



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CALIDAD DE SEMILLA EN DOS VARIEDADES DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) DEL ESTADO DE SINALOA

NETLY LLANELY LEAL LEAL

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: **Calidad de semilla en dos variedades de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) del estado de Sinaloa** realizada por la alumna: **Netly Llanely Leal Leal** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

ASESOR

MC. ADRIÁN HERNÁNDEZ LIVERA

ASESOR

DRA. MA. ELENA RAMÍREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2016

**CALIDAD DE SEMILLA EN DOS VARIEDADES DE GARBANZO
(*Cicer arietinum* L.) DEL ESTADO DE SINALOA**

**Netly Llanely Leal Leal, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2016**

RESUMEN

La calidad de las semillas es uno de los aspectos de mayor importancia en su producción, para determinarla se cuentan con pruebas de calidad física, fisiológica y sanitaria, las cuales son indispensables para estimar la eficiencia de las mismas. Se realizaron dichas pruebas a dos variedades de garbanzo: Jumbo 2010 y Blanco Sinaloa-92, esta última con dos orígenes (2014 y 2015). La calidad física se determinó mediante el contenido de humedad, peso de mil semillas y peso volumétrico; para calidad fisiológica se realizaron pruebas en laboratorio, en una prueba de germinación estándar para evaluar el porcentaje de plántulas normales, anormales y sin germinar; una prueba de tetrazolio para determinar la viabilidad y el vigor; en invernadero se determinó el índice de emergencia y porcentaje de establecimiento. El análisis sanitario se realizó con una prueba de agar. En calidad física, Blanco Sinaloa 2014 presentó mayor contenido de humedad con 7.52%, en peso de mil semillas lo fue en ambos orígenes (2014 y 2015) con 729.62 y 733.33 respectivamente; sin embargo, estuvieron por debajo del rango establecido de 77 Kg hL⁻¹ para el peso volumétrico. En las pruebas fisiológicas, la germinación estándar mostró porcentajes de 79% de plántulas normales para Blanco Sinaloa 2015; con respecto a la prueba en invernadero, el índice de emergencia y porcentaje de establecimiento fue para Blanco Sinaloa 2014 (4.92 y 55%), Blanco Sinaloa 2015 (3.80 y 51%) y Jumbo 2010 (3.49 y 51%). Con respecto a la viabilidad, Blanco Sinaloa-92 (2014) fue superior en 87%; en vigor, el rango medio fue de 56% que corresponde a Blanco Sinaloa-92 origen 2015. La prueba de agar permitió identificar la presencia de patógenos dentro y fuera de la semillas en Blanco Sinaloa-92 (2014), se encontró *Fusarium* sp, *Alternaria alternata* y *Rhizopus* sp, en Blanco Sinaloa-92 (2015), *Fusarium* sp y *Alternaria alternata* y para Jumbo 2010, *Fusarium* sp, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus* sp y *Humicola* sp. Con los resultados obtenidos se puede concluir que existen problemas que afectan la calidad de la semilla de garbanzo.

Palabras clave: *Cicer arietinum* L., física, fisiológica, sanitaria, viabilidad, vigor.

**QUALITY SEED OF TWO VARIETIES CHICK PEA (*Cicer arietinum* L.) SINALOA
STATE**

**Netly Llanelly Leal Leal, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2016**

ABSTRACT

The quality of the seeds is one of the aspects of importance in production; for determine it, they are tests of physical, physiological and sanitary quality, which are indispensable to estimate the efficiency of the same ones. Tests were realized for chick-pea varieties: Jumbo 2010 and Blanco Sinaloa-92, the last one with two origins (2014 and 2015). The physical quality was decided of the content of moisture, weight of thousand seeds and volumetric weight; for physiological quality tests were realized in laboratory, in a test of standard germination to evaluate the percentage of normal, abnormal seedlings and without germinating; a test tetrazolio to determine the viability and the vigor; in greenhouse the emergency index and percentage of establishment. The sanitary quality analysis was realized by an agar test. In physical quality, Blanco Sinaloa 2014 presented major moisture content with 7.52 %, in weight of thousand Blanco Sinaloa 2015 presented major weight 733.33 g; nevertheless, it was below the status established of 85 Kg hL⁻¹ for the volumetric weight. In the physiological tests, the standard germination test showed 79 % of normal seedlings for Blanco Sinaloa 2015; with regard to the test in hothouse, the emergency index and percentage of establishment was for Blanco Sinaloa 2014 (4.92 and 55 %), Blanco Sinaloa 2015 (3.80 and 51 %) and Jumbo 2010 (3.49 and 51 %). With regard to the viability, Blanco Sinaloa-92 (2014) was top in 87 %; in vigour, the medium range was 56 % that corresponds to Blanco Sinaloa-92 origin 2015. The agar test allowed identifying the presence of pathogenic inside and out of the seeds in Blanco Sinaloa-92 (2014), *Fusarium* sp, it would *Alternaria Alternata* and *Rhizopus* sp, in Blanco Sinaloa-92 (2015), *Fusarium* sp and would *Alternaria Alternata* and for Jumbo 2010, *Fusarium* sp, would *Alternaria Alternata*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus* sp and *Humicola* sp. With the obtained results it is possible to conclude that they exist problems that they affect the quality of the seed of chick-pea.

Key words: *Cicer arietinum* L., physical, physiological, sanitary, viability, vigour.

AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados** especialmente a las personas que conforman la especialidad de Producción de Semillas.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el financiamiento monetario otorgado para la realización del posgrado.

Al Dr. **Aquiles Carballo Carballo** por ser mi guía y colaborar en la realización de esta investigación siempre con la mejor disposición y entusiasmo que lo caracteriza.

Al **M.C. Adrián Hernández Livera** por sus valiosos conocimientos transmitidos hacia mi persona, sus comentarios, sugerencias y por brindar las facilidades para realizar esta investigación.

A la **Dra. Ma. Elena Ramírez** por su supervisión y seguimiento constante para que este sueño se realizara.

Erik Acuayte Valdez por su importante colaboración y entusiasmo en la realización de las pruebas fitopatológicas.

A **Christopher Salgado Vargas** por siempre alentarme y recordarme de lo que soy capaz.

A la Señora Alicia, por estar constantemente dispuesta a asistir y brindar su ayuda siempre con una sonrisa; a Don Jorge por hacer más amena mi estancia en el laboratorio con su apoyo y café, a los trabajadores de campo que me brindaron su apoyo en mis experimentos.

DEDICATORIA

A **Dios** por las grandiosas personas que ha puesto en mi camino.

A mis padres:

Elena Leal Hernández por sus incansables esfuerzos y sacrificios, por ser mi motor, por hacer de mí una mujer de bien. Por siempre recibirme con una sonrisa.

Lorenzo Leal Inzunza por confiar ciegamente en mí, por dejarme volar tras mis sueños aunque no los entendieras.

Los amo.

A mi hermana **Isabel Leal** por ser un ejemplo de esfuerzo, de lucha y entereza.

A mi hermana **Lilia Leal** por regalarle a nuestra familia la alegría más bella: mis sobrinos Daniel Eduardo y Emiliano.

A **Anabel Zamora** por tu amistad inquebrantable.

A **Manuel Reyes Moreno** quien hace que mis días sean más felices.

A mis amigos **Gabriela Moreno, Mercedes Cocony, Vianeth Méndez, Frinet Medrano, Irma Martin, Fátima Morales, Viridiana García, Aidé Hernández, Jesús Reyes, Eucario Mancilla, Florencio, Oliver Leal y Salvador Gómez** quienes durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome, compartiendo su conocimiento, alegrías y tristezas, viajes, locuras y amor. Por ser mí otra familia y hacer más digerible estar lejos de casa. Mil gracias a cada uno de ustedes los quiero y les estaré eternamente agradecida.

CONTENIDO

		Página.
LISTA DE CUADROS.....		xi
LISTA DE FIGURAS.....		xii
RESUMEN.....		ii
ABSTRACT.....		iii
I.		
INTRODUCCIÓN.....		1
1.1	Objetivos.....	3
	1.1.1 Objetivo general.....	3
	1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2	Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....		
2.1 Generalidades del garbanzo.....		4
	2.1.1 Origen del garbanzo.....	4
	2.1.2 Clasificación taxonómica del garbanzo.....	5
	2.1.3 Producción mundial de garbanzo.....	5
	2.1.4 Producción de garbanzo en México.....	5
	2.1.5 Cultivo de garbanzo.....	6
	Requerimiento de suelo.....	6
	Época de siembra.....	7
	Siembra.....	7
	Riegos de auxilio.....	8
2.2	Calidad de semillas.....	8

	2.2.1	Calidad genética.....	9
	2.2.2	Calidad física.....	9
		Contenido de humedad.....	10
		Pureza.....	11
		Peso de mil semillas.....	12
	2.2.3	Calidad fisiológica.....	13
		Germinación.....	13
		Viabilidad.....	14
		Vigor.....	15
	2.2.4	Calidad sanitaria.....	17
2.3		Pruebas para evaluar el vigor de las semillas.....	18
2.4		Conservación y deterioro de semillas.....	18
	2.4.1	Condiciones de almacenamiento.....	18
	2.4.2	Cambios durante el almacenamiento.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....			21
3.1		Localización.....	21
3.2		Material genético.....	21
3.3		Variedades en estudio.....	21
	3.3.1	Blanco Sinaloa-92.....	22
		Características de la variedad Blanco Sinaloa-92.....	22
	3.3.2	Jumbo 2010.....	23
		Características de la variedad Jumbo 2010.....	24
3.4		Pruebas para evaluar la calidad física.....	25

	3.4.1 Contenido de humedad.....	25
	3.4.2 Peso volumétrico (kg hL ⁻¹).....	25
	3.4.3 Peso de 1000 semillas (P1000S).....	26
3.5.	Pruebas para evaluar calidad fisiológica.....	26
	3.5.1 Prueba de germinación estándar.....	26
	3.5.2 Prueba de germinación en invernadero.....	28
	3.5.3 Prueba de viabilidad y vigor con tetrazolio.....	29
3.6	Prueba para evaluar sanidad en semillas.....	31
	3.6.1 Prueba en placa de agar.....	31
3.7	Análisis estadístico.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		33
4.1	Evaluación de la calidad física de las semilla.....	33
	4.1.1 Contenido de humedad.....	33
	4.1.2 Peso de 1000 semillas (P1000S).....	35
	4.1.3 Peso volumétrico (kg hL ⁻¹).....	36
4.2	Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas.....	36
	4.2.1 Prueba de germinación estándar.....	36
	4.2.2 Prueba de germinación en invernadero.....	39
	4.2.3 Prueba de viabilidad y vigor con tetrazolio.....	41
4.3	Evaluación de la calidad sanitaria de la semilla.....	51

4.3.1 Prueba en agar.....	51
V. CONCLUSIONES.....	61
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	63

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estimada para las variables de calidad física de dos variedades de garbanzo.....	33
Cuadro 2. Comparaciones de medias de las variables de calidad física en dos variedades de garbanzo.....	34
Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estimada para las variables en la prueba de germinación estándar de dos variedades de garbanzo.....	37
Cuadro 4. Promedios de las variables fisiológicas evaluadas en la prueba de germinación estándar en dos variedades de garbanzo.....	38
Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estimada para las variables en la prueba de germinación en invernadero.....	39
Cuadro 6. Promedios de las variables fisiológicas evaluadas en la prueba de germinación en invernadero	40
Cuadro 7. Cuadrados medios de variables de calidad fisiológica evaluadas en las variedades de garbanzo Jumbo 2010 y Blanco Sinaloa (2014 y 2015).....	42
Cuadro 8. Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de viabilidad con tetrazolio en dos variedades de garbanzo.....	43
Cuadro 9. Identificación de patógenos en la parte interna y externa de las semillas de dos variedades de garbanzo, en la prueba de agar.....	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Corte longitudinal entre los cotiledones, realizado en el extremo opuesto a la radícula para acelerar la imbibición.....	30
Figura 2. Anatomía de una semilla de garbanzo en corte longitudinal.....	31
Figura 3. Embrión viable con alto vigor.....	46
Figura 4. Embrión viable con vigor medio.....	47
Figura 5. Embrión viable con bajo vigor.....	48
Figura 6. Embrión no viable.....	49
Figura 7. Embrión muerto.....	50
Figura 8. <i>Fusarium</i> sp. en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo.....	53
Figura 9. <i>Alternaría alternata</i> en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo.....	55
Figura 10. <i>Aspergillus niger</i> en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo.....	57
Figura 11. <i>Bacillus</i> sp. en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo.....	58
Figura 12. <i>Humicola</i> sp. en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo.....	58

I. INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es la tercer leguminosas de mayor demanda en el mundo, siendo la India el mayor productor en grano con 24, 725,500 t y en semilla 367, 600.000 t anualmente (FAOSTAT, 2010). En México los principales estados productores son Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Baja California Sur y Michoacán con una producción total de 171, 665.46 t (SIAP, 2015).

El principal destino de la producción (90-95%) es para exportación la cual es destinada a países como España, Argelia, Italia y Francia, ya que el consumo interno de grano y semilla no llega al 5%. El garbanzo mexicano es uno de los de mayor calidad y precio en el mundo.

El estado de Sinaloa es el principal productor de garbanzo, con una superficie sembrada de 61,628 ha, y un rendimiento medio de 1.69 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). Su importancia no solo radica en la superficie sembrada sino en el volumen de grano producido y su calidad reconocida mundialmente.

Actualmente el rendimiento de grano y semilla del cultivo de garbanzo ha sido variable debido a factores bióticos y abióticos. Jha *et al.* (2014) indican que los principales problemas de tipo abiótico en garbanzo a nivel mundial son: sequia, alta temperatura, sanidad del suelo y temperaturas bajas. Aunado a lo anterior falta un control de calidad apropiado en la producción de semillas, ya que son pocas las empresas que lo realizan adecuadamente y otras consideran como

semilla lo que resulta más sobresaliente en cuanto a tamaño y color dentro de la producción de grano.

Las variedades superiores llegan a ser insumos agrícolas importantes cuando la semilla correspondiente resulta genéticamente genuina, fisiológicamente viable y mecánicamente pura, lo que contribuye a un mayor potencial productivo, ya que es capaz de emerger de manera rápida y uniforme bajo diferentes condiciones ambientales. Por lo tanto la calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos (Kelly, 1988), entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria (Copeland y McDonald, 1995).

Existen diferentes estudios en los que se realizaron comparaciones entre variedades, para variables como establecimiento en campo, resistencia a patógenos y rendimiento, pero ninguno de estos enfocados directamente a conocer las condiciones en las que se encuentran las semillas con respecto a calidad física, fisiológica y sanitaria de las dos variedades de mayor importancia en el mercado, con el fin de encontrar una respuesta al decremento del rendimiento y la calidad. Lo cual es de suma importancia ya que actualmente no se cuenta con información concreta sobre estos factores determinantes de la calidad de semilla.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Determinar la calidad física, fisiológica y sanitaria de dos variedades de garbanzo blanco provenientes del estado de Sinaloa.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el contenido de humedad, peso volumétrico y peso de 1000 semillas en dos variedades de garbanzo blanco.
- Efectuar comparaciones de la viabilidad, vigor, velocidad de emergencia porcentaje de germinación y de porcentaje de establecimiento de dos variedades de garbanzo blanco, una de ellas con dos orígenes diferentes.
- Conocer el estado sanitario en el que se encuentran las semillas de las dos variedades de estudio.

