

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



Universidad Autónoma  
de Sinaloa  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
Coordinación de Posgrado  
Culiacán, Sinaloa, México.

**TESIS**

**PROPIEDADES FÍSICAS, AGRONÓMICAS Y CONTENIDO DE  
PROTEÍNA DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN AMBIENTES  
DEL NOROESTE DE MÉXICO**

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA**

**BIOL. MILAGROS RAMÍREZ SOTO**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA**

**DIRECTORA EXTERNA**

**DRA. MAR DE JESÚS HEÍRAS PALAZUELOS**

**CULIACÁN, SINALOA, MAYO DE 2013**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR MILAGROS RAMÍREZ SOTO, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:



**MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Universidad Autónoma  
de Sinaloa  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
Coordinación de Posgrado  
Culiacán, Sinaloa, México.

**CONSEJO PARTICULAR**

**DIRECTOR**

**DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA**

**DIRECTORA EXTERNA**

**DRA. MAR DE JESÚS HEÍRAS PALAZUELOS**

**ASESORA**

**DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ**

**ASESOR**

**DR. TOMÁS DÍAZ VALDÉS**

**ASESOR**

**M. C. FELIPE AYALA TAFOYA**

**CULIACÁN, SINALOA, MAYO DE 2013**



## DEDICATORIAS

### **A mis padres,**

Por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser un ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento. Por su paciencia, por confiar en mis decisiones, por enseñarme que no hay límites, que lo que me proponga lo puedo lograr y que solo depende de mí. Por llevarme en sus oraciones porque se que siempre lo hacen.

### **A mis hermanos,**

Que con su amor me han enseñado a salir adelante.

### **A mi hija,**

Cuantas veces en el camino para lograr este triunfo me sentí sin fuerza, sin ánimo o voluntad de seguir adelante, pero Tú mejor que nadie sabes quién soy...

Gracias por venir y cambiar mi vida, gracias por ser el motor que me impulsa a levantarme cada mañana, gracias por ser tú mi motivación en los momentos difíciles. Te lo entrego todo a ti, y me doy por bien servida sólo con verte despertar cada mañana, con esa sonrisa llena de ternura e inocencia, eso para mí es la bendición más grande que pueda existir.

No tengo Duda... Si algo bueno he hecho en esta vida, ya tuve mi mejor recompensa...

El haber sido yo la elegida para haberte dado la vida.

Te amo princesa.



Universidad Autónoma  
de Sinaloa  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
Coordinación de Posgrado  
Culiacán, Sinaloa, México.

## AGRADECIMIENTOS

La realización del presente proyecto no hubiera sido posible de no ser por las siguientes personas e instituciones:

Un sincero agradecimiento al CONACyT por financiar los estudios para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, por abrirme sus puertas y permitir formarme como un profesionalista en sus instalaciones.

A la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Al Ing. Lauro Gómez Gómez, por la oportunidad de permitir iniciarme en la investigación bajo su conducción, experiencia admirable, por la confianza depositada en mí, gracias por el cariño sobrado, los comentarios, anécdotas y experiencias compartidas.

Al Dr. Pedro Manjarrez Sandoval, por la confianza depositada en mi, por su cariño y protección, gracias por el impulso constante para superarme.

A la Dra. Mar de Jesús Heiras Palazuelos, por ser una pieza clave en la realización de este proyecto, su enorme paciencia, disposición en todo momento, por cuestionarme cada situación y ayudarme a buscar las respuestas a todas mis interrogantes y por su gran amistad.

A los Investigadores de INIFAP, M.C. Rafael Atanasio Salinas Pérez †, Ing. Gustavo Adolfo Fierros Leyva, M.C. Isidoro Padilla Valenzuela, Dr. Víctor Valenzuela Herrera,



M.Sc. Pedro Francisco Ortega Murrieta y Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos por su ayuda, paciencia, comentarios, apoyo, y sobre todo por su amistad, por escucharme y por estar siempre ahí. Gracias.

Al Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba y Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz por ser ejemplo de constancia y temperamento, gracias por todos los conocimientos transmitidos y sobre todo por su amistad. A los dos gracias por todas esas experiencias y vivencias.

Al Dr. Cuauhtémoc Reyes Moreno, Coordinador del Doctorado en Ciencias, Especialidad Biotecnología, por darme todas las facilidades para desarrollarme y trabajar en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la UAS.

Muy especialmente al Dr. Roberto Gutiérrez Dorado y al Lic. José Gallardo Martínez, por ser piezas claves en la realización de este proyecto y por su disposición en todo momento.

A mis amigos Nallely, Emilio, Jaime y Karina, por el apoyo incondicional mil y un gracias, por compartir este tiempo con ustedes aprendiendo lo mejor de cada uno y conviviendo siempre entre trabajo, diferencias, opiniones compartidas y risas.

A mis compañeros de generación, por su amistad y por hacer que estos años juntos fueran inolvidables, muchas gracias.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

## CONTENIDO

|                                                      | Página    |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción</b>                               | <b>1</b>  |
| <b>2. Planteamiento del problema</b>                 | <b>3</b>  |
| <b>3. Hipótesis</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>4. Objetivo general</b>                           | <b>3</b>  |
| <b>4.1. Objetivos específicos</b>                    | <b>3</b>  |
| <b>5. Revisión de literatura</b>                     | <b>5</b>  |
| <b>5.1. Origen e importancia y del garbanzo</b>      | <b>5</b>  |
| <b>5.2. Características de la planta de garbanzo</b> | <b>7</b>  |
| <b>5.3. Estadísticas de producción</b>               | <b>12</b> |
| <b>5.4. Composición y valor nutricional</b>          | <b>12</b> |
| <b>5.4.1. Proteínas</b>                              | <b>14</b> |
| <b>5.4.2. Lípidos</b>                                | <b>15</b> |
| <b>5.4.3. Vitaminas y minerales</b>                  | <b>15</b> |
| <b>5.4.4. Carbohidratos</b>                          | <b>16</b> |
| <b>5.4.5 Factores antinutricionales</b>              | <b>16</b> |
| <b>5.4.6 Inhibidores enzimáticos</b>                 | <b>17</b> |
| <b>5.4.6.1. Oligosacáridos</b>                       | <b>18</b> |
| <b>5.4.6.2. Taninos</b>                              | <b>19</b> |
| <b>5.4.6.3. Fitatos</b>                              | <b>19</b> |
| <b>5.4.6.4. Lectinas</b>                             | <b>20</b> |
| <b>5.5. Calidad del grano</b>                        | <b>20</b> |
| <b>5.5.1. Características de aceptabilidad</b>       | <b>21</b> |



|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.6. Efecto del genotipo y localidad de siembra en garbanzo                                                | 21 |
| 5.7. El garbanzo en el noroeste de México                                                                  | 22 |
| 5.7.1. Historia y perspectiva de la formación de variedades de garbanzo blanco para exportación en Sinaloa | 22 |
| 5.7.2. Mejoramiento de garbanzo en Sinaloa                                                                 | 23 |
| 5.7.2.1. Introducción del cultivo y la obtención de las primeras variedades                                | 24 |
| 5.7.3. Formación de variedades en México                                                                   | 25 |
| 5.7.4. Perspectivas en la formación de variedades de garbanzo                                              | 30 |
| 6. Materiales y métodos                                                                                    | 32 |
| 6.1. Localización                                                                                          | 32 |
| 6.2. Materiales                                                                                            | 32 |
| 6.3. Preparación del terreno                                                                               | 32 |
| 6.4. Establecimiento del experimento                                                                       | 33 |
| 6.5. Diseño experimental                                                                                   | 33 |
| 6.6. Manejo agronómico del material genético                                                               | 30 |
| 6.7. Caracterización física del grano de garbanzo                                                          | 34 |
| 6.8. Composición química del grano de garbanzo                                                             | 34 |
| 6.9. Caracterización fisicoquímica del grano de garbanzo                                                   | 35 |
| 7. Resultados y discusión                                                                                  | 36 |
| 8. Conclusiones                                                                                            | 85 |
| 9. Literatura citada                                                                                       | 87 |
| 10. Abreviaturas                                                                                           | 97 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |                                                                                                           | Página |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1.  | Estructura del grano de garbanzo                                                                          | 8      |
| Figura 2.  | Anatomía del grano de garbanzo                                                                            | 10     |
| Figura 3.  | Efecto que induce el genotipo sobre el largo grano de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)               | 38     |
| Figura 4.  | Efecto que induce el genotipo sobre el ancho de grano de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)            | 39     |
| Figura 5.  | Efecto que induce el genotipo sobre el calibre grano de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)             | 40     |
| Figura 6.  | Efecto que induce el genotipo sobre el peso de 100 granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)        | 42     |
| Figura 7.  | Efecto que induce el genotipo sobre el rendimiento de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)               | 43     |
| Figura 8.  | Efecto que induce el genotipo sobre el % de exportación de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)          | 44     |
| Figura 9.  | Efecto que induce el genotipo sobre la diferencia total de color de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.) | 46     |
| Figura 10. | Efecto que induce el genotipo sobre el contenido de proteína de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)     | 44     |
| Figura 11. | Efecto de la localidad de siembra sobre el largo del grano de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)       | 50     |
| Figura 12. | Efecto de la localidad de siembra sobre el ancho del grano de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)       | 50     |
| Figura 13. | Efecto de la localidad de siembra sobre el calibre garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                  | 52     |
| Figura 14. | Efecto de la localidad de siembra sobre peso de 100 granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)       | 53     |
| Figura 15. | Efecto de la localidad de siembra sobre el rendimiento de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)           | 55     |



|            |                                                                                                                                      |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 16. | Efecto de la localidad de siembra sobre el % exportación de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                                    | 56 |
| Figura 17. | Efecto de la localidad de siembra sobre la diferencia total de color de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                        | 57 |
| Figura 18. | Efecto de la localidad de siembra sobre el % de proteína de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                                    | 58 |
| Figura 19. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el largo de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                 | 69 |
| Figura 20. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el ancho de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                 | 70 |
| Figura 21. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el calibre de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)               | 71 |
| Figura 22. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el peso de 100 granos de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)    | 72 |
| Figura 23. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el rendimiento de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)           | 73 |
| Figura 24. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el % exportable de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)          | 74 |
| Figura 25. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre la diferencia total de color de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)            | 75 |
| Figura 26. | Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el contenido de proteína de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.) | 76 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|            |                                                                                                                                                             | Página |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Cuadro 1.  | Composición química de garbanzo                                                                                                                             | 13     |
| Cuadro 2.  | Factores antinutricionales de garbanzo                                                                                                                      | 17     |
| Cuadro 3.  | Promedios generales de las características físicas, rendimiento y porcentaje de exportación de granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)              | 36     |
| Cuadro 4.  | Efecto que induce el genotipo sobre la diferencia total de color y contenido de proteína cruda en granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)           | 45     |
| Cuadro 5.  | Efecto de localidad sobre características físicas en granos de genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                                           | 46     |
| Cuadro 6.  | Efecto de la localidad sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales en granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                              | 57     |
| Cuadro 7.  | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre las dimensiones físicas de granos de 9 genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)    | 60     |
| Cuadro 8.  | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el calibre de granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                                | 62     |
| Cuadro 9.  | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el Peso de 100 granos de granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                     | 62     |
| Cuadro 10. | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el rendimiento de granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)                            | 63     |
| Cuadro 11. | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el % de Exportación <sup>1</sup> de granos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.)          | 64     |
| Cuadro 12. | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre la Diferencia total de color en granos de genotipos de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L.) | 65     |
| Cuadro 13. | Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre contenido de proteína (% bs) de granos de genotipos                                          | 66     |



de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

|            |                                                                                                                                                                      |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 14. | Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Culiacán.   | 79 |
| Cuadro 15. | Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Los Mochis. | 80 |
| Cuadro 16. | Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Navojoa.    | 83 |
| Cuadro 17. | Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Hermosillo. | 84 |

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue precisar las propiedades físicas, agronómicas y contenido de proteína de nueve genotipos de garbanzo en las condiciones de cuatro localidades del Noroeste de México, para seleccionar materiales que superen a la variedad Blanco Sinaloa 92, en la mayor parte de los caracteres evaluados, aunque en rendimiento sean iguales a ésta. Las localidades fueron Culiacán, Los Mochis, Navojoa y Hermosillo, donde a tierra venida se sembraron 12 semillas por metro lineal de las líneas HOGA-021, HOGA-067, CUGA-05 2479, CUGA-05 1056, MOGA-65) y de las variedades Blanco Sinaloa-92, Costa-2004, Jumbo-2010 y Blanoro. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones, parcelas experimentales con cuatro surcos de 6.0 m de largo y parcela útil con dos surcos de 5.0 m de largo. Se fertilizó con 90 kg de N ha<sup>-1</sup> en presiembra, y se aplicaron cuatro riegos. Los genotipos formaron granos con longitud de 10.28-12.40 mm, calibre de 37-56 granos en 30 g, peso de 100 granos 53.22-80.59 g, rendimiento 1,432-2,385 kg ha<sup>-1</sup>, porcentaje de exportación 78-96 %, color 47.75-50.38 y contenido de proteína 18.89 a 22.04 %. En promedio de los cuatro ambientes, el calibre del grano fue de 45-46 granos en 30 g, peso de 100 granos de 57.70-68.04 g, rendimiento 1,322-2,603 kg ha<sup>-1</sup>, porcentaje de exportación 85-93%, color 48.88-50.21, y contenido de proteína 19.81-22.77%. La interacción genotipo ambiente fue significativa ( $p \leq 0.05$ ) para las características de color, calibre y peso del grano, así como para contenido de proteína, rendimiento y porcentaje de exportación de granos. No se observaron diferencias en longitud y ancho del grano. En los cuatro ambientes estudiados, el cultivar JUMBO 2010 superó a la variedad comercial Blanco Sinaloa 92 en los



caracteres físicos de largo, ancho, calibre y peso de 100 granos y porcentaje de exportación.

**Palabras clave:** *Cicer arietinum*, ambientes, rendimiento, contenido de proteína.

On the average of the four environments, the caliber of the grain was 45-46 grains in 30 g, weight of 1.33 grains and 57.70-60.04 g, yield 1.222 to 2.603 kg ha<sup>-1</sup>, percent of plants 1-94%, color 48.66-50.21, and protein content 19.51-22.77%. The genotype *SINALOA-82* was significant ( $p < 0.05$ ) for the characteristics of color, grain size and weight as well as protein content, yield and percentage grain export. No differences in length and width of the grain. The cultivar that surpassed the four environments white variety SINALOA-82 character in length, width, size and grain weight also in the respect of export share was JUMBO-2010.

**Key words:** *Cicer arietinum*, environments, yield, protein content.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the physical, agronomic and nine protein content of chickpea genotypes under the conditions of four locations in northwestern Mexico, to select materials that exceed the variety Blanco Sinaloa 92, most of the evaluated characters, although yield is equal to it. The localities were Culiacan, Los Mochis, Navojoa and Hermosillo, where coming ashore 12 seeds were sown per meter of HOGA-021 lines, HOGA-067, CUGA-05 2479, CUGA-05 1056, MOGA-65) and White varieties Sinaloa-92, Costa-2004, Jumbo-2010 and Blanoro. The experimental design was randomized complete block with four replications, experimental plots with four rows of 6.0 m long and useful plot with two rows 5.0 m long. Were fertilized with 90 kg N ha<sup>-1</sup> preplant and four were applied irrigations. The genotypes formed grains with length 10.28-12.40 mm, 37-56 gauge 30 g grain, 100-grain weight 53.22-80.59 g, yield 1,432 to 2,385 kg ha<sup>-1</sup>, export rate 78-96%, color 47.75-50.38 and protein content 18.89 to 22.04%.

The average of the four environments, the caliber of the grain was 45-46 grains in 30 g, weight of 100 grains of 57.70-68.04 g, yield 1.322 to 2.603 kg ha<sup>-1</sup>, percent of exports 85-93%, color 48.88-50.21, and protein content 19.81-22.77%. The genotype environment interaction was significant ( $p \leq 0.05$ ) for the characteristics of color, grain size and weight as well as protein content, yield and percentage grain export. No differences in length and width of the grain. The cultivar that surpassed the four environments white variety SINALOA 92 characters in length, width, size and grain weight also in the aspect of export share was JUMBO 2010.

Key words: *Cicer arietinum*, environments, yield, protein content.



## I. INTRODUCCIÓN

El garbanzo ha sido clasificado en la familia *Fabaceae*, tribu *Vicieae*, subfamilia *Papilionoides*, género *Cicer*, el cual comprende 39 especies conocidas. *Cicer arietinum* L es la única especie de importancia agronómica y económica (Crispín y López, 1976). El garbanzo está estrechamente relacionado con *C. pinnatifidum* y *C. echinospermun* y *C. bijugan*. Los orígenes primarios del garbanzo son India, Asia Central, Cercano Oriente y Zona Centro del Mediterráneo. La difusión del garbanzo en el continente americano se atribuye a Colón en su segundo viaje. El cultivo de garbanzo prosperó en diversas regiones de México, llegando después a competir con el garbanzo producido en España, en relación a su calidad y buenos rendimientos. Alrededor de 9,000 líneas de germoplasma se han recolectado a través del mundo y mantenido en el *International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropic* (ICRISAT) en Patancheru, India. La India es el mayor contribuyente a este banco de germoplasma (Chavan *et al.*, 1987).

La efectividad de la selección en cualquier cultivo depende de la amplitud de la variabilidad fenotípica y genotípica de diferentes poblaciones de estudio (Arora, 1991), por lo que se impone la necesidad de evaluar constantemente los genotipos que permitan disponer de una base genética amplia para dar respuesta a los diferentes factores bióticos y abióticos que limitan la producción del garbanzo (Shagarodsky *et al.*, 2001).

No obstante, investigaciones recientes han revelado que el comportamiento de los genotipos depende de su precocidad, así como de las condiciones de humedad y

nubosidad, por lo que suele encontrarse inconsistencia en los resultados experimentales de un año a otro (Padilla y Mendivil, 2003).

Sin embargo, la altura de plantas, el número de ramas primarias por planta y el número de vainas por planta, permiten describir el 64.3 % de la variación total, pero las variables que más contribuyen a la descripción son el rendimiento por unidad de superficie, rendimiento por planta y el porcentaje de plantas atacadas por *Heliothis virescens*; además, de acuerdo al rendimiento, los genotipos se pueden distribuir en dos grupos: uno caracterizado por el contenido de proteína inferior al 20 % y otro con proteína superior al 20 %, como ocurrió al estudiar 11 variedades y 8 líneas de garbanzo en Cuba (Shagarodsky *et al.*, 2001).

A través de un estudio realizado en el Valle del Mayo, Sonora, México, se observó que los genotipos L397E2, Progreso 95, Jamu 96 y T-2001 produjeron mayor rendimiento de grano que el testigo Blanco Sinaloa-92; además, el genotipo L397E2 tuvo mejor comportamiento en porcentaje de grano para exportación, mejor calibre de grano, mayor precocidad y, pese a la incidencia de roya, L397E2 fue el genotipo más viable para ser incorporado a la producción comercial en siembras tardías (Padilla *et al.*, 2008).

La interacción genotipo ambiente (GE) no es directamente observable en ensayos multiambientales, sino que es un concepto usado para contemplar la inconsistencia de diferencias entre los desempeños de los genotipos a través de los ambientes. Los estudios de interacción permiten clarificar el entendimiento de adaptaciones en sentido amplio y en sentido estricto (Kang *et al.*, 2004).



## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El efecto que inducen el material hereditario, el ambiente o la interacción genotipo ambiente, en los caracteres físicos, agronómicos y contenido de proteína del grano de garbanzo, es una acción no determinada para esta especie y, mucho menos, incluyendo cuatro ambientes del Noroeste de México, como lo son Culiacán y Los Mochis, Sinaloa, así como Navojoa y Hermosillo, Sonora.

## **III. HIPÓTESIS**

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una especie que, al igual que otras, expresa el rendimiento, contenido de proteína y demás caracteres en respuesta al genotipo, al ambiente y a la interacción genotipo ambiente.

## **IV. OBJETIVO GENERAL**

Conocer la respuesta del genotipo y medio ambiente sobre propiedades físicas, agronómicas y contenido de proteína de grano en cuatro condiciones ambientales del Noroeste de México, para seleccionar la o las líneas que superen a la variedad Blanco Sinaloa 92 en sus propiedades físicas y contenido de proteína, aunque en rendimiento sea igual a ésta.

### **4.1. Objetivos específicos**

1. Conocer el efecto que tiene el genotipo sobre las propiedades físicas, agronómicas y contenido de proteína de grano.

2. Determinar el efecto que ocasiona el ambiente sobre las propiedades físicas, agronómicas y contenido de proteína de grano.
3. Determinar el efecto de la interacción genotipo-ambiente sobre las propiedades físicas, agronómicas y contenido de proteína de grano.
4. Seleccionar la o las líneas que en propiedades físicas y contenido de proteína de grano superen a la variedad Blanco Sinaloa 92, aunque en rendimiento sean iguales a ésta.



## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Origen e importancia del garbanzo

De más de 1300 especies de leguminosas, solo alrededor de 20 se desarrollan comúnmente en diferentes partes del mundo y son usadas para el consumo humano. Los principales cultivos son: soya, cacahuete, frijol, chícharo, garbanzo y lenteja (Salunkhe y Kadam, 1989).

El garbanzo ha sido clasificado en la familia *Fabaceae*, tribu *Vicieae*, subfamilia *Papilionoides*, género *Cicer*, el cual comprende 39 especies conocidas. *Cicer arietinum* L. es la única especie de importancia económica y agronómica (Crispín y López, 1976). El garbanzo está estrechamente relacionado con *C. pinnatifidum* y *C. echinospermum* y *C. bijugan*. Los orígenes primarios del garbanzo son India, Asia Central, Cercano Oriente y Zona Centro del Mediterráneo. La difusión del garbanzo en el continente americano se atribuye a Colón en su segundo viaje. El cultivo de garbanzo prosperó en diversas regiones de México, llegando después a competir con el garbanzo producido en España, en relación a su calidad y buenos rendimientos. Alrededor de 9,000 líneas de germoplasma se han recolectado a través del mundo y mantenido en el (ICRISAT) en Patancheru, India. La India es el mayor contribuyente a este banco de germoplasma (Chavan *et al.*, 1987).

El garbanzo es una leguminosa de importancia comercial en el Noreste de México; los principales estados productores son Sinaloa, Sonora y Baja California Sur. Es una buena fuente de energía y proteínas (18-25 %, bs); además, posee importantes cantidades de algunas vitaminas (niacina, tiamina, ácido ascórbico) y minerales (Ca,

Fe, Cu, Zn, P, K y Mg) y es una excelente fuente de ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico). Sin embargo, posee factores indeseables como tiempo de cocción largo, inhibidores enzimáticos, lectinas, ácido fítico, y taninos (Chavan *et al.*, 1987).

La mayor parte de la producción nacional de garbanzo para consumo humano se destina a la exportación, la variedad más demandada es Blanco Sinaloa 92. Canadá, España y Australia han logrado generar variedades de garbanzo con características similares al Blanco Sinaloa 92 e inician una disputa por el mercado que tradicionalmente ha correspondido a México. Las variedades comerciales de mayor importancia en la última década son Mocerito 77, Surutato 88 y Blanco Sinaloa 92; esta última posee mejores características de calidad en cuanto al grano (mayor calibre, mejor color, capacidad de absorción de agua y calidad de cocción), (Reyes *et al.*, 2001).

Evidencias arqueológicas encontradas en Tell el-Kerkh, Siria, Asia, sugieren que la domesticación del garbanzo ocurrió alrededor 10,000 años a. c. En este lugar se identificaron 138 semillas/fragmentos de *Cicer arietinum* (11 completas, 65 medias y 62 fragmentos). La morfología de esta antigua semilla de garbanzo se contrastó con las especies silvestres *C. arietinum ssp. reticulatum*, *C. arietinum ssp. echinosperinimum* y *C. arietinum ssp. bijugum* así como cultivares modernos de *C. arietinum ssp. arietinum* (Tanno y Willcox, 2006).



## 5.2 Características de la planta de garbanzo

La planta de garbanzo es anual, alcanza de 30 a 50 cm de altura, su hábito de crecimiento varía de erecto a rastrero, es velluda y glandulosa, de hojas empararipinadas, sin zarcillos y uniformemente epuvinadas, con folíolos dentados típicos y estípulas lanceoladas y dentadas. Los tallos son del 1 a 3 cm de diámetro, con 3 a 10 ramas principales. La raíz es típica y puede desarrollar nódulos bacterianos. Las hojas están compuestas de 11 a 15 folíolos. Las flores se caracterizan por ser blancas, violetas, azul celeste o rosadas, con la corola formada por cinco pétalos desiguales. El fruto se presenta en vainas cuyo contenido es de una o dos semillas. Comúnmente son globosas y ligeramente aplastadas y lobuladas por un lado. Hilio en el ápice, puntiagudo con la calaza en medio, el extremo de la semilla es redondeado; su superficie es de tegumento ligeramente rugosa; los colores de la semilla, según la variedad, son blanco, mate, crema, café, rojizo y negro. El tamaño de los granos varía de grandes a medianos y pequeños; los primeros pesan 0.5 g o más, los segundos entre 0.1 y 0.15 g y los pequeños menos de 0.1 g (Coronel, 1980).

Los componentes principales del grano de garbanzo son testa y cotiledón. La primera representa del 5 al 6 % del peso del grano seco mientras que el cotiledón del 83 al 84 %. De acuerdo al cultivar, la forma del garbanzo puede ser redonda, semirredonda, arrugada, semiarrugada y exalbuminosa. Existen dos tipos de garbanzo en base a su color y distribución geográfica. Desi (origen en la India) que pueden ser de color café, café luminoso, amarillo, naranja, negro o verde y Kabuli

(origen en la región del Mediterráneo y el Medio Oriente de color blanco a crema (Chavan *et al.*, 1989).

