

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de la Calidad Física y Fisiológica de la Semilla de Tres Variedades de Frijol
Ejotero (*Phaseolus vulgaris*)

Por:

DORA ANABEL MORALES MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de la Calidad Física y Fisiológica de la Semilla de Tres Variedades de Frijol
Ejotero (*Phaseolus vulgaris*)

Por:

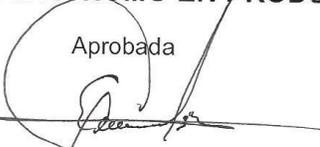
DORA ANABEL MORALES MORALES

TESIS

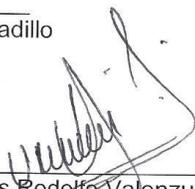
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

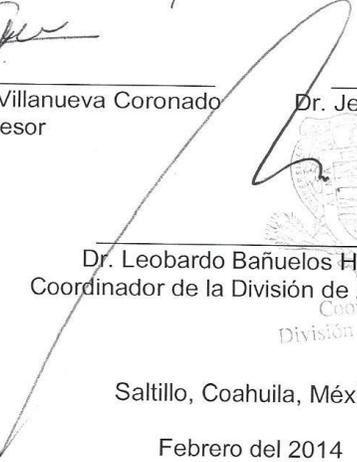
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Asesor Principal


M.C. Víctor Manuel Villanueva Coronado
Coasesor


Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Saltillo, Coahuila, México

Febrero del 2014

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** nuestro señor por darme la vida, por darme la fuerza para lograr este sueño y estar presente en cada instante de mi vida, por los buenos y malos ratos que me ha permitido vivir.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de lograr este sueño anhelado y superarme para ser mejor ser humano y sobre todo mejor profesionalista.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por su gran ayuda, tiempo, conocimientos, paciencia y consejos que me brindo en la revisión y corrección durante este trabajo de tesis. Dios lo bendiga.

Al **M.C. Víctor Manuel Villanueva Coronado** por haberme depositado en mí su confianza y haber asesorado para la realización de este trabajo por su gran apoyo, dedicación y fuera de ello por brindarme su amistad.

Al **Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García** por su valiosa participación en este trabajo y sobre todo por brindarme su incondicional amistad.

AL **Dr. Víctor Manuel Zamora villa** por su apoyo en los análisis estadísticos.

Al Dr. **Armando Rodríguez García** por formar parte del comité evaluador

A la **T.A. María del Socorro Bahena** por su valiosa ayuda durante la realización de este trabajo en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semilla.

A los ingenieros **Alejandro Martínez Tovar y José Juan Vázquez Millán** por su amistad, apoyo y conocimientos brindados durante mi estancia de semestre de campo.

A la **familia Vázquez Millán** por su amistad, disponibilidad y apoyo durante mi estancia.

A mis amigos **Leyvi Marisol, Antonia, Marcos, Zulma, Gilbert, Alexander Sandoval, Odalis, Levy, Lino, Liliana, Janeth, Benito, Luisa, Rubisel** con quienes compartí momentos inolvidables.

A todos aquellos profesores que me impartieron clases en el transcurso de mi formación profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con amor y cariño a todas las personas que siempre confiaron en mí y por el apoyo incondicional durante mi formación profesional, principalmente los que me dieron la vida, los que siempre están conmigo y ser el regalo más hermoso y valioso que dios me ha concedido mis Padres:

Julio Morales Santizo e Irene Morales Morales

Porque gracias a su apoyo, cariño y comprensión, he podido salir adelante y terminar todo aquello que emprendo día con día, porque con sus consejos y su confianza puesta en mí, he llegado a cumplir cada una de mis metas, los admiro grandemente y los amo con todo mi corazón, Dios los bendiga hoy y siempre.

A LOS MEJORES HERMANOS QUE DIOS ME DIO PARA COMPARTIR MI VIDA:

Fredy, Vanessa Guadalupe, José Andrés y Julián Alberto

A quienes amo con todo mi corazón y que sea este presente, un ejemplo de bien para ustedes, porque gracias a su cariño, amor y comprensión pude culminar una más de mis metas, Dios los bendiga.

A mis sobrinos:

Diana Paola, Ricardo y Andrea

que son sus travesuras, cariño, alegría y felicidad me llenaron de amor en todo momento.

AGRADEZCO A DIOS POR PONERME EN MI CAMINO Y EN MI VIDA A TAN
LINDA Y ESPECIAL PERSONA:

El Ing. Wilber I. Ramírez Genovez

Por llegar a mi vida demostrándome que nunca es tarde para creer, por
hacerme sonreír en tiempos difíciles y regalarme los momentos más
hermosos de mi vida. TE AMO.

A mi cuñada **Brisa Aurora** por bríndame su amistad y darme consejos. Te
Quiero Mucho.

