4.41	57.09 ± 2.75	41.27 ± 3.41
70	58.61 ± 1.33	46.12 ± 4.90	39.49 ± 4.7	63.54 ± 3.47	51.09 ± 5.03	42.38 ± 5.93
80	57.55 ± 0.60	46.89 ± 3.72	44.94 ± 4.0	64.86 ± 2.21	51.72 ± 4.32	41.94 ± 7.26
92	57.23 ± 1.74	47.86 ± 5.36	42.08 ± 3.7	64.98 ± 1.19	54.17 ± 3.45	41.25 ± 2.1
100	53.97 ± 3.80	49.49 ± 5.83	41.22 ± 7.8	65.32 ± 4.50	57.43 ± 4.37	40.44 ± 3.82
120	60.77 ± 2.07	43.95 ± 2.11	42.56 ± 4.0	64.27 ± 2.23	55.37 ± 6.45	40.43 ± 5.45
140	60.46 ± 0.53	50.14 ± 2.96	39.39 ± 3.5	63.79 ± 1.50	50.31 ± 6.29	41.94 ± 3.32

DOSIS Kg ha	COSTA 2004			JUMBO 2010		
	SPAD 1 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 2 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 3 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 1 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 2 ($\bar{X} \pm D.E.$)	SPAD 3 ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	62.92 ± 1.51	50.02 ± 3.48	38.64 ± 2.85	63.35 ± 1.69	49.24 ± 7.97	38.62 ± 6.34
10	61.28 ± 3.23	44.52 ± 1.39	41.06 ± 3.17	64.57 ± 1.89	51.04 ± 4.09	37.45 ± 3.83
20	61.24 ± 1.05	49.44 ± 5.77	42.13 ± 4.60	64.07 ± 2.92	44.44 ± 5.63	35.94 ± 3.75
30	58.64 ± 2.61	48.33 ± 1.81	37.95 ± 6.15	65.97 ± 1.78	47.88 ± 3.74	35.15 ± 1.73
40	61.44 ± 1.17	49.31 ± 4.77	43.50 ± 2.00	63.92 ± 1.03	51.57 ± 1.82	42.48 ± 3.81
50	61.84 ± 2.15	52.53 ± 2.08	43.73 ± 3.06	63.39 ± 1.78	50.91 ± 6.77	37.62 ± 6.08
60	58.99 ± 3.20	46.94 ± 2.72	46.14 ± 2.79	61.61 ± 1.04	52.39 ± 2.17	37.13 ± 5.63
70	60.48 ± 2.81	49.19 ± 1.75	46.97 ± 9.16	63.73 ± 2.02	49.06 ± 3.07	39.53 ± 4.51
80	60.34 ± 2.15	50.98 ± 5.44	39.88 ± 2.31	64.62 ± 2.18	50.24 ± 1.74	36.98 ± 3.04
92	59.34 ± 1.62	53.58 ± 3.00	45.09 ± 2.55	63.12 ± 1.23	53.06 ± 2.61	37.73 ± 4.56
100	60.23 ± 1.83	55.20 ± 3.07	42.23 ± 6.54	64.38 ± 2.67	49.14 ± 4.12	39.57 ± 2.57
120	59.73 ± 4.60	50.93 ± 5.20	47.92 ± 3.26	65.13 ± 1.72	50.44 ± 5.01	36.33 ± 1.46
140	60.62 ± 3.77	48.84 ± 4.95	42.89 ± 5.15	61.74 ± 2.78	49.98 ± 0.94	39.22 ± 2.97

\bar{X} , media. DE, desviación estándar.

Cuadro 7. Índice de verdor en garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en el norte de Sinaloa. Ciclo otoño-invierno 2013/2014.

Cultivar	Índice de verdor (SPAD)								
	Floración			Fructificación			Llenado de cápsula		
	Sup.	Medio	Inf.	Sup.	Medio	Inf.	Sup.	Medio	Inf.
Bco. Sin. 92	61.93c	60.17c	52.71bc	64.87a	50.42b	30.92b	72.33	49.63a	4.6
Jumbo 2010	65.41ab	66.37a	59.87a	65.68a	51.42b	32.59b	71.24	37.61b	5.13
Blanoro	67.24a	66.17a	59.2a	64.87a	57.7a	38.99a	71.57	46.69a	4.95
Costa 2004	64.58b	62.99b	54.05b	67.45a	53.9ab	28.6b	73.84	48.55a	6.43
Media	64.79	63.93	56.46	64.57	53.36	32.78	72.25	45.62	5.28
CV	5.50	5.65	8.42	8.94	14.17	21.98	8.07	22.49	70.92
DMS (0.001)	2.18	2.21	2.91	3.53	4.63	4.40	NS	6.29	2.27

Valores con la misma letra por columna son estadísticamente iguales. CV, coeficiente de variación. DMS, diferencia mínima significativa. NS, no significativo.

Las dosis de N no tuvieron efecto sobre el IV, sin embargo, el contenido de clorofila y nitrógeno foliar presentan estrecha correlación (Mohammadi *et al.*, 2009), pero en el cultivo de garbanzo el efecto de la fertilización nitrogenada no es claro debido a la FN; en ese sentido Kashiwagi *et al.*, (2010) mencionan que la longitud, densidad y profundidad de las raíces de garbanzo no tiene relación con el IV porque la adquisición de N por garbanzo se ve compensada por la FN. En la etapa de fructificación disminuye el IV en el tercio inferior, por la senescencia de las hojas y por la fuente demanda.

El IV durante el llenado de cápsula tiene estrecha relación con las dosis de nitrógeno ($r=0.82$, $P\leq 0.001$), al aumento de ésta el IV se incrementa (Figura 2), lo anterior es indicador de mayor conservación de área verde en el estrato superior de la planta lo cual es indicador de la translocación de fotosintatos hacia el aparato fotosintético activo, mientras que en las hojas del estrato medio e inferior el IV disminuyó conforme avanzó el desarrollo del cultivo.