Fig. 1. Estructura del grano de gerencia (Cubero, 1987)

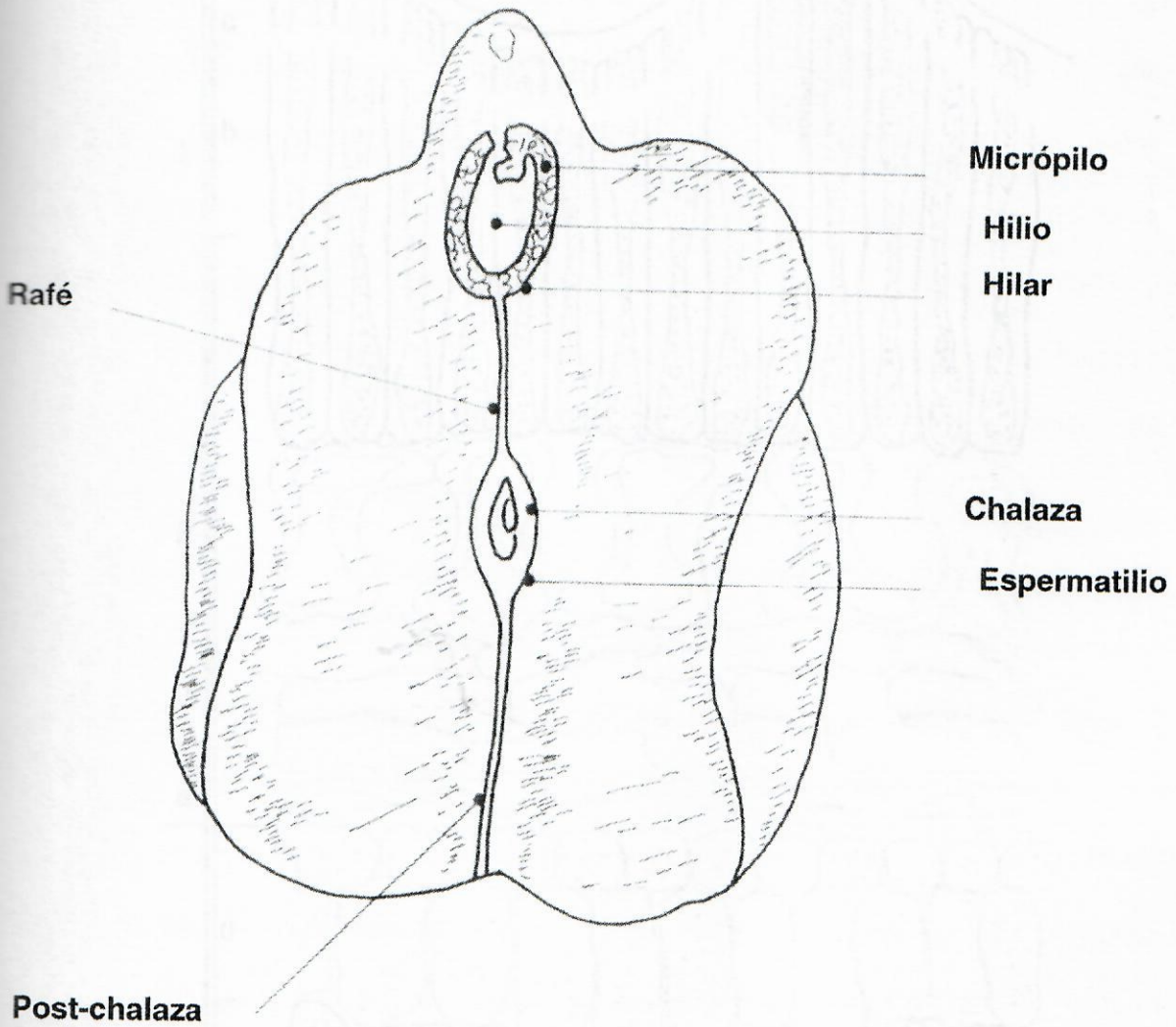
El grano posee una capa externa donde se presentan varias estructuras (Fig 1). Estas son: hilio, micrópilo y rafe. El hilio es una cicatriz ovalada, que se sitúa en la mitad de una orilla o filo del grano y que queda cuando se separa del pedúnculo de la vaina. El micrópilo es una pequeña abertura en la cubierta del grano, a un lado del hilio, que es el lugar donde el tubo polínico entra en el óvulo. El rafé es una pequeña costilla a lado del hilio, opuesta al micrópilo y representa la base del pedúnculo que en la madurez se encuentra fundido con la cubierta seminal (Cubero, 1987). Las partes anatómicas del grano son testa y cotiledones. La testa, capa exterior del grano, está formada por una cutícula que cubre una pared de células prismáticas contiguas llamadas células de empalizada (Fig 2). La dureza o impermeabilidad de la testa es causada por la contracción de las paredes de estas células. El papel de la testa es determinante en la absorción de agua, pero el papel de sus componentes no es totalmente claro (Kadam *et al.*, 1989). Los cotiledones están compuestos de numerosas células parenquimatosas, cuyo tamaño varía de 70 a 100  $\mu\text{m}$ , las cuales están unidas por la pared celular y la lámina media, y ocasionalmente agregados vasculares compuestos por un gran número de células densamente empacadas. Estas células contienen gránulos de almidón embebidos en una matriz proteínica que consiste de cuerpos proteínicos o granos de aleurona (Stanley y Aguilera, 1985).





Fig 2. Anatomía del grano de garbanzo (Cubero, 1987)

Fig 1. Estructura del grano de garbanzo (Cubero, 1987)



- 1. Células de empalizada
- 2. Hipodermis
- 3. Capa de células perispermáticas
- 4. Endosperma externo
- 5. Endosperma interno
- 6. Aleurona; b: células amiláceas

En México el grano de garbanzo es de dos tipos: Blanco, para consumo humano, y negro o café para raciones balanceadas en la ganadería. La importancia del garbanzo radica en que es un producto de exportación y ocupa menos humedad que otros cultivos sembrados. Su rendimiento está limitado a varios factores, siendo el principal la pudrición de la raíz, causada por especies del género *Fusarium*, las que por su patogenicidad son capaces de enfermar plantas durante todo el ciclo vegetativo. La solución más económica y efectiva para este problema es sembrar variedades que cuentan con tolerancia a esta enfermedad. Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, son estados del Noroeste de México donde actualmente se cultiva el garbanzo. Las variedades más importantes son Surutato 77, Mocerito 88 y Blanco Sinaloa 92 las cuales son tolerantes a *Fusarium* spp.

Hace tres lustros las variedades Surutato 77 y Mocerito 88 estaban posesionadas de una buena parte de del mercado de exportación. Sin embargo, existía en éste, otro nicho de mercado para grano de mejor calidad (calibres 42-46 semillas en 30 gramos, color de grano cremoso a blanco lechoso). Esta calidad permitiría mejores precios, para ello fue necesario generar una nueva variedad de garbanzo para este tipo de mercado. Las acciones de mejoramiento genético del Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se enfocaron a cruzar variedades españolas de este tipo de grano con las locales que presentaban tolerancias a *Fusarium* spp para combinar ambos caracteres, lográndose un gran número de líneas con características semejantes a las variedades españolas, pero de mayor tamaño y blancura (blanco cremoso). A partir de 1994-95 se liberó la variedad Blanco Sinaloa 92 significando para los productores de



Sinaloa y de México, el despegue no sólo en la superficie sembrada, sino también en la productividad. Los rendimientos por hectárea han sido consistentemente mejores de los registrados antes de su adopción. La generación de Blanco Sinaloa 92 se resume en formar variedades con tolerancia a los patógenos causantes de "rabia", integrándoles resistencia genética, que presenten grano blanco y grande, características de las variedades de España.

### 5.3 Estadísticas de producción

El garbanzo es la leguminosa que ocupa el quinto lugar en importancia sobre la base de producción de grano, después de la soya, cacahuete, frijol y chícharo. En México, el garbanzo para consumo humano, se siembra en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur. En el 2010 la producción en el noroeste alcanzó 48,112.31 ton; situando a Sonora como el principal productor con 32,894.87 ton (SAGARPA, 2013).

### 5.4 Composición y valor nutricional

El garbanzo es una fuente razonablemente buena de proteínas y carbohidratos. Su contenido de fibra soluble lo hace efectivo en la disminución de colesterol en sangre. Además posee cantidades importantes de vitaminas (ácido ascórbico y niacina) y minerales (Ca, P, Mg, Na, Fe, K) y, representa un excelente suministro de ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.- Composición química de garbanzo (% , bs)**

| <b>Componente</b>                        | <b>Rango</b> | <b>Promedio</b> |
|------------------------------------------|--------------|-----------------|
| <b>Proteínas<sup>a</sup></b>             | 12.4-30.6    | 21.5            |
| <b>Carbohidratos totales<sup>a</sup></b> | 50.6-70.9    | 60.7            |
| Almidón                                  | 37.2-50.0    | 43.6            |
| Azúcares solubles                        | 3.5-9.0      | 6.25            |
| Fibra cruda                              | 1.2-13.5     | 7.4             |
| Fibra dietaria                           | 10.6-27.3    | 19.0            |
| <b>Cenizas<sup>b</sup></b>               | 2.5-4.0      | 3.2             |
| <b>Grasas<sup>c</sup></b>                | 3.1-7.42     | 5.30            |
| Ác grasos saturados                      | 0.55         | 0.55            |
| Ác grasos insaturados                    | 3.56         | 3.56            |
| <b>Vitaminas<sup>c</sup></b>             |              |                 |
| Tiamina                                  | 0.28-0.40    | 0.34            |
| Pirodoxina                               | 0.55         | 0.55            |
| Niacina                                  | 1.6-2.9      | 2.25            |
| <b>Minerales<sup>d</sup></b>             |              |                 |
| Calcio                                   | 103.1259.0   | 185.6           |
| Magnesio                                 | 119.0-167.7  | 141.0           |
| Hierro                                   | 3.0-9.8      | 6.6             |

<sup>a</sup> Reddy y col (1982)

<sup>b</sup> Williams y Singh (1987)

<sup>c</sup> Chavan y col (1987)

<sup>d</sup> mg/100 g



#### 5.4.1 Proteínas

El garbanzo se encuentra clasificado entre los granos con contenido alto de proteínas con un promedio de 22.2% (bs) de este componente. Existen reportes de contenidos de proteína en garbanzo de 12.4-30.6% (bs). Dentro de los factores que causan variación en el contenido de proteína se incluyen carácter genético, localización geográfica y condiciones de crecimiento (Singh y Jambunathan, 1982; Chavan *et al.*, 1989).

Las proteínas de reserva más importantes son las globulinas representando un 57% de la proteína total. Las glutelinas se encuentran en un 18%, las albúminas 12% y las prolaminas 3% (Singh y Jambunathan, 1982). La calidad de una proteína se estima comparando su composición de aminoácidos con una proteína estándar de referencia (FAO/WHO/ONU, 1991).

Dicha calidad es afectada por la composición de aminoácidos, disponibilidad biológica, digestibilidad e interferencia de factores antinutricionales en su utilización. Las evaluaciones biológicas de la proteína son esenciales dado que el análisis químico no revela por sí mismo, el grado de biodisponibilidad de la proteína. Los métodos que se utilizan para la evaluación biológica de la proteína son: (1) De desarrollo: PER (Relación de eficiencia proteínica), NPR (Retención neta de proteína), RPV (Valor relativo de la proteína), y (2) De balance de nitrógeno: BV (Valor biológico), NPU (Utilización neta de proteína), TD (Digestibilidad verdadera). Las proteínas de garbanzo son deficientes principalmente en aminoácidos azufrados

(metionina y cisteína) y triptófano; sin embargo poseen un alto nivel de lisina, la cual es relativamente deficiente en cereales (Gupta, 1987). (Chavan *et al.*, 1987)

#### 5.4.2 Lípidos

El contenido de lípidos varía de 3-7 %. Los ácidos grasos insaturados constituyen el 67% de los lípidos totales, siendo los principales el oleico (22 %) y el linoleico (43 %). Dentro de los ácidos grasos saturados el más importante es el palmítico el cual representa 9% de los lípidos totales (Salunkhe *et al.*, 1982). El ácido linoleico es el ácido graso mayoritario en las semillas de muchas leguminosas, tales como soya, garbanzo, guisantes, lentejas (Sosulski y Gadan, 1988) y representa entre el 40 y 50 % del total de ácidos grasos de triglicéridos y fosfolípidos, la mayoría asociados con proteínas aisladas de garbanzo (Sánchez *et al.*, 1999). Los ácidos grasos insaturados de las leguminosas están implicados en la reducción de los niveles de colesterol en el suero sanguíneo e hígado; así como también en el desarrollo fisiológico y funciones del cerebro y la retina. Durante el procesamiento y almacenamiento de leguminosas, los lípidos interactúan con hidroxilos para formar redes estables con proteínas (Williams y Singh, 1987).

#### 5.4.3 Vitaminas y minerales

El grano de garbanzo posee cantidades considerables de ácido ascórbico y niacina. El contenido de vitaminas y minerales (excepto en calcio) en grano entero y descascarillado no presenta diferencia significativa (Chavan *et al.*, 1987). También es una buena fuente de minerales tales como calcio, fósforo, magnesio, hierro y potasio (Williams y Singh, 1987). Algunos componentes como ácido fítico y oxálico,



proteínas, taninos y polisacáridos complejos como almidón, fibra y lignina, interactúan con los minerales alterando su disponibilidad (Chavan *et al.*, 1989).

#### 5.4.4 Carbohidratos

Más del 50% del peso del grano, en base seca, corresponde a carbohidratos (51-71 %). Los almidones constituyen su principal componente, su contenido varía de 37-51 % (bs). También posee una cantidad sustancial de fibra dietaria (20-23 %), principalmente de celulosa y hemicelulosa. La concentración de fibra cruda está directamente relacionada al contenido de testa, el cual varía ampliamente según la variedad (Williams y Singh, 1987). Otros carbohidratos presentes son los oligosacáridos de la familia de la rafinosa (rafinosa, estaquiosa y verbascosa) cuyo contenido representa 4-9 % (bs) del peso del grano. Estos oligosacáridos son generadores de flatulencia; los humanos no poseen la enzima  $\alpha$ -galactosidasa, por ello, estos oligosacáridos no pueden ser absorbido por el tracto digestivo (Reddy *et al.*, 1982).

#### 5.4.5 Factores antinutricionales

A pesar de que el garbanzo posee excelentes atributos nutricionales presenta problemas por la presencia de componentes indeseables que limitan su calidad nutricional. Algunos de estos componentes indeseables son inhibidores enzimáticos, oligosacáridos, taninos y fitatos (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Factores antinutricionales de garbanzo**

| Factor                                      | Rango    | Promedio          |
|---------------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>Inhibidores de proteasas<sup>1</sup></b> |          |                   |
| Tripsina                                    | 6.7-14.6 | 10.8 <sup>a</sup> |
| Quimotripsina                               | 5.7-9.4  | 7.1 <sup>a</sup>  |
| <b>Inhibidores de amilasas<sup>1</sup></b>  |          |                   |
|                                             | 0.0-15.0 | 7.5 <sup>a</sup>  |
| <b>Oligosacáridos<sup>2</sup></b>           |          |                   |
| Estaquiosa                                  | 2.1-2.6  | 2.35 <sup>b</sup> |
| Rafinosa                                    | 0.7-2.4  | 1.55 <sup>b</sup> |
| Verbascosa                                  | 0.4-4.5  | 2.45 <sup>b</sup> |
| <b>Taninos<sup>3</sup></b>                  |          |                   |
| Grano entero                                | 78-272   | 175 <sup>c</sup>  |
| Cotiledones                                 | 16-38    | 27 <sup>c</sup>   |
| <b>Ácido fítico<sup>4</sup></b>             |          |                   |
|                                             | 2.8      | 2.8 <sup>a</sup>  |

<sup>1</sup>Unidades/mg; <sup>2</sup>g/100 g muestra; <sup>3</sup>mg catequina/g ms; <sup>4</sup>mg ác fítico/g ms

<sup>a</sup> Williams y Singh (1987); <sup>b</sup> Reddy *et al.* (1982); <sup>c</sup> Chavan *et al.* (1987)

#### 5.4.6 Inhibidores enzimáticos

Los inhibidores enzimáticos son componentes proteínicos que tienen la habilidad de inhibir la acción proteolítica de ciertas enzimas. Los inhibidores enzimáticos de proteasas (tripsina y quimotripsina) son probablemente los más estudiados, pero el mecanismo de inhibición no está muy bien entendido. Son conocidos por reducir la digestibilidad de la proteína e inducir hipertrofia pancreática (Sathe y Salunkhe 1984;



Chavan *et al.*, 1989). El garbanzo contiene inhibidores de tripsina y quimotripsina cuyas actividades son 11 y 7 unidades/mg respectivamente. Esta actividad les permite inhibir 1 mg de enzima (Chavan *et al.*, 1989).

Sin embargo, los inhibidores enzimáticos pueden ser reducidos o eliminados por métodos de procesamiento (cocción, fermentación, germinación), el efecto es acompañado por un mejoramiento del valor nutricional de la proteína (Liener, 1994).

Los inhibidores de  $\alpha$ -amilasa de las leguminosas tienen actividad inhibitoria hacia las amilasas pancreática y salival; son responsables de la poca utilización del almidón de las leguminosas (Sathe y Salunkhe, 1984).

#### **5.4.6.1 Oligosacáridos**

El garbanzo posee la capacidad de estimular la producción de gas intestinal por su alto contenido de oligosacáridos de la familia de la rafinosa (rafinosa, estaquiosa y verbascosa), los cuales no son digeribles, debido a la carencia de la  $\alpha$ -galactosidasa en la mucosa intestinal de los mamíferos. Estos azúcares no se absorben en la sangre. Las bacterias del tracto intestinal bajo, los metabolizan produciendo  $\text{CO}_2$ , hidrógeno y gas metano, así como una disminución en el pH en el tracto intestinal (Reddy *et al.*, 1982).

Aunque la flatulencia no se considera un problema de salud, los gases que se producen se consideran inaceptables socialmente (Flemings, 1981; Sathe y Salunkhe, 1984). En el garbanzo la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, constituyen 0.7-2 %, 2-36 % y 0.4-5 % (bs) del peso del grano, respectivamente (Reddy *et al.*, 1982).

#### 5.4.6.2 Taninos

Los taninos son productos metabólicos normales consistentes de compuestos fenólicos solubles en agua, con la habilidad de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas. En el garbanzo se localizan principalmente en la testa. El contenido de taninos en grano entero varía de 78-272 mg/100 g, mientras que los cotiledones van de 16-38 mg/100 g (Reddy *et al.*, 1982).

#### 5.4.6.3 Fitatos

Los fitatos representan una clase compleja de compuestos de inositol que pueden tener influencia significativa en las propiedades funcionales y nutricionales. En garbanzo, el ácido fítico (forma de reserva en que se encuentra el fósforo) se presenta en concentraciones aproximadas de 0.3-1 % y el fósforo del ácido fítico ocupa aproximadamente 40 % del contenido total de este mineral. La estructura de esta molécula provee un fuerte poder quelante que se une a cationes mono y divalentes, incluyendo ciertos minerales esenciales para la dieta, reduciendo su biodisponibilidad. Además, interfiere en el metabolismo de las proteínas, disminuyendo su utilización y limitando aún más su valor nutricional (Maga, 1982; Reddy *et al.*, 1989). El ácido fítico podría intervenir como antioxidante, previniendo la peroxidación de los lípidos e incrementando la longevidad de las semillas, o como fuente de mioinositol, que es un importante precursor de los polisacáridos constituyentes de la pared celular (Martínez *et al.*, 1996).



### 5.5.1 Características de aceptabilidad

Las características de aceptabilidad del grano de leguminosas incluyen tamaño, forma, color, apariencia, estabilidad en el almacenamiento, facilidad para la cocción, calidad del producto obtenido y sabor. Algunas propiedades físicas y químicas tienen gran influencia sobre las preferencias de los consumidores y los estándares establecidos por los procesadores.

## 5.6 EFECTO DEL GENOTIPO Y LOCALIDAD DE SIEMBRA EN GARBANZO

Algunos reportes indican que la localidad de siembra, el año y la variedad, así como la interacción de estos factores afectan significativamente la composición, principalmente el contenido de carbohidratos en garbanzo. Una alta proporción de la variación total puede explicarse debido a los efectos principales como resultado de la herencia. La localidad de siembra ha sido reportada con un efecto significativo sobre contenidos de almidón, oligosacáridos, taninos y ácido fítico. En cuanto al año, se ha reportado el efecto significativo sobre lípidos y contenido de sucrosa.

Estudios sobre la importancia de las interacciones genotipo-ambiente sobre algunas características de calidad en garbanzo tipo Kabuli han sido descritos (Singh *et al.*, 1982; Singh, 1990; Waldia *et al.*, 1996 y Rincón *et al.*, 1998).

Nikolopoulou *et al.* (2006) indica que el ambiente, año, y variedad así como la interacción de estos factores afecta fuertemente la composición, contenido de carbohidratos, taninos y ácido fítico en garbanzo. Así mismo esto indica que la

regulación de estas características puede ser lograda a través del tamaño de grano y la selección del área de cultivo.

Por su parte Khattak *et al.* (2006) sugiere que características tales como contenido de proteína y rendimientos son parámetros influenciados por el efecto del genotipo. Correlaciones altas fueron reportadas entre caracteres agronómicos, los cuales pueden verse implicados al alterar un carácter modificando los demás.

De la misma manera, se ha reportado que las características físicas y funcionales en garbanzo se ven afectadas enormemente por la localidad de siembra más que por el genotipo (Coskuner y Karababa, 2003).

## **5.7 EL GARBANZO EN EL NOROESTE DE MÉXICO**

### **5.7.1 Historia y perspectiva de la formación de variedades de garbanzo blanco para exportación en Sinaloa**

México figura entre los países productores y exportadores de garbanzo más importantes. En México, el garbanzo blanco para exportación se cultiva principalmente en el noroeste; dentro de esta región, Sinaloa es el principal productor y el más importante, así como Sonora y Baja California. La producción del noroeste se exporta principalmente a España, Italia y Argelia, entre otros países. El garbanzo es una fuente de alto contenido de proteína y su uso principal es para alimento humano.

Durante los últimos años, el cultivo de garbanzo en el noroeste de México ha repuntado como un cultivo estratégico en la región. Este posicionamiento del



garbanzo se ha debido en parte a la escasez de agua de riego en las presas; pero también a la formación de variedades especializadas para el consumo internacional de garbanzo de grano blanco y de calibre grande (40-44) (Gómez y Salinas, 2003).

El mejor ejemplo de ello es la variedad Blanco Sinaloa 92. Ésta, es en la actualidad, la variedad más popular en México y del mercado internacional en más de 40 países; y es el fruto de un proceso de investigación de 30 años por el Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo en el Campo Experimental Valle de Culiacán, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

#### **5.7.2 Mejoramiento de garbanzo en Sinaloa**

La historia de la formación de variedades de garbanzo en el estado de Sinaloa puede dividirse en tres etapas bien definidas. La primera de ella es desde el establecimiento del cultivo en la región hasta la introducción y obtención de variedades con mayor precocidad y mejores características de grano, en cuanto a tamaño y color par exportación, pero todavía susceptible a la enfermedad conocida como rabia del garbanzo. La segunda etapa se inicia desde la formación de Surutato 77, la primera variedad resistente a la rabia y culmina con la liberación de Blanco Sinaloa 92 y más recientemente la variedad denominada Suprema 03, liberada en el año 2003. La tercera etapa se inicia a partir de ahora, donde el cultivo presenta una problemática fitosanitaria más complicada con enfermedades ya no solo del suelo, sino también foliares y problemas de plagas (Manjarrez *et al.*, 2004).

### 5.7.2.1 Introducción del cultivo y la obtención de las primeras variedades

La introducción del garbanzo en el continente americano se atribuye a Cristóbal Colón en su segundo viaje (León Garre, citado por Crispín, 1976). Raúl Cervantes Ahumada (2001) en sus reportes menciona que el jesuita Hernando de Villafane fundador de la provincia de Guasave, enseñó a los habitantes de la región a sembrar el garbanzo y trigo, ya que entonces solo se cultivaba maíz. Sin embargo, el primer registro oficial de la siembra de garbanzo en Sinaloa data del año 1925. Para la década de los 40 (cuando se inició la construcción de canales para riego), la provincia de Guasave figuró con alto prestigio en el mercado español, por su alta calidad y alto rendimiento.

En un principio dominaron las variedades españolas introducidas por agricultores visionarios de la región. A partir del establecimiento del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y su Campo Experimental Valle de Culiacán, en Culiacán Sinaloa a principios de la década de los 60, se inició el estudio científico de la problemática del garbanzo en la región. La investigación inicialmente atendió problemas agronómicos, para luego reforzar la introducción y formación de variedades (Manjarrez *et al.*, 2004).

La primera variedad introducida fue Blanco Español, ésta mediante selección individual de plantas en un lote de productor se logró una de ciclo más corto, que se denominó Breve Blanco. Después, mediante selecciones de plantas menos afectadas por la rabia, se generó la variedad Breve Inmunizado. Asimismo Angostura y Unión se formaron por la selección individual de plantas en la variedad Breve



Blanco. La variedad Macarena, introducida de España, se mantuvo por muchos años en el interés de los productores. Las variedades Blanco Cordobés y Blanco Lechoso también fueron variedades introducidas de España. Sin embargo, la característica común para todas ellas fue su susceptibilidad a la enfermedad conocida como rabia del garbanzo. La cual es producida por un complejo de cinco hongos del suelo: *Fusarium oxysporum* f. sp, *ciceris*, *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*.

### 5.7.3 Formación de variedades en México

Mediante la introducción y evaluación de germoplasma de los diferentes centros internacionales, como ICRISAT e ICARDA, se lograron detectar accesiones con resistencia a la rabia del garbanzo. Un componente importante en esta evaluación de germoplasma ha sido el denominado "lote de rabia". El proceso de selección de material segregante para resistencia a rabia se realiza en este lote, por lo que se asegura suficiente presión de la enfermedad para fijar resistencia a las nuevas líneas experimentales.

Dentro de las variedades de garbanzo que se han liberado por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Sonora y Sinaloa se encuentran:

**Surutato-77.** Esta variedad fue el resultado de la cruce entre la variedad Macarena por una línea de tipo porquero resistente a la rabia. El grano de esta variedad es reconocido en España como tipo "Mexicano". La variedad es tolerante a hongos del género *Fusarium* que ocasionan la enfermedad conocida como

rabia del garbanzo. A partir de esta variedad, todas las demás variedades liberadas han mantenido su resistencia a la rabia del garbanzo. Actualmente no se utiliza por los productores, cuenta con un 23.61 % de contenido de proteína base seca (Morales y Jaime, 1993).

**Santo Domingo-82.** Esta variedad es resultado de la cruce entre la Línea L-41 con Breve Blanco. Se liberó por su alta robusticidad y resistencia a rabia. Es de hoja compuesta, con tallo semierecto, 37 días de la siembra a la floración y 128 días a la madurez. Grano con calibre 46-50; grano color crema y rugosidad intermedia.

**Mocorito-88.** Es el resultado de la cruce de exportación con tolerancia a rabia con la línea 558 de grano café y doble vaina, la cruce resultante se cruzo con la línea Surutato-77, después la cruce resultante se polinizo con la cruce de la línea Precoz 221 x 314 con tolerancia a rabia. Su grano es de color crema claro, igual al de la variedad Surutato-77 y calibre entre 46-50 semillas, con forma media redonda y corrugación intermedia (Gómez, 1990) cuenta con un 25.20 % de contenido de proteína base seca (Morales y Jaime, 1993).