A mi primo **Ervin Yeison** por ser un ejemplo a seguir en la vida, por sus
buenos consejos y confiar en mí. Te Quiero Mucho.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Concepto de semilla	4
Funciones de la semilla.....	5
Calidad de las Semillas.....	5
Componente genético	7
Componente fisiológico.....	7
Componente sanitario:	8
Componente físico	8
Fisiología de semillas	8
Germinación.....	9
Procesos de Germinación.....	10
Factores que influyen en el proceso de germinación de las semillas.....	12
Tipos de Germinación	15
Prueba de Germinación Estándar	17
Vigor	19
Factores que afectan el vigor de la semilla.....	22
Deterioro	23
Humedad	23
Trabajos relacionados con la calidad física y fisiológica.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	25

Localización del área de estudio	25
Material genético	25
Variables evaluadas.....	26
Peso volumétrico.....	26
Contenido de humedad	26
Peso de mil semillas	26
Germinación.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES.....	40
LITERATURA CITADA.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
4.1	Cuadrados medios y significancia de análisis de varianza para las variables evaluadas en germinación de semillas de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en laboratorio, UAAAN.....	32
4.2	Comparación de medias mediante la prueba (Tukey) con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) de las variables evaluadas en germinación de semillas de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en laboratorio, UAAAN.....	33
4.3	Cuadrados medios y significancia de análisis de varianza para las variables evaluadas en vigor de semillas de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en laboratorio, UAAAN.....	34
4.4	Comparación de medias mediante la prueba (Tukey) con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) de las variables evaluadas en vigor de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en laboratorio, UAAAN.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
2.1	A) Germinación hipogea en haba. B) Germinación epigea en frijol.....	17
4.1	Proporciones de tamaños en semillas de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en el laboratorio, UAAAN.....	36
4.2	Peso volumétrico en semilla de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en el laboratorio, UAAAN.....	37
4.3	Peso de mil semillas variable evaluada en semillas de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en el laboratorio, UAAAN.....	38
4.4	Contenido de humedad en semillas de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en el laboratorio, UAAAN.....	38

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Laboratorio de Ensayos de Semillas: “M.Sc. Leticia A. Bustamante García” del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, adscrito al Departamento de Fitomejoramiento.

Con el objetivo de determinar las propiedades físicas y fisiológicas de semillas provenientes de tres variedades de frijol ejotero producidas en el sureste de Coahuila. Se evaluaron las variables de tamaño, peso volumétrico, peso de mil semillas, contenido de humedad, germinación, vigor (envejecimiento acelerado) evaluando plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas, longitud de plúmula, longitud de raíz, peso fresco de la plántula y peso seco de la plántula. Realizando cuatro repeticiones de cada variedad. Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar. Estos resultados indican que la variedad italiano, no presento diferencias entre las variedades en la germinación, pero si destaco en las pruebas de vigor, ya mantuvo su calidad fisiológica, lo cual también se detecta que tiene una relación estrecha con el mayor peso de mil semillas y el menor tamaño de la semilla. Lo anterior determina que a pesar de que la semilla de la variedad Italiano registró el mayor número de semilla pequeña pero con un peso específico intermedio, presento mayor vigor.

Se concluye que la variedad Italiano presento las mejores características fisiológicas al ser sometida a pruebas de vigor, a pesar de obtener características físicas intermedias, por lo anterior se considera como la mejor variedad en preservar su vigor y por ende en su longevidad.

Palabras claves. *Phaseolus vulgaris*, frijol ejotero, variedades, germinación, vigor.

INTRODUCCIÓN

El frijol ejotero es una planta herbácea anual de la familia de las leguminosas, se cultiva por su aprovechamiento de grano y vaina, y por su aporte proteico. Es de vegetación rápida, además posee un sistema radicular bien desarrollado y abundante nodulación. Las flores nacen en racimos de tres a ocho y son de color variable. El fruto es una vaina colgante que contiene granos de forma generalmente arriñonada; su tamaño y color son variables, según la variedad. La vaina en estado tierno, llamada ejote, se consume como verdura. El ejote es un cultivo que se produce en el país bajo el régimen de riego, siendo pocos los estados que lo producen en sembradíos de riego como lo es en el Estado de Morelos, Puebla, Hidalgo y Sinaloa (SIAP, 2012).

La producción de semilla se recomienda en áreas semiáridas de clima seco y con disponibilidad de riego; es decir, regiones relativamente libres de enfermedades, debido a que el cultivo de frijol es afectado por numerosos patógenos, entre ellos, virus, bacterias y hongos, que pueden ser transmitidos a través de la semilla, como son *Colletotrichum* y *Rhizoctonia* (Dornbos y Mullen, 1991). En la actualidad, la industria semillera promueve la comercialización de semillas de alta calidad, donde están incluidas los componentes genéticos, físicos, sanitarios y fisiológicos, en este último componente, está representada el vigor y la germinación de la semilla, que

es un factor importante para el productor, quien siempre demanda tener buena uniformidad de emergencia y establecimiento de cultivo, y por lo tanto una uniformidad en el cultivo y teniendo una mayor eficiencia en el gasto en este insumo.