1.2 Hipótesis

- Existen diferencias significativas en cuanto a la calidad física, fisiológica y sanitaria de las diferentes variedades y accesiones en la semilla de garbanzo, que repercuten en el establecimiento del cultivo, en función de las limitantes ambientales y de suelo presentes en el campo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) fue una de las primeras leguminosas domesticadas en el viejo mundo, ya que existe evidencia arqueológica que nos dice que se utilizó como alimento y como ofrenda en los años 2000 al 1400 a.C. Los españoles fueron los que introdujeron el garbanzo a nuestro país durante la conquista y posterior colonización. Se considera que Cristóbal Colón introdujo el garbanzo a América en su segundo viaje, en Las Antillas donde los españoles realizaron los primeros cultivos para el establecimiento de dicha leguminosa, con desfavorables y a partir del siglo XX se introdujo en el Noroeste de México, donde encontró una excelente adaptación (Morales *et al.*, 2004).

A nivel mundial el garbanzo sólo se cultiva en 33 países; y únicamente 20 siembran más de 20,000 ha. Entre estos países destacan: India, Turquía, Australia, Canadá, Siria, México, España, Marruecos, Estados Unidos, Pakistán, Etiopía, Túnez, entre otros (FAO, 2008).

2.1.1 Origen del garbanzo

Este cultivo data hacia el año 5.450 a. C. descubierto en un yacimiento arqueológico de Hacilar, Turquía (Nadal, 2004). Fue domesticado en Oriente Medio y ampliamente cultivado en la India, Cuenca Mediterránea y en Etiopía desde la antigüedad, extendiéndose posteriormente a América y Australia.

2.1.2 Clasificación taxonómica del garbanzo

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Género:	Cicer
Especie	Cicer arietinum

2.1.3 Producción mundial de garbanzo

La producción de garbanzo a nivel mundial cubre una superficie de alrededor de 10 mil millones de hectáreas, y se encuentra distribuida en; Asia (83.1%), Oceanía (6.1), África (5.1%), Américas (4.5%) y Europa con el (1.2%) (FAOSTAT, 2013)

Con respecto a la proporción de la producción se distribuye con los principales países productores son: India (8, 832,500.00 t), Australia (813,223.00 t), Pakistán (751,225.00 t), Turquía (506,000.00 t), y Myanmar (490,000.00 t). En el caso de la producción de semillas resalta la India (429,600.00 t), Irán (55,500.00 t), Turquía (53,570.00 t), Pakistán (49,500.00 t) y Australia (17,208.00 t) (FAOSTAT, 2013).

2.1.4 Producción de garbanzo en México

Los México ocupa el sexto lugar en cuanto a producción de garbanzo aportando entre el 1.5 y 2% de la producción mundial (FAOSTAT, 2014).

La producción nacional se divide en dos modalidades, de riego con alrededor de 80,571.01 ha, en la cual destacan como estados productores; Sinaloa (94,587.80 t), Sonora (24,104.16 t), Baja California Sur (9,584.52 t) Guanajuato y Michoacán con alrededor de 2, 500 t. En el periodo de temporal se siembran 26,247.95 ha por ciclo, en donde los estados con mayor superficie sembrada son Sinaloa (11,134.00 ha). Guanajuato (9,725.00 ha) y Michoacán (3,965.00 ha) (SIAP, 2014).

2.1.5 Cultivo de garbanzo

Requerimiento de suelo

El cultivo de garbanzo puede establecerse en suelos de textura media y arcillosa, que sean profundos (más de un metro), ya que sus raíces penetran al subsuelo extrayendo agua y nutrimentos. Requiere de suelos con buen drenaje y sin problemas de sales solubles. Para un buen desarrollo y adecuada fijación de nitrógeno del aire, es necesario que el pH no sea ácido y se tenga buena aireación en el suelo, por lo que conviene evitar excesos de humedad; el pH del suelo óptimo es de 6.2 a 7.5. Evitar terrenos con problemas de sales, ya que el garbanzo es sensible a estas, requiriendo suelos con menos de 2 milimhos/cm a 25 °C de conductividad eléctrica, 0 dS/m. Si se considera el rendimiento que se obtendría con una concentración de 2 dS/m como el óptimo, es decir el 100 %, se tiene estimada una reducción en la producción del 29 % cuando la concentración de sales es de 4 dS/m, así como del 60 y 80 % de reducción cuando la concentración se incrementó al 6 y 8 dS/m, respectivamente (Dua y Sherma, 1995).

Época de siembra

Para garbanzo de temporal, la siembra se realiza con la humedad que dejan las últimas lluvias del verano y que generalmente coinciden con el mes de octubre; si las precipitaciones pluviales se prolongan la siembra se puede extender hasta el 15 de diciembre.

La fecha de siembra para garbanzo en esta región bajo condiciones de riego se determinó en base a trabajos de investigación realizados con diferentes variedades. Todas las variedades recomendadas presentan su mejor rendimiento cuando la siembra se realiza en el mes de noviembre, pudiéndose extender del 15 de octubre al 30 de diciembre. Se ha observado que en siembras posteriores a diciembre, corren el riesgo de enfermarse con rolla o chahuixtle (Ramírez, 2011).

Siembra

La siembra se realiza en condiciones de temporal, se efectúa en plano y la semilla debe depositarse donde este en contacto con la humedad y la profundidad puede ser variable (desde 8 a 20 cm).

En el caso de un sistema bajo riego la siembra se realiza en surcos de 80 cm, colocando la semilla a una profundidad aproximada de 10 cm, con respecto a la densidad de siembra se sugiere una población de 10 plantas por metro lineal en surcos a 80 cm de separación, esto se logra con 80-90 kg de semilla por hectárea (Salinas *et al.*, 2008).

Riegos de auxilio

Se sugiere tres riegos de auxilio: el primero de 25 a 30 días después de la nacencia, el segundo de 40 a 45 y el tercero entre los 55 y 60 días. El manejo del agua en el cultivo de garbanzo es muy importante. Se sugiere aplicar riegos ligeros en surcos alternos y con longitud de surco de 100 metros o menos (Ramírez, 2011).

2.2. Calidad de Semillas

No existe una definición universal que satisfaga el concepto de calidad; en este sentido, Bustamante (1993) denota que la calidad de semilla es un conjunto de características deseables, que comprende varios atributos, los cuales se refieren a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse. Además menciona que el número de características y/o atributos no es estático, y que evoluciona constantemente conforme avanza el conocimiento y la tecnología. Bajo esta filosofía, Dávila y Miles (1990), consideran que la calidad de semilla esta cimentada en la captura de la mayor parte de los atributos deseables que definen y caracterizan los siguientes cuatro componentes de calidad: genético, fisiológico, sanitario y físico.

La germinación, la pureza y la sanidad son los tres criterios de la calidad de semilla que están bien establecidos y los cuales son determinados por pruebas de rutinas en estaciones de pruebas de semilla. Las pruebas han sido hechas para mejorar la calidad de la semilla en el comercio y los métodos de producción de semillas han sido mejorados para reunir los estándares impuestos por ellos. Los lotes de semillas pasando las pruebas serían de una

alta calidad y emergerían en el campo, pero esto no necesariamente es así y el vigor de la semilla ha aparecido como un cuarto aspecto de calidad el cual es importante en el contexto del rendimiento en el campo (Lagiere, 1969).

2.2.1 Calidad genética

Es la que obtiene el fitomejorador mediante la selección o inducción del cruzamiento para identificar el material genético sobresaliente; por lo que está determinada por la conservación del genotipo del híbrido o de la variedad producto del trabajo del mejoramiento genético (Meza, 1998)

Además de ser uno de los factores que incide más en la productividad, ya que esta comprende las características genéticas específicas inherentes a las constitución genética contenida en la semilla que proporciona el potencial para altos rendimientos, mejor calidad de semillas y tolerancia a factores bióticos y abióticos (Bishaw *et al.*, 2007).

2.2.2 Calidad física

La calidad física de las semillas consiste en determinar el contenido de humedad, pureza física de la semilla y el peso volumétrico (Hernández, 1985). Adicionalmente algunos autores consideran el tamaño de la semilla, peso de 1000 semillas como otros componentes para la evaluación de la calidad física (Santiago, 1988).

Se refiere al grado de pureza de un lote de semillas; es decir, a la presencia o ausencia de otras especies, variedades, maleza y materia inerte; también comprende la integridad física de la semilla (semilla quebrada, tamaño y peso

de la semilla). La evaluación de este componente es a través de pruebas de pureza analítica, conteos de semillas extrañas, contenido de humedad, peso de 1000 semillas y peso volumétrico (Bustamante, 1995).

Contenido de humedad

En lo que respecta al contenido de humedad de una muestra, hay una relación directa entre contenido de humedad y tasa de deterioro, aptitud para el almacenamiento, susceptibilidad al daño mecánico, nivel de infección por insectos y ataque de hongos (FAO, 2011).

El contenido de humedad recomendado para un almacenamiento seguro y buena germinación. Los valores pueden variar con el tipo de cultivo (amiláceo vs. semillas oleaginosas/alto contenido de proteínas) y de acuerdo a las condiciones locales, en particular con la humedad relativa ambiente y la temperatura. Se deberían aplicar las normas locales.

El contenido de humedad es uno de los factores más importantes que afectan las semillas. El efecto de la humedad sobre el mantenimiento de la calidad de semillas tiene aún mayor importancia. Semillas secas y sanas pueden ser mantenidas bajo almacenamiento apropiado por mucho más años; en tanto, semillas húmedas se pueden deteriorar en tan sólo unos cuantos días. Es bien conocido que el tiempo de almacenamiento de semillas disminuye a medida que el contenido de humedad aumenta. Así el contenido de humedad ha tenido un efecto dominante en el predominio y en la actividad de insectos y hongos durante el almacenamiento.

Pureza

Uno de los aspectos más importantes del análisis de las semillas agrícolas es la pureza física y para su evaluación se han desarrollado métodos específicos para ser utilizados en los programas de producción y comercialización de semilla certificada (Moreno, 1984).

El objetivo de un análisis de pureza es determinar la composición porcentual por peso de la muestra que se analiza y, por deducción, la composición de los lotes de semilla y la identidad de las distintas especies de semillas y partículas inertes que constituyen la muestra (ISTA, 2004).

La pureza es un parámetro decisivo en la semilla de alta calidad y es uno de los principales requisitos para el alto rendimiento en un cultivo (FAO, 1985).

La ISTA (2004) señala que en la materia inerte se incluyen unidades de semillas, y además elementos y estructuras que no se definen como las semillas puras o de la siguiente manera: unidades de semilla en las cuales es aparente que no hay semilla verdadera presente; florecillas de especies con un cariósido con tamaño menor del mínimo prescrito. Florecillas estériles adheridos a un florense fértil y no ha sido removido, piezas de unidades de semilla rotas o dañadas con mitad o menos del tamaño original, entre otras características.

La FAO (2011), menciona que las cualidades físicas de las semillas en un lote de semillas se caracterizan por tener lo siguiente:

- Un mínimo de semillas dañadas: las semillas dañadas (partidas, rajadas o arrugadas) pueden no germinar y es más probable que sean atacadas por insectos y microorganismos. Es posible eliminar la mayoría de las semillas dañadas durante el procesamiento (acondicionamiento) de las semillas.
- Una cantidad mínima de semillas de malezas o materia inerte: las semillas de buena calidad deberían estar libres de semillas de malezas (particularmente los tipos nocivos), granza, piedras, suciedad y semillas de otros cultivos. Casi todas estas impurezas pueden ser descartadas durante el procesamiento/acondicionamiento.
- Un mínimo de semillas enfermas: las semillas decoloradas o manchadas son síntomas de semillas que pueden llevar microorganismos que ya las han atacado o las atacarán cuando comiencen a crecer. La planta puede vivir y difundir la enfermedad a otras plantas.
- Tamaño de las semillas casi uniforme: las semillas maduras medianas y grandes tendrán generalmente mayor germinación y vigor que las semillas pequeñas e inmaduras. En el acondicionamiento (procesamiento) de un lote de semillas, las semillas más pequeñas y livianas son normalmente eliminadas.

Peso de mil semillas

El peso de mil semillas se utiliza para conocer la cantidad necesaria de semilla para lograr un número de plantas predeterminado, éste es variable y está en función en gran parte por las condiciones ambientales en que se desarrollan las

plantas. Así mismo, entre especies hay diferencias en el peso de 1000 semillas, debido a los diferentes tamaños de las semillas.

2.2.3 Calidad fisiológica

El componente fisiológico se refiere a la viabilidad de una semilla, y a la alta capacidad de germinación y vigor para establecer nuevos individuos (Bustamante, 1983).

Germinación

Duffus y Slaughter (1980) definen la germinación como un proceso de cambio; el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abasteciendo mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autoeficiencia antes que los materiales de reserva se agoten. Para Moreira y Nakagawa (1988), la germinación se define como un fenómeno por el cual en condiciones apropiadas, el eje embrionario prosigue su desarrollo de la plántula, a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es apta para desarrollar con posterioridad una planta satisfactoria bajo condiciones favorables de suelo (ISTA, 1993).

En fisiología de semillas, la germinación usualmente se define como la suma total de los procesos que preceden e incluyen la protrusión de la radícula a través de las estructuras circundantes de la semilla, hasta que la radícula se hace visible; después de esto se considera que la germinación se ha completado e inicia el crecimiento (Hilhorst y Toorop, 1997). Sin embargo, la protrusión de la radícula utilizada como un criterio fisiológico de germinación es insatisfactorio como una medida de la germinación en el contexto de la

evaluación de semillas, debido a que la plántula que desarrollara puede ser anormal en estructura e incapaz de establecer una planta normal en el campo (Perry, 1981).

La germinación es la emergencia y desarrollo desde el embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales las cuales, por la clase de semilla en cuestión, son indicadores, son indicativos de su habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Woodstock, 1973).

De acuerdo con Bewley (1997), la germinación comprende aquellos eventos que inician con la absorción de agua por la semilla (imbibición) y terminan con el alargamiento del eje embrionario. Usualmente, el signo visible de que la germinación se ha completado, se tiene cuando la radícula traspasa las estructuras que rodean al embrión; resultado que a menudo se le conoce como germinación visible. Eventos subsecuentes, incluyendo la movilización de las principales reservas almacenadas, se asocian con el crecimiento de la plántula. Virtualmente, todos los eventos celulares y metabólicos conocidos que ocurren antes de que la germinación finalice en semillas sin dormancia, también ocurren en semillas con dormancia embebidas.