**Tubutama-88.** Variedad de porte semi-rastrero, grano grande de color crema y rugoso, resistente a rabia, con rendimientos de 2,000 kg/ha. Cuenta con un 27.17 % de contenido de proteína base seca (Morales y Jaime, 1993).

**Progreso-95.** Variedad de tallo erecto, originado de la cruce de Santo Domingo-82 con IL-72, una línea de porte erecto. Grano color crema medio, ligeramente más oscuro al de Mocorito-88, calibre 54-64, su forma es redonda con corrugación intermedia. Se liberó por su característica de porte erecto y



pensando en el mercado que representan países del norte de África, árabes y latinoamericanos. Su uso por parte de los agricultores ha sido limitado por su menor tamaño de grano que Blanco Sinaloa-92 y color más oscuro (Gómez y Salinas, 2001).

**Jamu-96.** Sus progenitores son la línea madre IIGaC83.4-M-2-M que proviene de la cruce de Santo Domingo-82 x ILC-72 y Jamu-96. La línea IIGaC83.4-M-2-M es hermana de Blanco Sinaloa-92. Se liberó por su porte erecto que facilita su cosecha mecánica, con un nivel alto de resistencia a patógenos causantes de la rabia, presenta un mayor tamaño de semilla (calibre 46-50). El color de grano es similar al de Blanco Sinaloa-92; sin embargo, su siembra es muy reducida, ya que prefieren sembrar Blanco Sinaloa-92 por su mayor calibre y mejor colocación (Gómez y Salinas, 2001).

**Blanco Sinaloa-92.** Se origino de la cruce de la variedad Santo Domingo-82 con tolerancia a pudriciones de raíz con Blanco Lechoso con un grano de color muy blanco y una mejor rugosidad que las variedades locales. Con ello se logro mejorar la coloración y el tamaño de la semilla. Actualmente es una de las variedades de mayor calibre generada en Sinaloa, calibre 42-46. Su color es blanco cremoso y con corrugación marcada. Posee mayor tolerancia a *F. oxisporum* f. sp. *ciceris* y *F. solani* que Mocerito-88, pero ligeramente menor a Jamu-96 y Progreso-95. Su gran popularidad entre los productores se debe a su capacidad de rendimiento y características de grano blanco (Gómez, 1993).

**Pitic 93.** Se obtuvo por hibridación de la cruce múltiple L-1794 con resistencia a rabia con la variedad Macarena de alto rendimiento y calidad. Después se cruzo con

la línea L-1855-Sur. Esto con el fin de obtener resistencia a rabia, alto rendimiento, calidad y porte erecto para cosecha mecánica directa. Grano café tipo Surutato-77, rendimiento promedio de 2,400 kg/ha y un 27.11 % en contenido de proteína (Morales y Jaime, 1993).

**Hermosillo-93.** Proviene de la crusa triple. Primero se cruzo con la línea mundial L-1855 de porte erecto y resistente con la variedad comercial Surutato-77 y después de por el método de pedigree se cruzo con la variedad introducida de España, Blanco Lechoso, de grano blanco y grande. Es de ciclo intermedio, porte más erecto, con rendimiento promedio de 2350 kg/ha y un contenido proteico medio de 27.49 %. (Morales y Jaime, 1993).

**Bco. Magdalena-95.** Variedad con porte semi-erecto, hoja compuesta con foliolos pequeños, grano de color blanco, rugoso y redondeado, de ciclo intermedio calibres de 48 a 56 semillas/30 gr, con rendimientos experimentales que fluctúan de 2,000 a 3,000 kg/ha y cuenta con resistencia a rabia.

**Tequi Blanco 98.** Proviene de una crusa triple. La línea L-4294 de porte erecto y resistente a rabia se cruzo con la línea Hermosillo con calidad. Después la crusa resultante se cruzo con la variedad introducida de España Blanco Lechoso, de grano blanco y grande, ciclo tardío, porte semi-erecto, grano grande alargado y un rendimiento promedio de 2471 kg/ha (Morales, 1999).

**Desierto-98.** Proviene de una crusa múltiple. Se cruzo la línea L-1794 resistente a rabia con la variedad Macarena de buena calidad y susceptible, la crusa obtenida se cruzo con la variedad Surutato-77 con calidad y resistencia. Después el material resultante se cruzo con la variedad introducida Blanco



Lechoso de grano grande y blanco, ciclo intermedio, porte semi-erecto, grano grande redondeado color café y un rendimiento promedio de 2,324 kg/ha (Morales, 1999).

**Évora-98.** Sus progenitores son Surutato-77 como madre por su calidad de grano y Santo Domingo-82 como padre por su tolerancia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* y tolerancia media a *F. solani*. Se liberó con el objetivo de tener grano con la calidad en el mercado del conocido como tipo Mexicano y complementar con la rusticidad de la variedad Santo Domingo-82, así como mantener la resistencia a rabia. Presenta resistencia a rabia muy similar a Jamu-96 y Progreso-95. Su utilización por el productor ha sido muy reconocida por su tamaño de grano reducido (calibre 46-70) (Gómez y Salinas, 2001).

**Suprema-03.** Se origino de la crusa de las líneas hermanas IIGaC83.1-M-81-M2-27 x IIGaC83.1-M-77-M2-38, provenientes de la crusa de Santo Domingo-82 x la variedad Blanco Lechoso. Variedad liberada debido a que tiene la ventaja sobre Blanco Sinaloa-92 de tener un grano más blanco, del tipo blanco lechoso, presenta un rendimiento, calibre de grano y resistencia a rabia similar a Blanco Sinaloa-92 (Gómez *et al.*, 2003).

**Costa-04.** La variedad tiene su origen en la crusa simple de las variedades Tubutama-88 por Blanco Sinaloa-92. Se caracteriza por ser de porte erecto, ideal para realizar la trilla directa, la hoja es de tipo compuesta, con foliolos de tamaño mediano, más pequeños que en Blanco Sinaloa-92. El follaje es de color verde, un poco más claro que Blanco Sinaloa-92. Su cápsula es de tamaño grande con uno o dos granos; éste es grande, rugoso, de color blanco

cremoso, y con similar contenido proteínico y tiempo de cocción que Blanco Sinaloa-92 (Gutiérrez y Navejas, 2009).

**Jumbo-2010.** Se introdujo como la línea experimental HOGA-508. Originada de la cruce simple de la variedad Dwelley x Blanco Sinaloa-92. Dwelley es una variedad comercial de grano claro originada en el estado de Washington, USA (Muehlbauer *et al.*, 1998) y Blanco Sinaloa-92 es una variedad comercial liberada por el INIFAP en el Campo Experimental Valle de Culiacán. Es de hábito semi-erecto, calibre de 36-38 semillas/30 g de peso, color blanco cremoso, de rugosidad pronunciada, presenta un rendimiento promedio entre 200 y 400 kg/ha menos que Blanco Sinaloa-92, aunque conserva la característica de grano grande y tiene resistencia a *Fusarium oxysporum* f sp. *ciceris*.

**Blanoro.** Una nueva variedad de garbanzo blanco con mayor productividad y resistencia a *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, que además logra rendimientos de 2,694 kg/ha, con grano de calidad de exportación.

#### **5.7.4 Perspectivas en la formación de variedades de garbanzo**

El cultivo de garbanzo actualmente enfrenta problemas que amenazan su permanencia como un cultivo estratégico en la región. Los problemas con la rabia del garbanzo se han ido acentuando en regiones como el valle del Évora, en donde la falta de un sistema de rotación de cultivos ha acentuado la presencia de la enfermedad. Además de la aparición de enfermedades foliares como roya, moho



los mildiu, moho blanco y junto con la presencia de plagas como el gusano de la capsula y gusano soldador han acentuado los problemas fitopatológicos del cultivo.

Desde esta perspectiva, la única alternativa es hacer más eficiente el proceso de investigación en garbanzo. En el aspecto de formación de variedades, el uso de marcadores moleculares como parte de un programa de selección asistida, será de gran utilidad para complementar la selección en campo que actualmente se realiza. Además, con el uso de los marcadores moleculares se podrán utilizar para la selección intelectual de las variedades de garbanzo mexicanas.

Además, es necesario iniciar una intensa búsqueda de germoplasma con resistencia a las nuevas enfermedades y plagas presentes en la región.

No obstante, los esfuerzos realizados por dicho programa por parte del INIFAP, se han quedado a nivel de criterios agronómicos, dejando de lado cuestiones funcionales y nutricionales de los granos de garbanzo, por lo cual existe la necesidad de la generación de variedades las cuales, que además de contar con excelentes características de resistencia a enfermedades, y características de grano atractivas para que puedan competir más eficientemente en este sector del mercado internacional que cubre el garbanzo mexicano, cuenten con buenas propiedades funcionales para optimizar su procesamiento y consumo, así como mejoras a nivel nutricional, ya sea en contenido de proteína, aminoácidos esenciales, y factores antinutricionales (Manjarrez *et al.*, 2004).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Localización

El estudio se realizó en los Campos Experimentales del INIFAP. Campo Experimental Valle de Culiacán, ubicado en el 17.5 km de la carretera Culiacán-Eldorado, Campo Experimental Valle del Fuerte, ubicado en el km 16.9 de la Carretera Internacional México-Nogales, Sitio Experimental Valle del Mayo, ubicado en el 9 km de la Carretera Navojoa-Huatabampo, Sonora, y Campo Experimental Costa de Hermosillo ubicado en el 10 km de la Calle Sur, Costa de Hermosillo.

### 6.2. Materiales

Se utilizaron nueve genotipos de garbanzo, cinco líneas (HOGA-021, HOGA-067, CUGA-05 2479, CUGA-05 1056, MOGA-65), y cuatro variedades (Blanco Sinaloa-92, Costa-2004, Jumbo-2010 y Blanoro), los cuales fueron sembrados en cuatro localidades del Noroeste de México; Culiacán, Los Mochis, Navojoa y Hermosillo.

### 6.3. Preparación del terreno

Se aplicó un subsoleo, un barbecho de 20 a 30 cm de profundidad, rastreo, nivelación, surcado, canalización y riego de presiembra.

### 6.4. Establecimiento del experimento

Se sembraron de 10 a 12 semillas por metro lineal, a una profundidad de 6 a 8 cm en el lomo del surco a "tierra venida", y a una separación entre surcos de 80 cm. El



suelo fue sellado con un riel tirado por tractor, ya que con este sistema se aseguran buenas condiciones para la germinación de la semilla y mejor aprovechamiento del terreno.

### **6.5. Diseño experimental**

El diseño que se utilizó fue el de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones; parcelas experimentales con cuatro surcos de 6.0 m de largo y parcela útil con los dos surcos centrales con 5.0 m de largo.

### **6.6. Manejo agronómico del material genético**

Se fertilizó con  $90 \text{ kg de N ha}^{-1}$  en presembrado; se dieron dos cultivos (escardas), uno cuando las plantas tuvieron 10 cm de altura, y el segundo, entre los 28 y 30 días después de la siembra; cuando fue necesario, las hierbas que nacieron sobre el lomo del surco se eliminaron manualmente, tales como zacate johnson, verdolaga, zacate pinto, bledo o quelite, lengua de vaca y girasol.

Se aplicaron cuatro riegos por gravedad, el de presembrado con una lámina de 20 cm de agua; el 1<sup>er</sup> de auxilio se aplicó de los 30 a 35 días después de la siembra, con una lámina de 8 cm; el 2<sup>do</sup> de auxilio de los 50 a 60 días, con una lámina de 8 cm; y el 3<sup>er</sup> de auxilio de los 70 a 80 días, con una lámina de 8 cm de agua.

Los insecticidas que se utilizaron para el control de plagas fueron los registrados para este cultivo: Javelin  $1.0 \text{ kg ha}^{-1}$ , para gusano de la cápsula; Cutlass  $1.5 \text{ kg ha}^{-1}$ , para gusano de la cápsula y soldado; Decis EC  $2.5 \text{ kg ha}^{-1}$  y Deltametrina  $12.5 \text{ g ha}^{-1}$ , para gusano de la cápsula y soldado.

la cosecha se realizó en etapas, debido a que se trabajó con genotipos de diferente hábito de crecimiento, para lo cual se contó el número total de plantas en las parcelas útiles y posteriormente se cortaron.

#### 7. Caracterización física del grano de garbanzo

El largo y ancho del grano se determinó por triplicado en una muestra de 25 granos seleccionados al azar, utilizando un vernier; el peso se estimó por triplicado en muestras de 100 granos tomadas a partir de 1000 granos seleccionados al azar, mediante balanza OHAUS (Mod TP2KS, Seedburo Equipment, Co., EUA); el calibre se determinó en muestras de 30 g de grano, con el mismo tipo de balanza antes de ser molido; mientras que el porcentaje de exportación se calculó a partir de 1.0 kg de granos pasados por cribas con orificios de 9.0 mm.

#### 8. Composición química del grano de garbanzo

Se determinaron las harinas integrales que se obtuvieron a partir de los granos que fueron fragmentados con un molino KRUPS GX4100, hasta obtener harina que pasó a través de la malla 80 (0.180 mm).

**Proteína cruda:** Para determinar este carácter se utilizó el método 46.12, microKjeldahl, de la AOAC (1998) para la determinación de nitrógeno en un sistema digestor de digestión automática (Mod 1009 y 1002, Tecator, Suecia). Se digirió 0.2 g de muestra por tres repeticiones con 5 mL de ácido sulfúrico y mezcla reactiva de selenio (Merck Co., Alemania), a temperatura de 200 °C. Para la destilación de la muestra, previamente diluida con 25 mL de agua, se emplearon disoluciones de NaOH al 40 % y ácido



bórico al 4 %, como indicador para recibir el destilado. La titulación se llevó a cabo con una disolución valorada de HCl 0.1 N. Posteriormente, la proteína cruda se calculó por multiplicación del contenido de nitrógeno total por el factor 6.25.

## 6.9 Caracterización fisicoquímica del grano de garbanzo

El color del grano se determinó con colorímetro Minolta Chroma-meter mod CR-210 (Minolta LTD, Japón), lo cual se basa en el efecto triestímulo, donde L mide brillantez que varía de 100 para un blanco perfecto a cero para negro. Las dimensiones de cromaticidad son dadas por los parámetros a y b. El valor positivo de a está asociado al color rojo y el negativo con el verde. El valor positivo de b está asociado al color amarillo y el negativo con el azul. Para la evaluación del color se utilizaron 100 g de muestra, la cual se colocó en una tapa de caja Petri, de vidrio Kimax, de 15 cm de diámetro, y se midieron los parámetros correspondientes L, a y b. Se utilizó un mosaico blanco como referencia (estándar) de valores L, a y b conocidos (L=97.63, a=-0.78 y b=2.85). La diferencia total de color ( $\Delta E$ ) de las muestras se calculó con la ecuación:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

Donde:  $\Delta E$  = diferencia total de color entre el estándar y la muestra;  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ , y  $\Delta b$  = diferencias absolutas de los valores de L, a y b, se utilizó como estándar para que los valores correspondientes se observen en la muestra. Las determinaciones se realizaron por triplicado, dicha metodología está reportada por Reyes *et al.*, (2000b).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A Efecto del genotipo sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, nutricionales y funcionales de genotipos de garbanzo.

#### 1. Características físicas

En el Cuadro 3 se muestran los promedios generales de las características físicas (largo, ancho, calibre y peso de 100 granos), así como del rendimiento y porcentaje de exportación de grano, obtenidos por la suma y división de promedios estimados en los cuatro ambientes, para cada genotipo de garbanzo empleados en esta investigación, entre los cuales se observaron las diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.5$ ) que se indican en dicho cuadro.

Cuadro 3. Promedios generales de las características físicas, rendimiento y porcentaje de exportación de granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Dimensiones (mm) <sup>1,6</sup> |         | Calibre <sub>2,6</sub> | Peso 100 granos <sup>3,6</sup> (g) | Rendimiento <sup>4,6</sup> (kg/ha) | Exportación <sup>5,6</sup> (%) |
|------------|---------------------------------|---------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|            | Largo                           | Ancho   |                        |                                    |                                    |                                |
| HOGA 021   | 11.35 abcd                      | 8.89 ab | 46 c                   | 66.52 b                            | 2116 ab                            | 95 ab                          |
| HOGA 067   | 11.69 ab                        | 9.17 ab | 42 d                   | 70.80 b                            | 2385 a                             | 96 a                           |
| HOGA 12    | 11.77 ab                        | 8.89 ab | 46 c                   | 67.00 b                            | 1963 abc                           | 94 ab                          |
| CUGA 2479  | 10.28 d                         | 8.47 b  | 56 a                   | 53.93 c                            | 2046 abc                           | 88 b                           |
| CUGA 1056  | 11.11 bcd                       | 8.70 ab | 50 b                   | 53.22 c                            | 1432 c                             | 80 c                           |
| MOGA 65    | 10.34 cd                        | 8.42 b  | 53 ab                  | 53.35 c                            | 1526 bc                            | 78 c                           |
| JUMBO 2010 | 12.40 a                         | 9.89 a  | 37 e                   | 80.59 a                            | 1855 abc                           | 96 a                           |
| COSTA 2004 | 11.52 abc                       | 8.94 ab | 46 c                   | 63.82 b                            | 2074 abc                           | 93 ab                          |
| BS 92      | 11.76 ab                        | 9.22 ab | 44 cd                  | 66.73 b                            | 2339 a                             | 94 ab                          |

<sup>1</sup> Promedio de 25 repeticiones, <sup>2</sup> Promedio de tres repeticiones, <sup>3</sup> Promedio de 5 repeticiones, <sup>4</sup> Promedio de tres repeticiones, <sup>5</sup> Promedio de tres repeticiones.

<sup>6</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).



La longitud del grano (Cuadro 3 y Fig. 3) tuvo valores entre 10.28-12.40 mm, lo cual concuerda con los reportado por Heíras *et al.* (2012), quienes reportaron valores que oscilaron entre 11.70-12.70 mm. El menor valor se observó en CUGA 2479, con una disminución de 12.6 % con respecto al testigo BS-92; el valor máximo se obtuvo en JUMBO 2010, con 5.4 % por arriba del testigo y 0.1 % más en relación HOGA 12. En tanto que los materiales HOGA 067, COSTA 2004, HOGA 021, CUGA 1056 y MOGA 65 mostraron valores de 0.5 %, 2 %, 3.5 %, 5.5 % y 12 % por debajo del testigo, respectivamente.

En el ancho del grano (Cuadro 3 y Fig. 4) no se observaron diferencias estadísticas significativas, y los promedios generales variaron entre 8.42-9.89 mm, lo cual coincide con lo reportado por Heíras *et al.* (2012), ya que ellos encontraron valores de 9.0-9.4 mm. El valor mínimo correspondió a MOGA 65, con un 8.7 % menos que el testigo, mientras que el máximo valor se obtuvo en JUMBO 2010, con un 7.3 % mayor al testigo. Mientras que los materiales HOGA 067, COSTA 2004, HOGA 12, HOGA 021, CUGA 1056 y CUGA 2479 mostraron valores de 0.6 %, 3.5 %, 3.6 %, 5.6 % y 8.1 % por debajo del testigo, respectivamente.

Estudios anteriores en garbanzo mostraron baja (Sandha y Chandra, 1969), así como alta (Niknejad *et al.*, 1971; Kumar y Singh, 1995) heredabilidad para el tamaño de la semilla. El tamaño de grano pequeño se encontró dominante sobre un tamaño grande (Athwal y Sandha, 1967; Smithson *et al.*, 1985; Kumar y Singh 1995; Malhotra *et al.*, 1997). Sin embargo, también se han publicado resultados que indican lo contrario (Niknejad *et al.*, 1971). No obstante, Malhotra y Singh (1989), Singh *et al.*

(1992), Singh *et al.* (1993), Kumar y Singh (1995) determinaron que la acción genética aditiva es predominante en la herencia del tamaño de la semilla

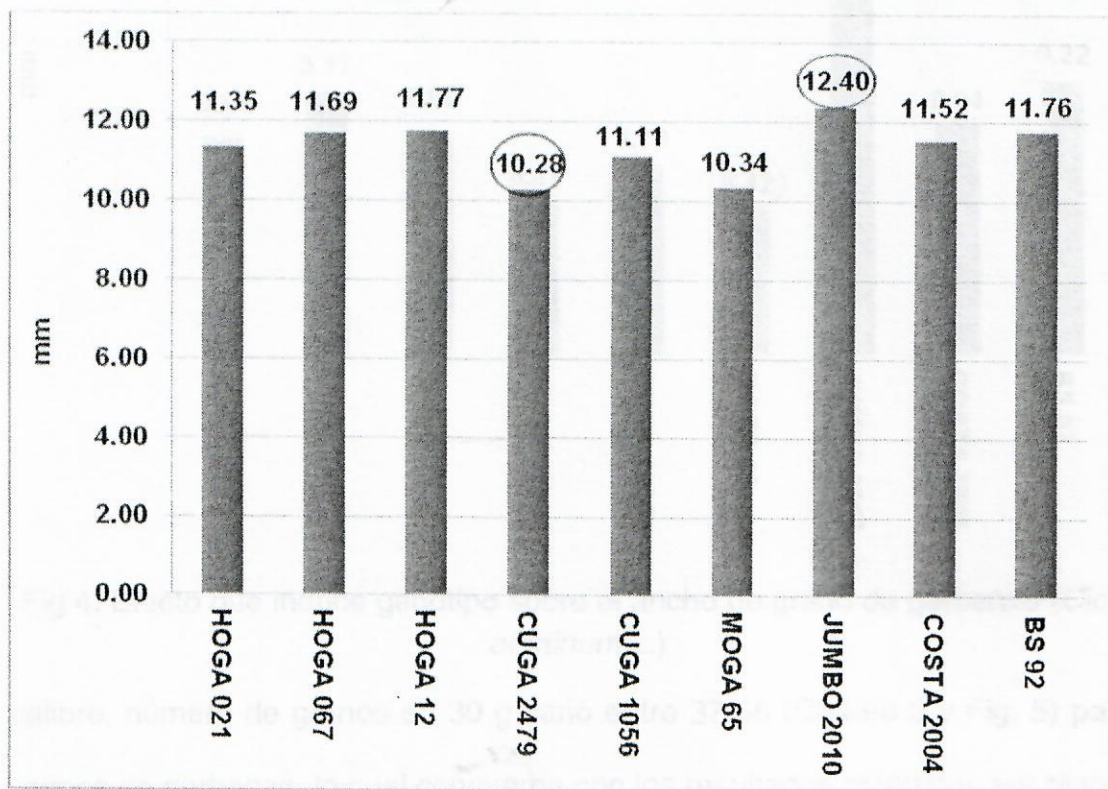


Fig 3. Efecto que induce el genotipo sobre el largo grano de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



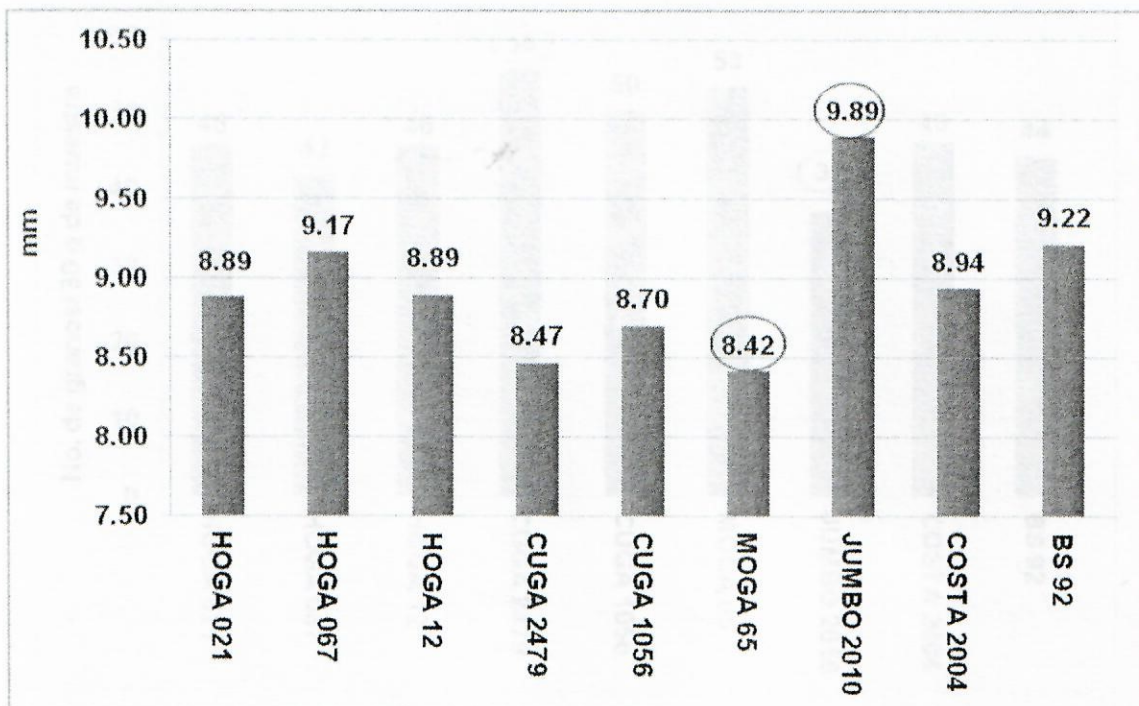


Fig 4. Efecto que induce genotipo sobre el ancho de grano de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El calibre, número de granos en 30 g varió entre 37-56 (Cuadro 3 y Fig. 5) para los genotipos de garbanzo, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Manjarrez *et al.* (2011 y 2012) quien reporta calibres para genotipos tipo kabuli de 38.8 y 42 para el primer y segundo año. El menor valor ( $p \leq 0.5$ ) correspondió al genotipo JUMBO 2010 con un 16.3 % por arriba del testigo y el menor valor ( $p \leq 0.5$ ) a CUGA 2479 con un 25.4 % por abajo del testigo. Sin embargo, el material HOGA 067 presento un 5.7 % mayor al testigo. Asimismo MOGA 65, CUGA 1056, COSTA 2004, HOGA 021, y HOGA 12 mostraron valores de 20 %, 13.4 %, 4.1 %, 3.3 % y 2.6 %, por debajo del testigo, respectivamente. México se reconoce en el mercado mundial del garbanzo, por la calidad de su producto; es sinónimo de excelencia, tanto por su calibre, como por su color y cocción, lo que sitúa a este producto en las preferencias de un selecto nicho de mercado de alto poder adquisitivo.