En el cultivo del frijol, el agricultor emplea con frecuencia parte del grano obtenido en la cosecha anterior como semilla para el próximo ciclo de cultivo, desafortunadamente, en la mayoría de los casos, el manejo que recibe esta "semilla" es inapropiado, debido a que no se emplean técnicas de conservación que permitan mantener su calidad fisiológica, por cuestiones de ambiente que favorecen el desarrollo de microorganismos que deterioran su calidad (Sterling, 1981).

Algunas estrategias para mejorar la problemática de conservación en la calidad de la semilla de frijol ejotero para el productor es minimizar el riesgo en pérdidas de plántulas, y reducir la incertidumbre durante el ciclo de producción, resultando en mayores ganancias económicas y sociales.

Por lo anterior, el presente trabajo de tesis se planteó realizar la evaluación de la calidad física y fisiológica de tres variedades de frijol ejotero producido en Saltillo, Coahuila y generar información al respecto, planteándose el siguiente:

Objetivo:

- Determinar las propiedades físicas y fisiológicas de semillas provenientes de tres variedades de frijol ejotero producidas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Hipótesis:

- Al menos una variedad de frijol ejotero tendrá mejores características físicas y fisiológicas de semillas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Concepto de semilla

Arias *et al.* (2001) definen a la semilla como un óvulo fecundado, mientras que Antón *et al.* (2005) mencionan como concepto de semilla, a la forma de reproducción sexual de las plantas superiores, siendo la que se obtiene del fruto después de la fecundación de la flor, los frutos o partes de estos, así como parte de los vegetales completos que se utilizan para la reproducción y propagación de diferentes especies vegetales. En tanto que Moreno (1996), reconoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras que se utilizan en los terrenos agrícolas en México y en el mundo desde el punto de vista agronómico y comercial. También se identifica al embrión como semilla verdadera en estado latente, que a veces lo acompaña un tejido que lo nutre, y que además lo protege, llamado epispermo. Por su parte, Camacho (1994) define a la semilla en sentido botánico estricto, como un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal. De igual manera, Hartmann y Kester (1995) mencionan que la semilla es un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo ser.

Funciones de la semilla

De acuerdo a Potts (1977) las funciones principales de la semilla, es de que esta tiene funciones como ser la portadora de las características genéticas, inherentes de generación en generación, esencialmente sin cambio alguno, así como un sistema eficaz de reserva para una planta y por ultimo como parte esencial de reproducción.

Calidad de las Semillas

La calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios atributos como son la pureza de especies, pureza varietal, capacidad de germinación, vigor, tamaño de la semilla, pureza física, sanidad y contenido de humedad (Thomson, 1979). Por su parte, Flores (2004) coincide que las principales características que determinan la calidad en semillas son: calidad genética, sanidad, pureza, poder germinativo, contenido de humedad, peso de mil semillas y peso volumétrico. Además menciona que otros atributos que se reconocen son: integridad física (ausencia de daño mecánico), ausencia de latencia, composición química, etc. Las características antes mencionadas se han agrupado en cuatro componentes: genético, fisiológico, sanitario y físico, por lo que la suma de los componentes anteriores es lo que otorga la calidad a una semilla. En cambio, Delouche (1989) menciona que la calidad fisiológica de la semilla lleva atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y emerger rápidamente y para producir plantas

vigorosas estándares y uniformes bajo condiciones de campo que se presentan durante la época de cultivo.

McDonald (1982) reporta diferencias significativas atribuibles al tamaño de la semilla en el primer conteo en las pruebas de germinación, prueba fría, envejecimiento acelerado y emergencia en campo, también menciona como las semillas pequeñas se imbiben más rápidamente que las semillas grandes, siendo las semillas pequeñas las que inician más pronto los procesos de germinación, aquí surge el detalle de estudiar si este comportamiento no es afectado por el consumo más rápido de las pocas reservas que poseen estas semillas.

No existe una definición universal que satisfaga el concepto de calidad; en este sentido, Bustamante (1995) 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. El mismo autor 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 está 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.

Componente genético:

Bustamante (1995) menciona dentro del componente genético como la fidelidad o autenticidad de una muestra de semillas de una determinada variedad, que después de varias generaciones de incremento, conserva el mismo genotipo con la cual fue liberada por el genetista. Para preservar y asegurar que el genotipo de una variedad se mantiene dentro de los límites aceptables en los diferentes incrementos, es necesario vigilar sus características de tipo agronómico, morfológico, fisiológico y bioquímico, todo ello puede ser realizado mediante una descripción varietal y comparada con una muestra original, tal y como fue liberada por el genetista.