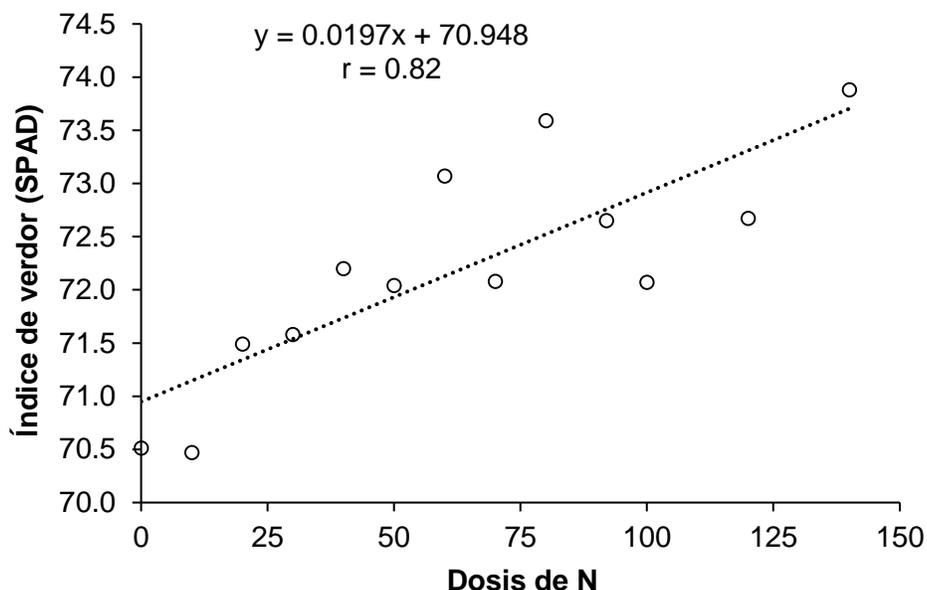


Figura 3. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el IV en el cultivo de garbanzo.

6.5. NDVI

El NDVI Blanco Sinaloa sobresalió con una media 748.25 con la dosis de 120 kg ha⁻¹ quien obtuvo el promedio más bajo fue Costa 2010 con 664.75 kg ha⁻¹ con la aplicación de 10 kg ha⁻¹ (Cuadro 8). Las dosis de N no mostraron efecto en el NDVI, lo cual concuerda con lo observado por la Grains Research and Development Corporation (GRDC, 2012) al evaluar en garbanzo el efecto del N sobre el NDVI, en seis localidades de Australia.

Los valores medios del NDVI mostraron una asociación lineal positiva con las dosis de N (Figura 3), lo cual coincide con Schlegel *et al.* (2005), quienes mencionan que el NDVI está estrechamente relacionado con el contenido de N en la planta.

Cuadro 8. Índice de vegetación diferenciada normalizada (NDVI) de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013, Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha	BLANCO SINALOA NDVI ($\bar{X} \pm DE$)	BLANORO NDVI ($\bar{X} \pm DE$)	COSTA 2004 NDVI ($\bar{X} \pm DE$)	JUMBO 2010 NDVI ($\bar{X} \pm DE$)
0	737.25 ± 19.24	726.75 ± 22.94	691.25 ± 18.71	709.00 ± 34.83
10	746.25 ± 6.13	721.00 ± 17.38	664.75 ± 28.24	717.25 ± 14.08
20	738.25 ± 14.86	710.25 ± 17.91	701.25 ± 16.28	719.25 ± 10.24
30	739.00 ± 12.19	733.00 ± 25.73	700.50 ± 17.48	734.25 ± 21.12
40	742.00 ± 22.14	705.75 ± 28.50	702.00 ± 11.4	726.00 ± 6.27
50	726.00 ± 37.16	705.25 ± 38.34	680.50 ± 22.55	733.00 ± 18.49
60	730.75 ± 24.10	719.75 ± 31.50	700.00 ± 32.22	731.50 ± 25.49
70	741.50 ± 18.43	707.75 ± 29.67	706.00 ± 19.49	740.00 ± 8.12
80	728.75 ± 21.45	697.00 ± 22.86	687.25 ± 21.76	733.00 ± 15.12
92	737.75 ± 10.05	716.50 ± 28.64	707.00 ± 20.17	724.25 ± 13.3
100	737.75 ± 11.95	709.50 ± 22.29	710.50 ± 14.48	738.25 ± 18.41
120	748.25 ± 12.47	731.50 ± 13.48	695.50 ± 31.16	733.50 ± 8.23
140	737.50 ± 24.08	734.00 ± 9.06	714.25 ± 19.26	710.75 ± 14.68

\bar{X} , media. DE, desviación estándar.

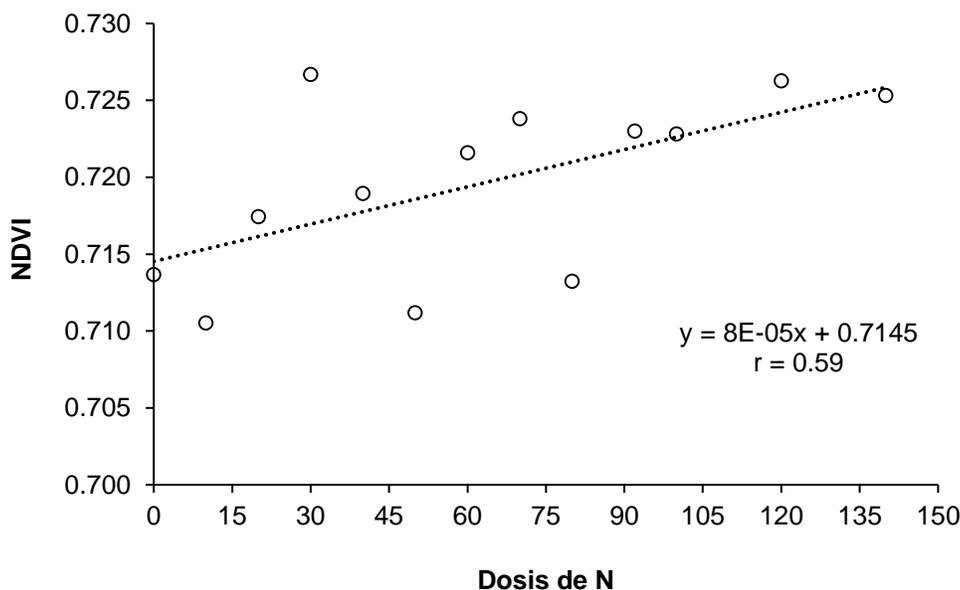


Figura 4. Respuesta del NDVI en función de la dosis de nitrógeno.