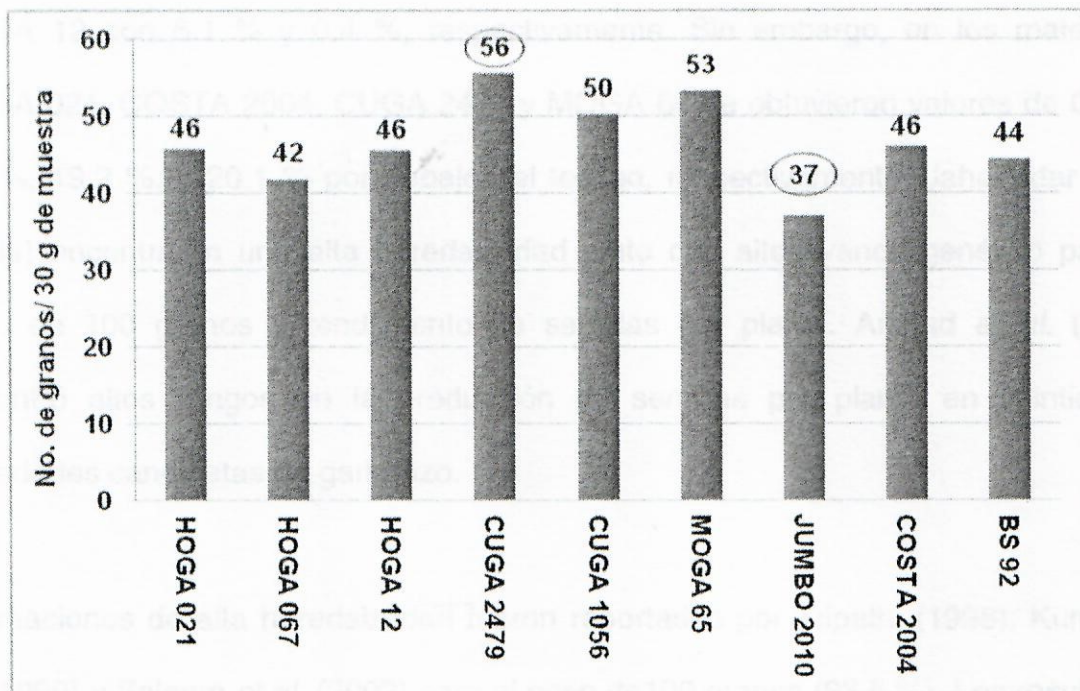


Fig 5. Efecto que induce genotipo sobre el calibre grano de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El genotipo JUMBO 2010 para esta variable concuerda con los resultados obtenidos por Manjarrez *et al.* (2011) quien evaluó 14 genotipos de garbanzo tipo kabuli en tres localidades de Sinaloa, siendo la línea HOGA 508 (ahora variedad JUMBO 2010) el genotipo con grano más grande en los tres ambientes.

El peso de 100 granos (Cuadro 3 y Fig. 6) tuvo valores entre 53.22-80.59 g, lo cual concuerda con Heíras *et al.* (2012) para genotipos de garbanzo tipo kabuli evaluados en cuatro localidades del Noroeste de México quienes reportaron valores de 63.0 a 75.31 g/100 granos. En esta investigación, el menor y mayor valor correspondieron a CUGA 1056 con un 20.2 % y JUMBO 2010 con un 20.8 % por abajo y arriba del testigo, respectivamente. Asimismo, JUMBO superó a los genotipos HOGA 067 y



HOGA 12 con 6.1 % y 0.4 %, respectivamente. Sin embargo, en los materiales HOGA 021, COSTA 2004, CUGA 2479 y MOGA 65 se obtuvieron valores de 0.3 %, 4.4 %, 19.2 %, y 20.1 % por debajo del testigo, respectivamente. Jahagirdar *et al.* (1994) encontraron una alta heredabilidad junto con alto avance genético para el peso de 100 granos y rendimiento de semillas por planta. Arshad *et al.* (2004) encontró altos rangos en la producción de semillas por planta en veinticuatro variedades candidatas de garbanzo.

Estimaciones de alta heredabilidad fueron reportados por Tripathi (1998); Kumar *et al.* (1999) y Saleem *et al.* (2002) para el peso de 100 granos (93.6 %). Los resultados difieren con Kumar y Krishna (1998), quien encontró que el rendimiento de grano por planta tuvo valores bajos en la estimación de heredabilidad, así como también Zvereny *et al.* (2006) encontraron que la heredabilidad para la mayoría de los caracteres y la interacción genotipo x año de variación (GYV) son estrechos, debido a las grandes variaciones fenotípicas, lo que indica la influencia del medio ambiente.

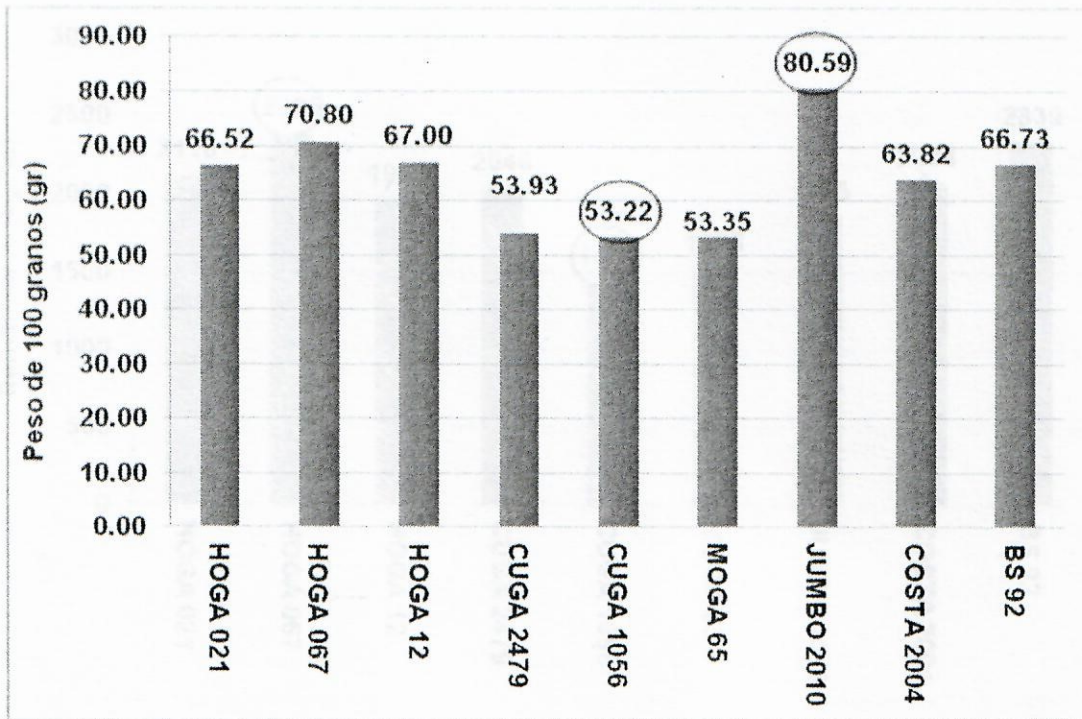


Fig 6. Efecto que induce genotipo sobre el peso de 100 granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El rendimiento (Cuadro 3 y Fig. 7) de los genotipos de garbanzo varió de 1,432-2,385 kg, los datos difieren con lo reportado por Manjarrez *et al.* (2012), quien reporta un rendimiento promedio de 2,437 kg para materiales tipo kabuli sembrados en tres localidades de Culiacán. El menor valor se obtuvo en CUGA 1056, con un 38.8 %, y el mayor en HOGA 067, con un 2.0 % por arriba del testigo, respectivamente. Asimismo, en los materiales HOGA 021, COSTA 2004, CUGA 2479, HOGA 12, JUMBO 2010 y MOGA 65, se obtuvieron valores de 9.5 %, 11.3 %, 12.5 %, 16.1 %, 20.7 % y 34.8 % por debajo del testigo, respectivamente, sin que entre los promedios ocurriera diferencia estadística.



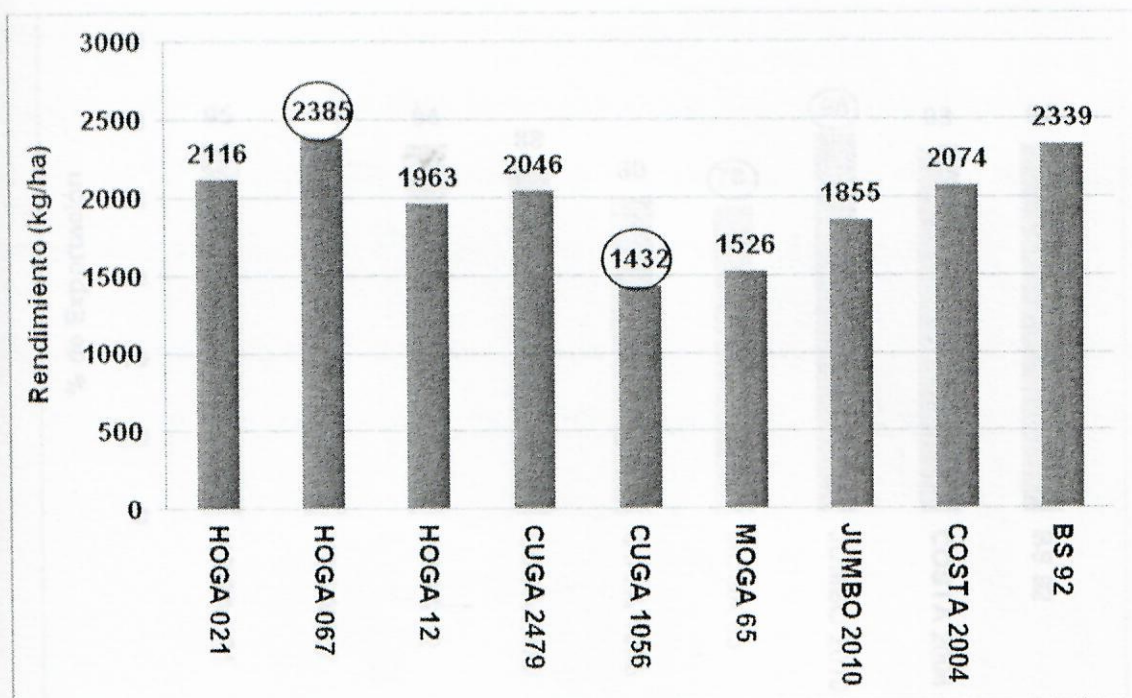


Fig 7. Efecto que induce genotipo sobre el rendimiento de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El porcentaje de exportación en los genotipos de garbanzo varió de 78 % a 96 %, lo cual concuerda con Manjarrez *et al.* (2011), quien reporta en promedio un 93 % para granos tipo kabuli sembrados en Culiacán. El menor ( $p \leq 0.05$ ) y mayor ( $p \leq 0.05$ ) porcentaje de exportación correspondió a MOGA 65 y HOGA 067, 16.8% cada una, mientras que el mayor se encontró en JUMBO 2010, con 2.5 %, con respecto al testigo (Cuadro 3 y Fig. 8). Esta última también superó en los respectivos porcentajes de 2.5, 1,3 y 0.6 a los genotipos HOGA 067, HOGA 021 y HOGA 12. Sin embargo, los materiales COSTA 2004, CUGA 2479 y CUGA 1056 presentaron valores de 0.3 %, 5.7 % y 14 % por debajo del testigo, respectivamente.

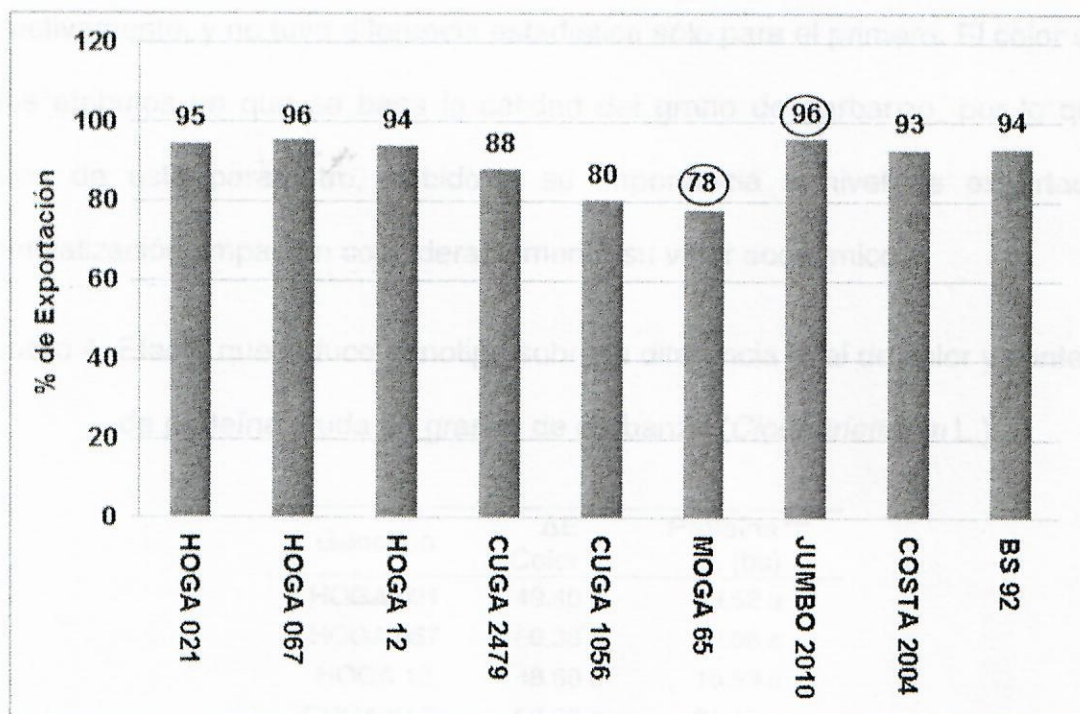


Fig 8. Efecto que induce genotipo sobre el % de exportación de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

## 2. Diferencia total de color y contenido de proteína

En el Cuadro 4 se muestran las propiedades fisicoquímicas de genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). La diferencia total de color ( $\Delta E$ ) en los genotipos varió de 47.75-50.38, estos valores están dentro de lo reportado por Heiras *et al.* (2012) 47.10-51.10. Los genotipos MOGA 65 y COSTA 2004 presentaron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ) valor de diferencia total de color (Cuadro 4 y Fig. 9), respectivamente; dichos valores corresponden a un 5.1 % por abajo del testigo y 0.2 por arriba de éste. Asimismo, superó en 0.1 % al genotipo HOGA 067 e igualó al material CUGA 2479. Sin embargo, en relación a los genotipos CUGA 1056, HOGA 021, JUMBO 2010 y HOGA 12, mostró los porcentajes de 0.4, 1.8, 3.2, y 3.4,



respectivamente, y no tuvo diferencia estadística sólo para el primero. El color es uno de los atributos en que se basa la calidad del grano de garbanzo, por lo que los valores de este parámetro, debido a su importancia a nivel de exportación y comercialización, impactan considerablemente su valor económico.

Cuadro 4. Efecto que induce genotipo sobre la diferencia total de color y contenido de proteína cruda en granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | $\Delta E$<br>Color <sup>1,3</sup> | Proteína <sup>2,3</sup><br>% (bs) |
|------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| HOGA 021   | 49.40 b                            | 19.52 a                           |
| HOGA 067   | 50.33 a                            | 20.08 a                           |
| HOGA 12    | 48.60 c                            | 18.89 a                           |
| CUGA 2479  | 50.30 a                            | 21.17 a                           |
| CUGA 1056  | 50.10 a                            | 20.89 a                           |
| MOGA 65    | 47.75 d                            | 20.96 a                           |
| JUMBO 2010 | 48.71 c                            | 22.04 a                           |
| COSTA 2004 | 50.38 a                            | 21.90 a                           |
| BS 92      | 50.30 a                            | 21.41 a                           |

<sup>1</sup> Promedio de 9 repeticiones.

<sup>2</sup> Promedio de tres repeticiones.

<sup>3</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

El contenido de proteína no fue afectado significativamente ( $p \leq 0.5$ ) por el genotipo en las muestras analizadas. El rango de contenido de proteína varió de 18.89 % a 22.04 % estos valores difieren con Heíras *et al.* (2012) quien reporta valores con un 1.36 % (bs) por arriba de los datos obtenidos. Los genotipos HOGA 12 y JUMBO 2010 presentaron menor ( $p \leq 0.5$ ) y mayor ( $p \leq 0.5$ ) contenido de proteína, respectivamente (Cuadro 4 y Fig. 10), dichos porcentajes corresponden al un

contenido de 11.8 % del genotipo HOGA-12 por abajo del testigo y 3 % del genotipo JUMBO-2010 por arriba del testigo. Asimismo, superó al genotipo COSTA 2004 con un 2.3 %. Sin embargo CUGA 2479, MOGA 65, CUGA 1056, HOGA 067 y HOGA 021 mostraron porcentajes de 1.1 %, 2.1 %, 2.4 %, 6.2 % y 8.8 % por debajo del testigo respectivamente, sin que se presentara diferencia estadística entre los promedios.

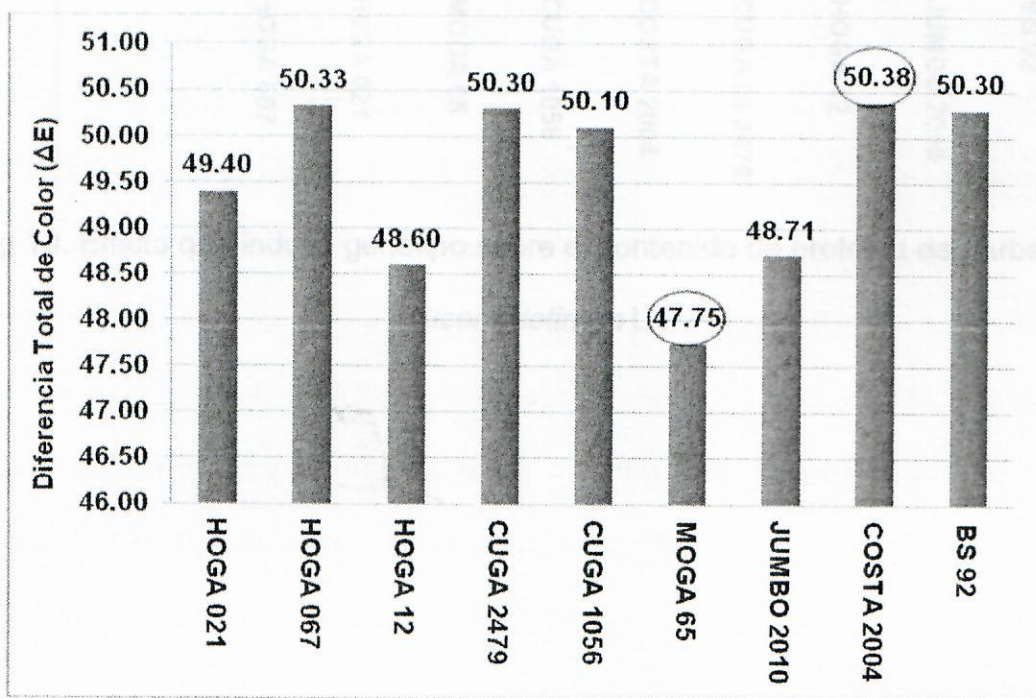


Fig 9. Efecto que induce genotipo sobre la diferencia total de color de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

Se han reportado diversos contenidos de proteína en un rango de 18.6-23.9 %. (Alajaji y El-Adawy, 2006), 23.6 % (bs) (Patané, 2006) 18.6-20.5 % (bs) y (Kaur y Singh, 2007) 20.6-23.9 % (bs). Dentro de los factores que causan variación en el contenido de proteína se incluyen carácter genético, localización geográfica y condiciones de crecimiento (Chavan *et al.*, 1989).



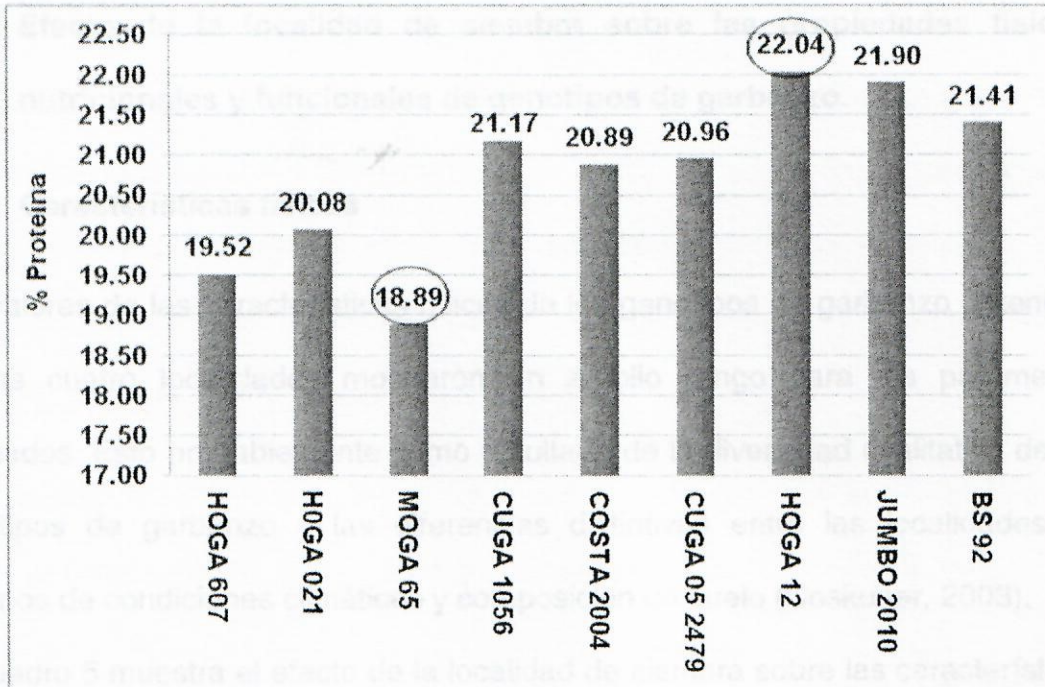


Fig 10. Efecto que induce genotipo sobre el contenido de proteína de garbanzo

(*Cicer arietinum* L.)

## B Efecto de la localidad de siembra sobre las propiedades físicas, nutricionales y funcionales de genotipos de garbanzo.

### 1. Características físicas

Los valores de las características físicas de los genotipos de garbanzo obtenidos de las cuatro localidades mostraron un amplio rango para los parámetros evaluados. Esto probablemente como resultado de la diversidad cualitativa de los genotipos de garbanzo y las diferencias distintivas entre las localidades en términos de condiciones climáticas y composición de suelo (Coskuner, 2003).

El Cuadro 5 muestra el efecto de la localidad de siembra sobre las características físicas de los granos de garbanzo. Los valores de largo de los genotipos de garbanzo variaron de 10.5 a 11.9 mm (Fig. 11); Navojoa y Culiacán presentaron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ) respectivamente. El ancho de los granos de los genotipos de garbanzo varió de 8.4 a 9.6 mm (Fig. 12). Navojoa y Los Mochis fueron las localidades cuyos granos tuvieron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ) valor de ancho de grano, respectivamente.

Heíras *et al.* (2012) evaluó el efecto de la localidad de siembra sobre la calidad de grano de dieciocho genotipos de garbanzo tipo kabuli en cuatro localidades del noroeste de México (Culiacán, Los Mochis, Ciudad Obregón y Hermosillo), encontrando que la localidad de siembra afectó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) las características físicas, fisicoquímicas, funcionales y composición proximal del grano de garbanzo.



Estas características han sido siempre un rasgo de preferencia por parte del consumidor (Singh, 1987), ya que además es un componente importante de rendimiento y adaptación (Singh y Paroda, 1986). La variación en tamaño de la semilla se ha asociado con un patrón geográfico (Upadhyaya, 2003) y a los diferentes componentes de la aptitud de las plántulas y plantas adultas (Narayanan *et al.*, 1981; Dahiya *et al.*, 1985).

Cuadro 5. Efecto de localidad sobre características físicas rendimiento y porcentaje de exportación de granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Localidad  | Dimensiones (mm) <sup>1,6</sup> |       | Calibre <sup>2,6</sup> | Peso 100 granos <sup>3,6</sup> (g) | Rendimiento <sup>4,6</sup> (kg/ha) | Exportación <sup>5,6</sup> (%) |
|------------|---------------------------------|-------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|            | Largo                           | Ancho |                        |                                    |                                    |                                |
| Culiacán   | 11.9 a                          | 9.3 a | 45 a                   | 68.04 a                            | 1869 a                             | 93 a                           |
| Los Mochis | 11.8 a                          | 9.6 a | 45 a                   | 66.95 a                            | 1322 a                             | 91 a, b                        |
| Navjoa     | 10.5 a                          | 8.6 b | 46 a                   | 63.28 a                            | 2603 a                             | 85 a, b                        |
| Hermosillo | 11.3 b                          | 8.4 b | 46 a                   | 57.70 a                            | 1907 a                             | 91 b                           |

<sup>1</sup>Promedio de 25 repeticiones, <sup>2</sup>Promedio de tres repeticiones, <sup>3</sup>Promedio de 5 repeticiones, <sup>4</sup>

Promedio de tres repeticiones, <sup>5</sup>Promedio de tres repeticiones.

<sup>6</sup>Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan.

Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Fig 12. Efecto de la localidad de origen sobre el ancho del grano de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

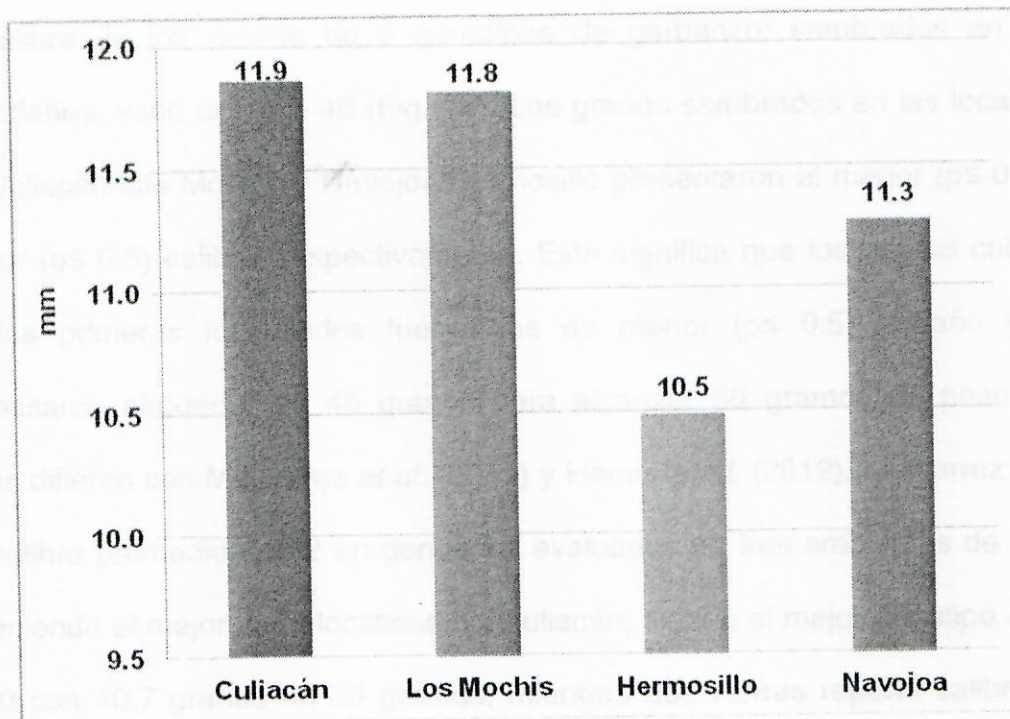


Fig 11. Efecto de la localidad de siembra sobre el largo del grano de garbanzo

(*Cicer arietinum* L.)