Ching (1973) afirma que el proceso de la germinación puede dividirse en tres fases distintivas, que aun así se traslapan e interaccionan: 1) reactivación de los sistemas conservados, desde el periodo de maduración en las células del tejido de almacenamiento y del embrión, 2) síntesis y mantenimiento de enzimas y organelos por degradación catabólica de reservas, y 3) síntesis por anabolismo de nuevos componentes celulares en el eje embrionario o embrión.

Viabilidad

De acuerdo con Kelly (1988), después de la calidad genética, la viabilidad de la semilla es el siguiente aspecto más importante de la calidad. La viabilidad expresa el grado al cual una semilla está viva, metabólicamente activa y posee enzimas capaces de catalizar reacciones metabólicas necesarias para la germinación y crecimiento de la plántula; en este contexto una semilla viva puede contener tanto tejido vivo como tejido muerto, y puede o no ser capaz de germinar (Copeland y McDonald, 1995). Una semilla viable no es capaz de germinar, debido a que los procesos de la germinación se han bloqueado por inhibidores físicos y/o químicos tales como la dormancia, ocurriendo la germinación solamente cuando estos inhibidores se han eliminado (Hampton, 1995).

Según Baskin (1987) la viabilidad es la propiedad de la semilla que la hace capaz de germinar bajo condiciones favorables, siempre que cualquier dormancia sea suprimida antes de realizar la prueba de germinación.

Vigor

Algunos autores definen el vigor de una semilla según su criterio por ejemplo; Perry (1978) dice que es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y desempeño de la semilla o lote semillero durante la germinación y emergencia de plántulas. Las semillas que se desempeñen bien son catalogadas como de alto vigor y aquellas que se desempeñan en forma pobre son llamadas semillas de bajo vigor, o bien la ISTA (1993), indica que el vigor de las semillas es la sumatoria total de aquellas propiedades de las

semillas que determinan el nivel de actividad y la respuesta de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Se considera como emergencia a la iniciación del crecimiento activo de todas las partes del embrión requeridas para un establecimiento exitoso de la plántula, el desarrollo de las estructuras esenciales, indican la habilidad del embrión para desarrollar una planta normal bajo condiciones de campo favorables.

El vigor en especial, es un carácter determinado genéticamente y que se expresa desde etapas iniciales del cultivo (López-Castañeda *et al.*, 1996). Lo cual coincide con lo mencionado por Pérez *et al.* (2008) mencionan que el vigor de la plántula puede estar determinado por efectos genéticos aditivos y de dominancia, de modo que la constitución genética de los materiales es la que determinan principalmente las diferencias del comportamiento.

Maguire (1962) indica que el tamaño de la semilla de maíz está asociado de manera directa a los índices de vigor y porcentaje de emergencia, mientras que la forma de la semilla no afecta la calidad fisiológica.

Los efectos más tangibles del vigor son los relacionados con la emergencia de las plántulas, ya que es de esperarse que la semilla de alto vigor germine en forma más sincronizada y que las plántulas crezcan de manera más rápida y uniforme que las procedentes de menor vigor (Perry, 1978).

La importancia de la calidad fisiológica no debe ser subestimada. Una semilla solamente puede cumplir su papel biológico si es viable. Por lo tanto, las semillas fisiológicamente uniformes de una variedad adaptada serán inútiles si

son de baja germinación y vigor, o si fallan al germinar cuando son plantadas (FAO, 2011).

El vigor se pierde fácilmente cuando ocurren cambios biológicos y bioquímicos de la semilla, como la ruptura de la integridad celular, decremento de la actividad enzimática, peroxidación de lípidos y reacciones no enzimáticas que dependen fundamentalmente de la movilización de las moléculas involucradas (Wendell y Leopold, 1994). Mientras que Breese (1989) considera que una semilla deteriorada es aquella que ha perdido todo o parte de su vigor.

Otro factor que induce el deterioro en la semilla a una latencia irreversible, es el resultado de reducir el contenido de humedad a niveles inferiores del 4 o 5 %; por lo que es recomendado que las semillas se almacenen con un 5 o 6 % de humedad para prolongar la vida de la misma (Harrington, 1970).

El concepto de vigor surge de la necesidad de distinguir entre lotes de semillas con potenciales diferentes para producir plántulas normales, vigorosas y sanas, capaces de establecerse en el campo bajo una amplia gama de condiciones ambientales (ISTA, 2004).

2.2.4 Calidad sanitaria

Algunas enfermedades o plagas son transmitidas por la semilla, y puede generarse un foco de infección para las semillas sanas una vez que son sembradas; la infección puede ser por hongos, virus, bacterias o insectos plaga que puede estar viviendo dentro o sobre la semilla. La cantidad de infección actual puede ser absolutamente pequeña, pero debido a que muchas enfermedades o plagas son aptas para multiplicarse rápidamente conforme la

semillas sembrada germina, una pequeña infección puede causar un daño extensivo al cultivo (Kelly, 1988). Por lo tanto, las semillas deben estar libre de contaminación por plagas y enfermedades.

2.3 Pruebas para evaluar el vigor de las semillas

Las pruebas de vigor se dividen en dos categorías: directas e indirectas. Las primeras son básicamente pruebas de resistencia que muestran la habilidad de las semillas para germinar y desarrollarse como plántulas normales bajo condiciones adversas (Pollock y Roos, 1972). Algunas de las pruebas son: ensayos de crecimiento y evaluación de plántulas, ensayo de frío, conductividad eléctrica y envejecimiento acelerado.

2.4 Conservación y deterioro de semillas

La esencia de la conservación radica en reducir la velocidad y los efectos del deterioro manteniendo de la integridad (sana, limpia y seca), de las semillas por periodos de almacenamiento prolongados.

La conservación está estrechamente relacionada con la ecología de la región considerada; del tipo de troje, bodega o almacén disponible; del tipo y condiciones del grano o semilla por almacenar y de la duración del almacenamiento.

2.4.1 Condiciones de almacenamiento

La conservación de la semilla tiene que realizarse fundamentalmente en un lugar que cuente con paredes secas, techos sin goteras y pisos sin humedad, puertas y ventanas que funcionen apropiadamente para evitar el ingreso de

roedores y pájaros, además de realizar fumigaciones periódicas cuando se sospeche de la presencia de hongos, las estibas de costales deben descansar sobre plataformas de madera que dejen de 5 a 10 cm de espacio entre el piso del almacén y la separación entre estiba será de 70 a 80 cm, para facilitar los muestreos.

Las semillas de comportamiento de almacenamiento ortodoxo (como es el caso de garbanzo) pueden ser secadas sin daño hasta niveles de humedad bajos y su longevidad se incrementa con el descenso del contenido de humedad y la temperatura los cuales son los factores que determinan la conservación y almacenamiento.

Según Koostra y Harrington (1969), las semillas deben secarse tan rápido como sea posible por debajo de 10-13% de humedad y conservarse a estos niveles durante todo su almacenamiento.

2.4.2 Cambios durante el almacenamiento

Durante el periodo de almacenamiento se pueden presentar diversos cambios en la semilla, que generalmente van relacionados con la pérdida de la viabilidad, envejecimiento, reducción del peso, daño mecánico (quebrado de grano).

El contenido de humedad de la semilla también se incrementa cuando aumenta la temperatura, siempre y cuando la HR permanezca estable. Pero cuando la temperatura del aire se calienta, las semillas disminuirán su humedad de equilibrio esto sucede cuando las condiciones de almacenamiento no son las apropiadas.

Cuando la semilla se encuentra con exceso de humedad, se lleva a cabo la absorción de agua desencadenando una secuencia de cambios metabólicos que incluye la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas. En casos extremos, la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula, lo que conlleva la germinación en almacén (Chong *et al.*, 2002).

El deterioro o envejecimiento de las semillas se produce por daños que sufren las membranas tanto celulares como de orgánulos intracelulares (mitocondrias, plásmidos, etc.), entre otras causas. Afectando la actividad enzimática, la síntesis o metabolismo de proteínas, glúcidos o lípidos, a la respiración celular, incluso afecta al material cromosómico y a la síntesis de ADN (Pérez García, 2002)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

La realización de esta investigación se llevó a cabo en el invernadero y en las instalaciones del laboratorio de Análisis de Semillas del Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Estado de México.

3.2 Material genético

Estuvo integrado por las variedades de garbanzo Jumbo 2010 y Blanco Sinaloa-92; esta última con dos accesiones correspondientes al ciclo agrícola 2014 y 2015, las cuales fueron donadas por una empresa comercial ubicada en la ciudad de Guasave, Sinaloa.

3.3 Variedades en estudio

Durante la historia del Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se han liberado varias variedades con características sobresalientes; de la variedad Blanco Sinaloa-92 que ha dado prestigio mundial al garbanzo mexicano y que actualmente cubre más del 80% de la superficie de garbanzo sembrada en el noroeste de México. En el año 2010 se liberó la variedad Jumbo-2010, con grano calibre extragrande, que permite competir ventajosamente al garbanzo mexicano con el de otros países productores de garbanzo blanco. (Valenzuela *et al.*, 2014).

3.3.1 Blanco Sinaloa -92

Blanco Sinaloa-92 es una variedad comercial liberada por el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y Pecuarias en el Campo Experimental Valle de Culiacán (Gómez *et al.*, 2003). La cruce se realizó en 1995 en el Campo Experimental Costa de Hermosillo y es el producto de la cruce de Santo Domingo-82 x Blanco Lechoso.

Blanco Sinaloa no solo logro mejorar el color y el tamaño de semilla, sino que también se rebasaron los rendimientos experimentales de la variedad Mocerito-82; además se conservó la superioridad de tolerancia a "rabia" de su progenitor femenino (Gómez *et al.*, 2003)

Características de la variedad Blanco Sinaloa-92

Blanco Sinaloa-92 es una planta robusta, con ramas de 71 a 85 cm, porte semi erecto con intensidad de ramificación fuerte, con tallo color verde (sin antocianinas) y una inserción intermedia de vainas en los tallos, con coloración de follaje verde y hojas simples con tamaño de foliolo grande.

El color de la flor es blanco como todas las variedades para exportación mexicanas y su tamaño es grande al igual que las vainas. Su semilla es de color blanco cremoso y logra un calibre de 38 a 46 semillas en 30 gramos, su forma es angular alargada y con una rugosidad pronunciada.

Con respecto al inicio de floración se considera precoz con 34 a 44 días después de la siembra, su época de madures fisiológica es intermedia de 100 a

115 sin riegos de auxilio y con buena humedad. Con días a cosecha de 116 a 130 con riegos de auxilio.

Es importante resaltar que el Blanco Sinaloa-92 presenta una tolerancia a rabia (*Fusarium sp.*) semejante a la de su progenitor Santo Domingo-82, observándose ligera superioridad en este aspecto a las variedades Mocerito-88 y Surutato-77. Lo anterior se observó a través del desarrollo y evaluación de la línea CuGa 15, que origino a Blanco Sinaloa-92, en terrenos de temporal de Sinaloa en el lote de pruebas contra rabia (Gómez, 1993).

3.3.2 Jumbo 2010

Jumbo 2010 se originó de la cruce simple de la variedad Dwelley x Blanco Sinaloa-92. Dwelley es una variedad de grano claro desarrollada en el estado de Washington, Estados Unidos (Muehlbauer *et al.*, 1998). El proceso de formación de la línea experimental se llevó a cabo en el Campo Experimental Costa de Hermosillo del INIFAP. A partir del ciclo O-I 2005-2006 hasta O-I 2008-2009, se evaluó en el ensayo regional de rendimiento con el código HOGA508 y posteriormente en parcelas de validación en Sonora, Sinaloa y Baja California Sur, en las localidades: Costa de Hermosillo y los Valles del Yaqui, del Mayo, del Fuerte, Santo Domingo y Culiacán, mostrando especial adaptación al Valle de Culiacán, por lo cual se propuso su registro como nueva variedad para esta área (Valenzuela *et al.*, 2014).

Características de la variedad Jumbo 2010

La planta de jumbo 2010 posee un tallo de habito semierecto, ligeramente más caído que el de la variedad Blanco Sinaloa-92, y menos que Suprema-03 (Gómez *et al.*, 2003). El follaje es verde oscuro similar al de Blanco Sinaloa-92. La hoja es de tipo compuesta, foliolos grandes, ovalados de color verde semiopaco. La flor es de color blanco y la vaina es grande midiendo en promedio 28x15 mm y cuando está en proceso de llenado de grano es de color verde de intensidad media.

El tamaño promedio del grano de Jumbo 2010 es de un calibre de 34-36 semillas 30g de peso. Es importante señalar que ninguna de las variedades de garbanzo blanco desarrolladas en el noroeste de México hasta ahora, tiene este calibre de grano. Su grano es de color blanco cremoso de rugosidad pronunciada, similar a la de Blanco Sinaloa-92. La forma de la semilla es redonda angular, similar a la de Jamu-96 (Gómez y Salinas, 2001) aunque de mayor tamaño.

El hábito de crecimiento de la planta es determinado, como todas las variedades locales del garbanzo y sus tallos son menos erectos que la variedad Blanco Sinaloa-92 (Gómez *et al.*, 2003; Valenzuela *et al.*, 2013). Produce ramas de 64 cm de largo, con un promedio de tres ramas primas y ocho ramas secundarias. Jumbo 2010 produce las primeras flores entre 39 y 45 días después de la siembra, termina de florecer a los 90 días en promedio y la madurez a corte fluctúa entre 110 120 días después de la siembra, mientras que la madures a cosecha es entre 126 a 135 días (Valenzuela *et al.*, 2016)

3.4 Pruebas para evaluar la calidad física

3.4.1 Contenido de humedad

De cada variedad se tomó una muestra de 5 g de semillas para establecer cuatro repeticiones por variedad. Se usan cajas de aluminio con tapa, dentro de las cuales se colocaron las semillas. Antes del secado a 130°C por una hora, se pesaron la caja con tapa y posteriormente la caja con tapa y semilla usando una balanza de precisión. Después del secado se procedió a pesar la caja con tapa y semilla. El resultado se calculó mediante la siguiente fórmula y se reportó es porcentaje.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \left[\frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \right] \times 100$$

En donde:

M₁= Peso de la caja y su tapa (g)

M₂= Peso de la caja, tapa y semilla (g)

M₃= Peso de la caja, tapa y semilla después del secado en estufa (g)

3.4.2 Peso volumétrico (kg hL⁻¹)

El peso volumétrico de la semilla se obtuvo en diez repeticiones por variedad, usando una balanza OHAUS. El promedio se expresó en kg hL⁻¹

3.4.3 Peso de 1000 semillas (P1000S)

De cada variedad se contaron ocho repeticiones de 100 semillas cada una, con los datos se calculó el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Cuando el coeficiente de variación obtenido fue menor a 4.0, el peso de mil semillas se obtuvo multiplicando la media aritmética de las ocho repeticiones por 10 (ISTA, 2010)

3.5 Evaluación de la calidad fisiológica

3.5.1 Prueba de germinación estándar

De cada tratamiento tomó de cada variedad una muestra de 100 semillas, para establecer cinco repeticiones de 20 semillas cada una.