6.6. Peso parcela útil, peso limpio

La mayor producción en peso parcela útil fue para Blanoro con una media de 2,339.75 kg ha⁻¹ al aplicarle 30 kg ha⁻¹ de N, mientras que Blanco Sinaloa obtuvo el menor rendimiento con \bar{X} = 1905.25 kg ha⁻¹ sin fertilización. El peso limpio de grano alcanzó máximos y mínimos con la concentración de 30 kg ha⁻¹ de N con valores de \bar{X} = 2179.25 kg ha⁻¹ en Jumbo y \bar{X} = 1548.25 para la variedad Blanco Sinaloa, de manera respectiva (Cuadro 9).

6.7. Calibre, porcentaje de exportación y rendimiento de grano.

El calibre más alto fue para Blanco Sinaloa con promedio de 61.75 granos/30 g con la dosis 50 kg ha⁻¹ superando a Blanoro, Jumbo y Costa 2004, esta última fue de menor calibre con \bar{X} = 44.00 granos/30 g con la dosis de 30 kg ha⁻¹ de N. El porcentaje más alto de exportación lo presentó Costa 2004 con 96.78 % con dosis de 60 kg ha⁻¹ de N mientras que Blanco Sinaloa se mostró porcentaje más bajo (80.32 %) con 70 kg ha⁻¹ (Cuadro 10).

Las dosis de N estudiadas en el cultivo de garbanzo no tuvieron efecto significativo en el calibre, ni en rendimiento, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Dibut *et al.* (2005) y Aliloo *et al.* (2012), quienes registraron que el peso de 100 granos de garbanzo no presentó diferencias significativas al incrementar las dosis de N de 0, 30, 50 y 100 kg ha⁻¹; asimismo coincide Walley *et al.* (2005), quienes indican que el rendimiento de grano de garbanzo kabuli no mostró diferencias en dosis de 0, 15, 30 y 40 kg ha⁻¹ de N, evaluadas entre 1996 y 1998, en siete localidades de Saskatchewan, Canadá. También concuerda con la GRDC (2012) ya que no obtuvieron incremento en rendimiento de grano de garbanzo al evaluar dosis de 0, 23 y 46 kg ha⁻¹ de N. Pero los resultados obtenidos en este estudio difieren con López *et al.* (2004), quienes reportaron que al incrementar las dosis de N aumenta el rendimiento y tampoco coinciden con Namvar *et al.* (2011), quienes obtuvieron respuesta positiva en biomasa, peso de 100 granos y rendimiento de grano al incrementar las dosis de N de 0, 50, 75 y 100 kg ha⁻¹ de UREA.

Cuadro 9. Peso parcela útil y peso limpio de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013, Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha	BLANCO SINALOA		BLANORO	
	Peso parcela útil ($\bar{X} \pm DE$)	Peso limpio ($\bar{X} \pm DE$)	Peso parcela útil ($\bar{X} \pm DE$)	Peso limpio ($\bar{X} \pm DE$)
0	1905.25 ± 163.57	1537.75 ± 195.35	2191.75 ± 172.12	1980.00 ± 95.95
10	1898.75 ± 195.55	1540.50 ± 185.98	2045.75 ± 139.78	1833.75 ± 123.39
20	1677.00 ± 167.80	1383.25 ± 660.35	2201.00 ± 130.53	1993.75 ± 87.79
30	1885.00 ± 186.79	1548.25 ± 223.63	2339.75 ± 285.64	2155.25 ± 290.15
40	1713.50 ± 182.81	1402.50 ± 176.53	2063.25 ± 220.83	1911.75 ± 230.75
50	1750.25 ± 113.78	1418.75 ± 121.86	1998.50 ± 323.18	1807.75 ± 283.02
60	1754.25 ± 365.59	1425.75 ± 263.31	2236.00 ± 245.28	2070.50 ± 244.82
70	1821.25 ± 142.89	1462.75 ± 130.57	2194.00 ± 154.87	1990.05 ± 22.75
80	1850.75 ± 530.19	1508.25 ± 580.11	2114.50 ± 105.17	1947.00 ± 43.32
92	1796.25 ± 224.33	1463.75 ± 212.40	2135.50 ± 318.85	2034.50 ± 175.16
100	1643.50 ± 311.72	1489.00 ± 339.07	2116.50 ± 154.58	1951.00 ± 93.77
120	1817.75 ± 127.84	1497.50 ± 118.06	2268.00 ± 226.53	2001.50 ± 336.37
140	1622.50 ± 950.79	1334.25 ± 118.57	2105.75 ± 338.37	1948.50 ± 355.14