Componente fisiológico:

Bustamante (1995) asienta que el componente fisiológico es la suma de todas aquellas propiedades de la semilla (genética, bioquímica, citológica, química, etc.) que determinan su nivel de actividad y la mantienen como una unidad biológica de reproducción; es decir, una semilla o lote de semilla que sea viable y posea una alta capacidad de germinación y vigor. Para evaluar este componente de calidad, existen muchas pruebas que cuantifican su nivel de actividad, tales como: Pruebas de viabilidad (tetraxolio), pruebas de germinación estándar y pruebas de vigor (envejecimiento acelerado, prueba fría, peso seco, crecimiento de plántula, etc.).

Componente sanitario:

Se refiere principalmente a la presencia o ausencia de patógenos causantes de enfermedades. El desarrollo de estos organismos relacionados con la semilla, depende del estado de desarrollo del cultivo, las condiciones climáticas, el manejo y la presencia del inóculo, así como el curso de la infección. Entre los patógenos que se asocian con las semillas están los hongos, bacterias, nematodos y virus. Algunas formas de evaluar la presencia de patógenos en las semillas son: Exámenes directos, examen de embriones, pruebas de papel filtro, agar, crecimiento, serológicas, etc. (Bustamante 1995).

Componente físico:

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).

Fisiología de semillas

La semilla posee una testa o pericarpio, cuya finalidad es proteger al embrión de factores externos cuando esta se encuentra en forma latente (con una actividad metabólica baja); de esta manera, la semilla vive tanto tiempo como las condiciones externas (humedad, temperatura,

concentración de CO₂ y O₂, luz, presencia de hongos, insectos y presencia de algunos componentes químicos) e internas (actividad enzimática, equilibrio químico, etc.) lo permitan.

Algunas semillas son capaces de germinar antes de terminar su desarrollo inmediatamente después de ser cosechadas, mientras que otras pueden ser latentes; en estas se requiere un periodo de descanso adicional al desarrollo de la semilla para que la germinación pueda ocurrir. Dependiendo de la especie, este periodo puede ser de pocos días o varios años

Germinación

Matilla (2003) define a la germinación como el conjunto de procesos metabólicos y morfogénéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula capaz de valerse por sí misma y transformarse en una planta fotosintéticamente competente. La germinación de una semilla es el proceso más vulnerable por los que atraviesa el ciclo vital de una planta, ya que de ella depende el desarrollo de la nueva generación. La International Seed Testing Association (ISTA) (2004), señala que la germinación de semillas es la emergencia y desarrollo de la plántula a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican que son o no capaces de desarrollarse en una planta satisfactoria y productiva bajo condiciones favorables de suelo y clima. La germinación termina cuando la plántula no depende para su existencia de sus tejidos nutritivos. A partir de

este momento, la plántula es capaz de producir sus propios alimentos. En términos prácticos se dice que la semilla ha germinado cuando emite la radícula, o cuando emerge del suelo en siembras realizadas en tierra. No todas las semillas que emiten la radícula, u otro órgano, a través de las cubiertas son capaces de producir una planta con posibilidades de llegar a ser adulta, por ello, en el laboratorio no se consideran como semillas germinales agrónomicamente aquellas que originan plántulas anormales, es decir, que presentan defectos que les impedirán su desarrollo posterior (Camacho, 1994). Entre las características de calidad fisiológica, la germinación es la más aceptada para definir la utilidad de la semilla para siembra y la prueba de germinación estándar es la más empleada. Los procedimientos estándar para evaluar la calidad están reglamentados por la International Seed Testing Association (ISTA) y corroborada en México por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Algunos autores, mencionan que esta característica es inadecuada para medir la respuesta de la semilla en condiciones de campo, ya que para emerger una plántula requiere de fuerza y uniformidad, característica que no es obtenida por la prueba de germinación estándar o la viabilidad (Cortez, 2000).

Procesos de Germinación

Según Hartman y Kester (1999) dividen el proceso de germinación en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

1. La **Imbibición** es un proceso que implica la absorción de agua por los coloides de la semilla seca, la cual suaviza la testa de la misma hidratando al protoplasma, esta absorción del agua depende de a) la *composición de la semilla*: el componente responsable de la imbibición de agua son las proteínas, b) la *permeabilidad de la cubierta* de la semilla, la cual es el área por donde entra la humedad de la semilla, aunque, también puede ser posible por la testa, c) la *disponibilidad de humedad* necesaria para que entre en contacto entre la semilla y el suelo y d) la *temperatura* del sustrato.
2. **Activación enzimática**: Al iniciarse la imbibición, ciertas enzimas empiezan a romper el alimento almacenado (enzimas hidrolíticas como fosfatasa, ribonucleasa, degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas, etc.) a formas solubles y las traslocan a los puntos de crecimiento del embrión.
3. **Crecimiento del embrión**: La primera evidencia del proceso de germinación es la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla, posteriormente emerge la plúmula, cada uno continúa su crecimiento y desarrollo, la radícula para dar suficiente anclaje a la plántula y habilidad para tomar los nutrientes y agua del medio, la plúmula al emerger sobre la superficie del suelo inicia el proceso de fotosíntesis, la cual ya no depende de sus reservas, iniciando así el proceso de fotosíntesis, absorción de agua y nutrientes elaborado su propio alimento, con todo este proceso se desarrolla una nueva planta.