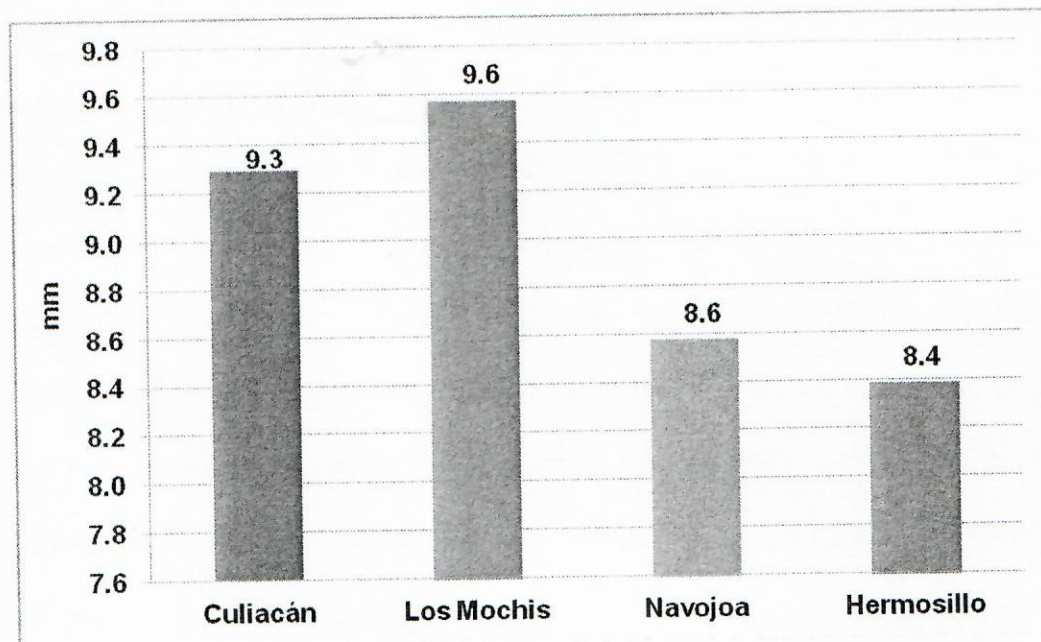


Fig 12. Efecto de la localidad de siembra sobre el ancho del grano de garbanzo

(*Cicer arietinum* L.)



El calibre de los granos de 9 genotipos de garbanzo; sembrados en cuatro localidades, varió de 45 a 46 (Fig. 13). Los granos sembrados en las localidades de Culiacán/Los Mochis y Navojoa/Hermosillo presentaron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ) calibre, respectivamente. Esto significa que los granos cultivados en las primeras localidades fueron los de menor ( $p \leq 0.5$ ) tamaño ya que necesitaron alrededor de 45 granos para alcanzar 30 gramos de peso. Estos datos difieren con Manjarrez *et al.* (2011) y Heíras *et al.* (2012). Manjarrez reporta un calibre promedio de 52 en genotipos evaluados en tres ambientes de Sinaloa obteniendo el mejor en la localidad de Culiacán, siendo el mejor genotipo JUMBO 2010 con 40.7 granos en 30 gramos, mientras que Heíras reporta calibres más grandes para Sonora y los más pequeños en Sinaloa con 40 y 48 granos/30 gramos.

El peso de 100 granos de los 9 genotipos, sembrados en cuatro localidades varió entre 57.70 - 61.04 g (Fig. 14). Los granos sembrados en las localidades de Hermosillo y Culiacán presentaron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ) valor de peso de 100 granos, respectivamente. Lo cual concuerda con Heíras *et al.* (2012), sin embargo, comparando ambos estudios las localidades de Hermosillo y Culiacán en el estudio realizado por Heíras obtuvieron 5.30 y 5.98 g de peso/100 granos más, respectivamente de lo obtenido en esta investigación, lo cual puede ser debido al año de siembra así como también por factores ambientales (Kishinavari y Singh, 1987).

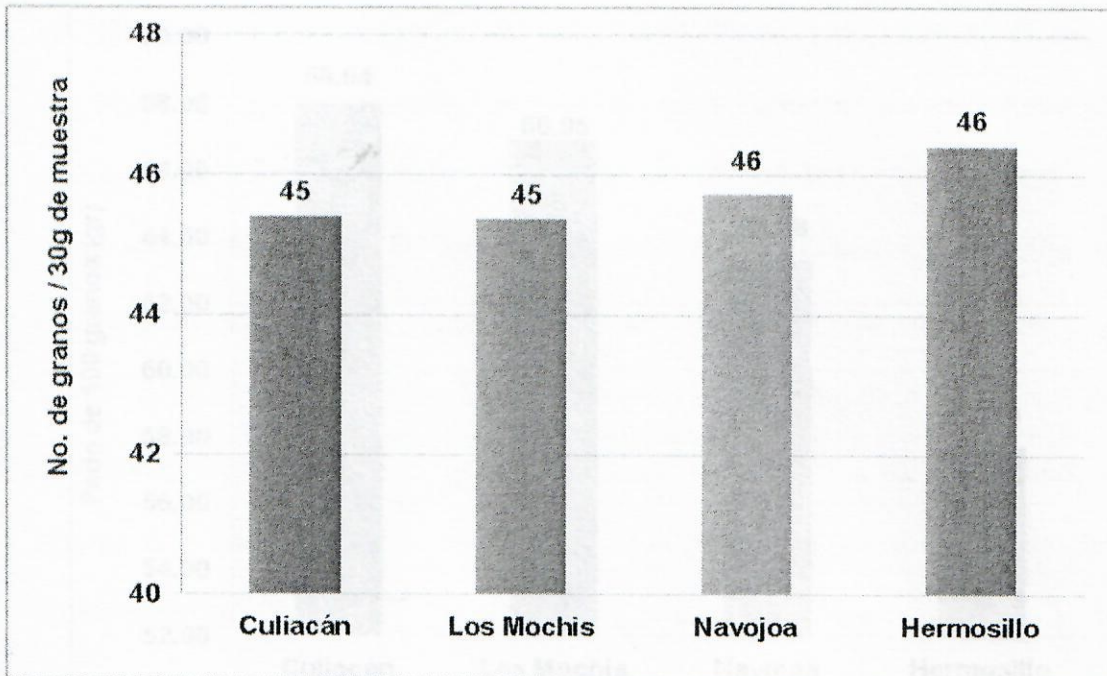


Fig 13. Efecto de la localidad de siembra sobre el calibre garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El peso de 100 granos de los 9 genotipos, sembrados en cuatro localidades varió entre 57.70 – 68.04 g (Fig. 14). Los granos sembrados en las localidades de Hermosillo y Culiacán presentaron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ) valor de peso de 100 granos, respectivamente. Lo cual concuerda con Heíras *et al.* (2012), sin embargo, comparando ambos estudios las localidades de Hermosillo y Culiacán en el estudio realizado por Heíras obtuvieron 5.30 y 6.96 g de peso/100 granos más, respectivamente de lo encontrado en esta investigación, lo cual puede ser efecto del año de siembra así como también por factores ambientales (Muehlbauer y Singh. 1987).



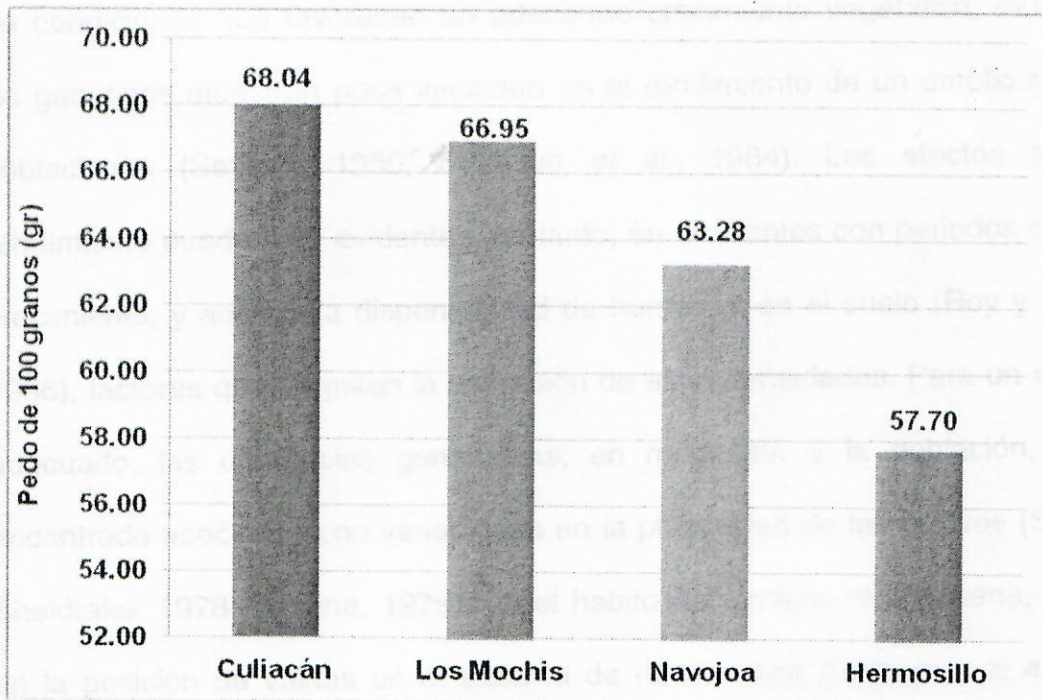


Fig 14. Efecto de la localidad de siembra sobre peso de 100 granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

En el Cuadro 5 se muestra la influencia de localidad de siembra sobre el rendimiento de los granos de garbanzo. El rendimiento varió de 1322 kg a 2603 kg (Fig. 15), estos resultados concuerdan con Manjarrez *et al.* (2011 y 2012) reportando rendimientos de 1660 kg y 2437 kg para el primer y segundo año en genotipos evaluados en Sinaloa. Las localidades de Los Mochis y Navojoa presentaron los granos con menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor rendimiento, respectivamente. En general, el rendimiento y el índice de cosecha son de los aceptados más importantes en un estudio, debido a su estrecha relación con la producción, el cual es un carácter cuantitativo afectado por muchos factores genéticos así como también por fluctuaciones del entorno (Muehlbauer y Singh, 1987).

En condiciones que favorecen un adecuado crecimiento vegetativo, muchos de los genotipos muestran poca variación en el rendimiento de un amplio rango de poblaciones (Sexena, 1980; Siddique *et al.*, 1984). Los efectos sobre el rendimiento pueden ser evidentes, en tanto, en ambientes con periodos cortos de crecimiento, y adecuada disponibilidad de humedad en el suelo (Roy y Sharma, 1986), factores que permiten la expresión de altas densidades. Para un ambiente adecuado, las diferencias genotípicas, en respuesta a la población, se han encontrado asociadas con variaciones en la plasticidad de los cultivos (Sexena y Sheldrake, 1978; Sexena, 1979), en el habito de ramificación (Sexena, 1980), o en la posición de vainas en el sistema de ramificación (Calcagno *et al.*, 1988). Condiciones de baja luminosidad durante la fase reproductiva, características de temporadas con alta precipitación, se han encontrado asociadas con baja productividad (Sandhu y Hodges, 1971) y con procesos abortivos durante la etapa de floración (Aziz *et al.*, 1959), pudiendo sugerirse como una responsable importante de la interacción año de siembra x genotipo observada para rendimiento en estos ambientes.



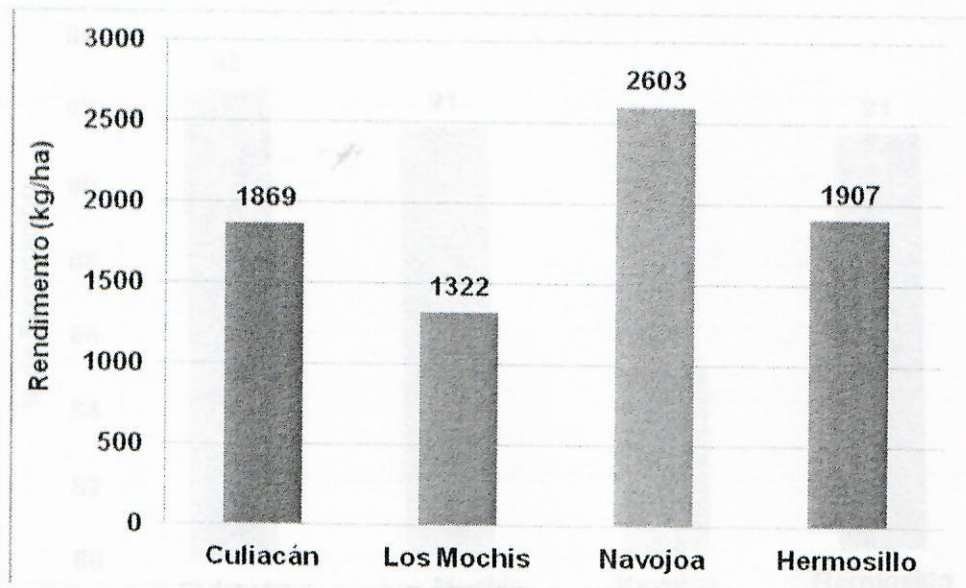


Fig 15. Efecto de la localidad de siembra sobre el rendimiento de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

Los granos de los genotipos de garbanzo presentaron valores de por ciento de exportación entre 85 % y 93 % (Fig. 16) estos valores concuerdan con lo reportado por Manjarrez *et al.* (2012). Los granos sembrados en las localidades de Navojoa y Culiacán presentaron la menor ( $p \leq 0.5$ ) y la mayor ( $p \leq 0.5$ ) por ciento de exportación, respectivamente.

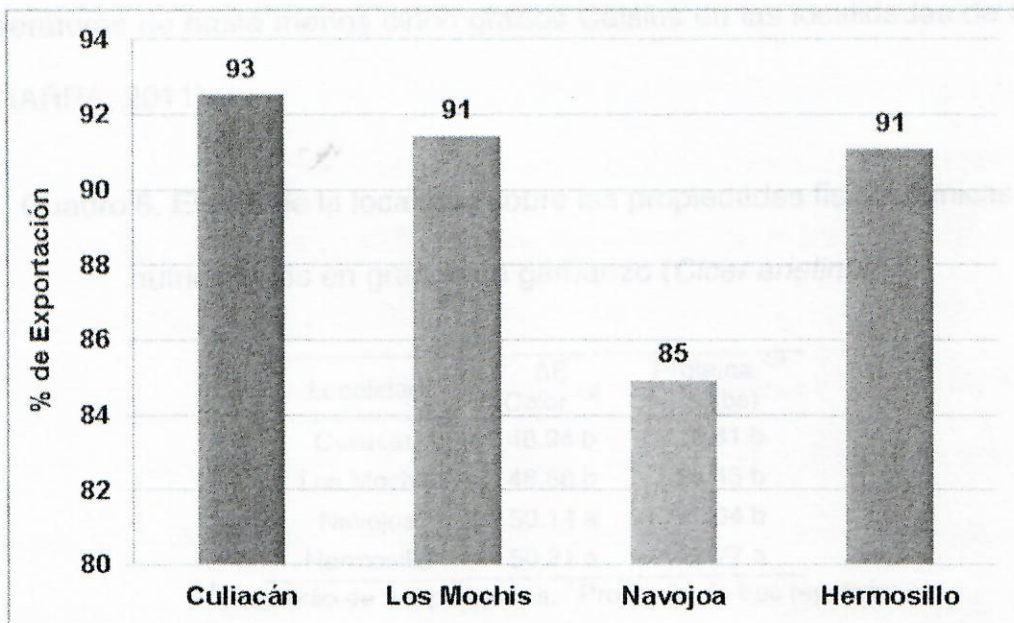


Fig 16. Efecto de la localidad de siembra sobre el % exportación de garbanzo  
(*Cicer arietinum* L.)

## 2. Diferencia total de color y contenido de proteína

El Cuadro 6 muestra el efecto de la localidad de siembra sobre el color (diferencia total de color) y el contenido de proteína de 9 genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). La diferencia total de color varió de 48.88 a 50.21 (Fig. 17) estos valores concuerdan con Heíras *et al.* (2012). Los genotipos sembrados en la localidad de Los Mochis y Hermosillo presentaron la menor ( $p \leq 0.5$ ) y la mayor ( $p \leq 0.5$ ) diferencia total de color, respectivamente, estos resultados difieren en cuanto a localidad con lo reportado por Heíras, quien reporta granos más claros para Hermosillo, lo cual puede estar relacionado con las condiciones ambientales (Hosfield, 1991), algunos días durante establecimiento del cultivo se reportaron



temperaturas de hasta menos cinco grados Celsius en las localidades de Sinaloa (SAGARPA, 2011).

Cuadro 6. Efecto de la localidad sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales en granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Localidad  | $\Delta E$ Color <sup>1,3</sup> | Proteína <sup>2,3</sup> % (bs) |
|------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Culiacán   | 48.94 b                         | 19.81 b                        |
| Los Mochis | 48.88 b                         | 20.43 b                        |
| Navojoa    | 50.14 a                         | 20.04 b                        |
| Hermosillo | 50.21 a                         | 22.77 a                        |

<sup>1</sup> Promedio de 9 repeticiones, <sup>2</sup> Promedio de tres repeticiones.

<sup>3</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan.

Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

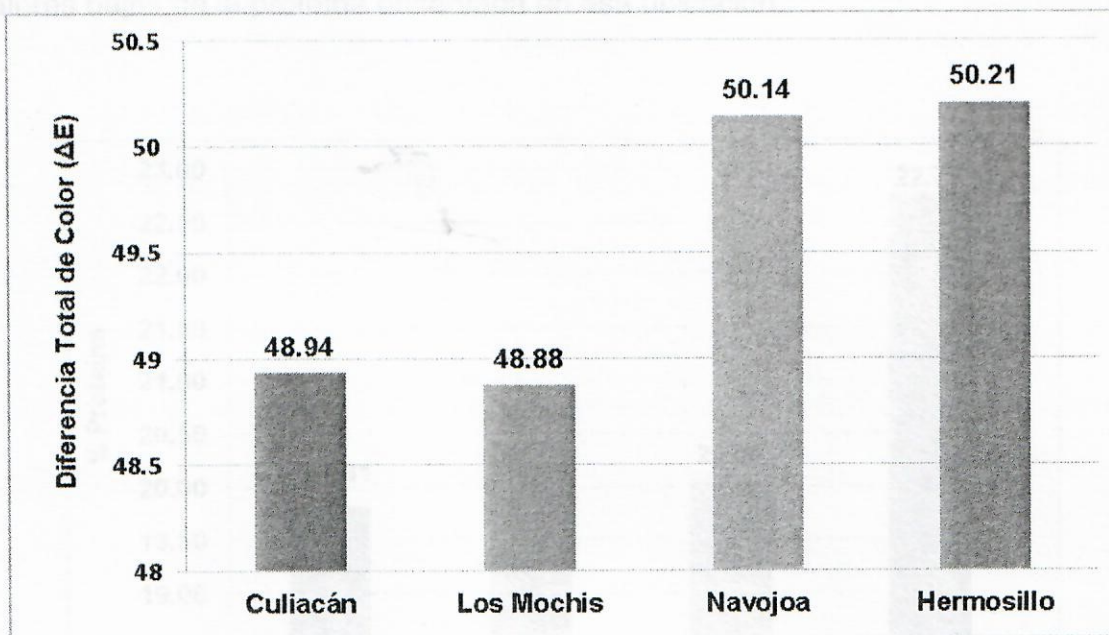


Fig 17. Efecto de la localidad de siembra sobre la diferencia total de color de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El contenido de proteína de los nueve genotipos de garbanzo, sembrados en cuatro localidades varió entre 19.81 y 22.77 % (Fig. 18); este rango concuerda con Heiras *et al.* (2012), las localidades de Culiacán y Hermosillo presentaron el menor ( $p \leq 0.5$ ) y el mayor ( $p \leq 0.5$ ), respectivamente. Las localidades de Culiacán, Los Mochis y Navojoa no mostraron diferencia estadística significativa. El efecto de la localidad para este parámetro difiere con Heiras *et al.* (2012) quienes reportan valores de proteína más altos en Culiacán. Probablemente como resultado de la diversidad en diferencias distintivas entre localidades en términos de condiciones climáticas y composición de suelo (Coskuner, 2003). Lo cual puede reducir el contenido de la proteína notablemente y esto puede justificar los valores bajos de la proteína observada en esa ubicación.

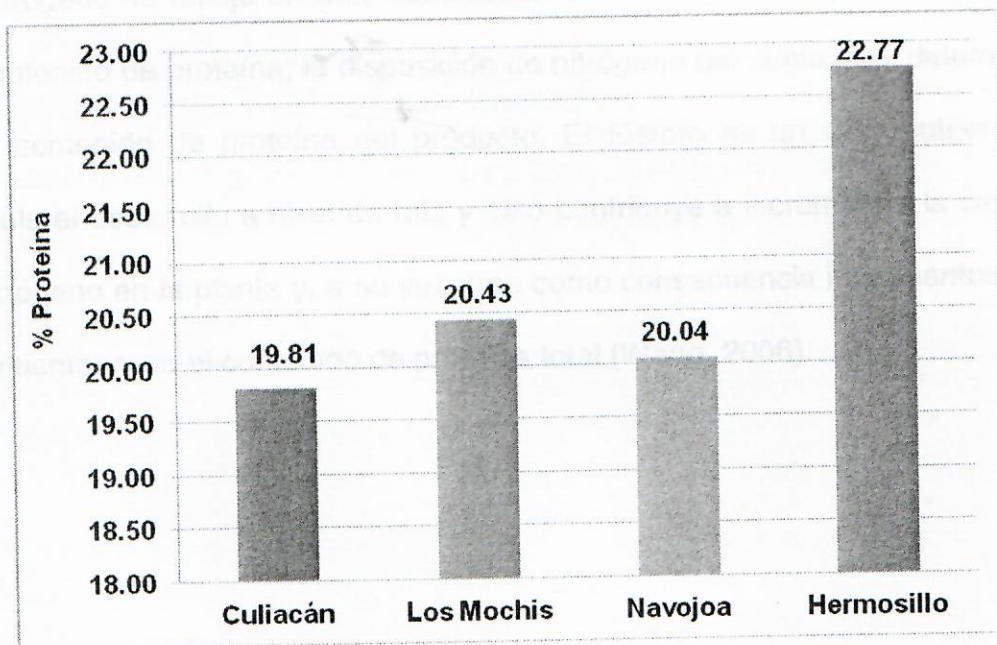


Fig 18. Efecto de la localidad de siembra sobre el % de proteína de garbanzo

(*Cicer arietinum* L.)



Las diferencias genéticas en la composición de garbanzo han sido evaluadas excluyendo el efecto de las condiciones agroclimáticas Rincón *et al.* (1998). Nikolopoulou *et al.* (2006) reportaron que la localidad de siembra, año, y variedad así como la interacción de estos factores afecta fuertemente la composición, contenido de carbohidratos, taninos y ácido fítico en garbanzo. El contenido de proteínas está influenciado por diversos factores de naturaleza genética, ambientales y agronómicos (calidad de siembra, tipo de suelo, irrigación y fertilización) Chavan *et al.* (1987, 1989).

Debido a que las leguminosas poseen la capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera, sus requerimientos de nitrógeno del suelo son más bajos que el de otros cultivos. Sin embargo, se ha mostrado que cuando la planta sufre un estrés por nitrógeno se refleja en una disminución en el rendimiento y la concentración del contenido de proteína; la disposición de nitrógeno del suelo será determinante en el contenido de proteína del producto. El fósforo es un micronutriente que estimula el desarrollo a nivel de raíz y esto contribuye a incrementar la captación de nitrógeno en la planta y, a su vez, trae como consecuencia incrementos en los rendimientos y en el contenido de proteína total (Wang, 2008).

| Localidad  | Año  | Variedad | Rendimiento (g/m²) | Proteína (%) | Carbohidrato (%) | Tanino (%) | Ácido fítico (%) |
|------------|------|----------|--------------------|--------------|------------------|------------|------------------|
| HOJA 07    | 2007 | HOJA 07  | 10.34              | 11.14        | 6.83             | 10.25      | 8.80             |
| HOJA 12    | 2008 | HOJA 12  | 11.72              | 8.11         | 10.75            | 8.71       | 8.71             |
| CUDA 07    | 2007 | CUDA 07  | 10.02              | 7.87         | 9.97             | 8.33       | 8.33             |
| CUDA 08    | 2008 | CUDA 08  | 11.33              | 8.41         | 9.42             | 8.81       | 8.81             |
| MCHA 07    | 2007 | MCHA 07  | 10.33              | 7.94         | 9.19             | 7.43       | 7.43             |
| JASA 07    | 2007 | JASA 07  | 10.21              | 8.21         | 11.14            | 8.04       | 8.04             |
| COSTA 07   | 2007 | COSTA 07 | 11.04              | 8.34         | 10.04            | 8.74       | 8.74             |
| Promedio   |      |          |                    |              |                  |            |                  |
| Desviación |      |          |                    |              |                  |            |                  |

**C Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre las características físicas, nutricionales y funcionales de genotipos de garbanzo.**

**1 Características físicas**

En los Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11 se muestran las características físicas de los 9 genotipos de garbanzo sembrados en cuatro localidades del noroeste de México. Los parámetros físicos de calibre, peso de 100 granos, rendimiento, % de exportación, color y contenido de proteína de los 9 genotipos de garbanzo en cada una de localidades de siembra mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) debido al efecto combinado del genotipo y la localidad de siembra, sin embargo para dimensiones físicas de granos no se mostró diferencia significativa.