DOSIS Kg ha	COSTA 2004		JUMBO 2010	
	Peso parcela útil ($\bar{X} \pm DE$)	Peso limpio ($\bar{X} \pm DE$)	Peso parcela útil ($\bar{X} \pm DE$)	Peso limpio ($\bar{X} \pm DE$)
0	1947.00 ± 81.44	1859.25 ± 94.57	2079.75 ± 51.87	1966.75 ± 63.97
10	1854.75 ± 175.49	1767.00 ± 158.97	2030.75 ± 124.87	1915.75 ± 148.09
20	2047.75 ± 91.97	1953.50 ± 90.16	1748.50 ± 185.40	1645.00 ± 163.79
30	2004.75 ± 96.58	1916.25 ± 78.86	2271.25 ± 163.75	2152.25 ± 143.28
40	1945.00 ± 342.03	1876.00 ± 350.15	2116.50 ± 135.03	1995.25 ± 105.42
50	2042.50 ± 109.43	1945.75 ± 108.33	1883.25 ± 157.97	1786.25 ± 128.60
60	1937.00 ± 163.09	1875.00 ± 164.27	2179.50 ± 75.09	2067.75 ± 73.58
70	2053.25 ± 190.27	1968.50 ± 172.53	2282.25 ± 6859	2179.25 ± 7569
80	1893.25 ± 149.44	1806.25 ± 133.19	2069.25 ± 94.44	1986.25 ± 102.87
92	2229.25 ± 71.83	2144.75 ± 65.88	1981.50 ± 363.50	1886.00 ± 333.24
100	1955.50 ± 111.11	1879.75 ± 119.52	2100.75 ± 141.15	1994.00 ± 137.00
120	2071.50 ± 302.08	1976.50 ± 269.29	1884.00 ± 245.03	1787.00 ± 210.95
140	2143.25 ± 330.97	2072.75 ± 302.58	2136.50 ± 289.71	2034.50 ± 285.98

\bar{X} , media. DE, desviación estándar.

Cuadro 10. Calibre de grano y porcentaje de exportación de cuatro variedades de garbanzo cultivadas en distintas dosis de nitrógeno durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2013, Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

DOSIS Kg ha	BLANCO SINALOA		BLANORO	
	Calibre ($\bar{X} \pm D.E.$)	% Exportación ($\bar{X} \pm D.E.$)	Calibre ($\bar{X} \pm D.E.$)	% Exportación ($\bar{X} \pm D.E.$)
0	59.25 ± 3.59	80.51 ± 3.99	46.00 ± 2.58	90.53 ± 3.96
10	55.75 ± 2.06	81.08 ± 3.37	45.25 ± 2.50	89.78 ± 6.07
20	58.00 ± 3.46	82.83 ± 5.03	48.00 ± 2.45	90.66 ± 2.73
30	58.25 ± 4.57	81.94 ± 5.99	46.50 ± 1.29	92.03 ± 2.98
40	60.75 ± 2.99	81.75 ± 2.90	47.25 ± 1.26	92.58 ± 2.55
50	61.75 ± 2.06	81.00 ± 2.87	45.75 ± 0.50	90.67 ± 4.74
60	58.00 ± 1.83	81.59 ± 2.87	48.00 ± 2.71	92.54 ± 2.18
70	60.00 ± 4.24	80.32 ± 3.95	45.75 ± 1.26	91.01 ± 5.45
80	57.50 ± 1.00	81.50 ± 2.46	46.75 ± 1.89	92.20 ± 3.62
92	59.50 ± 4.51	81.36 ± 4.38	47.00 ± 3.56	92.24 ± 0.49
100	55.25 ± 1.26	87.73 ± 5.02	45.00 ± 1.41	92.33 ± 3.62
120	57.75 ± 0.96	82.35 ± 1.60	44.75 ± 2.06	87.83 ± 5.93
140	58.25 ± 3.30	82.14 ± 3.20	47.50 ± 3.11	92.25 ± 2.68

DOSIS Kg ha	COSTA 2004		JUMBO 2010	
	Calibre ($\bar{X} \pm DE$)	% Exportación ($\bar{X} \pm DE$)	Calibre ($\bar{X} \pm DE$)	% Exportación ($\bar{X} \pm DE$)
0	43.75 ± 2.63	95.46 ± 0.92	45.75 ± 2.87	94.55 ± 0.96
10	42.25 ± 2.22	95.30 ± 0.64	47.25 ± 2.36	94.27 ± 1.49
20	41.25 ± 2.36	95.39 ± 0.41	47.00 ± 3.56	94.12 ± 0.77
30	44.00 ± 1.41	95.61 ± 1.03	47.25 ± 2.99	94.79 ± 1.21
40	42.25 ± 3.50	96.30 ± 1.22	44.50 ± 2.65	94.33 ± 1.87
50	41.75 ± 3.10	95.25 ± 0.66	46.25 ± 2.99	94.92 ± 1.24
60	40.50 ± 3.00	96.78 ± 0.88	45.25 ± 3.59	94.87 ± 0.3
70	42.00 ± 4.24	95.90 ± 0.56	44.50 ± 2.38	95.47 ± 0.62
80	42.25 ± 2.36	95.43 ± 0.98	45.50 ± 3.70	95.97 ± 0.88
92	40.25 ± 2.87	96.21 ± 0.29	43.50 ± 3.00	95.27 ± 0.72
100	40.75 ± 2.75	96.09 ± 1.07	43.25 ± 1.50	94.91 ± 1.16
120	43.25 ± 1.89	95.51 ± 1.07	47.00 ± 3.56	94.96 ± 1.32
140	42.25 ± 3.77	96.83 ± 1.60	44.25 ± 2.63	95.16 ± 1.22

\bar{X} , media. DE, desviación estándar.

El rendimiento y el calibre de grano fue significativamente diferente entre genotipos (Cuadro 11), el cultivar Blanco Sinaloa 92 presentó el menor rendimiento (2,778.68 kg ha⁻¹) y fue diferente a las demás variedades ($P \leq 0.01$, DMS= 183.48), las cuales superaron los 3,000 kg ha⁻¹, lo anterior pone en manifiesto el avance del mejoramiento genético ya que Costa 2004, Jumbo 2010 y Blanoro son materiales de formación más reciente y todas provienen de cruces donde se utilizó Blanco Sinaloa 92. Lo contrario ocurrió con el calibre de grano, donde Blanco Sinaloa presentó 58.5 granos en 30 g ($P \leq 0.01$, DMS= 1.69), lo cual puede explicar en parte su bajo rendimiento, ya que manifiesta el menor peso del grano, ambas variables presentan una asociación lineal negativa ($r = -0.64$, $P \leq 0.001$) (Figura 4).