Factores que influyen en el proceso de germinación de las semillas

Estos factores se dividen en dos tipos, las cuales pueden afectar el proceso de la germinación que a continuación se mencionan:

Factores internos o intrínsecos

Los factores internos son normales o propios de la semilla, como pueden ser la madurez, viabilidad de las semillas, vigor, daños mecánicos, etc.

Madurez de la semilla: Al decir que una semilla es madura nos referimos a toda aquella semilla que ha alcanzado su desarrollo completo, tanto morfológico y fisiológico. La madurez morfológica se obtiene cuando la semilla completa su desarrollo en todas sus estructuras, finalizando cuando el embrión alcanza su desarrollo completo. También puede relacionarse con la deshidratación de los tejidos de la semilla. En general, la madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfología en la mayoría de las especies cultivadas, en ocasiones existen diferencias de semanas o meses entre ambas.

Viabilidad de la semilla: Se puede mencionar que la viabilidad de las semillas es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Este factor varía dependiendo del tipo de semilla y de las condiciones en que fue almacenada. La viabilidad de las semillas se pierde a menudo con más rapidez si las semillas se almacenan en aire

húmedo y en temperaturas mayores a 35⁰ C. (Salisbury, 1992). En ocasiones, porciones de la pérdida se debe a organismos patógenos internos, externos o de ambos.

Vigor: El vigor de las semillas es un factor determinante en la longevidad de las semillas durante el almacenamiento, a mayor vigor, mayor potencialidad de almacenamiento.

Daños mecánicos: Los daños mecánicos en las semillas son producto del uso inadecuado o excesivo de maquinaria, no solo les ocasiona mallugados y quebrantados que se manifiestan por un rápido descenso y pérdida de vigor que da origen a plántulas débiles y anormales, sino que también las hacen más vulnerables o susceptibles a infecciones provocados por hongos o insectos, provocando un deterioro acelerado de la semilla. (<http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n4/texto/mcerovich.htm>).

Factores externos o extrínsecos

Estos factores dependen del factor ambiental: humedad, temperatura, gases y luz.

Humedad de la semilla: Es el contenido de agua en los tejidos de la semilla. El primer pasó y de gran importancia durante la germinación es la absorción de agua, para que la semilla recupere su metabolismo, necesario para la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a la diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el

medio que lo rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión.

Temperatura: Este factor puede decidir el proceso de germinación, lo cual influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que se presentan después de que la semilla se rehidrate. Durante el proceso de germinación se puede establecer límites de temperaturas; un máximo y un mínimo, existiendo un óptimo intermedio. Por ello, las semillas solo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy baja o muy alta, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables. La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se presenta, y la máxima es aquella por encima de la cual se anula el proceso, pero la temperatura óptima se puede definir como la más adecuada para alcanzar el mayor porcentaje de germinación y en menor tiempo posible.

Gases: Las semillas requieren suficiente aire, una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 para su germinación. De esta forma, el embrión obtiene la energía necesaria para mantener sus actividades metabólicas. El requerimiento de gases para la mayoría de las especies es el encontrado en la concentración normal de aire, además, para que la germinación tenga

éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. Se debe tener presente que la cantidad de O_2 que llega el embrión disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de agua en la semilla. A lo antes mencionado, hay que agregar que la temperatura modifica la solubilidad del O_2 en el agua que absorbe la semilla, a mayor temperatura menos solubilidad.

Luz. En algunas especies, la luz puede ser un factor necesario para acelerar la germinación, aunque en la mayoría de las especies germinan en ausencia de luz.

Tipos de Germinación

Los cambios fisiológicos y metabólicos que se producen en las semillas, no latentes, después de la imbibición de agua, tienen como finalidad el desarrollo de la plántula. Como se ha indicado anteriormente, este proceso comienza por la radícula, que es el primer órgano que emerge a través de las cubiertas. Sin embargo, en otras semillas, el crecimiento comienza por el hipocotílo. La ubicación de las sustancias de reserva en la semilla tiene una consecuencia directa en el modo de germinación. En el caso de las semillas exendospermadas, la principal función de los cotiledones es ceder los nutrientes durante el proceso de germinación, pudiendo posteriormente emerger y ser fotosintéticamente activos. En las semillas endospermadas, los nutrientes estarán disponibles para el embrión

solo si los cotiledones permanecen el tiempo suficiente en la semilla en contacto con el endospermo, para absorber así los nutrientes mediante su función haustorial. Las semillas, atendiendo a la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato, pueden diferenciarse en la forma de germinar. Así, se distinguen dos tipos diferentes de germinación: epigea e hipogea (Alzugaray *et al.*, 2007).