El ensayo se llevó a cabo, bajo el método “entre papel” recomendado por la ISTA (2010), con algunas modificaciones con respecto a la desinfección, la cual consistió en remojar las semillas en una solución de cloro al 5% por un periodo de tiempo de un minuto, posteriormente fueron tratadas con un fungicida (Captan al 0.3%). El método entre papel consistió en extender dos toallas previamente humedecidas con agua destilada y cloro al 0.2%, sobre una superficie plana previamente desinfectada con alcohol y cloro, y sobre las cuales se colocaran las 20 semillas distribuidas en cuatro columnas y cinco hileras; posteriormente, las semillas se cubrieron con otras dos toallas húmedas, se enrollaron y se ubicaron para su germinación en orientación vertical sobre charolas de plástico.

En el cuarto de germinación la distribución de los tratamientos consistió en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Durante la prueba, se mantuvieron constantes los niveles de humedad y la temperatura de 20-30 °C. Se realizaron dos conteos el primero al quinto y el segundo al octavo día de iniciada la prueba.

VARIABLES EVALUADAS

Porcentaje de germinación (PG). Se evaluó en base al número de plántulas normales, sanas y sin malformaciones en raíz, hipocótilo y epicótilo, a los ocho días de iniciada la prueba y fue expresado en porcentaje.

$$PG = \left[\frac{\text{Número de plántulas normales}}{20} \right] \times 100$$

Porcentaje de plántulas anormales (PPA). Se determinó en base al número de plántulas que presentaron malformaciones en la raíz, hipocótilo y epicótilo, que les impidieron un desarrollo normal y se expresó en porcentaje

$$PPA = \left[\frac{\text{Número de plántulas anormales}}{20} \right] \times 100$$

Porcentaje de semillas no germinadas (PSNG). Se contaron las semillas que no presentaron estructuras esenciales al finalizar la prueba. Se expresó en porcentaje.

$$PSNG = \left[\frac{\text{Número de semillas no germinadas}}{20} \right] \times 100$$

Porcentaje de viabilidad (PVI). Porcentaje de semillas que presentaran germinación visible (plántulas normales más anormales) al finalizar la prueba (ISTA, 1999).

$$PVI = \left[\frac{\text{Plántulas normales} + \text{plántulas anormales}}{20} \right] \times 100$$

3.5.2 Prueba de germinación en invernadero

La prueba de germinación en invernadero se realizó mediante de un diseño en bloques al azar generalizados, con tres tratamientos (Blanco Sinaloa 2014, Blanco Sinaloa 2015 y Jumbo 2010) conformado por 4 bloques con 9 surcos, de 12 repeticiones en total; cada repetición con 25 semillas. La siembra se realizó en surcos de 2.50 cm de largo, separación entre surco de 80 cm, con una separación entre semillas de 11 cm, y una profundidad de siembra de 5 cm. Se aplicaron riegos homogéneos cada dos días. La duración de la prueba fue de 10 días.

Variables evaluadas

Índice de velocidad de emergencia (IVE). Se llevaron a cabo conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando como primer día, aquel en el que se observó la primera plántula emergida; el final del conteo fue al décimo día después del establecimiento del experimento. El IVE se calculó aplicando la ecuación propuesta de Maguire, (1962).

$$VE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{N_i} \right)$$

En donde:

VE= Velocidad de emergencia

X_i= Número de plántulas emergidas en el *i*-ésimo conteo

N_i= Número de días después de la siembra en el *i*-ésimo conteo

η= Número de conteos; 1,2,.....,η conteos.

Porcentaje de establecimiento (PE). Corresponde al número total de plántulas emergidas por unidad experimental expresados en porcentaje. Se obtuvo con la siguiente expresión:

$$PE = \frac{\text{No. de plántulas normales al final de la prueba}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

3.5.3 Prueba de viabilidad y vigor con tetrazolio

Fueron seleccionadas visualmente 100 semillas sanas, completas y de tamaño homogéneo por variedad. Para realizar el ensayo de tetrazolio se colocaron las semillas de cada variedad en vasos de precipitado de 250 ml, por un periodo de 18 horas con agua desionizada para promover la imbibición. Posteriormente se removió la testa, los cotiledones se separaron ligeramente en la base del extremo opuesto a la posición de la radícula (Figura 1), para facilitar la entrada de la solución de tetrazolio (TZ) al 1 %; el tiempo de tinción fue de 8 h, en

ausencia de luz. Se utilizó un diseño completamente al azar; con tres tratamientos: Jumbo 2010, Blanco Sinaloa 2014, Blanco Sinaloa 2015, con cinco repeticiones de 20 semillas cada una.

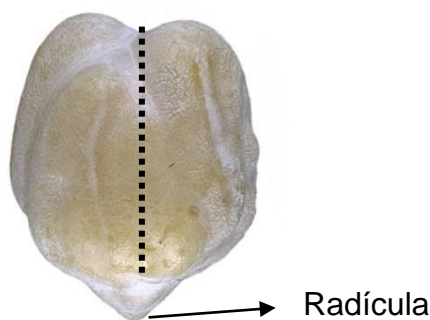


Figura 1. Corte longitudinal entre los cotiledones, realizado en el extremo opuesto a la radícula para acelerar la imbibición.

Las semillas de cada repetición se colocaron en cajas de plástico tipo “sandwichera” etiquetadas con los números correspondientes al tratamiento y repetición; se adicionó la solución de TZ hasta cubrir los embriones por completo; posteriormente se colocaron en una estufa (Central Scientific División OF. CENCO) a 30 °C; transcurrido el tiempo programado, las semillas se sacaron de la solución de TZ, se enjuagaron con agua destilada y permanecieron en humedad durante la evaluación. La evaluación se llevó a cabo con base a observaciones cuidadosas y aplicando criterios derivados de los patrones de tinción observados en las estructuras esenciales de los embriones de garbanzo (Figura 2) y estándares definidos para otras especies en las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2010).

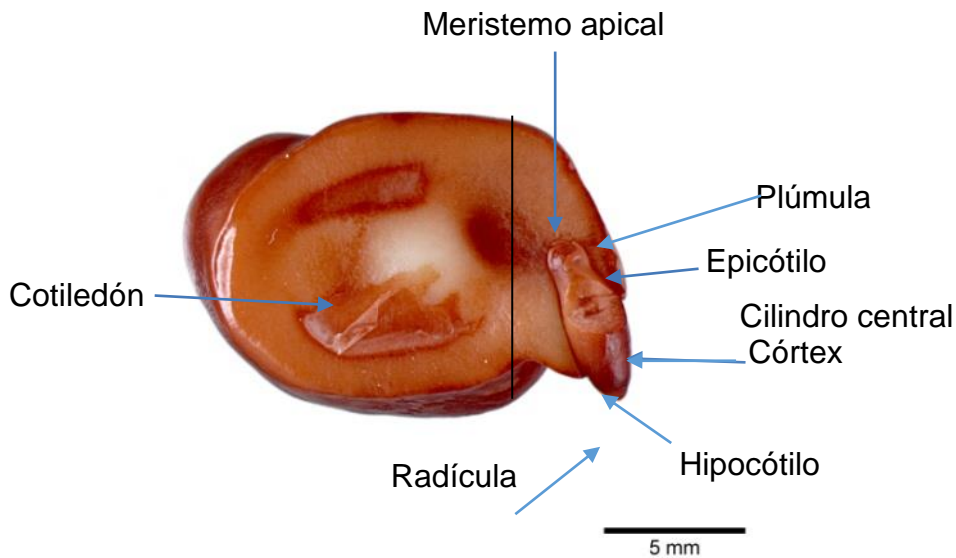


Figura 2. Anatomía de una semilla de garbanzo en corte longitudinal.

3.6 Prueba para evaluar sanidad en semillas

La sanidad de semillas se refiere a la presencia o ausencia de organismos causantes de daños (como insectos) o de enfermedades (como hongos, bacterias, virus y nematodos) además de algunas condiciones fisiológicas como deficiencias o fitotoxicidades (De Tempe, 1961). La participación de la patología de semillas es de fundamental importancia en el control fitosanitario, pues la mayor parte de las veces las semillas son portadoras de patógenos que no producen síntomas y para su detección es necesario que se utilicen técnicas de laboratorio específicas (Geng *et al.*, 1983)

3.6.1 Prueba en placa de agar

De las variedades Jumbo 2010 y Blanco Sinaloa-92 (ciclo agrícola 2014 y 2015) fueron desinfectadas 20 semillas de cada variedad de las cuales se dividieron en dos partes 10 tratadas en una solución al 3% de blanqueador

comercial de hipoclorito de sodio (blanqueador comercial) durante 3 minutos, después se lavaron con agua destilada, con el fin de eliminar los patógenos que se encontraban en la cubierta de las semillas, y así identificar los que se encontraban en la parte interna de esta. Para la obtención de la expresión de los patógenos en la parte externa de la semilla no se realizó desinfección a las 10 semillas restantes.

Una vez desinfectada la semilla, se colocaron las semillas separadas en espacios uniformes en cada caja petri con medio PDA (papa, destroxa y agar), se sellaron con parafilm. Se incubaron 20° durante 5 - 8 días con 12 h con luz (blanca fría o cercana a la luz UV) y 12 h de oscuridad cada día, con el fin de promover y dar las condiciones para la expresión de la presencia de patógenos.

Para la identificación de los hongos en laboratorio, una vez que esporulen, se observaron las características de la colonia y morfología de conidios con el microscopio estereoscópico y mediante preparaciones temporales con lactofenol al 10%, mismas que se observaron al microscopio compuesto. Se compararon de acuerdo a las descripciones hechas por Warham *et al.* (1998) y Mathur y Kongsdal, (2003).

3.7 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05). Se empleó el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la calidad física de las semillas

4.1.1 Contenido de humedad

Los porcentajes de humedad de las semillas, obtenidos mediante la prueba de estufa a 130 °C muestran que existen diferencias estadísticas significativas entre las variedades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estimada para las variables de calidad física de dos variedades de garbanzo.

FV	GL	Contenido de humedad (%)	Peso de mil semillas (g)	Peso volumétrico (Kg hL ⁻¹)
Variedades	2	0.125**	24063.27**	1.33 ns
Error	9	0.0005	6.09	0.88
Total	11			
CV		0.33	0.35	1.21

FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, CV= Coeficiente de variación, *= significativo al 0.05 de probabilidad, **= altamente significativo al 0.01 de probabilidad, ns= no significativo.

Siendo Blanco Sinaloa 2014 la que presenta el mayor contenido de humedad con 7.52 %, seguido de Blanco Sinaloa 2015 con 7.29 %y por ultimo Jumbo 2010 con 7.17 % (Cuadro 2), por debajo de lo reportado por Martínez (2006), quien muestra % de humedad en semillas de garbanzo que oscilan de 8.48 a 8.75%.

Cuadro 2. Comparaciones de medias de las variables de calidad física

Variedad	% Humedad	Peso 1000 Semillas (g)	Peso volumétrico (Kg hL⁻¹)
Blanco Sinaloa 2014	7.52 a	729.62 a	77.00 a
Blanco Sinaloa 2015	7.29 b	733.33 a	77.00 a
Jumbo 2010	7.17 c	597.17 b	77.00 a
DSH		4.8751	2.081

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DSH= diferencia significativa honesta (Tukey, 0.05).

La importancia de la humedad radica en que es un factor determinante en la conservación de las semillas, impidiendo el desarrollo de plagas y hongos de almacén; así como por su efecto sobre los procesos fisiológicos de las mismas, siendo estos el vigor y viabilidad (Peretti, 1994; Moreno, 1996; ISTA, 2009). Con base en lo anteriormente mencionado, se pueden tomar decisiones de conservación y manejo; según el tiempo que se desee almacenar, ya que el aumento en el contenido del agua disminuye la longevidad de las semillas.

Si la humedad de la semilla no excede 10 % durante el almacenamiento, esta puede ser almacenada bajo condiciones ambientales templadas durante al menos 18 meses y aun así cumplir con el mínimo requisito de germinación para la certificación. La humedad relativa y la temperatura son los dos factores más importantes que influyen en la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento; semillas almacenadas en lugares con baja humedad relativa y baja temperatura, mantienen la viabilidad más tiempo (Agrawal, 1976).

4.1.2 Peso de 1000 semillas

Una de las características más influenciadas por las densidades de población en siembra son, entre otras, el peso de 1 000 semillas. Con respecto a esta variable se observó que Blanco Sinaloa 2014 y 2015, son estadísticamente superiores a Jumbo 2010, como se puede apreciar en el Cuadro 1. Gonzalo *et al.* (2006) mencionan que existe la tendencia a incrementar el tamaño de semilla en bajas densidades, además de que esta variable se encuentra estrechamente relacionado con la cantidad de reservas con las que cuenta la semilla. Basavarajappa *et al.* (1991) mencionan que durante el envejecimiento natural de la semilla se reduce el contenido total de reservas, como carbohidratos y proteínas.

Ramacciotti (2015) reporta que las variedades de garbanzo Chañarito S- 156 y Norteño presentan pesos de mil semillas con valores entre 426.8 y 524.8 g, mientras que las variedades Blanco Sinaloa (orígenes 2014 y 2015) y Jumbo 2010, son superiores, como se puede observar en el Cuadro 2.

Algo que se debe tener en cuenta, es que el precio del garbanzo se establece en relación a su calidad. Aunque es cierto que las normas de recepción se flexibilizan cuando hay escasez del producto derivado de una contingencia ambiental o de una mayor demanda. Normalmente el mercado español establece su norma en 3.5 % como suma de daños, teniendo como máximo el 1.5 % para un daño en lo individual (Martínez, 2012), si bien las normas de exportación no establecen un peso de 1000 semillas específicamente, este si tiene gran influencia en las variables como peso y tamaño a considerar para el mercado de exportación.

4.1.3 Peso volumétrico

Se expresa en kilogramos por hectolitro, y es la relación que guarda el peso de la semilla y el volumen total de la masa de semillas, incluyendo espacios intersticiales que dejan los granos entre sí. De acuerdo con Moreno (1984) el peso volumétrico en el garbanzo en condiciones óptimas con respecto al manejo agronómico debe ser de 85 Kg/hL⁻¹; al respecto, en el Cuadro 2, se observa que las variedades en estudio, con 77 Kg hL⁻¹, se encuentran por debajo del óptimo señalado.

El peso volumétrico de un lote de semillas está en función de la masa de cada semilla individual y su volumen, como también del tamaño de la semilla, ya que un cultivo sujeto a falta de nutrientes, agua, daños por heladas o granizo se verá reflejado en su peso volumétrico (Moreno, 1996; Copeland y McDonald, 2001; ISTA, 2009). Esta variable es una de las de mayor importancia con respecto a temas de mercado, sobre todo de exportación, ya que dentro de la demanda del consumidor está el tamaño de la semilla.