Cuadro 11. Rendimiento y calibre de grano en garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en el norte de Sinaloa. Ciclo otoño-invierno 2013/2014.

Cultivar	Calibre	Rendimiento
Blanoro	42.04 B	3372.2 A
Jumbo 2010	45.46 B	3213.01 AB
Costa 2004	46.34 C	3140.01 B
Blanco Sinaloa 92	58.49 A	2778.68 C
Media	48.11	3125.98
CV	5.73	10.49
DMS ($P \leq 0.001$)	1.69	183.48

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. CV, coeficiente de variación. DMS, diferencia mínima significativa.

La respuesta similar observada en calibre y rendimiento de grano en garbanzo con las dosis de N utilizadas, se puede atribuir al nitrógeno mineral presente en el suelo, así es posible que el N residual es suficiente para satisfacer la demanda del cultivo y no limitar el rendimiento; estos resultados refuerzan lo señalado por Ahlawat *et al.* (2007), quienes indican que el garbanzo es un cultivo rustico tiene buena producción aún en suelos marginales. Aunado a lo anterior se considera que la semilla de esta fabácea presenta alto contenido de N y de acuerdo con Ahlawat *et al.* (2007) contribuye a satisfacer la demanda de este nutrimento a nivel de plántula. De acuerdo a lo anterior es posible reducir la dosis de nitrógeno en el cultivo de garbanzo sin afectar el

rendimiento, lo anterior favorece la rentabilidad del cultivo y reduce la contaminación del ambiente.

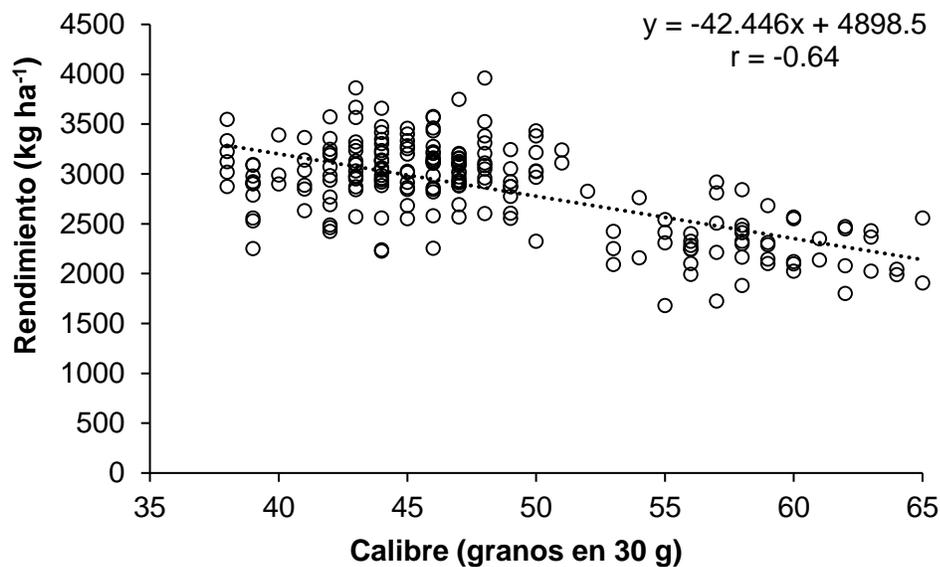


Figura 5. Relación entre el calibre y rendimiento de grano.

Con los valores medios por dosis de nitrógeno para rendimiento y NDVI se obtuvo una tendencia lineal positiva, con correlación de 0.74, ($P \leq 0.0038$) (Figura 5), lo cual coincide con los resultados obtenidos en garbanzo por Menon *et al.* (2002), quienes señalan un valor de correlación de 0.89. Sankaran *et al.* (2016) reportan correlación de 0.71 entre el NDVI obtenido a los 68 días después de la siembra y el rendimiento de grano. La relación entre el NDVI y rendimiento de grano también se reporta en cereales (Rembold *et al.*, 2013).

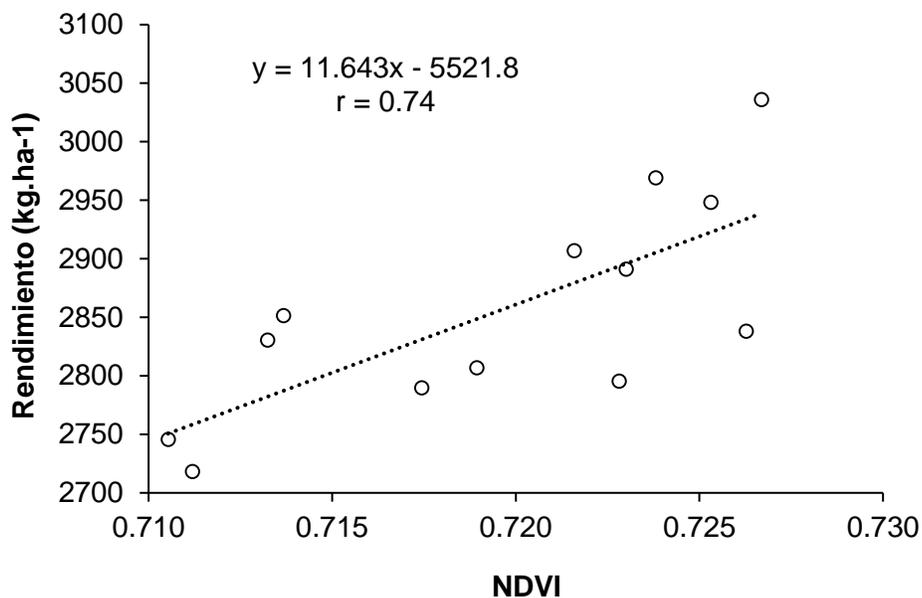


Figura 6. Relación entre el NDVI y rendimiento de grano de garbanzo.