Germinación Epigea

Los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocotílo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencian los cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y actuando como si fueran hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicotílo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas).

Germinación Hipogea

Los cotiledones permanecen enterrados, únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocotílo es muy corto, prácticamente nulo. A continuación, el epicotílo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son los primeros órganos fotosintéticos de la plántula.

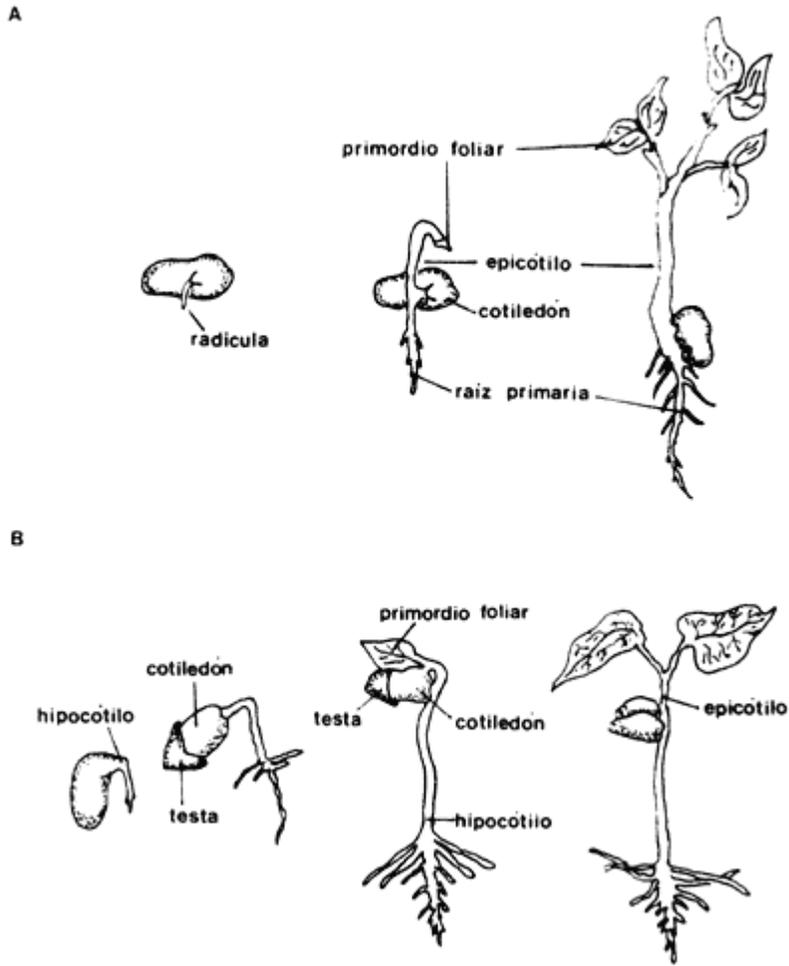


Figura 2.1. A) Germinación hipogea en haba. B) Germinación epigea en frijol. http://www.fagro.edu.uy/~botanica/www_botanica/webcursobotanica1_ldp/prácticos_intro/Semillas.pdf

Prueba de Germinación Estándar

Moreno (1984) menciona que las pruebas de germinación tienen el objetivo de obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plantas normales, bajo condiciones adecuadas. La prueba de germinación que se hace para fines de control oficial debe de ser de 400 semillas, dicha prueba se hacen en repeticiones de 50 a 100 semillas cada

una. Usando papel absorbente, previamente humedecido y cubiertas con otro papel pre-humedecido, enrollándose y colocadas en posición vertical en la cámara de germinación; el cual deberá estar a una temperatura constante de 25⁰C (entre 20 y 30⁰ C), periodo en el cual es importante mantener la humedad de la semilla, tanto el exceso como deficiencia de humedad impiden la germinación de estas. Cuando se usa papel absorbente, el primer conteo se realizara a los cinco días y un segundo a los nueve días (CIAT, 1983).

Sánchez *et al.* (2006) definen a la germinación, bajo un ensayo de laboratorio, como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables: distinguiéndose germinación epigea (es esta los cotiledones son empujados hacia la superficie del suelo por el alargamiento del hipocotílo), e hipogea(la cual se caracteriza porque los cotiledones permanecen en el suelo, siendo la emergencia, por alargamiento del epicotílo).

Para la cuantificación de la germinación, solo se consideran las plántulas que se desarrollan normalmente, conocidas como plantas normales, distinguiéndose de las demás; que bien pueden ser plántulas anormales, semilla muerta o semilla dura.