4.2 Evaluación de la calidad fisiológica

4.2.1 Germinación estándar

La prueba de germinación ofrece información suficiente sobre el desempeño de un lote de semillas (Ferguson, 1995); en este estudio, la evaluación del garbanzo con respecto al porcentaje de germinación ofreció resultados basados en la valoración de las plántulas, los cuales muestran que existen diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estimada para las variables en la prueba de germinación estándar.

FV	GL	Plántulas normales (%)	Plántulas anormales (%)	Semillas sin Germinar (%)
Variedades	2	995.00 **	721.66 **	543.12**
Error	12	43.33	53.33	24.44
Total	14			
CV		10.28	33.70	26.36

FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, CV= Coeficiente de variación. *= significativo ($p \leq 0.05$), **= altamente significativo ($p \leq 0.01$), ns= no significativo.

Los resultados en la prueba de medias revelan la baja calidad en la que se encuentran las semillas; como se muestran en el Cuadro 4. Blanco Sinaloa 2015 con 79%, Blanco Sinaloa 2014 con 62% y Jumbo 2010 con prácticamente la mitad de las semillas sin germinar; muy por debajo de las especificaciones establecidas para la industria semillera (mínimo 85 %).

Según Copeland y McDonald (2001), una causa de la pérdida de germinación en lotes almacenados, es el consumo de reservas de la semilla; además, de los factores físicos entre los que destacan la humedad de equilibrio de la semilla, humedad relativa y temperatura de almacenamiento que la rodean, ya que estos dos últimos son los que inciden principalmente sobre su contenido de humedad o bien a factores bióticos; como insectos y microorganismos que pueden causar serios problemas, cuando se encuentran asociados a la masa de semillas, llegando inclusive a ocasionar serios problemas al valor agrícola y comercial de estas. La presencia de hongos, bacterias e insectos, y sus ciclos reproductivos están muy vinculados con la HR y temperatura del almacén, y que bien pueden estar presentes desde que la planta madre estaba en campo (Piriz *et al.*, 2004)

Si bien, antes de la cosecha, el cultivo está expuesto a una serie de factores que pueden mermar su calidad y ningún almacenamiento por muy bueno que sea puede mejorarla (Vásquez *et al.*, 2007).

Cuadro 4. Promedios de las variables fisiológicas evaluadas en la prueba de germinación estándar.

Variedad	Plántulas normales (%)	Plántulas anormales (%)	Semillas sin germinar (%)
Blanco Sinaloa 2014	62 b	34 a	4 b
Blanco Sinaloa 2015	79 a	10 b	11 b
Jumbo 2010	51 b	19 b	30 a
DSH	14.8	13.6	12.0

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DSH= diferencia significativa honesta (Tukey, 0.05).

Se considera que un lote es bueno para semilla cuando tiene una germinación mínima del 85%. Semillas que germinan en forma rápida y uniforme, que generan plantas sanas y que alcanzan niveles superiores al 90% de germinación total, se pueden considerar como semillas de alta calidad (Prieto *et al.*, 2011). Actualmente, la variedad más sembrada, Blanco Sinaloa-92, es de tallo semierecto y la cosecha se realiza de forma indirecta. Esto representa un riesgo, debido al tiempo que el grano permanece expuesto a condiciones ambientales que perjudican la calidad (Salinas *et al.*, 2008).

Por otra parte, los resultados de la prueba de germinación estándar muestran una gran cantidad de plántulas anormales, en donde además existen diferencias estadísticas entre las variedades Blanco Sinaloa (ambos orígenes) y Jumbo 2010, como se puede observar en el Cuadro 2. Ferguson (1995) menciona que el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor, seguido por una reducción de la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas, lo

que se puede apreciar en la variedad Jumbo 2010 con el 30 % de semillas sin germinar.

4.2.2 Germinación en invernadero

En los parámetros para evaluar la calidad fisiológica en invernadero, las variables de índice de velocidad de emergencia y porcentaje de establecimiento, no presentaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables en la prueba de germinación en invernadero.

FV	GL	Índice de emergencia	Establecimiento (%)
Variedades	2	8.78 ns	6.81 ns
Bloque	3	11.80 ns	7.25 ns
Variedades*Bloque	6	4.04 ns	3.15 ns
Error	24	5.41	4.66
Total	35		
CV		55.70	52.99

FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, CV= Coeficiente de variación. *= significativo ($p \leq 0.05$), **= altamente significativo ($p \leq 0.01$), ns= no significativo.

La prueba de velocidad de emergencia propuesta por Maguire (1962), permite obtener mejores estimadores de vigor de las plántulas para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, ya que se ha demostrado que plántulas con mejor vigor poseen características aceptables de área foliar, peso seco y longitud de raíz.

En la variable velocidad de emergencia, se observó que la germinación se dio con una velocidad de 4 a 3 días de diferencia como se puede observar en el Cuadro 6, lo cual se puede atribuir al vigor con el que cuentan las semillas, ya que las condiciones ambientales de suelo, luz y temperatura fueron las que el cultivo requiere para establecerse. Es posible notar que dentro de los factores

que están involucrados en el origen y causas del vigor de la semilla se pueden considerar dos grupos: a) origen genético o endógeno a la planta o semilla y, b) origen ambiental o exógeno que inciden desde el lote de producción hasta etapas posteriores a la cosecha (Villaseñor, 1984).

Cuadro 6. Promedios de las variables fisiológicas evaluadas en la prueba de germinación en invernadero.

Variedad	Velocidad de emergencia	Establecimiento (%)
Blanco Sinaloa 2014	4.9250 a	55 a
Blanco Sinaloa 2015	3.8042 a	51 a
Jumbo 2010	3.4917 a	51 a
DSH	2.20	2.37

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DSH= diferencia significativa honesta (Tukey, 0.05).

Con respecto al porcentaje de establecimiento, se observó que las variedades Blanco Sinaloa 2014 y 2015, Jumbo 2010 alcanzaron porcentajes de 55 y 51, como se puede observar en el Cuadro 3, lo cual indica que las semillas muestran una tendencia a un progresivo deterioro que se puede atribuir a la disminución de reservas, alteraciones genéticas, acumulación de metabolitos tóxicos y daños por patógenos.

La causa más factible del deterioro es la acumulación de alteraciones en el material genético; así, en meristemos radicales de semillas de haba (*Vicia faba*) y en ejes embrionarios de semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L) y soya (*Glycine max*), sometidos a estrés, se encontró un aumento significativo en la frecuencia media de células que presentan aberraciones cromosómicas. No obstante, la que parece ser la principal causa del deterioro de las semillas es la acumulación de metabolitos tóxicos para el embrión (Pérez y Pita, 2014). Además de lo anterior, los niveles altos de infección por microorganismos

patógenos y/o saprófitos pueden afectar, el vigor y longevidad de las semillas (Chen *et al.*, 2011).

Sin embargo, otro de los posibles responsables en la reducción de la calidad, es la pérdida de pureza varietal, el cual es uno de los problemas más importantes que se ha venido presentando en la producción de garbanzo regional. Una recomendación es la selección de semilla para siembra y en especial semilla certificada o calificada que haya pasado por un proceso de inspección durante la producción; de lo contrario, se corre el riesgo de que una variedad liberada pierda su potencial genético por no mantenerla pura. Suceden mezclas físicas de semilla en el campo y en el almacén, al utilizar el grano como semilla; a medida que avanzan los ciclos, esta práctica resulta en cambios respecto a las características originales de la variedad (Salinas *et al.*, 2008).

4.2.3 Prueba topográfica de Tetrazolio

Con el objetivo de conocer la viabilidad y el vigor de las semillas de dos variedades de garbanzo se realizó la prueba topográfica de tetrazolio. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las variedades para las variables porcentaje de semillas viables y no viables (Cuadro 7); asimismo se obtuvo que solo existen diferencias estadísticas en las variables: semillas viables, semillas no viables y semillas de vigor medio; esta última con un valor de $p=0.0666$.

Cuadro 7. Cuadrados medios de variables de calidad fisiológica evaluadas en las variedades de garbanzo Jumbo 2010 y Blanco Sinaloa (2014 y 2015).

FV	GL	Viable (%)	No viable (%)	Vigor (%)		
				Alto	Medio	Bajo
Variedades	2	737.33**	737.33**	65.33 ns	401.33*	65.33 ns
Error	9	33.33	33.33	38.22	108.00	47.11
Total	11					
CV		7.76	22.49	40.32	10.39	51.47

FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, CV= Coeficiente de variación. *= significativo ($p \leq 0.05$), **= altamente significativo ($p \leq 0.01$), ns= no significativo.

En la comparación de medias de las variables evaluadas (Cuadro 7) se observa que respecto a los embriones viables, la variedad más sobresaliente es Blanco Sinaloa 2014 con 87%, seguido de Blanco Sinaloa 2015 con 76% y por último Jumbo 2010 con 60% de viabilidad. La Ley de Semillas estipula que éstas deben asegurar las normas mínimas prescritas de porcentaje de germinación, pureza genética y física, ya sea por medio del etiquetado obligatorio o voluntario mediante la etiqueta categoría declarada. De Miguel Gordillo (1991) afirma que los garbanzos del tipo *Desi* germinan en un porcentaje mayor que los del tipo *Kabulli*, añadiendo que aunque la viabilidad de estas últimas sea del 100%, su germinación estará situada por debajo del 60%. Por lo tanto, las variedades en estudio se encuentran por debajo de los estándares establecidos por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), ya que uno de los requerimientos para calificar semilla es, tener como mínimo un 85% de germinación, y en este caso solo la variedad Blanco Sinaloa, origen 2014 es la que presentó mayor viabilidad; sin embargo, presenta 56% de vigor medio, lo que indica que bajo condiciones desfavorables algunas de estas semillas probablemente no logren establecerse

satisfactoriamente. En la variable de semillas no viables, Jumbo 2010 tuvo el valor más alto con un 40%, seguido de Blanco Sinaloa 2015 con 24% y Blanco Sinaloa 2014 con 13%.

Cuadro 8. Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de viabilidad con tetrazolio.

Variedad	Semilla viable (%)	Semilla no viable (%)	Vigor de semilla (%)		
			Alto	Medio	Bajo
Blanco Sinaloa 2014	87 a	13 c	13 a	45 ab	18 a
Blanco Sinaloa 2015	76 b	24 b	20 a	56 a	11 a
Jumbo 2010	60 c	40 a	13 a	36 b	11 a
DSH	10.516	11.398	12.206	18.928	12.502

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DSH =diferencia significativa honesta (Tukey, 0.05).

En cuanto a vigor, no se registraron diferencias estadísticas significativas en los niveles alto y bajo (Cuadro 7); en vigor medio Blanco Sinaloa 2014 tuvo un 56 %, superando con un 20% a Jumbo 2010 (Cuadro 8). Relacionado a este comportamiento Padilla *et al.* (2008) indican que en el rendimiento y la calidad semilla de garbanzo, se encuentran influenciados por la variedad y las condiciones ambientales del ciclo.

TeKrony y Egli (1991) mencionan que la reducción en la viabilidad y el vigor de las semillas pueden afectar el rendimiento de campo y la productividad. Por otra parte, Pérez (2014) señala que muchas especies de leguminosas pueden conservar la capacidad de germinar durante 150 a 200 años, aunque la

longevidad media de la mayoría de las semillas se puede situar entre 5 y 25 años. La disminución a lo largo del tiempo de las sustancias nutritivas de la semilla podría explicar su pérdida de viabilidad; sin embargo, la mayoría conserva la mayor parte de sus reservas cuando ya han perdido la capacidad de germinar.

La longevidad de las semillas es otro factor determinante en la pérdida de la viabilidad y del vigor en el caso de las variedades utilizadas en esta investigación, ya que la semilla utilizada es de cosecha reciente (2014-2015); no obstante lo cual Jumbo 2010 tuvo el % más bajo con 60% de viabilidad. Estos resultados concuerdan con Delouche (2002) quien señala que la semilla de cualquier especie presenta su más alto nivel de vigor y potencial germinativo en la madurez fisiológica, desde la cual se inicia un proceso continuo e irreversible de deterioro hasta perder su capacidad germinativa. Así, el deterioro de una semilla se podría entender como una serie de cambios en el tiempo, que afectan funciones vitales y desempeño, hasta causar su muerte (Bradford, 2004). En el caso de las variedades utilizadas en esta investigación, se puede atribuir a factores intrínsecos o bien a factores externos como temperatura, humedad, ataque de patógenos, manejo postcosecha deficiente, almacenamiento inadecuado y, en sí, del desconocimiento de los principios de conservación de semillas según la zona agroecológica donde se produce este cultivo (FAO, 2011; Hernández y Carballo s/f).

La máxima calidad en cuanto a vigor se ha asociado con la máxima acumulación de materia seca; además, a nivel bioquímico el vigor involucra la capacidad que tiene un organismo en la biosíntesis de energía y compuestos

metabólicos tales como proteínas, ácidos nucleídos, carbohidratos y lípidos, todo ello asociado con la actividad celular, integridad de las membranas celulares y el transporte o utilización de las sustancias de reserva (AOSA, 1983).

La prueba realizada mostró las condiciones fisiológicas en las que se encuentran las semillas de garbanzo de las accesiones Blanco Sinaloa (2014 y 2015) y Jumbo 2010; lo cual permite agilizar decisiones de compra, venta, beneficio, almacenamiento o descarte de semillas, a partir de programas de control de calidad. En las Figuras 3 a 7 se muestran las representaciones esquemáticas de las categorías de tinción encontradas durante la prueba, e ilustra cómo la tinción de los tejidos de la semilla expresan de diferentes formas las coloraciones e intensidades, lo que puede explicar por qué en el proceso de deterioro se da un aumento en la permeabilidad de las membranas por procesos de peroxidación que pueden alterar el gradiente de protones necesario para mantener el acople respiratorio, y por lo tanto disminuir la capacidad respiratoria de los tejidos (Wilson y McDonald, 1986). La observación de tales diferencias de color y el conocimiento de la anatomía de las semillas, permiten determinar la presencia, localización y naturaleza de los disturbios que pueden ocurrir en los tejidos embrionarios (Moore, 1973).

La Figura 3 muestra la representación esquemática de las categorías de tinción con TZ, en la parte externa (a) e interna (b) de los embriones viables vigorosos.