Cuadro 7. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre las dimensiones (mm) físicas de granos de 9 genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán             |                      | Los Mochis           |                      | Navojoa              |                      | Hermosillo           |                      |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            | Largo <sup>1,2</sup> | Ancho <sup>1,2</sup> | Largo <sup>1,2</sup> | Ancho <sup>1,2</sup> | Largo <sup>1,2</sup> | Ancho <sup>1,2</sup> | Largo <sup>1,2</sup> | Ancho <sup>1,2</sup> |
| HOGA 021   | 11.17a               | 8.92a                | 11.95a               | 9.36a                | 11.22a               | 8.57a                | 11.04a               | 8.71a                |
| HOGA 067   | 12.12a               | 9.45a                | 12.12a               | 9.65a                | 11.59a               | 8.68a                | 10.95a               | 8.88a                |
| HOGA 12    | 12.25a               | 9.21a                | 12.35a               | 9.55a                | 11.72a               | 8.11a                | 10.75a               | 8.71a                |
| CUGA 2479  | 10.60a               | 8.68a                | 10.56a               | 8.93a                | 10.02a               | 7.87a                | 9.93a                | 8.40a                |
| CUGA 1056  | 12.32a               | 9.75a                | 11.87a               | 9.84a                | 11.33a               | 8.41a                | 8.92a                | 6.81a                |
| MOGA 65    | 11.05a               | 8.97a                | 10.91a               | 9.33a                | 10.22a               | 7.94a                | 9.19a                | 7.43a                |
| JUMBO 2010 | 13.23a               | 10.32a               | 12.63a               | 10.33a               | 12.21a               | 9.23a                | 11.52a               | 9.68a                |
| COSTA 2004 | 11.81a               | 9.21a                | 11.93a               | 9.71a                | 11.53a               | 8.10a                | 10.83a               | 8.75a                |
| BS 92      | 12.20a               | 9.09a                | 11.99a               | 9.47a                | 11.60a               | 8.52a                | 11.24a               | 9.80a                |

<sup>1</sup> Promedio de 25 repeticiones. <sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).



La presencia de interacción genotipo x ambiente requiere la evaluación de los genotipos en una amplia gama de ambientes para encontrar genotipos deseables (Zali *et al.*, 2008). En este sentido los valores de dimensiones de granos de garbanzo como resultado de la interacción genotipo x localidad de siembra, se encuentran en el rango de 10.02 a 13.23 mm, 6.81 a 10.33 mm para largo y ancho, respectivamente (Cuadro 7 y las Fig. 19 y 20). Para este parámetro no se muestran diferencias estadísticas respecto al genotipo sembrado ni entre localidades. Lo cual indica que los materiales de estudio cuentan con cierta adaptación a las áreas de estudio para esta variable.

Los resultados para calibre de granos de garbanzo se muestran en el Cuadro 8 y Fig. 21, los cuales variaron en un rango de 34 a 59 g/30 granos, siendo el genotipo CUGA 2479 en Culiacán/Los Mochis/Navojoa y JUMBO 2010 en Hermosillo, los que presentaron el menor ( $p \leq 0.05$ ) y mayor ( $p \leq 0.05$ ) calibre, respectivamente.

El Cuadro 9 y la Fig. 22 muestran los resultados del efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el peso de 100 granos de garbanzo. Los resultados para este parámetro variaron de 33.20 a 87.96 g/100 granos. El valor más alto ( $p \leq 0.05$ ) corresponde al genotipo JUMBO 2010 sembrado en Culiacán, el menor valor de ( $p \leq 0.05$ ) corresponde al genotipo CUGA 1056 en la localidad de Hermosillo. Es de resaltar que el peso de 100 granos del genotipo JUMBO 2010 fue el que presentó los valores más altos ( $p \leq 0.05$ ) en las cuatro localidades, sin mostrar diferencias estadísticas respecto a las localidades.

Cuadro 8. Cuadro 8. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el calibre<sup>1</sup> de granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán <sup>2</sup> | Los Mochis <sup>2</sup> | Navojoa <sup>2</sup> | Hermosillo <sup>2</sup> |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| HOGA 021   | 46d                   | 46e                     | 50d                  | 42d                     |
| HOGA 067   | 43g                   | 44f                     | 41h                  | 40e                     |
| HOGA 12    | 42h                   | 47d                     | 46g                  | 48c                     |
| CUGA 2479  | 54a                   | 56a                     | 59a                  | 54b                     |
| CUGA 1056  | 44f                   | 49c                     | 51c                  | 57a                     |
| MOGA 65    | 51b                   | 53b                     | 55b                  | 54b                     |
| JUMBO 2010 | 35i                   | 41g                     | 39i                  | 34g                     |
| COSTA 2004 | 50c                   | 44f                     | 49e                  | 42d                     |
| BS 92      | 45e                   | 47d                     | 47f                  | 39f                     |

<sup>1</sup> Promedio de 3 repeticiones

<sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 9. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el Peso de 100 granos<sup>1</sup> de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán <sup>2</sup> | Los Mochis <sup>2</sup> | Navojoa <sup>2</sup> | Hermosillo <sup>2</sup> |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| HOGA 021   | 67.68d                | 66.96e                  | 66.90c               | 64.53c                  |
| HOGA 067   | 76.05b                | 70.42b                  | 70.20b               | 66.53b                  |
| HOGA 12    | 72.01c                | 68.84c                  | 65.40d               | 61.73d                  |
| CUGA 2479  | 56.47g                | 55.05h                  | 53.00h               | 51.20f                  |
| CUGA 1056  | 56.47g                | 66.45f                  | 56.75g               | 33.20h                  |
| MOGA 65    | 60.14f                | 61.13g                  | 52.40i               | 39.73g                  |
| JUMBO 2010 | 87.96a                | 78.81a                  | 78.90a               | 76.67a                  |
| COSTA 2004 | 63.65e                | 68.37d                  | 62.20f               | 61.07e                  |
| BS 92      | 71.91c                | 66.54f                  | 63.80e               | 64.67c                  |

<sup>1</sup> Promedio de 5 repeticiones

<sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

El rendimiento de los granos de genotipos de garbanzo sembrados en cuatro localidades presentaron un rango de 683 a 3834 g, siendo el genotipo MOGA 65



en la localidad de Mochis y Blanco Sinaloa-92 en la localidad de Hermosillo los que presentaron los valores más bajo y más alto ( $p \leq 0.05$ ), respectivamente (Cuadro 10 y Fig. 23). El efecto del genotipo y de la interacción genotipo-ambiente para el parámetro de rendimiento de grano de 17 genotipos de garbanzo en cinco diferentes centros de investigación de Irán, fue estudiado por Farshadfar *et al.* (2011), sus resultados indican que el medio ambiente explicó el 86.44 % del total de la variación, mientras que el genotipo y la interacción genotipo-ambiente explicó el 2.48 % y 11.08 %, respectivamente. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos, observado una amplia variación entre el rango de rendimiento entre las localidades respecto al genotipo estudiado.

Cuadro 10. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el rendimiento<sup>1</sup> (kg/ha) de granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán <sup>2</sup> | Los Mochis <sup>2</sup> | Navojoa <sup>2</sup> | Hermosillo <sup>2</sup> |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| HOGA 021   | 1878f                 | 1248g                   | 2310b                | 3028e                   |
| HOGA 067   | 1891e                 | 1876a                   | 2336a                | 3439c                   |
| HOGA 12    | 1981b                 | 1265f                   | 1980d                | 2627f                   |
| CUGA 2479  | 2022a                 | 1298e                   | 1736g                | 3127d                   |
| CUGA 1056  | 1680h                 | 1331d                   | 1728h                | 991i                    |
| MOGA 65    | 1935d                 | 683i                    | 1893f                | 1595h                   |
| JUMBO 2010 | 1665i                 | 1198h                   | 2062c                | 2495g                   |
| COSTA 2004 | 1823g                 | 1378c                   | 1572i                | 3525b                   |
| BS 92      | 1948c                 | 1620b                   | 1954e                | 3834a                   |

<sup>1</sup> Promedio de 3 repeticiones

<sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Asimismo, el porcentaje de exportación de granos de garbanzo varió entre 53 y 97% (Cuadro 11 y Fig. 24). El menor ( $p \leq 0.05$ ) correspondió al genotipo MOGA 65

para todas las localidades y al genotipo CUGA 1056 en Navojoa, en un rango de 61 a 87 % para el primer genotipo y 83 % para el segundo. Los genotipos con mayor ( $p \leq 0.05$ ) de porciento de exportación correspondió a HOGA 12 en Culiacán/Navojoa, así como JUMBO 2010 en Los Mochis, HOGA 067 en Navojoa/Hermosillo y BS 92 en Hermosillo, todos los genotipos con un 97 % de exportación.

Cuadro 11. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre el % de Exportación<sup>1</sup> de granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán <sup>2</sup> | Los Mochis <sup>2</sup> | Navojoa <sup>2</sup> | Hermosillo <sup>2</sup> |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| HOGA 021   | 94a                   | 95b                     | 93c                  | 97b                     |
| HOGA 067   | 94a                   | 95b                     | 97a                  | 98a                     |
| HOGA 12    | 97a                   | 94b                     | 97a                  | 89d                     |
| CUGA 2479  | 87b                   | 84e                     | 91cd                 | 90c                     |
| CUGA 1056  | 93a                   | 92c                     | 83d                  | 53f                     |
| MOGA 65    | 87c                   | 81f                     | 83d                  | 61e                     |
| JUMBO 2010 | 96a                   | 97a                     | 95b                  | 96b                     |
| COSTA 2004 | 92a                   | 94b                     | 91c                  | 96b                     |
| BS 92      | 94a                   | 90d                     | 92c                  | 98a                     |

<sup>1</sup> Promedio de 3 repeticiones

<sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

## 2 Diferencia total de color y contenido de proteína

En los Cuadros 12, 13, se muestran los valores de diferencia total de color y contenido de proteína, respectivamente de granos de genotipos de garbanzo sembrados en diferentes localidades. La interacción genotipo x localidad de siembra afectó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) la diferencia total de color de granos de garbanzo en un rango de de 46.8 a 52.5 (Cuadro 12 y Fig. 25). Los valores de



diferencia total de color menor ( $p \leq 0.05$ ) y mayor ( $p \leq 0.05$ ) correspondieron a los genotipos MOGA 65 en Culiacán y HOGA 067/COSTA 2004 en Hermosillo, respectivamente.

Los valores de contenido de proteína para los granos de garbanzo como resultado de la interacción genotipo x localidad de siembra, presentaron valores entre 16.76 a 26.94 % (Cuadro 13 y Fig. 26). El valor menor ( $p \leq 0.05$ ) correspondió al genotipo COSTA 2004 sembrado en Culiacán, para la misma variedad de garbanzo se reportó el más alto valor de ( $p \leq 0.05$ ) en la localidad de Hermosillo.

Cuadro 12. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre la Diferencia total de color<sup>1</sup> en granos de genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán <sup>2</sup> | Los Mochis <sup>2</sup> | Navojoa <sup>2</sup> | Hermosillo <sup>2</sup> |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| HOGA 021   | 49.2c                 | 49.2c                   | 49.5d                | 49.7d                   |
| HOGA 067   | 50.9a                 | 47.6d                   | 50.4c                | 52.5a                   |
| HOGA 12    | 48.1e                 | 47.9d                   | 48.3d                | 50.0c                   |
| CUGA 2479  | 49.5c                 | 50.4b                   | 50.2c                | 51.2b                   |
| CUGA 1056  | 49.5c                 | 51.9a                   | 50.4c                | 48.6e                   |
| MOGA 65    | 46.8g                 | 47.6d                   | 49.4d                | 47.2f                   |
| JUMBO 2010 | 47.3f                 | 47.9d                   | 50.3c                | 49.4d                   |
| COSTA 2004 | 50.2b                 | 48.2d                   | 50.8b                | 52.3a                   |
| BS 92      | 48.8d                 | 49.3c                   | 52.1a                | 51.0b                   |

<sup>1</sup> Promedio de 27 repeticiones

<sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 13. Efecto de la interacción genotipo x localidad de siembra sobre contenido de proteína<sup>1</sup> (% bs) de granos de genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

| Genotipo   | Culiacán <sup>2</sup> | Los Mochis <sup>2</sup> | Navojoa <sup>2</sup> | Hermosillo <sup>2</sup> |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| HOGA 021   | 18.30e                | 20.06d                  | 19.85e               | 22.07e                  |
| HOGA 067   | 19.19c                | 18.09g                  | 20.34d               | 20.42f                  |
| HOGA 12    | 22.62b                | 24.72a                  | 18.16f               | 22.64d                  |
| CUGA 2479  | 18.68d                | 18.33g                  | 21.24b               | 25.58b                  |
| CUGA 1056  | 18.30e                | 20.80c                  | 22.21a               | 23.37c                  |
| MOGA 65    | 17.47f                | 20.83c                  | 17.41g               | 19.85g                  |
| JUMBO 2010 | 22.85b                | 22.11b                  | 20.85c               | 21.78f                  |
| COSTA 2004 | 16.76g                | 19.63e                  | 20.21d               | 26.94a                  |
| BS 92      | 24.05a                | 19.27f                  | 20.10de              | 22.20e                  |

<sup>1</sup> Promedio de 9 repeticiones

<sup>2</sup> Las medias se separaron por columnas aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan. Medias con la misma letra no son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

El garbanzo es una leguminosa de grano sensible a estrés por frío, y su capacidad de adaptación y productividad directamente y/o indirectamente (debido a susceptibilidad) están limitadas por malezas, insectos, enfermedades y las bajas temperaturas (Reddy *et al.*, 2004). Las plantas están expuestas a fluctuaciones considerables de temperatura durante el día y la noche (Samach y Wigge, 2005). Muchas especies sufren lesiones o mueren por exposición a bajas temperaturas en el intervalo de 0-15 °C. Estas especies se clasifican como sensibles a enfriamiento (Ishizaki *et al.*, 1996).

El estrés oxidativo (estrés por frío o a baja temperatura) induce los procesos oxidativos en las células vegetales. Estos procesos se inician por especies reactivas de oxígeno, que surgen del funcionamiento desequilibrado de la cadena



transportadora de electrones y llevar a cabo diversas manifestaciones de daño por enfriamiento (Hariadi y Parkin, 1993, Prasad *et al.*, 1994).

Las plantas (incluyendo garbanzo) para aclimatarse a ambientes y temperaturas bajas deben principalmente sufrir cambios en el metabolismo de la célula determinado por la expresión génica diferencial, lo cual da como resultado cambios en la composición de la membrana y la acumulación de crioprotectores y antioxidantes (Xin y Browse, 2000). Afecta a las propiedades de las membranas biológicas, en particular, la membrana plasmática (Steponkus, 1984), y esta membrana aumenta su permeabilidad. El garbanzo de tipo desi se cree que es más tolerante a la sequía (Yadav *et al.*, 2006).

Las principales limitantes en la producción de garbanzo son factores bióticos como el tizón, *Ascochyta*, barrenador de la vaina, marchitamiento por *Fusarium* y estreses abióticos como la sequía, el calor, el frío y la salinidad alta. En este sentido Millan *et al.* (2006), reporta bajos rendimientos en la India, con pérdidas de 0.6 y 0.7 ton/ha<sup>-1</sup> durante los últimos años, este bajo rendimiento es muy inferior a la cosecha potencial de 3.5 ton/ha<sup>-1</sup> en condiciones normales

El estrés por frío es una limitante en la producción en muchas partes del mundo, la baja temperatura en la etapa reproductiva induce el aborto de flores y vainas, esterilidad de vainas y semillas pequeñas y arrugadas lo cual se ve reflejado en el rendimiento y reducción del grano (Croser *et al.*, 2003; Clarke *et al.*, 2005). Lo cual podría explicar cómo la localidad de Sonora supero a la localidad de Sinaloa en algunas características: rendimiento y contenido de proteína principalmente, ya que durante el establecimiento de los ensayos y por segundo año consecutivo la



región agrícola de Sinaloa resultó afectada, causando daños en 500,000 hectáreas de granos y hortalizas debido a las bajas temperaturas de hasta  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (SAGARPA, 2011).

Un estrés afecta prácticamente a todos los aspectos de la planta crecimiento y metabolismo. La respuesta de la planta al estrés depende de diversos factores tales como la duración y grado de estrés, etapa de crecimiento y el tiempo de exposición al estrés (Gupta y Sheoran, 1983). Debido a su modo de vida estacionario, las plantas recurren a muchas estrategias de adaptación en respuesta a diferentes tensiones, tales como alta salinidad, deshidratación, frío y calor, que en última instancia afecta el crecimiento de la planta y la productividad (Gill *et al.*, 2003). Frente a estas tensiones, las plantas se adaptan a los diferentes mecanismos incluyendo cambios morfológicos, fisiológicos y respuesta bioquímica (Bohnert *et al.*, 1995). Lo cual podría explicar el comportamiento de los materiales que aun y cuando fueron sometidos a un estrés por bajas temperaturas el mejor calibre lo obtuvieron materiales sembrados en Sinaloa.

Todas las características físicas evaluadas salvo (largo y ancho) mostraron diferencia estadística para la interacción genotipo x ambiente, lo cual concuerda con lo reportado por Choudhary y Haque, (2010.) quienes encontraron interacción altamente significativa para la mayoría de los caracteres físicos y sugieren que los genotipos de garbanzo mostraron interacción diferencial con el ambiente.



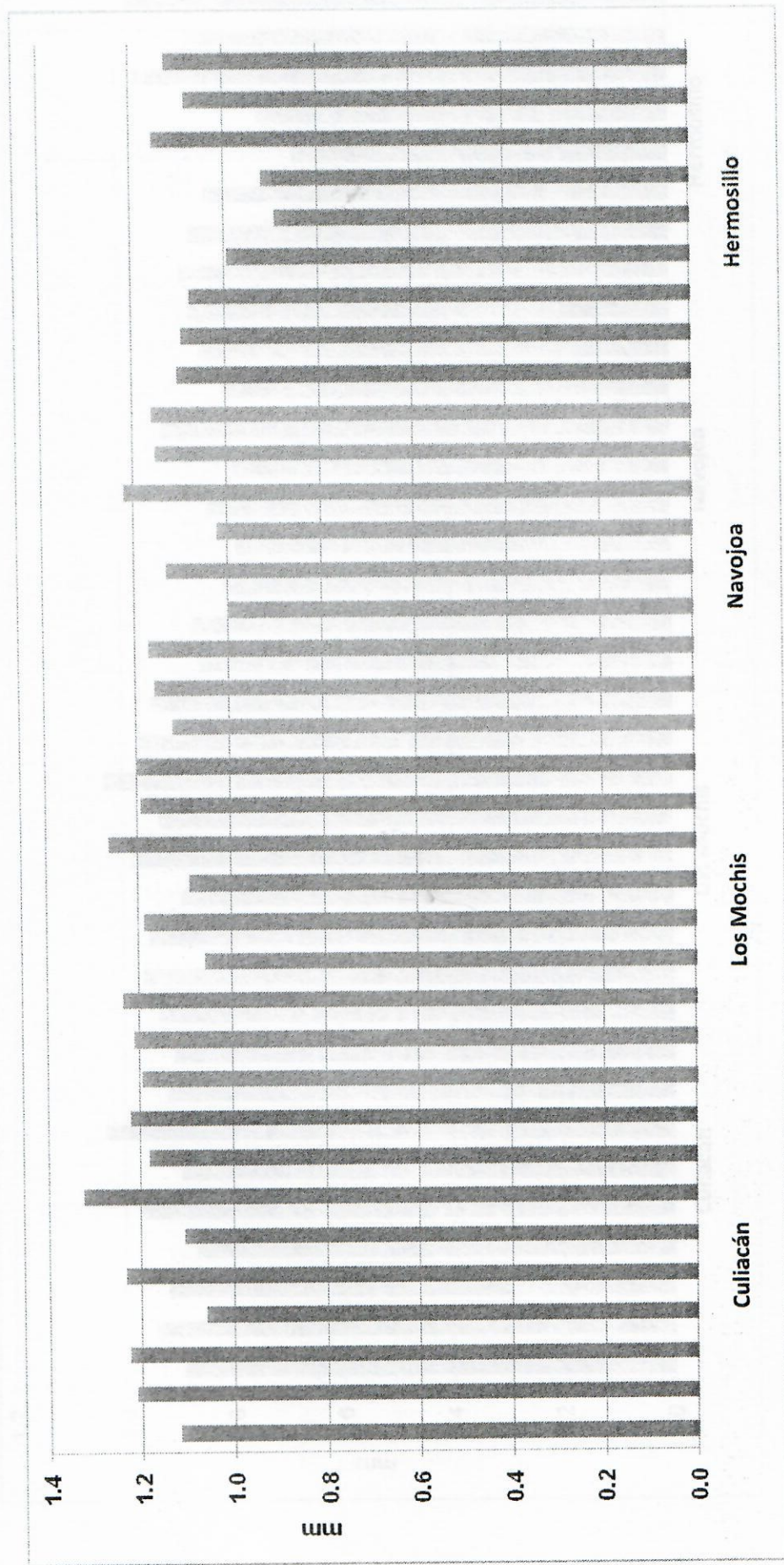


Fig. 19. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el largo de 9 genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



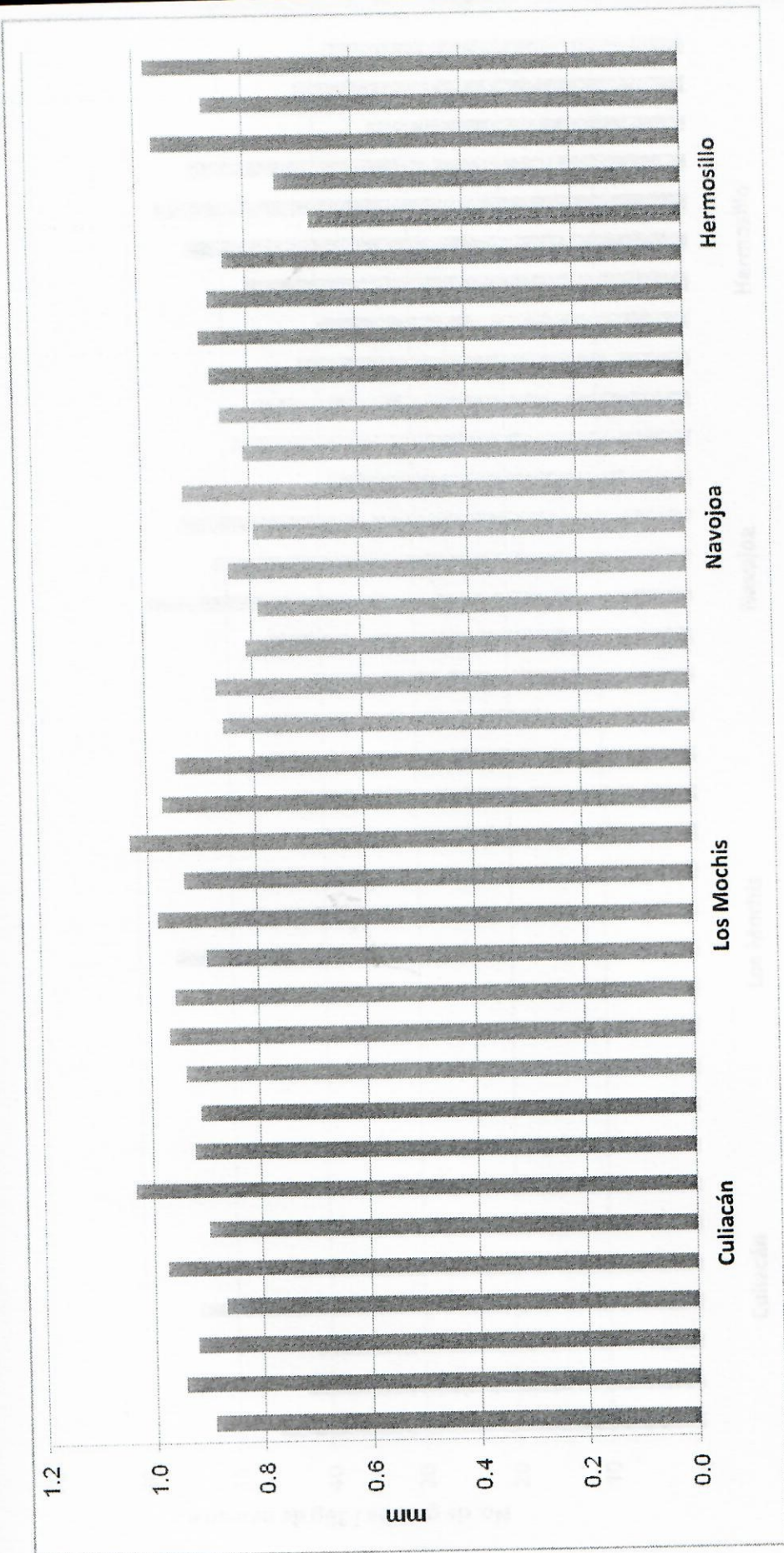


Fig.20. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el ancho de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



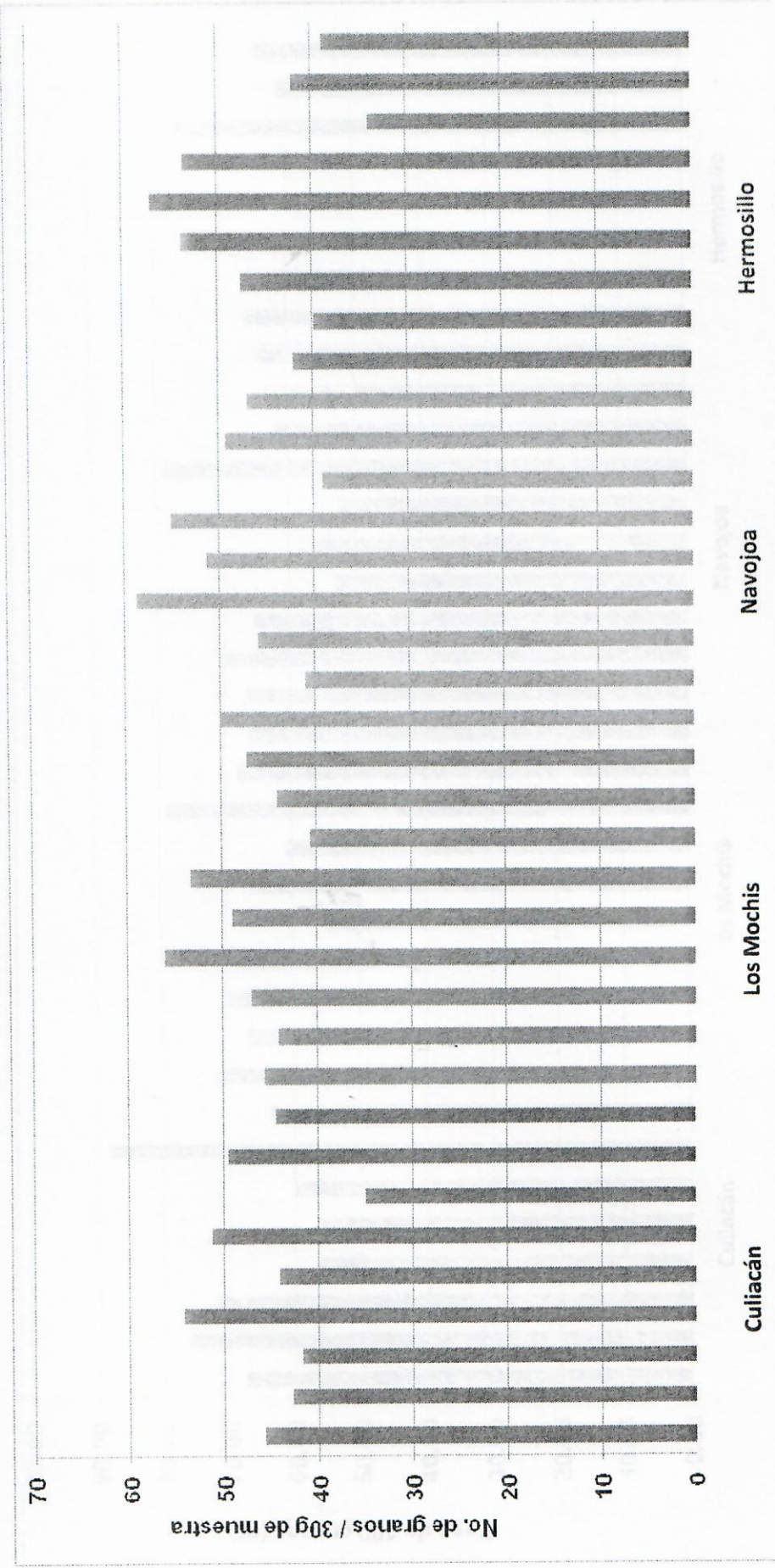


Fig.21. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el calibre de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