Las **plántulas normales** son aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir plantas normales y vigorosas bajo condiciones

favorables de agua, luz y temperatura (Moreno, 1984; CIAT, 1983). Por su parte, el CIAT (1983) considera ciertas características de las plantas anormales: raíz primaria bien desarrollada con o sin raíces secundarias, hipocotílo bien desarrollado y con tejidos intactos, epicotílo intacto y con un par de hojas primarias desarrolladas y cotiledones intactos. Los mismos autores consideran a las **plántulas anormales** aquellas que presenten alguna deficiencia en su desarrollo de sus estructuras esenciales, que les impide su desarrollo normal bajo condiciones favorables, ya sea morfológico o fisiológico. De igual manera, el CIAT (1980) considera ciertas características de las plantas anormales: carecen de cotiledones, presentan los cotiledones desintegrados, no muestran hojas primarias, carecen de raíz primaria, no tienen raíz primaria, y el hipocotílo es corto y grueso, además de tener raíces débiles y el hipocotílo dividido. Mientras que las **Semillas duras**, son aquellas que no expresa su poder germinativo al final de la prueba de germinación, ya que presentan un tegumento con características especiales que impiden la entrada de agua (cubierta impermeable) (Moreno, 1984; Galussi, 2007). Finalmente las **semillas muertas** son aquellas que no germinan al final del periodo de análisis, no son duras ni frescas y que no han desarrollado ninguna parte de la plántula.

Vigor

La ISTA (2004) indica que el vigor es la suma de todas las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la misma durante la germinación y emergencia de

plántula. Dentro de los aspectos de funcionamiento se pueden citar cuatro procesos, 1) proceso bioquímico y reacciones durante la germinación, como las enzimáticas y actividades respiratorias, 2) tasa de uniformidad, 3) tasa de uniformidad de emergencia de plántula y crecimiento en el campo y 4) habilidad de emergencia de plántulas bajo condiciones ambientales desfavorables. Mientras que Moreno (1996) menciona que evaluar el vigor de la semilla es de gran utilidad, ya que la calidad está principalmente determinada por la germinación y el establecimiento de las plántulas en campo, y esto depende en gran medida del vigor. Mientras que Douglas (1982), menciona que el vigor es lo que le permite a la semilla recién sembrada germinar rápidamente dentro de una gama de condiciones.

Hay semillas que germinan desarrollando radícula y plúmula, pero no tienen la fuerza suficiente para establecer una plántula en condiciones de campo, por lo que el vigor es un indicador manifiesto, más allá del resultado de una prueba de germinación y está asociado con la capacidad de almacenamiento, rapidez y uniformidad de emergencia en campo, aun en condiciones no muy favorables, el resultado del análisis de vigor es expresado en forma cualitativa con expresiones como de alto, medio y bajo vigor. El principio general de este tipo de ensayos es el someter a la semilla a estrés y a condiciones adversas para evaluar su potencial.

A su vez Martins *et al.* (2002) indicaron que una de las pruebas más utilizadas para la evaluación del vigor de las semillas es la de envejecimiento acelerado, la cual está basada en el aumento del deterioro de semillas,

cuando son expuestas a condiciones adversas de alta temperatura y humedad relativa. Bajo estas condiciones, las semillas de baja calidad se deterioran más rápidamente que aquellas semillas más vigorosas, estableciendo diferencias en el potencial fisiológico de las muestras evaluadas.

Benett (2002) menciona que las pruebas de vigor en semillas deben de:

- Proporcionar datos con mayor sensibilidad que la prueba de germinación normal, en relación con la calidad de las semillas.
- Establecer correlaciones aceptables entre los niveles de vigor y el comportamiento de campo de las semillas.
- Ser objetivas, rápidas, simples y económicas.
- La Importancia del vigor de la semilla permite que la evaluación del vigor es de suma importancia, ya que determina el potencial de la semilla en el campo, nos ayuda a evitar la desuniformidad y establecimiento bajos en campo, así como una resiembra o replantación, aumentando los costos de producción, nos evita el aclareo para obtener poblaciones óptimas y nos permite conocer la capacidad de almacenamiento de lotes para decisiones tocantes a su disposición.

Factores que afectan el vigor de la semilla

Abascal (1984) cita a continuación los siguientes factores que afectan el vigor:

- Genotipo. La constitución genética determina el vigor de las plántulas. Mayor vigor en híbridos y poliploides que en líneas endocreadas y diploides.
- Madurez de la semilla. Según madura la semilla el potencial de germinación y vigor aumenta. Semillas maduras dan su expresión de vigor en contraste con semillas inmaduras. Plantas con floración indeterminada dan diferentes grados de madurez. La fecha de cosecha óptima determina entregar la mayor cantidad de semilla germinable con alto vigor.
- Condiciones ambientales como la temperatura y disponibilidad de humedad, temperatura del aire y disponibilidad de humedad del suelo durante el desarrollo afectan el tamaño de la semilla, rendimiento posterior, germinación y vigor. Altas temperaturas y baja humedad dan bajo vigor y bajo rendimiento.
- Forma y tamaño de la semilla influye en el comportamiento de longevidad.
- Semillas dañadas mecánicamente pueden parecer normales, pero presentan menor vigor que las semillas sin dañar. Pueden ser en la trilla, limpieza, tratamiento, envasado, transporte, siembra y en su almacenamiento.