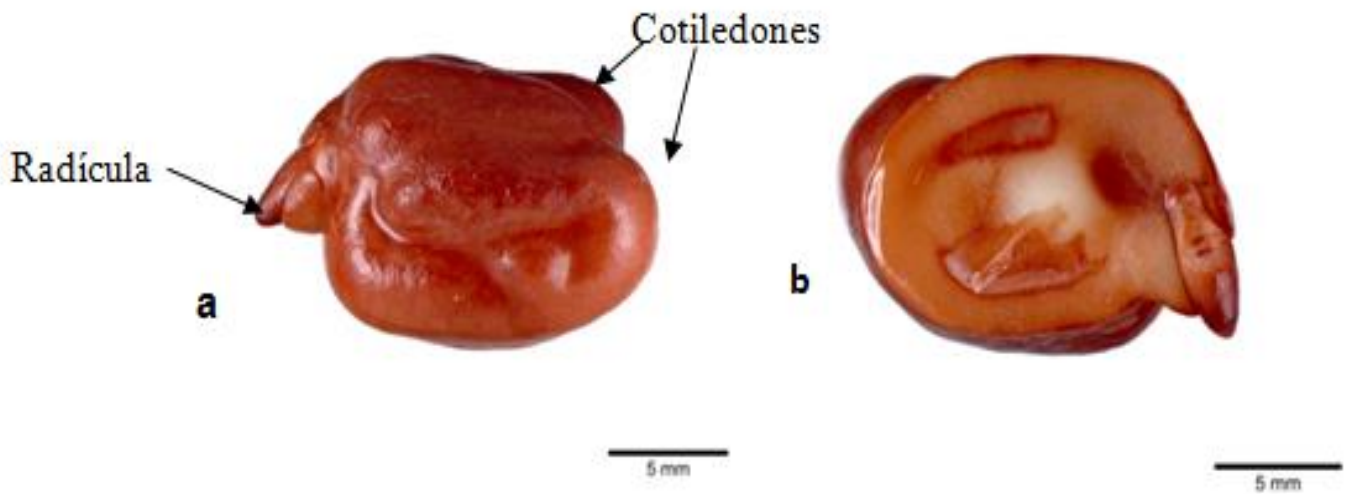


Figura 3. Embrión viable con alto vigor.

La Figura 3a corresponde a la parte externa de los cotiledones, donde se muestra una coloración rojo carmín con tejidos firmes; en 3b, el eje embrionario teñido en su totalidad, muestra una actividad respiratoria elevada, y una pequeña fracción de la lámina central del cotiledón de color rosa pálido, indica que existe actividad respiratoria en las mitocondrias, lo que puede interpretarse en el sentido de que hay viabilidad y vigor medio.

En la Figura 4a se puede observar que la parte externa del embrión muestra una gran superficie de color rosa pálido en los cotiledones cercana a la raíz, y del lado opuesto, un color rojo intenso; mientras que en el eje embrionario (Figura 4b) el color rosa, un poco más intenso, indica mayor actividad respiratoria en esa región; además, se aprecia que la parte externa de la radícula se encuentra afectada por daño mecánico; sin embargo, sigue siendo viable y con vigor medio, debido a que en el ápice radicular no hay daño alguno.

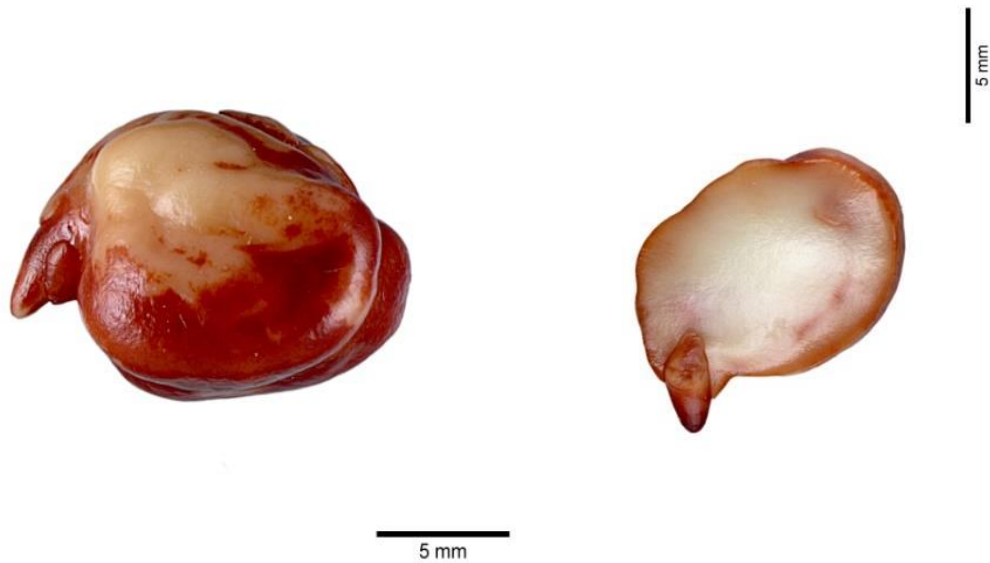


Figura 4. Embrión viable con vigor medio.

En la Figura 5a se muestran pequeñas áreas de color blanco que se dispersan por toda la superficie exterior de los cotiledones, lo cual puede indicar etapas iniciales de deterioro, mientras que en la parte central del interior de los cotiledones (Figura 5b) se observa cómo la coloración se va degradando conforme se aleja de la lámina media del cotiledón; en el eje embrionario se observa una tinción menor desde la radícula hasta el hipocótilo, y parte de la plúmula, lo que probablemente pudiera asociarse con una semilla que dará origen a una plántula anormal. Con más de un tercio sin teñir rosa pálido en la zona de la radícula y gran parte de los cotiledones; indican que el embrión presenta baja viabilidad y vigor, por lo que probablemente originaría plántulas anormales o en último caso no habría emergencia.

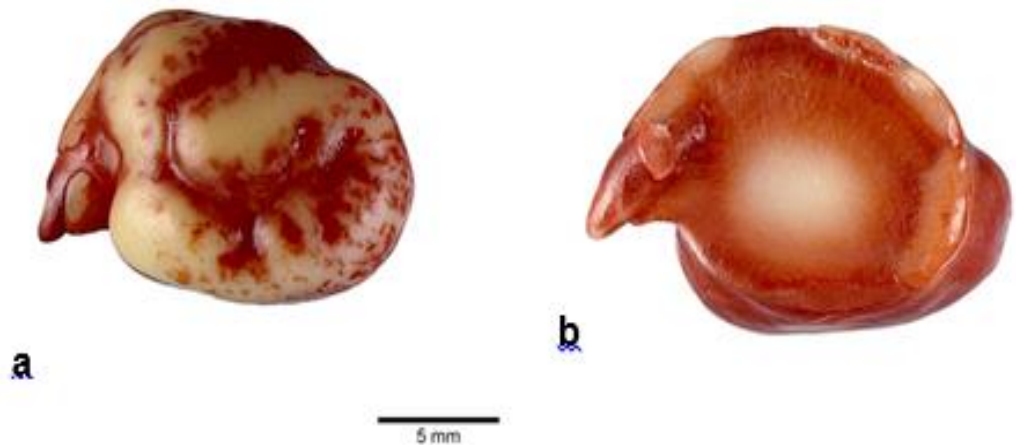


Figura 5. Embrión viable con bajo vigor.

La Figura 6 (embrión no viable) muestra en ambos cotiledones un aspecto de mosaico en la parte 6a, del eje embrionario 6b, con áreas de color rojo entremezcladas con áreas blancas en casi la mitad de la parte baja del cotiledón; en la superficie interna de los cotiledones algunas áreas de color más intenso, que van desde rojo carmín hasta rosa claro, el eje embrionario muestra una coloración rojo intenso en gran parte de su estructura, excepto parte del hipocótilo.

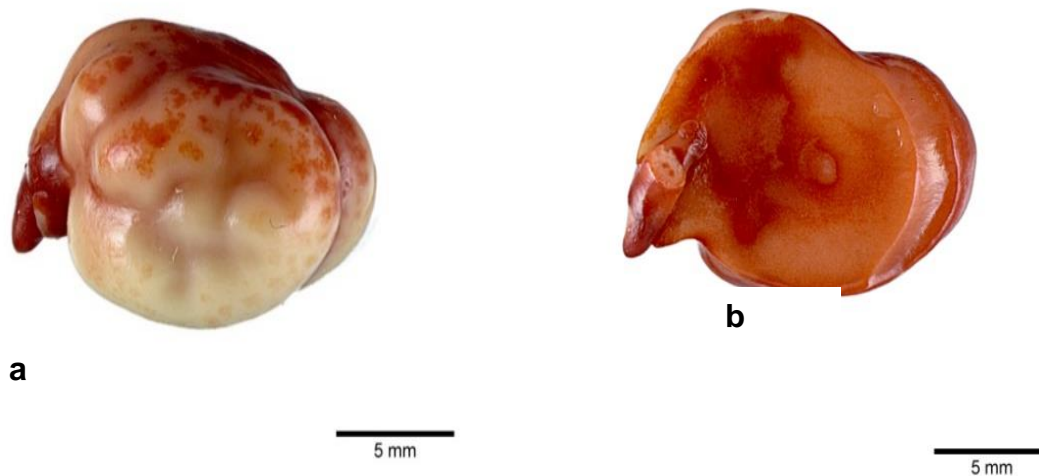


Figura 6. Embrión no viable.

En la Figura 7a se observa una semilla en su exterior con los tejidos prácticamente muertos, con muy pequeñas regiones teñidas de color rosa pálido, mientras que en 7b se puede apreciar cómo se encuentra totalmente afectada la región vascular en la radícula, así como también la región próxima al punto de unión de uno de los cotiledones y lesionando parcialmente internamente al área correspondiente del segundo cotiledón. A través de esta región pasan los haces vasculares a los cotiledones que conectan el eje embrionario, siendo por lo tanto, de suma importancia para el transporte de materiales de reserva de los cotiledones a la plántula en desarrollo, en las fases iniciales de germinación y emergencia. Además, la parte distal del cotiledón con respecto al eje embrionario se encuentra sin teñir. En el caso que tal región sea afectada por algún daño, la viabilidad y/o vigor de la semilla estarán afectados.

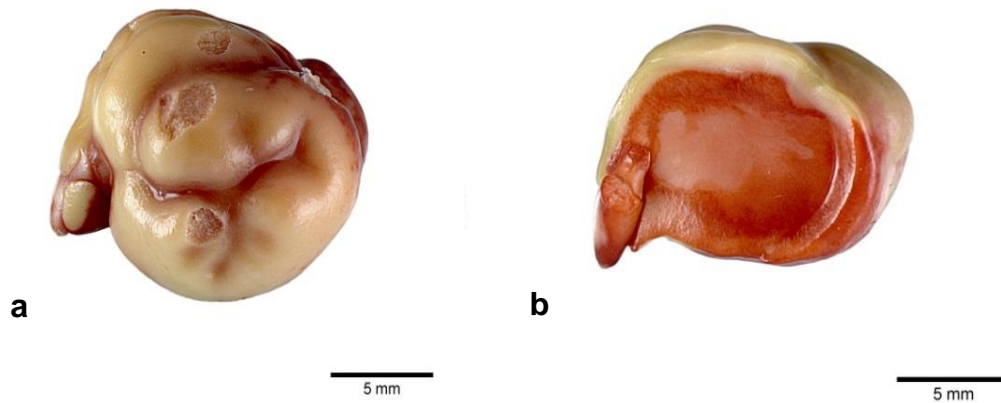


Figura 7. Embrión muerto.

La pérdida de viabilidad de la semilla podría atribuirse, acorde a lo reportado por Pande *et al.*, 2010, a que algunos hongos pueden penetrar fácilmente la pared de las vainas e instalarse en la semilla, pudiendo así diseminar, introducir y permitir la supervivencia del patógeno con elevada eficiencia, y las semillas infectadas interna o superficialmente pueden o no mostrar síntomas.

La observación de diferencias de color, juntamente con el conocimiento de diversas características de las semillas, permiten la determinación de la presencia, localización y naturaleza de los disturbios que pueden ocurrir en los tejidos embrionarios (Moore, 1973).

4.3 Evaluación de la calidad sanitaria de la semilla

4.3.1 Prueba en agar

Neergaard (1977) afirma que el 90% de los cultivos destinados a la producción de alimentos puede sufrir algún tipo de enfermedad, y que sus agentes, en su mayoría, son transmitidos por la semilla.

Entre las limitantes principales que presenta el cultivo del garbanzo se encuentran las enfermedades producidas por diferentes agentes patógenos. (Nene *et al.*, 1989). Las semillas son una vía de transporte de patógenos, permitiendo su dispersión en el espacio y el tiempo. La identificación de microorganismos patógenos asociados a semillas brinda información valiosa sobre qué problemas podría llegar a afrontar el productor que se dedica a los cultivos originados de esas semillas (Rodríguez *et al.*, 2012).

Con respecto en las pruebas realizadas para de patógenos se encontraron que todas las accesiones tienen problemas fitosanitarios por presencia de hongos y bacterias (Cuadro 6). Al respecto, Terrazas (2007) menciona que un gran número de patógenos pueden albergarse en las semillas, y estas al ser sembradas, pueden constituir la fuente de inóculo inicial de una enfermedad para el siguiente ciclo, es importante mencionar que los patógenos de las variedades analizadas se encuentran dentro de las semillas, y que para su manejo se requiere de un control sistémico, preciso y oportuno.

Cuadro 9. Identificación de patógenos en la parte interna y externa de las semillas de dos variedades de garbanzo, en la prueba de agar.

Variedad	Interno	Externo
Blanco Sinaloa 2014	<i>Fusarium sp, Alternaria alternata</i>	<i>Rizopus sp</i>
Blanco Sinaloa 2015	<i>Fusarium sp, Alternaria alternata</i>	Ausencia de patógenos
Jumbo 2010	<i>Fusarium sp, Alternaria alternata, Aspergillus niger</i>	<i>Rhizopus sp, Humicola sp</i>

En los tres tratamientos en estudio se aisló e identifico *Fusarium sp* y *Alternaria alternata* dentro de las semillas, además de las anteriores, Jumbo 2010 presentó *Aspergillus niger*, la parte externa de la semilla, Blanco Sinaloa 2014 manifestó *Rizopus sp*, y Jumbo 2010, *Rizopus sp* y *Humicola sp*, lo cual coincide con lo encontrado por García (1993) quien reporta que entre los hongos del complejo del suelo que afectan las plantas de garbanzo están: *Fusarium spp.*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina* y entre ellos el más importante por los daños que produce y la frecuencia con que se presenta es *Fusarium sp*.

Osorio-Gutiérrez y Castaño-Zapata (2011) mencionan que los microorganismos también pueden desarrollarse sobre la superficie de las semillas cuando los niveles de humedad y temperatura son adecuados; de este modo penetran directamente a través de poros o heridas producidas mediante daños mecánicos.

Granados (2003) observó que las semillas de soya presentan limitantes entre las que destacan la presencia de microorganismos; antes de la cosecha muchos patógenos logran invadirlas y colonizarlas, causando disminuciones en la calidad y el rendimiento; entre los patógenos asociados a las semillas, los

hongos ocupan el primer lugar, seguidos por las bacterias, virus y en menor proporción nemátodos.