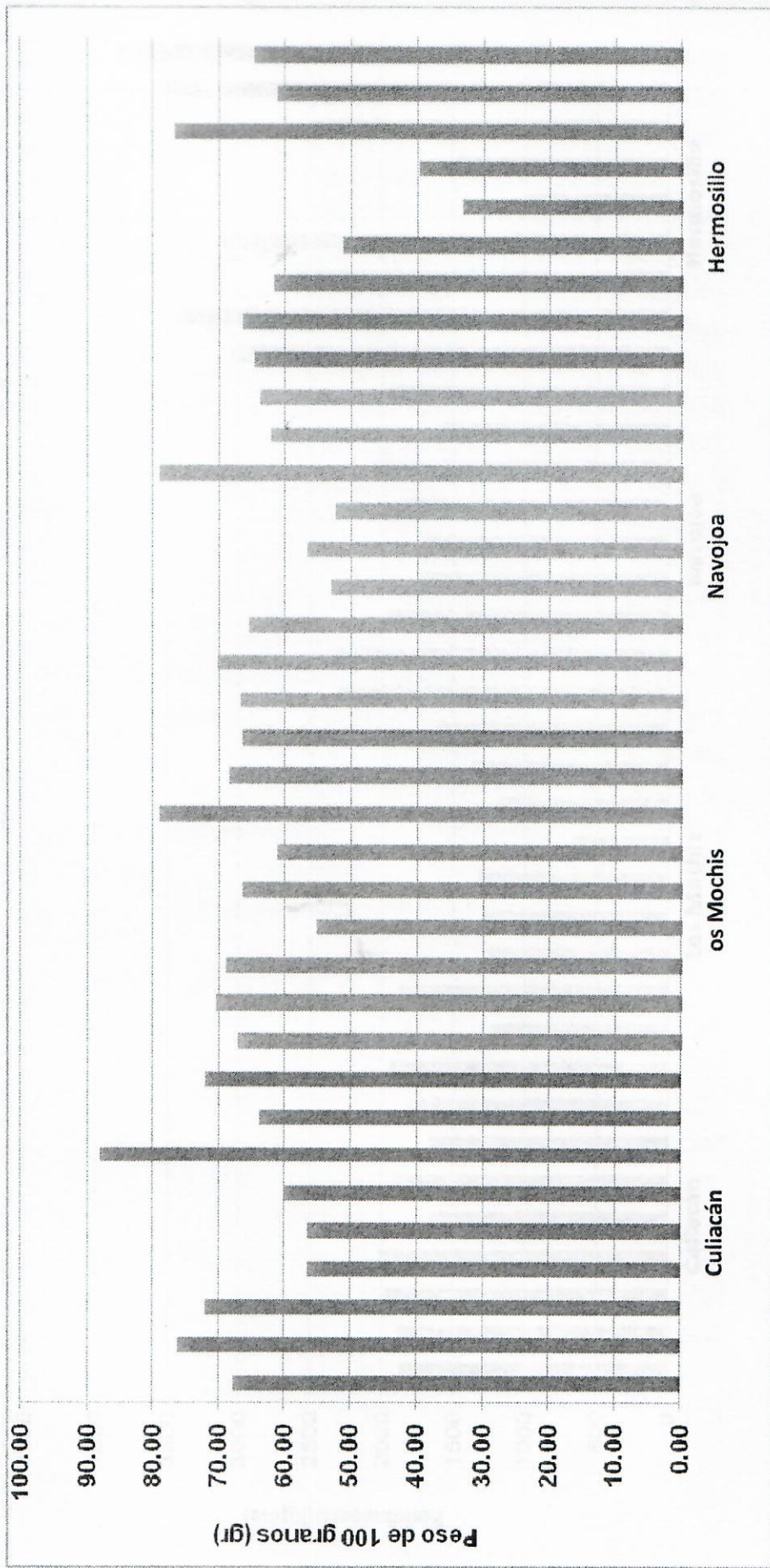


Fig.22. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el peso de 100 granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



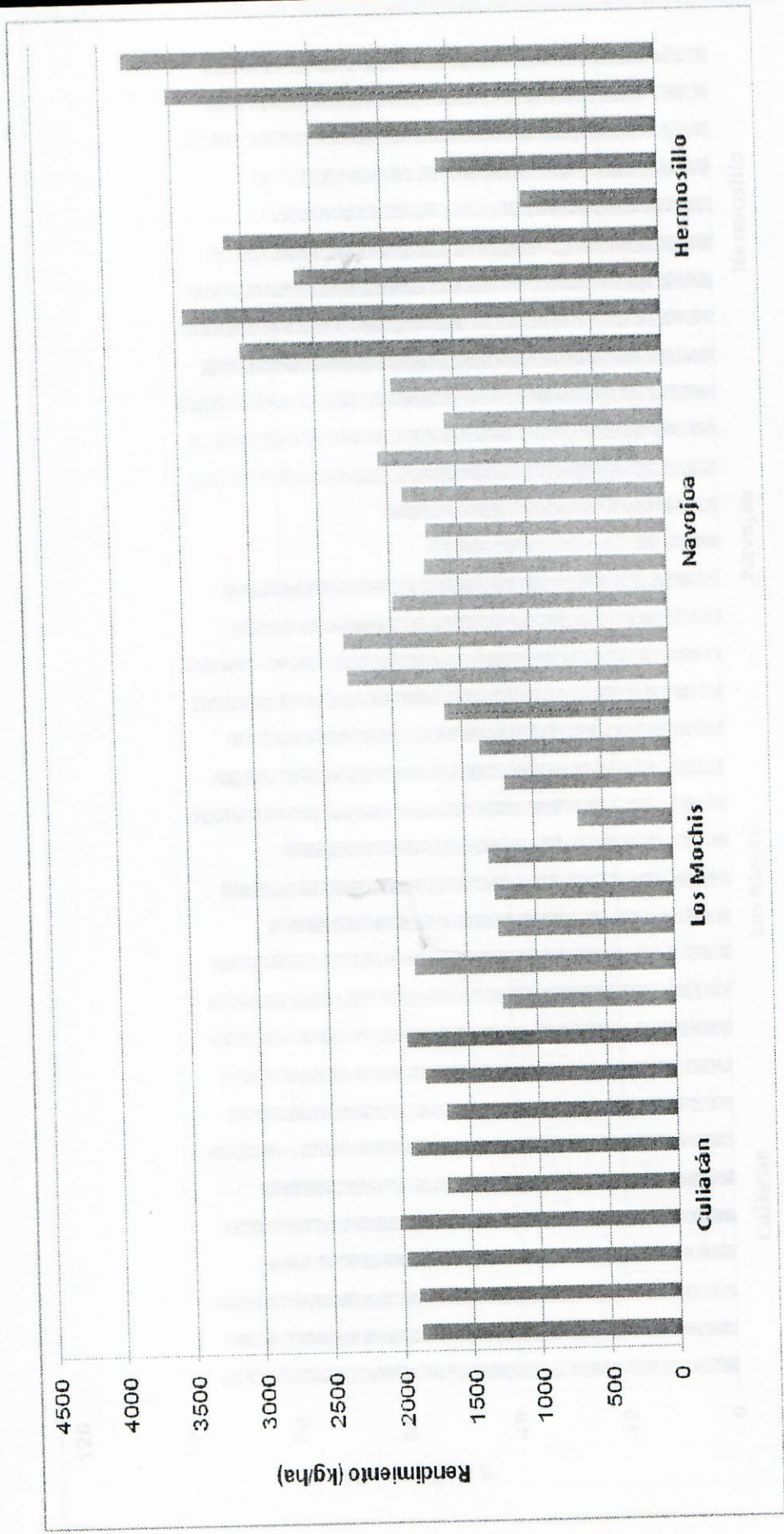


Fig.23. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el rendimiento de 9 genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

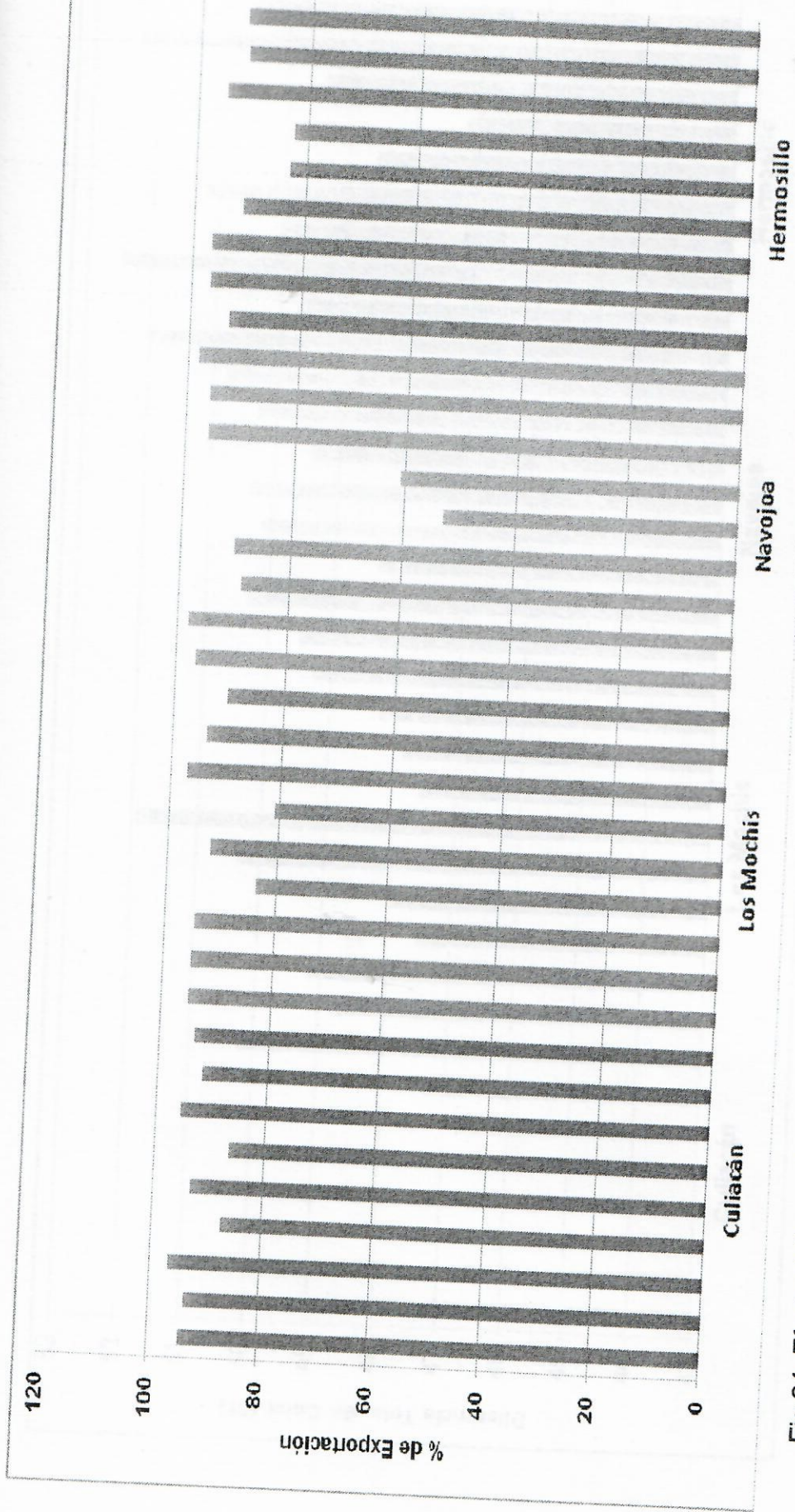


Fig.24. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el % exportable de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



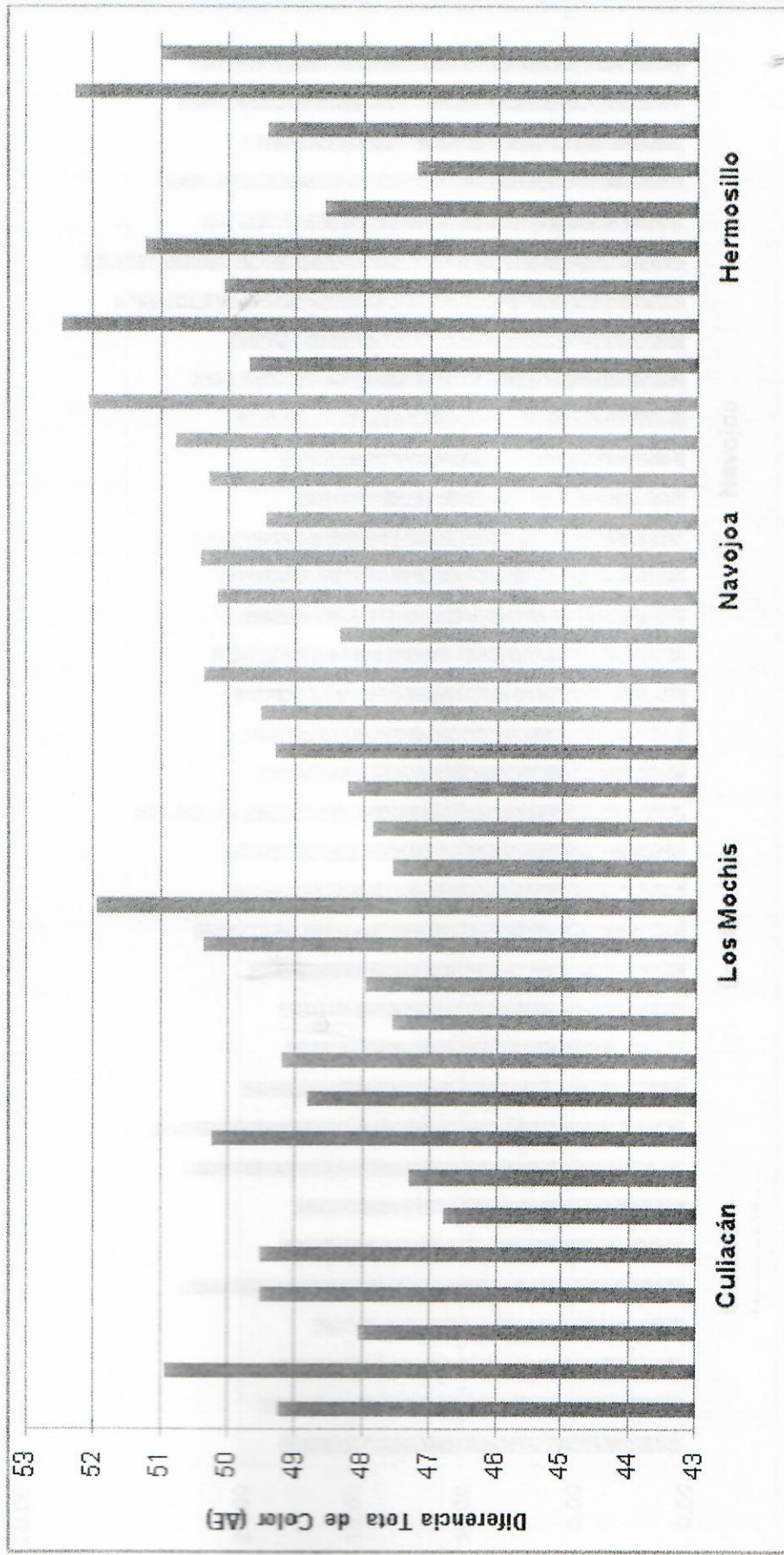


Fig.25. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre la diferencia total de color de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

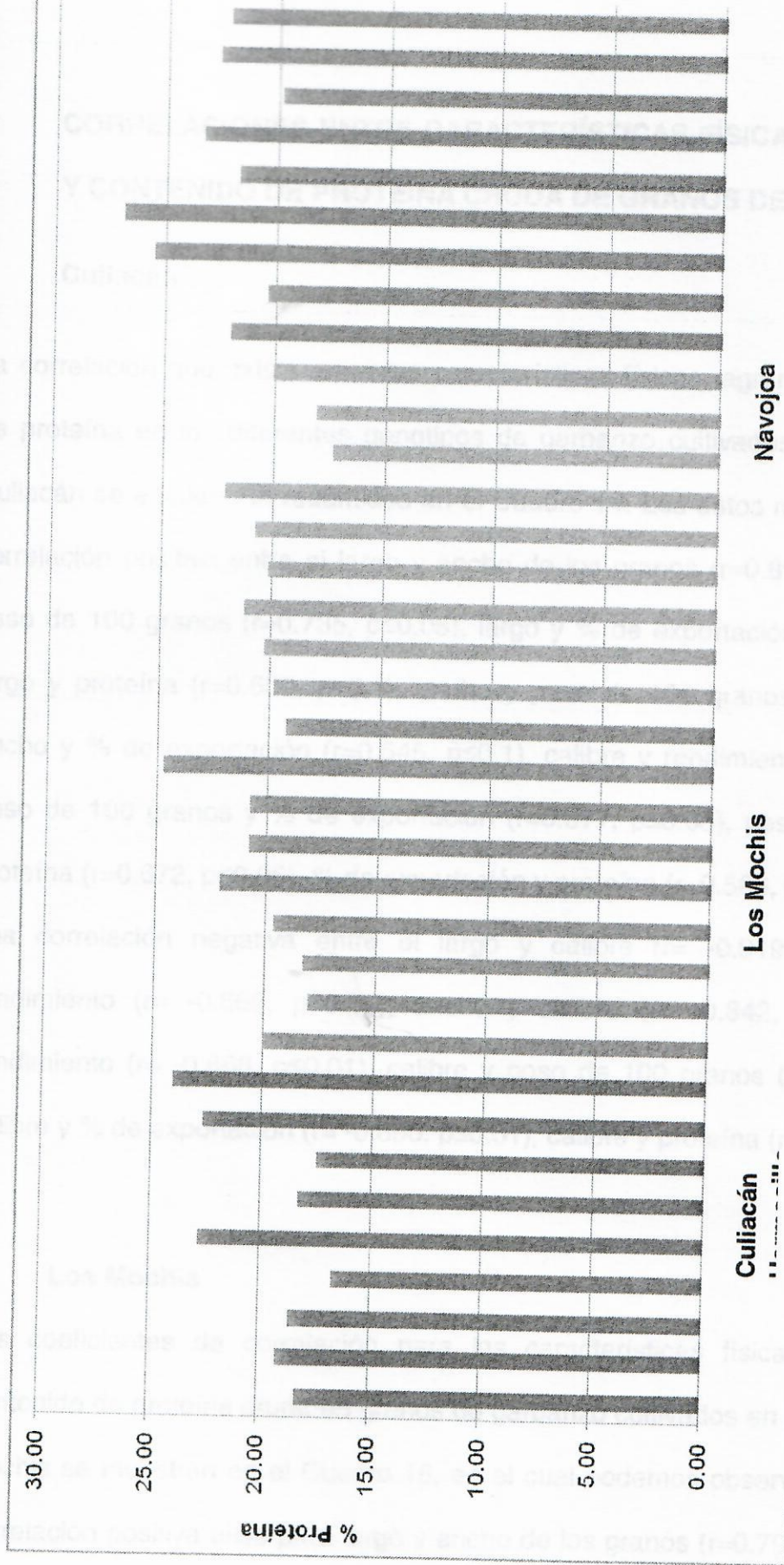


Fig.26. Efecto del genotipo y la localidad de siembra sobre el contenido de proteína de garbanzo (*Cicer arietinum* L.)



## CORRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, AGRONÓMICAS Y CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA DE GRANOS DE GARBANZO

### Culiacán

La correlación que existe entre las características físicas, agronómicas y contenido de proteína en los diferentes genotipos de garbanzo cultivados en la localidad de Culiacán se encuentran resumidos en el Cuadro 14. Los datos mostraron una fuerte correlación positiva entre el largo y ancho de los granos ( $r=0.898$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y peso de 100 granos ( $r=0.735$ ,  $p\leq 0.05$ ), largo y % de exportación ( $r=0.762$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y proteína ( $r=0.609$ ,  $p\leq 0.1$ ), ancho y peso de 100 granos ( $r=0.629$ ,  $p\leq 0.05$ ), ancho y % de exportación ( $r=0.545$ ,  $p\leq 0.1$ ), calibre y rendimiento ( $r=0.592$ ,  $p\leq 0.1$ ), peso de 100 granos y % de exportación ( $r=0.677$ ,  $p\leq 0.05$ ), peso de 100 granos y proteína ( $r=0.672$ ,  $p\leq 0.05$ ), % de exportación y proteína ( $r=0.589$ ,  $p\leq 0.1$ ). Se presentó una correlación negativa entre el largo y calibre ( $r= -0.919$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y rendimiento ( $r= -0.669$ ,  $p\leq 0.05$ ), ancho y calibre ( $r= -0.842$ ,  $p\leq 0.01$ ), ancho y rendimiento ( $r= -0.866$ ,  $p\leq 0.01$ ), calibre y peso de 100 granos ( $r= -0.847$ ,  $p\leq 0.01$ ), calibre y % de exportación ( $r= -0.850$ ,  $p\leq 0.01$ ), calibre y proteína ( $r= -0.650$ ,  $p\leq 0.05$ ).

### 2 Los Mochis

Los coeficientes de correlación para las características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda en granos de garbanzo cultivados en la localidad de Los Mochis se muestran en el Cuadro 15, en el cual podemos observar coeficientes de correlación positiva altos para largo y ancho de los granos ( $r=0.797$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y

## **CORRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, AGRONÓMICAS Y CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA DE GRANOS DE GARBANZO**

### **1 Culiacán**

La correlación que existe entre las características físicas, agronómicas y contenido de proteína en los diferentes genotipos de garbanzo cultivados en la localidad de Culiacán se encuentran resumidos en el Cuadro 14. Los datos mostraron una fuerte correlación positiva entre el largo y ancho de los granos ( $r=0.898$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y peso de 100 granos ( $r=0.735$ ,  $p\leq 0.05$ ), largo y % de exportación ( $r=0.762$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y proteína ( $r=0.609$ ,  $p\leq 0.1$ ), ancho y peso de 100 granos ( $r=0.629$ ,  $p\leq 0.05$ ), ancho y % de exportación ( $r=0.545$ ,  $p\leq 0.1$ ), calibre y rendimiento ( $r=0.592$ ,  $p\leq 0.1$ ), peso de 100 granos y % de exportación ( $r=0.677$ ,  $p\leq 0.05$ ), peso de 100 granos y proteína ( $r=0.672$ ,  $p\leq 0.05$ ), % de exportación y proteína ( $r=0.589$ ,  $p\leq 0.1$ ). Se presentó una correlación negativa entre el largo y calibre ( $r= -0.919$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y rendimiento ( $r= -0.669$ ,  $p\leq 0.05$ ), ancho y calibre ( $r= -0.842$ ,  $p\leq 0.01$ ), ancho y rendimiento ( $r= -0.866$ ,  $p\leq 0.01$ ), calibre y peso de 100 granos ( $r= -0.847$ ,  $p\leq 0.01$ ), calibre y % de exportación ( $r= -0.850$ ,  $p\leq 0.01$ ), calibre y proteína ( $r= -0.650$ ,  $p\leq 0.05$ ).

### **2 Los Mochis**

Los coeficientes de correlación para las características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda en granos de garbanzo cultivados en la localidad de Los Mochis se muestran en el Cuadro 15, en el cual podemos observar coeficientes de correlación positivos para largo y ancho de los granos ( $r=0.797$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y



peso de 100 granos ( $r=0.935$ ,  $p\leq 0.01$ ), largo y % de exportación ( $r=0.925$ ,  $p\leq 0.01$ ), ancho y peso de 100 granos ( $r=0.917$ ,  $p\leq 0.01$ ), ancho y % de exportación ( $r=0.685$ ,  $p\leq 0.05$ ), peso de 100 granos y % de exportación ( $r=0.841$ ,  $p\leq 0.01$ ), rendimiento y % de exportación ( $r=0.537$ ,  $p\leq 0.1$ ).

Tabla 14. Características físicas y químicas y rendimiento de proteína de cruas de garbanzos de diferentes variedades sembrados en la localidad de Navoia.

| Variable         | Largo   | Ancho   | Peso 100 | Rendimiento | % de exportación | Proteína | DE |
|------------------|---------|---------|----------|-------------|------------------|----------|----|
| Largo            | 1       |         |          |             |                  |          |    |
| Ancho            | 0.756** | 1       |          |             |                  |          |    |
| Peso 100         | 0.935** | 0.917** | 1        |             |                  |          |    |
| Rendimiento      | 0.537** | 0.579** | 0.540**  | 1           |                  |          |    |
| % de exportación | 0.925** | 0.685** | 0.841**  | 0.537**     | 1                |          |    |
| Proteína         | 0.175   | 0.264   | 0.667    | 0.138       | 0.004            | 1        |    |
| DE               | 0.158   | 0.271   | 0.114    | 0.207       | 0.018            | 0.004    | 1  |

10E = Diferencia significativa ( $p\leq 0.01$ ), \*\*  $p\leq 0.01$ , \*\*\*  $p\leq 0.001$ .