VII. CONCLUSIONES

Los días a ocurrencia de las fases fenológicas de las variedades de garbanzo no fueron afectados por las dosis de nitrógeno, así como tampoco hubo incremento de rendimiento, ni en calibre de exportación. El bajo contenido de N residual presente en el suelo fue suficiente para producir rendimiento de grano similar a cuando se aplicó nitrógeno a base de UREA.

LITERATURA CITADA

- Ahlawat I. P., Gangaiah B. and Zadid M. A. 2007. Nutrient management in chickpea. *In: Yadav S. S., Redden R., Chen W. and Sharma B. (Eds). Chickpea breeding and management. CABI, UK, Cromwell Press, Trowbridge. pp. 213-232.*
- Aliloo A. A., Khorsandy H., Mustafavi S.H., 2012. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to nitrogen applications at vegetative and reproductive stages. *Cercetări Agronomice în Moldova. 65(4): 49-55.*
- Amanullah J., Mohamad B. and Amanullah 2013. Response of chickpea to nitrogen sources under salinity stress, *Journal of Plant Nutrition, 36(9):1373-1382. doi: 10.1080/01904167.2013.792837.*
- Apáez B. M., Escalante E. J. A., Rodríguez G. M. T. y Apáez B. P. 2015. Rendimiento de garbanzo en función del tipo de suelo y niveles de nitrógeno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 13: 295-299.*
- Aragón P. de L. L. H. 1995. Factibilidades agrícolas y forestales en la República Mexicana. Ed. Trillas. México. 177 p.
- Armenta-Bojorquez A.D., C. García-Gutiérrez, R. Camacho-Báez, M. A. Apodaca-Sánchez, L. Gerardo-Montoya, E. Nava-Pérez. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai 6(1): 51-56.*
- Barari T. D., Daneshian J., Amiri E., Rad A. H. S. and Moumeni A. 2013. Investigation Chlorophyll Condition at Different Nitrogen Fertilization Methods in Rice by Applied Mathematics Relations (*Oryza sativa*). *Middle-East Journal of Scientific Research 14(8): 1056-1058.*
- Berger J. D., Buck R. P., Henzell J. M., Turner N. C. 2005. Evolution in the genus *Cicer*- vernalization response and low temperature pod set in chickpea (*C. arietinum* L.) and its annual wild relatives. *Australian Journal of Agricultural Research. 56: 1191-1200.*
- Bremmer L. M. and Mulvaney C. S. 1982. Total nitrogen. *In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (Agronomy 9). Page, R., H.*

- Miller and D.R. Keeney (Eds): 2nd edition. ASA, S.S.A. Madison, Wisconsin, USA. pp. 595- 634.
- Bhattacharya A. and Ali M. 2002. Physiological traits and seed yield in chickpea under high nitrogen input. *Legume Research* 25: 9-14.
- Miller and D.R. Keeney (Eds): 2nd edition. ASA, S.S.A. Madison, Wisconsin, USA. pp. 595- 634.
- Caliskan S., Ozkaya I., Caliskan M. E., Arslan M. 2008. The effect of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean type soil. *Field Crops Research*. 108: 126-132.
- CEVAF (Campo Experimental Valle del Fuerte) 2003. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola para el Área de Influencia del Campo Agrícola Experimental Valle del Fuerte. INIFAP-CIRNO. Juan José Ríos, Agenda Técnica, Sexta edición. Sinaloa México. 208 p.
- Chena G. R., Crispín A. y Larrea E. 1978. El cultivo del garbanzo. *In: Producción de granos y forrajes*. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 469-499.
- Daba K., Warkentin T. D., Bueckert R., Todd C. D. and Tar'an B. 2016. Determination of Photoperiod-Sensitive Phase in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00478.
- De Miguel G. E. 1991. El garbanzo: una alternativa para el secano. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 134 p.
- Dibut B., Shagardsky T., Martínez R., Ortega M., Ríos Y y Fey, L., 2005. Biofertilización del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con *Mesorhizobium cicerii* cultivado sobre suelo ferralítico rojo. *Cultivos Tropicales*, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba 26(1): 5-9.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

- Gan Y., Zentner R. P., McDonald C. L., Warkentin T., and Vandenberg A. 2009. Adaptability of chickpea in northern high latitude areas—maturity responses. *Agricultural and forest meteorology*, 149(3): 711-720.
- Gan Y.T., Miller P. R., McConkey B. G., Zentner R. P., Stevenson F. C. and McDonald C. L. 2003. Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 95: 245–252.
- Ganeshamurthy A. N. and Reddy K. S. 2000. Effect of integrated use of farm yard manure and sulfur in soybean and wheat cropping system on nodulation, dry matter production and chlorophyll content of soybean on swell shrink soils in central India. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 185: 191-197.
- Ghanem A. R., Boggs L. C., Smith L. J. and Vandemark G. J., 2012. Nitrogen Fixation by US and Middle Eastern Chickpeas with Commercial and Wild Middle Eastern Inocula. *Soil Science*. 2012:1-5.
- Gispert C. y Prats J. 1985. Práctica de los cultivos. In: *Biblioteca práctica agrícola ganadera*. Editorial Océano. México, D.F. 223 p.
- GRDC (Grains Research and Development Corporation) 2012. Nitrogen Application in Chickpeas 2012 Results in a Nutshell. 15 p.
- Havlin, J. L.; Beaton, J. D. Tisdale, S. L. y W. L. Nelson. 2014. Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management (Eight ed.): North Carolina State University. Pearson Prentice Hall. 528 p.
- Herridge D. F., Marcellos H., Felton W. L., Turner G. L. and Peoples M. B. 1995. Chickpea increases soil-N fertility in cereal systems through nitrate sparing and N₂ fixation. *Soil Biology and Biochemistry*. 27: 545-551.
- Islam M., Mohsan S. and Ali S. 2012. Efecto de diferentes niveles de fósforo y azufre en el nitrógeno consumido y fijado por el garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Agrociencia* 46: 1-13.