Figura 8. *Fusarium* sp. en medio de cultivo PDA aislado de semillas garbanzo de las variedades evaluadas

En Sinaloa, la fusariosis vascular del garbanzo (causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*) está ampliamente distribuida en todas las áreas garbanceras y ocupa el primer lugar de las enfermedades que presenta este cultivo. Este hongo causan pudrición vascular y pueden ocasionar pérdidas del 10 al 15 % en el rendimiento y, además, afectar la calidad de grano (Velarde *et al.*, 2013). Al respecto, Singh y Dahiya (1973) informaron que la Fusariosis del garbanzo es una enfermedad muy importante en países como India, Irán, Pakistán, Etiopía, España, Perú, México y Estados Unidos entre otros, con un estimado de 10% de pérdidas anuales.

Las semillas infectadas por *Fusarium oxysporum* (Figura 8), por lo general son pequeñas, deformes y descoloridas, aunque algunas son asintomáticas. Los signos de este patógeno no se observan en las semillas, pero el hongo forma clamidosporas en la región del hilum (Chen *et al.*, 2011). Afecta el sistema radicular y vasos conductores de las plantas independientemente de la edad de los mismos; es una típica enfermedad vascular que causa necrosis y obstrucción del xilema impidiendo el transporte, cuyos síntomas de amarillamiento, marchitez descendente y finalmente necrosis de hojas y ramas.

En la región Semiárida de Tamaulipas se ha identificado, según lo reportado por Díaz-Franco y Ortegón Morales (1997), “rabia” causada por un complejo de al menos cinco hongos patogénicos del suelo (*Rhizoctonia solani*; *Fusarium solani f. sp. Pisi*; *Macrophomina phaseolin* y *Fusarium sp*), la cual consideran como una enfermedad de alto riesgo para la producción de garbanzo (Díaz-Franco *et al.*, 1996; Díaz-Franco y Pérez-García, 1995)

Alternaria alternata (Figura 9) es una enfermedad endémica en el norte de Sinaloa cuya severidad varía de acuerdo a las condiciones de humedad prevalentes durante la madurez de los frutos y al retraso en la cosecha. Cuando ocurren períodos prolongados de follaje mojado debido a rocíos, lluvia o alta humedad relativa, los conidios del hongo germinan en respuesta a nutrientes solubles presentes en la superficie de los frutos (Pearson y Hall, 1975). Dicho hongo produce manchas foliares en vainas y granos, causando síntomas de color pardo oscuro, bordes irregulares y con un halo amarillo que en ocasiones se hace muy notorio. Las afectaciones en las

semillas parecen tener mayor importancia pues impide la germinación o el desarrollo normal de la plántula.



Figura 9 *Alternaria alternata* en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo de las variedades evaluadas.

Aspergillus (Figura 10) ataca granos en el campo y generalmente invaden los embriones de las semillas y causa disminución en la germinación cuando la siembra se hace con semilla infectada (Tseng *et al.*, 1995). Es un género de hongo que se encuentra causando moho de granos y legumbres (Agrios, 2005).

La transmisión de la enfermedad por semilla puede ser alta si la infección ocurre cerca de la madurez (Pastor Corrales y Schwartz, 1994). Este género comúnmente es considerado como un saprofito o un parasito débil

contaminando en la cubierta de la semilla y el pericarpio (Neergaard, 1977); aunque cabe señalar que no es una de las causas de mayor importancia en el rechazo fitosanitario de estas semillas.

Los patógenos son capaces de producir toxinas en las semillas, granos y legumbres almacenadas, las cuales son sustancias tóxicas conocidas como micotoxinas causada por algunos microorganismos, que incluyen hongos como *Aspergillus* (Agrios, 2005). *Aspergillus* tiene la capacidad de producir aflatoxinas que producen la sustancia cancerígena más potente de origen biológico. El daño se relaciona con aspectos agrícolas y médicos (Gravesen *et al.*, 1994).

Hayden *et al.* (1992) encontraron que la incidencia de *Aspergillus niger* (moho negro) es más alto en semillas producidas en climas calientes. El hongo se transmite de semillas contaminadas a los cotiledones y primeras hojas verdaderas de plántulas cultivadas bajo condiciones controladas.



Figura 10. *Aspergillus niger* en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo de las variedades evaluadas.

Los hongos del género *Aspergillus* (Figura 10) se multiplican rápidamente sobre materia vegetal almacenada o en descomposición, de interés agroalimentario (cereales, frutas, semillas, etc.), y en un amplio rango de temperatura, humedad y aerobiosis, contaminando así muchos sustratos (Pointing y Hyde, 2001; Perrone *et al.*, 2007. Algunas de sus especies son fitopatógenas, destacando nuevamente *A. niger*, que produce, entre otras enfermedades, la antracnosis del algodónero y el carbón (Oelofse *et al.*, 2006).

Las plántulas cultivadas a partir de semillas contaminadas presentan raíces más largas, pero los brotes más cortos que las cultivadas a partir de semillas sanas. La presencia de hongos como *Aspergillus* sp, al parecer depende del manejo de la cosecha y del almacenamiento (Cuca, 2008; Sweets, 2009).

Por otra parte, diversas especies de *Bacillus* (Figura 11) aisladas de la rizósfera de garbanzo han demostrado capacidad para inhibir la germinación y el

crecimiento de hifas de *F. oxysporum* f. sp. *ciceris*, y suprimir el desarrollo de la marchitez del garbanzo (Landa *et al.*, 1997).



Figura 11. *Bacillus* en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo de las variedades evaluadas.



Figura 12. *Humicola* sp. en medio de cultivo PDA aislado de semillas de garbanzo.

En cuanto a *Rhizopus* sp, las esporas del hongo presentes en el medio ambiente se depositan en las heridas de los frutos maduros y producen

infecciones que generan pérdidas de los productos entre el 25 al 50%, aún con tratamientos antifúngicos (Hahn, 2004).

En diferentes localidades de Maharashtra, India, Swati *et al.* (2011) encontraron doce especies de hongos en una variedad de semilla local. El más frecuente fue *A. niger*. Sin embargo, en Puerto Rico, Vélez *et al.* (2004) encontraron que en semillas comerciales de cebolla era predominante la combinación *Aspergillus niger* y *Rhizopus* sp., hongos mayoritariamente saprófitos como *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. que podrían ser el origen de infecciones en semilleros, plantas maduras y bulbos en condiciones cálidas (García, 2003).

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los estudios realizados por Macchi (2005), sobre hongos transportados en semillas comerciales de *Brachiaria*, quienes determinaron la presencia de hongos fitopatógenos de las siguientes especies: *Drechslera* sp., *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., *Cladosporium* sp., *Alternaria alternata*, *Aspergillus* sp., *Aspergillus niger*, *Botrytis* sp., *Epicoccum* sp., *Nigrospora* sp., *Phoma* sp., *Pithomyces* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Trichoderma* sp.; lo que es preocupante si se considera que la semilla infectada puede convertirse en fuente de inóculo en cultivos nuevos, lo que origina epidemias, y como consecuencia reducción en la producción (Lindsay, 2004; Álvarez, 2007).

La semilla es el factor más importante dentro de la productividad agropecuaria, porque lleva todo el potencial genético de un cultivar; una semilla infestada o infectada con algún patógeno puede causar una disminución del 50% de la población de plantas por podredumbre de semilla o mal del talluelo durante la emergencia, resultando en pérdidas del rendimiento por la reducción del

número de plantas y disminución de la calidad comercial (Lindsay, 2004; Quiros y Carrillo, 2008).

Finalmente es de mencionar, que en la actualidad la variedad más sembrada en el norte del país es Blanco Sinaloa-92, la cual es de tallo semi-erecto y de cosecha indirecta; lo cual representa un riesgo, debido al tiempo que el grano permanece expuesto a condiciones ambientales que perjudican la calidad.

V. CONCLUSIONES

Calidad física. Ninguna de las accesiones cumple con el peso volumétrico establecido en las reglas técnicas oficiales.

Calidad fisiológica. Existe una germinación baja en todas las variedades evaluadas, además de que predomina una tendencia hacia bajo vigor.

Es posible determinar la viabilidad y el vigor en semillas de garbanzo por medio de una prueba topográfica de tetrazolio.

Existen diferencias entre las variedades de garbanzo blanco con respecto a viabilidad; sin embargo, no existen grandes diferencias en cuanto a vigor e ninguno de sus niveles.

La prueba con TZ permitió encontrar diferentes niveles de calidad, según el patrón de tinción mostrado, donde el rojo intenso indico semillas con alta viabilidad y vigor, colores rosa pálido baja viabilidad y por consiguiente por vigor, y la no tinción mostró la muerte del embrión.

Calidad sanitaria. Las variedades Blanco Sinaloa 92 y Jumbo 2010, presentan problemas de hongos y bacterias como *Fusarium* sp, *Alternaria alternata*, *Bacillus* sp. y *Aspergillus niger*, que se encontraron en el embrión de la semilla, además de hongos de almacén *Rizopuz* sp.y *Humicola* sp en su cubierta.

Una gran cantidad de hongos presentes en las semillas de garbanzo, son económicamente importantes porque reducen claramente la germinación, afectando el rendimiento del cultivo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, P.K. 1976. Seed production technology for chickpea (*Cicer arietinum*) and lentil (*Lens culinaris*). In Faba beans, Kabuli Chickpeas, and Lentils in the 1980s (Saxena, M.C. and Varma, Seeds). ICARDA, Aleppo, Syria. pp. 271–279.
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th Edition. Elviesier Academic Press, Londres, UK. 992 p.
- Álvarez, M. 2007. Producción comercio y certificación de semillas en México (en línea) consulta: junio de 2016. En: www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.aspiddocumento.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigour handbook. Contribution. No. 32 to the handbook on seed testing. 88 p.
- Basavarajappa, B. S., H. S. Shetty, and H. S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Sci. and Technol.* 19: 279-286.
- Baskin, CH.C. 1987. Seed maturity influences quality. In: Proceedings 1987 short course for seedsmen. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. Mississippi, United States of America, 29:7-12.
- Bewley J.D.1997. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbation resulting from deterioration in storage. *In: Physiology of seed deterioration.* McDonald MB, Nelson CJ (ed.) CSSA Special Publication No 11. Crop Science Society of America, Madison, WI: pp.27–45.
- Bustamante, L. 1983. Semillas. Control evaluación de su calidad. In: Memorias de curso actualización sobre tecnología de semillas. 1982 Universidad Autónoma Antonio Narro. AMSAC. México. pp. 99-106.
- Bustamante L. y De León G.R. 1993. VII. Curso de actualización en tecnología de semillas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Buena Vista Saltillo Coahuila, México.
- Bustamante, G. L. A. 1995 Pruebas de Germinación y vigor en semillas y sus aplicaciones. Curso de actualización sobre tecnología de semillas. Memoria Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Bradford K. J. 2004. Seed Production and Quality. 1st edition. Department of Vegetable Crop and Weed Science. University of California. Davis, CA. USA. 134 p.

- Breese, E. L. 1989. Regeneration and Multiplication of Germplasm Resources in Seed Genebanks: The Scientific Background. IBPFR, Gales, Reino Unido.
- Copeland. L.O. and McDonald, M.B. 1995. Principles of seed Science and Technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.
- Copeland. L.O. and McDonald, M.B. 2001. Principles of seed Science and Technology. 4th Klower Academic Publischer, E.U.A. 467 p.
- Cuca, J. 2008. Fortalecimiento de la cadena productiva de arveja china (*Pisum sativum* L.), con énfasis en la sanidad de la semilla, en el altiplano central de Guatemala. Tesis de Magister. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Chen, W.; H. Sharma and F. Muehlbauer. 2011. Compendium of chickpea and lentil diseases and pests. APS Press, St. Paul, USA.
- Ching, T.M. 1973. Biochemical aspects of seed vigor. Seed Sci and Technol. 1: 73-88.
- Chong, C. y Bible, B. B. y Hak-Yoon Ju. 2002. Germination and emergence. Handbook of plant and crop physiology. 2a. Ed. New York: Marcel Dekker Inc. pp.85-146.
- Dávila, J. y C. Miles. 1990. Diagnóstico de la certificación de semillas de granos básicos en Guatemala. Universidad de San Carlos en Guatemala. 56 p
- De Miguel Gordillo, E. 1991. "El Garbanzo: una alternativa para secano". Ed. Mundi – Prensa, s.a. Madrid. 134 p.
- Delouche, J. C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. Seed News 6: 6.
- De Tempe, J. 1961. Routine methods for determining the health condition of seed in the seed testing station. (General information). Proc. Int. Seed Test Ass. Vol.26 N° 1.
- Díaz-Franco, A., and Ortegón-Morales, A. 1997. Influence of sunflower stem canker on seed quality and yield during seed development. Helia 20:57-62.
- Díaz-Franco, A., González-Garza, N. y Ortegón-Morales, A. 1996. Rabia del garbanzo: Hongos asociados y su efecto en la producción. Revista Mexicana de Fitopatología 14:51- 54.
- Díaz-Franco, A. y Pérez-García, P. 1995. Control químico de la roya y la rabia del garbanzo y su influencia en el rendimiento de grano. Revista Mexicana de Fitopatología 13:123-125.

- Duffis C. y C. Slaughter. 1980. Las semillas y sus usos. Trad. Del inglés por F. Márquez S. AGT. Editor, S.A. México, D.F. pp.88:89.
- Dua, R. P. y P. C. Sherma. 1995. Salinity Tolerance of Kabuli and Desi chickpea genotypes. ICPN. 2: 19-22.
- FAO. 1985. Procedimiento de semillas de cereales y leguminosas de grano; directrices técnicas. Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 19-21.
- FAO. 2008. Production Yearbook. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma, Italy.
- FAO. 2011. Semillas en emergencias: manual técnico. Estudio FAO producción y protección vegetal. Roma, Italia. 83 p.
- FAOSTAT (Grupo de trabajo interdepartamental sobre estadísticas de la FAO). 2015. <http://faoestat.fao.org>. Consulta: 23 de Mayo 2016.
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: Seed Vigour Testing Seminar, Copenhagen. Zurich: International Seed Testing Association. pp. 1-9.
- García, J. L. 1993. Estudio de las enfermedades del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), su importancia y posibles medidas de control. Informe Final, INIFAT, 18 p.
- García Morató, M. 2003. Plagas, enfermedades y fisiopatías del cultivo de la cebolla en la Comunidad Valenciana. Serie Divulgación Técnica. Generalitat Valenciana.
- Geng, Shu; Campbell, R.N.; Carter, M. y Hills, F.J. 1983. Quality control program for seed borne pathogens. Plant Disease Vol. 67, N°2:236-242.
- Gómez, G. R. 1993. Blanco Sinaloa 92, una nueva variedad de garbanzo para el Noroeste de México INIFAP-CEVACU. Folleto técnico 13. 12 p.
- Gómez, G. R. M., R. A. Salinas, P. y L. Gómez G. 2003. Suprema-03, Variedad de Garbanzo Para Exportación. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-C. E. Valle de Culiacán. Folleto Técnico No. 25.
- Gómez G., R. M., I. Gómez G., R. A. Salinas P. 2001. Blanco Sinaloa-92, variedad de garbanzo blanco de exportación. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Folleto Técnico No. 24.
- Gonzalo, M.; Vyn, T. J.; Holland, J. B. and McIntyre, L. M. 2006. Mapping density response in maize: a direct approach for testing genotype and treatments interactions. Genetics 173:331-348.