Cuadro 16. Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Navojoa.

| NAVOJOA          | Largo    | Ancho    | Calibre   | Peso 100 | Rendimiento | % de exportación | Proteína | $\Delta E$ |
|------------------|----------|----------|-----------|----------|-------------|------------------|----------|------------|
| Largo            | 1        |          |           |          |             |                  |          |            |
| Ancho            | 0.756**  | 1        |           |          |             |                  |          |            |
| Calibre          | -0.907*  | -0.831*  | 1         |          |             |                  |          |            |
| Peso 100         | 0.858*   | 0.881*   | -0.933*   | 1        |             |                  |          |            |
| Rendimiento      | 0.302    | 0.570*** | -0.542*** | 0.597*** | 1           |                  |          |            |
| % de exportación | 0.554*** | 0.411    | -0.642*** | 0.737**  | 0.517***    | 1                |          |            |
| Proteína         | 0.175    | 0.359    | -0.057    | 0.119    | -0.188      | -0.004           | 1        |            |
| $\Delta E$       | 0.168    | 0.271    | -0.109    | 0.054    | -0.207      | -0.101           | 0.528*** | 1          |

1 $\Delta E$  = Diferencia total de color. \*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $p \leq 0.05$ , \*\*\*  $p \leq 0.1$



Cuadro 17. Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Hermosillo.

| HERMOSILLO       | Largo    | Ancho    | Calibre   | Peso 100 | Rendimiento | % de exportación | Proteína | $\Delta E$ |
|------------------|----------|----------|-----------|----------|-------------|------------------|----------|------------|
| Largo            | 1        |          |           |          |             |                  |          |            |
| Ancho            | 0.953*   | 1        |           |          |             |                  |          |            |
| Calibre          | -0.944*  | -0.896*  | 1         |          |             |                  |          |            |
| Peso 100         | 0.985*   | 0.937*   | -0.939*   | 1        |             |                  |          |            |
| Rendimiento      | 0.771*   | 0.807*   | -0.652*** | 0.719**  | 1           |                  |          |            |
| % de exportación | 0.927*   | 0.910*   | -0.807*   | 0.914*   | 0.922*      | 1                |          |            |
| Proteína         | -0.013   | -0.005   | 0.159     | -0.060   | 0.262       | 0.174            | 1        |            |
| $\Delta E$       | 0.561*** | 0.548*** | -0.453    | 0.530*** | 0.844*      | 0.752**          | 0.467    | 1          |

1 $\Delta E$  = Diferencia total de color. \*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $p \leq 0.05$ , \*\*\*  $p \leq 0.1$

Se presentaron además correlaciones negativas altas entre el largo y calibre ( $r = -0.926$ ,  $p \leq 0.01$ ), ancho y calibre ( $r = -0.807$ ,  $p \leq 0.01$ ), calibre y peso de 100 granos ( $r = -0.949$ ,  $p \leq 0.01$ ), calibre y % de exportación ( $r = -0.910$ ,  $p \leq 0.01$ ).

### 3 Navojoa

En la localidad de Navojoa (Cuadro 16) se encontraron correlaciones positivas altas para largo y ancho de los granos ( $r = 0.756$ ,  $p \leq 0.05$ ), largo y peso de 100 granos ( $r = 0.858$ ,  $p \leq 0.01$ ), largo y % de exportación ( $r = 0.554$ ,  $p \leq 0.1$ ), ancho y peso de 100 granos ( $r = 0.881$ ,  $p \leq 0.01$ ), ancho y rendimiento ( $r = 0.570$ ,  $p \leq 0.1$ ), peso de 100 granos y rendimiento ( $r = 0.597$ ,  $p \leq 0.1$ ), peso de 100 granos y % de exportación ( $r = 0.737$ ,  $p \leq 0.05$ ), rendimiento y % de exportación ( $r = 0.517$ ,  $p \leq 0.1$ ), rendimiento y % de exportación ( $r = 0.517$ ,  $p \leq 0.1$ ), proteína y color ( $r = 0.528$ ,  $p \leq 0.1$ ). Se encontraron coeficientes de correlación negativos entre el largo y calibre ( $r = -0.907$ ,  $p \leq 0.01$ ), ancho y calibre ( $r = -0.831$ ,  $p \leq 0.01$ ), calibre y peso de 100 granos ( $r = -0.933$ ,  $p \leq 0.01$ ), calibre y rendimiento ( $r = -0.542$ ,  $p \leq 0.1$ ), calibre y % de exportación ( $r = -0.642$ ,  $p \leq 0.1$ ).

### 4 Hermosillo

En la localidad de Hermosillo (Cuadro 17) se encontraron correlaciones positivas altas para largo y ancho de los granos ( $r = 0.953$ ,  $p \leq 0.01$ ), largo y peso de 100 granos ( $r = 0.985$ ,  $p \leq 0.01$ ), largo y rendimiento ( $r = 0.771$ ,  $p \leq 0.01$ ), largo y % de exportación ( $r = 0.927$ ,  $p \leq 0.01$ ), largo y color ( $r = 0.561$ ,  $p \leq 0.1$ ), ancho y peso de 100 granos ( $r = 0.937$ ,  $p \leq 0.01$ ), ancho y rendimiento ( $r = 0.807$ ,  $p \leq 0.01$ ), ancho y % de exportación ( $r = 0.910$ ,  $p \leq 0.01$ ), ancho y color ( $r = 0.548$ ,  $p \leq 0.1$ ), peso de 100 granos y rendimiento ( $r = 0.719$ ,  $p \leq 0.05$ ), peso de 100 granos y % de exportación ( $r = 0.914$ ,  $p \leq 0.01$ ), peso de 100 granos y color ( $r = 0.530$ ,  $p \leq 0.1$ ), rendimiento y % de exportación ( $r = 0.922$ ,  $p \leq 0.01$ ), rendimiento y color ( $r = 0.844$ ,  $p \leq 0.01$ ), % de exportación y color ( $r = 0.572$ ,  $p \leq 0.05$ ). Se encontraron coeficientes de correlación negativos entre el largo y



calibre (r= -0.944, p≤0.01), ancho y calibre (r= -0.896, p≤0.01), calibre y peso de 100 granos (r= -0.939, p≤0.01), calibre y rendimiento (r= -0.652, p≤0.1), calibre y % de exportación (r= -0.807, p≤0.01).

Tabla 13. Correlaciones entre características físicas, agronómicas y químicas de proteína cruda de granos de pinto en los municipios de la localidad de Culiacán.

| Característica   | Proteína | Calibre | Peso 100 | Rendimiento | % de exportación |
|------------------|----------|---------|----------|-------------|------------------|
| Calibre          | 1        |         |          |             |                  |
| Ancho            | 0.896**  | 1       |          |             |                  |
| Calibre          | 0.819*   | 0.944** | 1        |             |                  |
| Peso 100         | 0.788**  | 0.939** | 1        |             |                  |
| Rendimiento      | 0.652**  | 0.652** | 0.208    | 1           |                  |
| % de exportación | 0.792**  | 0.807** | 0.877**  | 0.370       | 1                |
| Proteína         | 0.799**  | 0.859** | 0.679**  | 0.336       | 0.819**          |
| ΔE               | 0.128    | -0.768  | -0.290   | 0.058       | -0.853           |

ΔE = índice de color, \*\* p ≤ 0.01, \* p ≤ 0.05.

Cuadro 14. Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Culiacán.

| CULIACÁN         | Largo    | Ancho    | Calibre  | Peso 100 | Rendimiento | % de exportación | Proteína | $\Delta E$ |
|------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|------------------|----------|------------|
| Largo            | 1        |          |          |          |             |                  |          |            |
| Ancho            | 0.898*   | 1        |          |          |             |                  |          |            |
| Calibre          | -0.919*  | -0.842*  | 1        |          |             |                  |          |            |
| Peso 100         | 0.735**  | 0.629**  | -0.847*  | 1        |             |                  |          |            |
| Rendimiento      | -0.669** | -0.866*  | 0.592*** | -0.294   | 1           |                  |          |            |
| % de exportación | 0.762*   | 0.545*** | -0.850*  | 0.677**  | -0.370      | 1                |          |            |
| Proteína         | 0.609*** | 0.335    | -0.650** | 0.672**  | 0.038       | 0.589***         | 1        |            |
| $\Delta E$       | -0.128   | -0.168   | 0.199    | -0.206   | 0.039       | 0.099            | -0.353   | 1          |

1 $\Delta E$  = Diferencia total de color. \*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $p \leq 0.05$ , \*\*\*  $p \leq 0.1$



Cuadro 15. Correlaciones entre características físicas, agronómicas y contenido de proteína cruda de granos de 9 genotipos de garbanzo sembrados en la localidad de Los Mochis.

| LOS MOCHIS       | Largo   | Ancho   | Calibre | Peso 100 | Rendimiento | % de exportación | Proteína | $\Delta E$ |
|------------------|---------|---------|---------|----------|-------------|------------------|----------|------------|
| Largo            | 1       |         |         |          |             |                  |          |            |
| Ancho            | 0.797*  | 1       |         |          |             |                  |          |            |
| Calibre          | -0.926* | -0.807* | 1       |          |             |                  |          |            |
| Peso 100         | 0.935*  | 0.917*  | -0.949* | 1        |             |                  |          |            |
| Rendimiento      | 0.408   | 0.114   | -0.412  | 0.257    | 1           |                  |          |            |
| % de exportación | 0.925*  | 0.685** | -0.910* | 0.841*   | 0.537***    | 1                |          |            |
| Proteína         | 0.450   | 0.381   | -0.213  | 0.394    | -0.438      | 0.261            | 1        |            |
| $\Delta E$       | -0.279  | -0.187  | 0.407   | -0.403   | 0.091       | -0.136           | -0.214   | 1          |

1 $\Delta E$  = Diferencia total de color. \*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $p \leq 0.05$ , \*\*\*  $p \leq 0.1$

## VIII. CONCLUSIONES

1. El genotipo afectó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) las características físicas (longitud, ancho, color y peso del grano), así como el contenido de proteína, rendimiento por hectárea y el porcentaje de exportación de granos, en las líneas y variedades evaluadas.
2. El ambiente también afectó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) sólo las características físicas de color, calibre y peso de granos, asimismo, el contenido de proteína, rendimiento y porcentaje de exportación de granos, pero en las propiedades físicas de largo y ancho no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas.
3. La interacción genotipo ambiente fue significativa ( $p \leq 0.05$ ) para las características de color, calibre y peso del grano, así como para el contenido de proteína, rendimiento y porcentaje de exportación de granos, pero no se observaron diferencias estadísticas en longitud y ancho del grano.
4. En los cuatro ambientes, el calibre del grano tuvo relación positiva altamente significativa con el largo y ancho del grano, al igual que el peso del grano, pero el rendimiento de grano sólo tuvo relación significativa con dichos caracteres en Culiacán y Hermosillo; en tanto que la correlación del porcentaje de exportación con ambas características fue significativa en Culiacán, Los Mochis y Hermosillo.



## IX. LITERATURA CITADA

- Alajaji, S. A. y El-Adawy A. 2006. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:806-812.
- AOAC. 1998. *Official Methods of Analysis* 16° ed. Harla, Association of Official Analytical Chemists. St. Paul, MN, EUA.
- Arora, P. P. 1991. Genetic variability and its relevance in chickpea improvement. *International Chickpea Newsletter* 25: 9-10
- Arshad, M., Bakhsh A. y Ghafoor A. 2004. Path coefficient analysis in chickpea under rainfed conditions. *Pak. J. Bot.*, 36(1): 75-81.
- Athwal, D. S. y Sandha G. S. 1967. Inheritance of seed size and seed number per pod in *Cicer*. *Indian J Genet* 27: 21-33.
- Aziz, A. M. Khan A. M. y Shah S. 1959. Causes of low setting of seeds in grain (*C. arietinum*) *Agriculture Pakistan*. Vol. XI (1):37-48.
- Bohnert, H. J., Nelson D. E. Jensen R. G. 1995. Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell.*, 7: 1099-1111.
- Calcagno, F., Gallo C., Verona G., Iaiani M. y Raimondo I. 1988. Effect of plant density en seed yield and its components for ten chickpea genotypes grown in Sicily, Italy. *International Chickpea Nersletter*. 18:29-31.
- Chavan, J. K., Kadam S. S. y Salunkhe D. K. 1987. Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *CRC Critical Reviews Food Science Nutrition* 25 (2):107-156.
- Chavan, J. K., Kadam S. S. y Salunkhe D. K. 1989. Chickpea. En "CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization". Vol I, pag. 247-288. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, EUA.
- Choudhary, R. N., y Haque M. F. 2010. Effects of environment on component (phenotypic) traits and yield of chickpea genotypes. *Agricultural research communication centre. Legume Res.*, 33 (2): 134-139.



- Clarke, H.J., Siddique K. H. M. y Khan T. N. 2005. Chickpea improvement in southern Australia: breeding for tolerance to chilling at flowering. *Ind J Pulses Res* 180:1-8.
- Coronel, E. F. 1980. Sistemas de producción del cultivo de garbanzo en el área de influencia del CIAPAN. Folleto Técnico No. 3, CEVACU, CIFAP, SIN, SARH, Culiacán, Sinaloa, México.
- Coskuner, Y., Karababa E. 2003. Effect of location and soaking treatments on the cooking quality of some chickpea breeding lines. *International Journal of Food Science and Technology*. 38: 751-757.
- Crispín, M. y López G. 1976. El garbanzo: Un cultivo importante en México. CEVACU, CIFAP-SIN., SARH.
- Croser, J. S., Clarke H. J., Siddique K. H. M, y Khan T. N. 2003. Low temperature stress: implications for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. *Crit Rev Plant Sci* 22:185-219.
- Cubero, J. I. 1987. Morphology of chickpea. In *The Chickpea*. (Saxena, M. C. y Singh, K. B., eds.) CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 35-66.
- Dahiya, B. S., Solanki I. S. y Kumar R. 1985. Germination rate and its genetics in chickpea. *International Chickpea Newsletter* 13:6-8.
- Deshpande, S. S., Sathe S. K. Salunkhe D. K. y Cornforth D. P. 1982. Effect of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Food Sci*. 47:1846.
- FAO/WHO. 1991. Protein Quality Evaluation, Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma, Italy. pp 66.
- Farshadfar, E., Zali H. y Mohammadi R. 2011. Evaluation of phenotypic stability in chickpea genotypes using GGE-Biplot. *Annals of Biological Research*. 6:282-292.
- Flemings, S. E. 1981. A study of relationships between flatus and carbohydrate distribution in legume seeds. *Journal of Food Science* 46:617-621.
- Gill, P. K., Sharma A. D., Singh P. Bhullar S. S. 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. *Plant Growth Regulation*, 40: 157-162.



- Gómez, G. R. M., 1990. Mocorito-88: Nueva variedad de garbanzo blanco para Sinaloa. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto Técnico No. 12, abril 1990, pág 1-8.
- Gómez, G. R. M., 1993. Blanco Sinaloa-92: Nueva variedad de garbanzo para el noroeste de México. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto Técnico No. 13, junio 1993, pág 1-12.
- Gómez, G. R. M. y Salinas P. R. A. 2001. Progreso 95 variedad erecta de garbanzo para exportación. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto Técnico No. 19, noviembre 2001, pág 2-16.
- Gómez, G. R. M. y Salinas P. R. A. 2001. Évora 98 variedad de garbanzo tipo mexicano de habito convencional. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto Técnico No. 21, noviembre 2001, pág 2-16.
- Gómez, G. R. M., Salinas P. R. A. y Gómez G. L. 2003. Suprema-03 Variedad de Garbanzo para Exportación. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto Técnico No. 25, noviembre 2003, pág 7-15.
- Gómez, G. R. M., Gómez G. L. y Salinas P. R. A. 2003. Blanco Sinaloa-92 Variedad de Garbanzo Blanco para Exportación. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto Técnico No. 24, noviembre 2003, pág 5-20.
- Gupta, P. y Sheoran I. S. 1983. Response of some enzymes of nitrogen metabolism to water stress in two species of Brassica. *Plant Physiol. Biochem.*, 10: 5-13.
- Gupta, Y. P. 1987. Antinutritional and toxic factors in food legumes: A review. *Plant Foods Hum Nutr.* 37:201-217.
- Gutiérrez, P. E. y Navejas J. J. 2009. COSTA 2004, variedad de garbanzo recomendada para Baja California Sur. CIRNOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Todos Santos, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo. Folleto Técnico No. 3, octubre 2009, pág 4-32.



- Hariadi, P. y Parkin K. L. 1993. Chilling induced oxidative stress in cucumber seedling. *J. Plant Physiol*, 141: 733-738.
- Heíras, P. M. F., Manjarrez S. P., Milán C. J., Reyes M. C. 2012. Efecto de la localidad de siembra sobre la calidad de grano de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en el noroeste de México. In: Memoria del XV congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. pp. 1072-1078.
- Hosfield, G. L. 1991. Genetic control of production and food quality factors in dry beans. *Food Technology* 35: 571-578.
- Ishizaki Nishizawa, O., Fujii, T., Azuma, M., Sekiguchi, K., Murata, N., Ohtani, T., y Toguri, T. 1996. Low Temperature Resistance of Higher Plants Is Significantly Enhanced by a Nonspecific Cyanobacterial Desaturase, *Nature Biotech.*, vol. 14, pp. 1003-1006.
- Kadam, S. S., Deshpande S. S. y Jambahale N. D. 1989. Seed Structure and Composition. En "CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization". Vol I. pp. 23-50. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. EUA.
- Khattak, A. B., Khattak G. S. S., Mahmood Z., Ihsanollah I. 2006. Study of selected quality and agronomic characteristics and their interrelationship in kabuli-type chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) *International Journal of Food Science and Technology* 2006, 41 (Supplement 2), 1-5 1.
- Kang, M, Balzarini M. y Guerra J. 2004. Genotype-by-Environment interaction. In: A. Saxton (ed.) *Genetic Analysis of Complex Traits Using SAS*. pp: 69-94.
- Kaur, M. y Singh N. 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpeas (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 102: 366-374.
- Kumar, A. y Krishna R. 1998. Heritability and genetic advance in gram (*Cicer arietinum*) genotypes of diverse origin. *Indian J. Agric. Sci.*, 68(11):747-749.
- Kumar, S. y Singh O. 1995. Inheritance of seed size in chickpea. *J. Genet Breed* 49: 99-104.
- Kumar, V., Kar C. S., Sharma P. C. y Kumar V. 1999. Variability, correlation and path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Environment and Ecol.*, 17(4):936-939.



- Liener, I. E. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. *Cr Rev Food Sci Nutr.* 34(1):31-67.
- Maga, J. A. 1982. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance and methods of analysis. *J Agric Food Chem.* 30:1-16.
- Malhotra, R. S., Bejiga G. y Singh K. B. 1997. Inheritance of seed size in chickpea. *J Genet Breed* 51: 45-50.
- Malhotra, R. S., Singh K. B. 1990 The inheritance of cold tolerance in chickpea. *J Genet Breed* 44:227-230.
- Manjarrez, S. P., Gómez G. R. M., Salinas P. R. A., Gómez G. L., Armenta S. J. L. 2004. Blanco Sinaloa-92: Caso exitoso del mejoramiento genético de garbanzo en Sinaloa. CIRNOESTE. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Folleto para productores No. 52, noviembre 2004, pág. 1-20.
- Manjarrez, S. P. M., Salinas P. R. A., Ramírez S. M. y Gómez G. L. 2011. Formación de variedades de garbanzo blanco para exportación, en Sinaloa. Avances de investigación 2011 del CEVACU. CIRONOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Publicación especial No. 13, febrero 2011, pág 23-29.
- Manjarrez, S. P. M., Ramírez S. M., Salinas P. R. A., Valenzuela H. V., Gómez G. L. y Valencia M. 2012. Formación de variedades de garbanzo blanco para exportación adaptadas a las zonas productoras del estado de Sinaloa. Avances de investigación 2011 del CEVACU. CIRONOROESTE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Valle de Culiacán, Publicación especial No. 15, febrero 2012, pág 11-14.
- Martínez, C., Ros G., Periago M. J., López G., Ortuño J., Rincón F. 1996. El ácido fítico en la alimentación humana. *Food Sci Technol Int.* 2:201-9.
- Millan, T., Clarke H.J., Siddique K. H. M., Buhariwalla H.K., Gaur M., Kumar J., Gill J., Kahl G., Winter P., 2006. Chickpea molecular breeding: new tools and concepts. *Euphytica* 147:81-103.
- Morales, G. J. A. y Jaime G. R. 1993. Hermosillo 93 y Pitic 93 Nuevas variedades de garbanzo para la costa de Hermosillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Costa de Hermosillo, Folleto Técnico No. 10, diciembre 1993, pág 3-20.



- Morales, G. J. A. 1999. Tequi Blanco 98 y Desierto 98. Nuevas variedades de garbanzo para Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Costa de Hermosillo, Folleto Técnico No. 20, junio 1999, pág 3-18.
- Muehlbauer, F. J. y Singh K. B. 1987. Genetics of chickpea. In: Saxena, M. C. and Singh, K. B. (eds), The chickpea. CAB International Pub. p. 99-125.
- Muehlbauer, F.J., Kaiser W.J. y Kusmenoglu I. 1998. Registration of Dwelley Chickpea. *Crop Science* 38:282-283.
- Narayanan, A., Saxena N. P. y Sheldrake A. R. 1981. Varietal differences in seed size and seedling growth of pigeonpea and chickpea. *Indian J Agric Sci* 51: 389-393.
- Niknejad, M., Khosh-khui M. y Ghorashy S.R. 1971. Inheritance of seed size in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Crop Sci* 11: 768-769.
- Nikolopoulou, D., Grigorakis K., Stasini M., Alexis M. y Iliadis K. 2006. Effects of cultivation area and year on proximate composition and antinutrients in three different kabuli-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Eur Food Res Technol* 223: 737-741.
- Padilla, V. I. y Mendivil L. 2003. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento y calidad del garbanzo blanco (*Cicer arietinum* L.) en el Valle del Mayo. In: Memorias del VI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. pp: 409-415.
- Padilla, V. I., Valenzuela V. R. I., Armenta C. C. M., 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.
- Patane C. 2006. Variation and relationships among some nutritional traits in Sicilian genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Quality* 29: 282-293.
- Prasad, T. K., Anderson M. D., Martin B. A. y Stewart C. R. 1994. Evidence for chilling induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*, 6: 65-74.
- Reddy, N. R., Sathe S. K. y Salunkhe D. K. 1982. Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research*. 28:1.



- Reddy, A. R., Chaitanya K. V., y Vivekanandan M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol*, 161: 1189-1202.
- Reyes, M. C., Rouzand S. O., Milán C. J., Garzón T. J. A. y Hernández C. I. L. 2001. Hard-to-cook tendency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 1008-1020.
- Rincón, F., Martínez B. e Ibáñez V. 1998. Proximate composition and antinutritive substances in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by the biotype factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 78: 382-388.
- Roy, R. K. y Sharma R. P. 1986. Performance of chickpea genotype at varying plant population and fertility levels under late-sown conditions. *International Chickpea Newsletter* 14:18-20.
- SAGARPA. 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Saleem, M., Shahzad K., Javid M. y Abdul-ur-rauf. S. 2002. Heritability estimates for grain yield and quality characters in chickpea. *Int. J. Agri. Biol.*, 4(2).
- Salunkhe D. K., Jadhav S. J., Kadam S. S. y Chavan J. K. 1982. Chemical, biochemical and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. *Cr Rev Food Sci Nutr.* 17:277.
- Salunkhe, D. K. y Kadam S. S. 1989. Introduction En: "CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization". vol I pp 1-22. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, EUA.
- Samach, A. y Wigge P.A. 2005. Ambient temperature perception in plants. *Curr. Opin. Plant Biol*, 8: 483-486.
- Sánchez, V. R., Clemente A., Vioque R., Bautista J. y Milla N. F. 1999. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein isolates: chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chem.* 64:237-243.
- Sandha, G. H. y Chandra, S. 1969. Heritability of some quantitative characters in two crosses of Bengal gram. *Indian J Genet* 29:216-219.
- Sandhu, S. S. y Hodges H. F. 1971. Effects of photoperiod, light intensity, and temperature on vegetative growth, flowering, and seed production in *Cicer arietinum* L. *Agronomy journal.* 63:913-914.



- Sathe, S. K. y Salunkhe D. K. 1984. Technology of removal of unwanted components of dry beans. *Cr Rev Food Sci Nutr.* 21:263-287.
- Sexena, N. P. y Sheldrake, A. R. 1978. Chickpea physiology. In: *Pulses physiology progress repor 1976-77.* ICRISAT. Hyderabad, India. 179.
- Sexena, N. P. 1979. Response to plant population density. *International Chickpea Newsletter.* 1-6.
- Sexena, M. C. 1980. Recent advances in chickpea agronomy. In: *Proceedings of the international workshop on chickpea improvement.* ICRISAT. Hyderabad, India. 89-96.
- Shagarodsky, T., Chiang M. L. y López Y. 2001. Evaluación de cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Cuba. *Agronomía Mesoamericana* 12(1): 95-98.
- Siddique, K. H. M. Sedgley R. H. y Marshall C. 1984. Effect of plant density on grown and harvest index of branches in chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Field crop research.* 9:193-203.
- Singh, U. y Jambunathan R. 1982. Distribution of seed proteins fractions and amino acids in different anatomical parts of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *Plant Foods Hum Nutr.* 31:347-351.
- Singh, O. y Paroda R.S. 1986. Association analysis of grain yield and its components in chickpea following hybridization and a combination of hybridization and mutagenesis. *Indian J Agric Sci* 56: 139-141.
- Singh, K.B., 1987. Chickpea breeding. In: M.C. Saxena y Singh K.B. (Eds.), *The Chickpea*, pp. 127-162.
- Singh, K. B., Malhotra R. S., Saxena M. C. 1989. Chickpea evaluation for cold tolerance under field conditions, *Crop Sci* 29:282-285
- Singh, K. B. 1990. Winter chickpea: problems and potential in the Mediterranean region. In: Saxena MC, Cubero JI, Wery J (eds) *Proc Workshop 'Present status and Future Prospects of Chickpea Crop Production and Improvement in the Mediterranean Countries.'* CIHEAM, Zaragoza, Spain, pp 43-50.
- Singh, O., Gowda C. L. L. Sethi S. C. Dasgupta T. y Smithson J. B. 1992. Genetic analysis of agronomic characters in chickpea. I. Estimates of genetic variances from diallel mating designs. *Theor Appl Genet* 83: 956-962.



- Yadav, S. S., Kumar J., Yadav S. K., Singh S., Yadav V. S., Turner N. C. y Redden R. 2006. Evaluation of helicoverpa and drought resistance in desi and kabuli chickpea. *Plant Gen. Res.*, 4: 198–203.
- Zali, H., Sabaghpour S. H., Farshadfar E., Ezeshkpour P. P., Safikhan M., Sarparast R. y Beygi A. H. (2008). Stability analysis of yield in chickpea genotypes by Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI). *J. Sci. y Technol. Agric. y Natur. Resour.*, 11: 42 (A).
- Zvereny, D. C., Anlarsal. A. E. y Cel. C. Y. 2004. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Turk J Agric*, 30 (2006) 183-188.



Universidad Autónoma  
de Sinaloa  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
Coordinación de Posgrado  
Culiacán, Sinaloa, México.