- Jukanti A. K., Gaur P. M., Gowda C. L. L. and Chibbar R. N. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*. 1008: 11-26.
- Kamithi D. K., Kibe A. M. and Akuja T. E. 2009. Effects of nitrogen fertilizer and plant population on growth, yield and harvest index (HI) of chickpea under dryland conditions in Kenya. *Journal of Applied Biosciences*. 22: 1359-1367.
- Kashiwagi J., Krishnamurthy L., Crouch J. H., and Serraj R. 2006. Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. *Field Crops Research*. 95: 171-181.
- Kashiwagi J., Upadhyaya H. D. and Krishnamurthy L. 2010. Significance and genetic diversity of SPAD chlorophyll meter Reading (SCMR) in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm in the semiarid environments. *Journal of Food Legumes*. 23(2): 99-105.
- Khamssi N. N., Ghassemi G. K., Zehtab S. S. and Najaphy A. 2010. Effects of water deficit stress on field performance of chickpea cultivars. *African Journal of Agricultural Research*. 5(15): 1973-1977.
- Kurdali F. 1996. Nitrogen and phosphorus assimilation, mobilization and partitioning in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*. 47:81-92.
- Kurdali F., Al-Ain F. and Al-Shamma M. 2002. Nodulation, dry matter production, and N₂ fixation by fababean and chickpea as affected by soil moisture and potassium fertilizer. *Journal of Plant Nutrition*. 25(2): 355-368.
- Ladizinsky and Adler. A. 1976. The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. *Euphytica*. 25: 211-217.
- Lafond G., Johnston E. and Nybo B. 2002. Lentil yield – starter nitrogen fertilizer and inoculant effects. *Agri-Food Innovation Fund research report 2002*. Saskatchewan, SK.

- Lan Y., Zhang H., Lacey R., Hoffmann W. C. and Wu W. 2009. Development of an integration sensor and instrumentation system for measuring crop conditions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.11: 1-16.
- Lemke R. L., Zhong Z., Campbell C. A. and Zentner R. P. 2007. Can pulse crops play a role in mitigating greenhouse gases from North American agriculture? *Agronomy Journal*. 99: 1719-1725.
- López B. L., López B. R.J., Castillo, J. E. and López B. F. J. 2004. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat I. Biomass and seed yield. *Field Crops Research*. 88: 191-200.
- Manjarrez, S. P., Gómez, G. L. y Salinas, P. R. A. 2010. Formación de variedades de garbanzo para exportación en Sinaloa. En: *Avances de investigación 2009 del CEVACU. Publicación especial No. 12. INIFAP*. 87 p.
- Manjarrez, S. P., Salinas P. R. A, Ramírez S. M. y Gómez G. L. 2011. Formación de variedades de garbanzo blanco de exportación en Sinaloa. *En: Avances de investigación 2010 del CEVACU pp. 23-29. Publicación especial No. 13. INIFAP*. 100 p.
- Manjarrez S. P., Gómez G. R. M., Salinas P. R. A., Gómez G. L. y Armenta S. J. L. 2004. Blanco Sinaloa-92: Caso exitoso del mejoramiento genético de garbanzo en Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Folleto Técnico No. 52*. 21 p.
- McConnell J. T., Miller P. R., Lawrence R. L., Engel R. and Nielsen G. A. 2002. Managing inoculation failure of field pea and chickpea based on spectral responses. *Canadian Journal of Plant Science*. 82: 273-282.
- Menon M., Rao T. V. and Joshi R. C. 2002. Spectral characteristics and growth of rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to agronomic practices. *Journal of Agricultural Physics*. 2(1): 46-51.

- Miller P. R., Gan Y., McConkey B. G. and McDonald, C. L. 2003. Pulse crops for the northern Great Plains: I. Grain productivity and residual effects on soil water and nitrogen. *Agronomy Journal*. 95: 972-979.
- Mohammadi K., Ghalavand A., Aghaalikhani M. and Eskandari M. 2009. Increasing Chickpea Quality and Agroecosystem Sustainability Using Organic and Natural Resources. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 3(9): 481-488.
- Morales G. J. A., Manjarrez S. P., Castillo T. N., Salinas P. R., Montoya C. L. y Padilla V. I. 2005. Costa 2004: nueva variedad de garbanzo blanco para la Costa de Hermosillo. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora. Folleto técnico No. 28. 20 p.
- Muy-Rangel M. D., Verdugo-Perales M., Osuna-Enciso T., Báez-Sañudo M. A., Basilio-Heredia J., Valdez-Torres B., Contreras M. R., Sañudo-Barajas J. A. y Campos-Sauceda J. P. 2011. Caracterización del garbanzo verde (*Cicer arietinum* L.) y tecnologías poscosecha para mantener su calidad. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17(1): 39-45.
- Namvar A., Sharifi R. S. and Khandan T. 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. *Ekologija*. 57(3): 97-108.
- Namvar A. and Sharifi, R. S. 2011. Phenological and morphological response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to symbiotic and mineral nitrogen fertilization. *Žemdirbystė-Agriculture*. 98(2): 121-130.
- Nandasena K., Yates R., Tiwari R., O'Hara G., Howieson J., Ninawi M., Chertkov O., Detter C., Tapia R., Han S., Woyke T., Pitluck S., Nolan M., Land M., Liolios K., Pati A., Copeland A., Kyripides N., Ivanova N., Goodwin L., Meenakshi U. and Reeve W. 2014. Complete genome sequence of *Mesorhizobium ciceri* bv. *biserrulae* type strain (WSM1271^T). *Standards in Genomic Sciences*. 9(3): 462-472. doi: 10.4056/sigs.4458283.