- Gravesen, S., Frisvad, J.C & Samson, R. A. 1994. Descriptions of some common fungi. In *Microfungi*. Munksgaard Copenhagen. pp. 141-168.
- Granados, L. 2003. Calidad sanitaria: enfermedades causadas por bacterias (en línea) Consulta: febrero de 2016. En: http://www.senasa.gob.pe/intranet/capacitacion/cursos/curso_nacional_semilla/semillas/8.pdf.
- Hahn, F. 2004. Spectral bandwidth effect on a *Rhizopus stolonifera* spores detector and its on-line behavior using red tomato fruit. *Canadian Biosystems Engineering* 46:49–54.
- Hampton JG, TeKrony DM (1995). Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association, Switzerland.
- Harrington, J.F. (1970): Seed and Pollen Storage for Conservation of Plant Gene Resources. En genetic resources in plants - their exploration and conservation, Handbook № 11. International Biological Programme, Londres.
- Hayden, N.; Maude, R. and Proctor F. 1992. Studies on the biology of black mould (*Aspergillus niger*) on temperate and tropical onions. 1. A comparison of sources of the disease in temperate and tropical field crops. *Plant Pathology* 43: 562-569.
- Hilhorst, H.W. M. and P.E. Toorop. 1997. Review on dormancy, germinability and germination in crop and weed seed. *Advances in Agronomy*. 61: 111-164.
- Hernández, L. A. 1985. Efecto de la fertilización y densidad de población en el rendimiento de la semilla de girasol. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Montecillos, México.
- Hernández, G. A. y Carballo C. A. (S/F). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1993. International rules for seed testing 1993. *Seed Sci. and Technol.* 21, Supplement. 228 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1999. International Rules for Seed Testing. *Seed Science and Technology*, 27.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. 21:1 – 288.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing. Published by The International Seed Testing Association. P. O. BOX 308, 8303 Bassersdorf, CH-Switzerland. 243 p.

- ISTA. International Seed Testing Association (2010). International Rules for Seed Testing. ISBN 3-906549-38-0. Zürich, 21, 288 p.
- Jha, U.C., S.K. Chaturvedi, A.B.B. Ohra, P.S. Basu, M.S.Khan and D.B. Arh. 2014. Abiotic stresses constraints and improvements strategies in chickpea. *Plant Breeding* 10.1111/pbr.12150.
- Kelly, A. F. 1988. Seed production agricultural crops. Longman Scientific and Technical-John Wiley and Soncs. Inc. New York, USA. 227 p.
- Koostra, P.T. y Harrington, J.F. 1969. Biochemical effects og age on membrane lipids of *Cucumis sativos* L. *Proc. Int. Seeds Test Ass.* 341:329-340.
- Lagiere, R. 1969. El algodón. Colección Agricultura Tropical. Traducido por Vicente Ripoll. Editorial Blume. Barcelona, España. 292 p.
- Landa, B.B., Hervás, A., Bettiol W., and Jiménez-Díaz, R. 1997. Antagonistic activity of bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*. *Phytoparasitica*, 25:305-318.
- Lindsay, J. 2004. Management of diseases in seed crops. En: *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. Washington, USA. pp. 675-677.
- López-Castañeda C, R.A. Richards, G.D. Farquhar, R.E. Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36: 1257-1266.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- Macchi, C. 2005. Evaluación fitosanitaria de hongos de semilla de diez cultivares de forrajeras tropicales. Tesis (Ingeniero Agrónomo). San Lorenzo, Paraguay: Carrera de Ingeniería agronómica. FCA, UNA. 43 p.
- Martínez J.G. 2012. Comercialización y tendencias en el precio para el cultivo de garbanzo. Memoria. VIII Jornada del cultivo de garbanzo. INIFAP. pp.55-63.
- Martínez L.E. 2006. Evaluación de un medidor de contenido de humedad en granos basado en el principio de capacitancia eléctrica. Simposio de Metrología. Centro Nacional de Metrología, División de Termometría. Querétaro, México. pp. 5-6.
- Mathur, S.B. and O. Kongsdal, 2003. Common Laboratory Seed Health Testing Method for Detecting Fungi. First edition. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. 425 p.
- Meza, H.P.A. 1998. Efecto de la pérdida de hojas en el desespigamiento sobre la productividad y calidad de semilla de maíz. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 91p.

- Moore, R. P. 1973. Tetrazolium staining for assessing seed quality. HEYDECKER, W. Ed. Seed ecology. London Betterworth. pp.347-366.
- Morales G., J. A., Manjarrez S., P., Castillo T., N., Salinas P., R., Montoya C., L. y Padilla V., I. 2005. Costa 2004: nueva variedad de garbanzo blanco para la Costa de Hermosillo. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Son. Folleto técnico No. 28. 20 p.
- Moreno M.E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. 382 p.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3^{ra}. ed. UNAM. México, D. F. 393 p.
- Moreira, C. N. y J. Nakagawa. 1988. Semillas. Ciencia y Tecnología de Producción. Varela, R. (trad). Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 406 p.
- Muehlbauer, F. J., Kaiser, W. J. and Kusmenoglu, I. 1998. Registration of Dwelley Chickpea. Crop Science 38:282-28.
- Nadal, S., Moreno, M. T., Cubero, J. I. 2004. "Las Leguminosas Grano en la Agricultura Moderna". Ed. Mundi – Prensa, s.a. Madrid-Barcelona, 318 p.
- Neergaard, P. 1979. Seed pathology. Vol. I y II. Edición revisada. Mac Millan Press Ltda. Gran Bretaña. 1025 p.
- Neergaard P. 1977. Seed pathology. John Wile, New York, USA. 1187 p.
- Nene, Y., V. K. Sheila y S. B. Sharma. 1989. Legumes Pathol. Prog. Rep., 7: 1-23.
- Oelofse, D., Dubery, I.A., Meyer, R., Arendse, M.S., Gazendam, I. y Berger, D.K. 2006. Apple polygalacturonase inhibiting protein1 expressed in transgenic tobacco inhibits polygalacturonases from fungal pathogens of apple and the anthracnose pathogen of lupins. Phytochemistry, 67 (3): 255-263.
- Osorio-Gutiérrez, L. A. & Castaño-Zapata, J. 2011. Caracterización del agente causante de la Pudrición de raíces de la arveja (*Pisum sativum* L.), enfermedad endémica en el municipio de Manizales-Caldas (Colombia). Agronomía 19(2):33-45.
- Padilla Valenzuela, I.; R.I. Valenzuela Valenzuela; C.M. Armenta Castro; R.A. Salinas Pérez y E. Sánchez Sánchez. 2008. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el valle del Mayo, Sonora, México. Revista Fitotecnia Mexicana; Sociedad Mexicana de Citogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 43-49.

- Pande S., M. Sharma., P.M Gaur. Y C.L.L. Gowda. 2010. Host Plant Resistance to Ascochyta Blight of the detection of Chickpea. Information Bull. No. 82. Patancheru 502-324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 40 p. ISBN 978-92-9066-525-0. Oder code.
- Pastor-Corrales, M.A. y Schwartz, H.R. (Ed.) 1994. Problemas de producción del frijol en los trópicos. CIAT. Cali, Colombia. 734 p.
- Pearson, R.C., and Hall, D.H. 1975. Factors affecting the occurrence and severity of black-mold of ripe tomato fruit caused by *Alternaria alternata*. *Phytopathology* 65:1352- 1359.
- Pérez–Camacho I, O J Ayala–Garay, Y A González–Hernández, J A Carrillo–Salazar, A Peña–Lomelí, G García–de los Santos. 2008. Indicadores morfológicos y fisiológicos del deterioro de semillas de tomate de cáscara. *Agrociencia* 42:891–901.
- Pérez-García, F. 2002. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Conservación y caracterización de recursos filogenéticos. Ed. Gonzáles-Andrés, F. Y J.M: Pita) INEA. Madrid. pp. 51-68.
- Perrone, G., Susca, A., Cozzi, G., Ehrlich, K., Varga, J., Frisvad, J.C., Meijer, M., Noonim, P., Mahakarnchanakul, W. y Samson, R.A. 2007. Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. *Studies in Micology*, 59: 53- 66.
- Perry, D. A. 1978. Report of the vigour test committee 1974.1977. *Seed Sci. and Technology* 6 (1):159-181.
- Perry, D.A. 1981. Introduction; methodology and aplication of vigour tests; seedling growth and evaluation tests. *In: Handbook of vigour tests methods*. Ed. By D.A. Perry. Zurich, International Seed Testing Association. 3-20 p.
- Peretti A. 1994. Manual para análisis de semillas. Editorial Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires, Argentina. 281 p.
- Pérez G. F., Pita J. 2014. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. *Magisterio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. No. 2112.
- Piriz, V., Fassola, H. E., Chaves, A. R., Mugridge, A. Almacenamiento refrigerado de semillas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze: conservación del poder germinativo. Vol. 33, no. 2, pp. 67-84.
- Pointing, S.B. y Hyde, K.D. 2001. Bio-exploitation of Filamentous Fungi. *Fungal Diversity Press*, Hong Kong. pp. 223-251.
- Pollock, B. Y Roos, E. 1972. "Seed and seedling vigor", *In: Koslowski, T.T. Seed Biology*, New York, Academic Press, Vol. 1, pp. 313-387.

- Prieto, J., F. Prieto, N. García, N. Hernández, J. M. Domínguez y A. D. Román. 2011. Métodos comparativos del poder germinativo en *Hordeum distichon* L. calidad maltera. *Multiciencias* 11: 121-128.
- Quiros, W. & Carillo, A. 2008. La importancia del insumo de semilla de buena calidad (en línea) Consulta febrero de 2016. En: biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/CI%20Frijol/23.doc.
- Ramacciotti J. I. 2015. Respuesta agronómica de tres genotipos de garbanzo a diferentes densidades de siembra. Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC). Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1903/Ramacciotti>.
- Ramírez, S.M. 2011. Memoria VIII Jornada tecnológica del cultivo del garbanzo. Fundación Produce Sinaloa A.C. Culiacán, Sin. pp. 7-15.
- Rodríguez, A. V. y F. Marraro Acuña. 2012. Carga fúngica asociada a semillas de garbanzo (*Cicer arietinum* L) en Argentina. En: Libro de Resúmenes de las Jornadas Fitosanitarias Argentinas, 14, San Luis, R. Argentina, 2012, 47 p.
- Salinas, P. R. A., Cortez M. E. y Macías C. J. 2008. Guía para Producir Garbanzo en el Norte de Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 29. Los Mochis, Sinaloa, México. 44 p.
- Santiago, R.L.H. 1988. Comportamiento de la germinación y del vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) de distinto origen genético sometidas a diferentes temperaturas y sustratos. Tesis de Ingeniero Agrícola. UNAM-Facultad de estudios superiores Cuautitlán, Edo de Mex. 84 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2015). Consultado 25-06-2016 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
- Singh K.B. y B.S. Dahiya (1973): Breeding for wilt resistance in chickpea. Symposium on wilt problems and breeding and breeding for wilt resistance in Bengal gram. Sept 1973, IARI, New Delhi, India pp. 13-14.
- Swati, D., Damayanti, G., Potdukhe, S.R. 2011. Survey of seed borne fungi of onion (*Allium cepa* L.) from various locations of Maharashtra. *Journal of Soils and Crops*. Vol. 21, nº 2, pp. 221-224.
- Sweets, L. 2009. Stored grain fungi. Consulta: julio de 2016. En: <http://agebb.missouri.edu/storage/disease/sgfungi>. Htm.
- TeKrony DM, Egli DB (1991) Relationship of seed vigour to crop yield a review. *Crop Sci.* 31(3):816-822.
- Terrazas, L. F. 2007. Deterioro de semillas de maíz por insectos de almacén: Oportunidad de cosecha y condiciones de manejo en almacenamiento.

Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 129 p.

- Tseng, T.C., Tu, J. C & Tsean, S. S. 1995. Mycoflora and Mycotoxins in dry vean (*Phaseolus vulgaris*) produced in Taiwan and in Ontario, Canada. *Microbiology* 36: 229-234.
- Valenzuela H., V., Salinas P., R. A., Ortega M., P. F., Fierros L., G. A., Padillas V., y E. Gutiérrez P. 2013. Jumbo 2010 nueva variedad de garbanzo blanco de exportación para el estado de Sinaloa. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental de Culiacán. Folleto Técnico (en prensa) Culiacán Sinaloa.
- Valenzuela, H.V., Fierros, L.G.A., Ortega, M.P.F., Padilla, V.I., Ramírez, S.M., Acosta, G.J.A., Gutiérrez, P.E., Velarde, F.S. 2014. Jumbo 2010 Nueva Variedad de Garbanzo Blanco de Exportación para el Estado de Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO- Campo Experimental Valle de Culiacán. Folleto Técnico No.60, pp. 3-30.
- Valenzuela H. V., Manjarrez S. P., Morales G., Salinas P. R. A., Gómez G. P., Fierros L. G.A., Ortega P. F., Padilla V. I., Ramírez S.M., Acosta-G. J., Gutiérrez P. E., Velarde F. S., and Guillermo F. D. 2016. "Jumbo 2010", cultivar of chickpea "kabuli" type of extra-large size from Sinaloa, Mexico. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*. Vol. 5(7): 277-282.
- Vásquez, T. y Corvera, R. y Velarde, N. 2007. Viabilidad de semillas de shiringa (*Hevea brasiliensis*) sometidas a diferentes tratamientos de almacenamiento. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana–IIAP; BIODAMAZ, Artículo científico No.1. 14 p.
- Velarde-Félix, S.; Zamora-Galván, F., Valdez-Rubio, N.; Cárdenas-Molina, L.; López-Molina, R.; Ángeles-Valdéz, J. A.; Fierros-Leyva, G. A.; Ortega-Murrieta, P. F.; Padilla-Valenzuela, I. y Gutiérrez-Pérez, E. 2013. Distribución y presencia de la fusariosis del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Noroeste de México y búsqueda de resistencia en condiciones controladas. *In: Memoria Simposio Nacional de Garbanzo 2013*. INIFAP. pp. 54-64.
- Vélez, L., Rivera, L.I., Rodríguez, R.D., Cabrera, I. 2004. Fungi associated with onion (*Allium cepa* L.) fields in southern Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. V: 88, I: 1-2, pp: 55-72.
- Villaseñor, M. H. E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 149 p.
- Warham EJ, Butler LD y Sutton BC. 1998. Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo: Manual de Laboratorio. CIMMYT. México, D. F. 84 p.

Wilson, D.O.; McDonald, M.B. 1986. The lipid peroxidation model of seed aging. *Seed Science and Technology* 14:269-300.

Woodstock, L. W. 1973. Physiological and biochemical tests for seed vigor. *Seed Sci. and Technology*. 1:127-157.