- Mantri N. L., Ford R., Coram T. E. and Pang E. C. 2007. Transcriptional profiling of chickpea genes differentially regulated in response to high-salinity, cold and drought. *BMC Genomics*. 8(1). doi:10.1186/1471-2164-8-303.
- Núñez M. J., Herrera G. R. y Zamudio G. B., 2004. Nutrición y fertilización. *En: Morales G.J.A., L. Jorge D. N., G. Martínez D., J. Humberto N.M., A. A. Fú C. (Eds). El cultivo de garbanzo blanco en Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. Libro técnico No. 6. 269 p.*
- Ogutcu H., Algur O. F., Elkoca E., Kantar. 2008. The determination of symbiotic effectiveness of *Rhizobium* strains isolated from wild chickpea collected from high altitudes in Erzurum. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 32: 241-248.
- Ortega-Murrieta P.F., P. Manjarrez-Sandoval., G. A. Fierros-Leyva, R. A. Salinas P.I. Padilla-Valenzuela, E. Gutiérrez-Pérez, N. Castillo-Torres. 2013. Blanco: Nueva Variedad de Garbanzo Blanco para Exportación. INIFAP Campo Experimental Costa de Hermosillo. Sonora, México. Folleto Técnico Núm. 45. 22 p.
- Padilla V. I., Valenzuela, R. I. V., Armenta C. R. A., Salinas P. R. A. y Sánchez S. E. 2008. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el valle del Mayo, Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(1): 43-49.
- Rembold F., Atzberger C., Savin I. and Rojas O. 2013. Using low resolution satellite imagery for yield prediction and yield anomaly detection. *Remote Sensing*. 5(4): 1704-1733.
- Rennie, R. J. and Dubetz, S. 1986. Nitrogen-15- determined nitrogen fixation in field-grown chickpea, lentil, fababean, and field pea. *Agronomy Journal*. 78: 654-660.
- Roberts E. H., Hadley P. and Summerfield R. J. 1985. Effects of temperature and photoperiod on flowering in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Annals of Botany*. 55: 881-892.

- Saberioon M. M., Amin M. S. M., Aimrun W., Anuar A. R. and Gholizadeh A. 2013. Multi-Spectral images tetracam agriculture digital camera to estimate nitrogen and grain yield of rice at different growth stages. *Philippine Agricultural Scientist*. 96(1): 116-121.
- Salinas, P. R. A., Cortez M. E. y Macias C. J., 2008. Guía para producir garbanzo en el norte de Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Los Mochis, Sinaloa, México. Folleto Técnico No. 29. 44 p.
- Salvagiotti F., Cassman K. G., Specht J. E., Walters D. T., Weiss A. and Dobermann A. R., 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Agronomy -Faculty Publications*. Paper 133.
- Sankaran S., Khot L. R., Quirós J., Vandemark G. J. and McGee R. J. 2016. UAV-based high-throughput phenotyping in legume crops. *In: SPIE Commercial+ Scientific Sensing and Imaging International Society for Optics and Photonics*. pp. 98660G-98660G.
- Sánchez-Rodríguez A. R., del Campillo M. C., Torrent J. and Jones D. L. 2014. Organic acids alleviate iron chlorosis in chickpea grown on two p-fertilized soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 14(2): 292-303.
- Saxena N. P., and Shelldrake A. R. 1980. Physiology of growth, development, and yield of chickpeas in India. *In: Green J. M., Nene Y. L. and Smithson L. B. (Eds). Proceedings of the International Workshop on Chickpea Improvement*. ICRISAT. Hyderabad, AP, India. pp.106-120.
- Sharma P. and Khurana A. S., 2001. Effect of dual inoculation with Rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhiza in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at varying nitrogen levels. *Tropical Agricultural Research and Extension*. 4(1): 52-53.
- Schlegel A. J. 2005. Challenging approaches to nitrogen fertilizer recommendations in continuous cropping systems in the Great Plains. *Agronomy Journal*. 97:391

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2015. Avance de siembras y cosechas. [En línea]: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado el 12 de noviembre de 2015).
- Sillero J. C., Moreno-Alías I. and Rubiales D. 2012. Identification and characterization of resistance to rust (*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd) in a germplasm collection of *Cicer spp.* Euphytica. 188(2): 229-238.
- Summerfield R. J. and Roberts E. H. 1985. *Cicer arietinum*. In: Halevy A. H. (Ed). Handbook of Flowering. Boca Raton, Florida: CRC Press, Volume I. pp. 92-99.
- Ulemale C.S., Mate S.N. and Deshmukh D.V. 2013. Physiological indices for drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). World Journal of Agricultural Sciences. 9(2): 123-131.
- USDA (United States Department of Agriculture) 2005. GRIN species of Cicer. Disponible en: www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/splist.pl?2600. (Consultado el 08 de noviembre de 2015).
- van der Maesen, L. J. G. 1972. *Cicer* L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and distribution. Mendelingen Landbouwhogeschool Wageningen, Wageningen, The Netherlands. 1-341.
- Vavilov 1926. Studies on the origin of cultivated plants. Leningrad: 129-138.
- Walley, F. L., Clayton, G. W., Miller, P. R., Carr, P. M. and Lafond, G. P. 2007. Nitrogen economy of pulse crop production in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 99: 1710-1718.
- Walley F. L., Boahen S. K., Hnatowich G. and Stevenson C. 2005. Nitrogen and phosphorus fertility management for Desi and Kabuli chickpea. Canadian Journal of Plant Science. 85: 73-79.
- Walter, A., Liebisch, F., and Hund, A. 2015. Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. Plant Methods. 11(1): 1. doi: 10.1186/s13007-015-0056-8.

- Werner D. 2005. Production and biological nitrogen fixation of tropical legumes. *In*: Dietrich W. and Newton W. (Eds). Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment. Springer: Dordrecht, The Netherlands, Vol.4. pp. 1-13.
- Wood J. A. and Grusak M. A. 2007. Nutritional Value of Chickpea. *In*: Yadav S. S., Redden R., Chen W. and Sharma B. (Eds). Chickpea breeding and management, CABI, UK, Cromwell Press, Trowbridge. pp. 101-142.
- Zahran H. H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63: 968-89.
- Zia-UI-Haq M., Iqbal S., Ahmad S., Imran M., Niaz A. and Bhangar M. I. 2007. Nutritional and compositional study of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Punjab, Pakistan. *Food Chemistry*. 105(4):1357-1363.