- Al disminuir el vigor, automáticamente la semilla se envejece y es susceptible al ataque de microorganismos

Deterioro

Copeland y McDonald (1985) dicen que conforme pasa el tiempo, la semilla se va degradando, pero estos síntomas del deterioro en algunos casos no son visibles de momento, sino hasta que se evalúa la germinación y crecimiento de plántulas, observándose un bajo funcionamiento durante el desarrollo de éstas. Por su parte, Moreno (1996) define al deterioro de semillas como la incapacidad morfológica y/o fisiológica para la germinación y desarrollo normal de la plántula. El deterioro engloba todos los cambios progresivos negativos de la semilla hasta que esta muere. El mismo autor cita las características que distinguen el deterioro en una semilla, el cual es considerada como Inexorable, Irreversible, es mínima al tiempo en que la semilla alcanza su madurez fisiológica, varía entre especie, entre lotes de la misma especie y entre semillas de un mismo lote.

Humedad

El contenido de humedad de la semilla se incrementa al aumentar la humedad relativa, lo que ocasiona una disminución en el vigor y en la germinación; de ahí que para conservar la calidad fisiológica de la semilla sea conveniente emplear almacenes con bajos niveles de humedad relativa y baja temperatura (Santacruz, *et al*, 1997).

Para obtener el contenido de humedad se registran los pesos frescos y secos de las semillas; para obtener este último se secaron previamente a 72^oc por 72 horas. El contenido de humedad se calculó de acuerdo a la formula señalada por López (1995):

$$H (\%) = \frac{PF - PS}{PF} \times 100$$

Dónde: H = contenido de humedad de la semilla

(%), PF = Peso fresco de la semilla (g), y

Ps = Peso seco de la semilla (g).

Trabajos relacionados con la calidad física y fisiológica

Cardoso *et al.* (2004) la semilla de soya posee una vida corta y por lo tanto las condiciones adversas durante el almacenamiento pueden acelerar aún más su deterioro acortando su longevidad. Esto se evidencia en las semillas vigorosas que conservan alta germinación, aún después de ser sometidas a la Prueba de Envejecimiento Acelerado (ISTA, 2003). Mientras que Verdugo (2005) llevo a cabo un trabajo con dos variedades de frijol categoría certificada, las cuales fueron Negro Zacatecas y Flor de Mayo Sol; en ellas se clasifico las semillas por tamaños de cribas y también se evaluó los factores de calidad física y fisiológica; los resultados que obtuvo fue que para peso volumétrico y peso de mil semillas, hubo diferencias altamente significativas, con lo cual se manifiesta mejor calidad de semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Laboratorio de Ensayos de Semillas: “M.Sc. Leticia A. Bustamante García” del Centro de Capacitación y Desarrollo en Semillas, adscrito al Departamento de Semillas, ubicada en Buenavista, en Saltillo, Coahuila, México.

Material genético

El material utilizado fue semilla de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) de las variedades: Black Valentine, Igloo e Italiano, las cuales se consideran en este trabajo como tratamientos.

1.- Black Valentine

Origen: U.S.A. Crecimiento: determinado.

2.- Igloo.

Origen: U.S.A. Crecimiento: determinado.

3.- Italiano.

Origen: San martino di lupari (Italia). Crecimiento: determinado.

Las cuales se consideran en este trabajo como tratamientos.

Variables evaluadas

Peso volumétrico

Para esta prueba lo único que se hizo fue utilizar un vaso de precipitado de 80 ml., el cual se pesó en un bascula (Torrey modelo L-EQ 5/10) al que se agregó agua y enseguida se vació el agua a la probeta de 250 ml y se midió. Por último se colocó la semilla en el vaso de precipitado por cada variedad y se quitó el exceso con una regla y se pesó en la báscula (Torrey).

Contenido de humedad

Se realizó esta prueba para cada muestra de cada variedad, las determinaciones de humedad se hicieron en el determinador de humedad (Motomco Moisture Meter. Modelo. 919), empleando 250 g de semilla de cada variedad, las cuales fueron colocadas en el vaso de Motomco para posteriormente obtener la lectura.

Peso de mil semillas

Para esta prueba se usó la semilla obtenida de los materiales cosechados, se obtuvo contando y pesando ocho repeticiones de 100 semillas por cada variedad. Cada una se determinó en una báscula (Torrey, Modelo L-EQ 5/10 máx.=5 kg/10 lb min=20 g/0.04 lb).

Germinación

Para esta prueba se contaron 120 semillas por cada variedad para establecer 4 repeticiones de 30 semillas cada una. La técnica consistió en extender una toalla de papel anchor previamente humedecidas con agua destilada, sobre una superficie plana, y sobre las cuales se colocaron las semillas distribuidas uniformemente; posteriormente se cubrió con otra toalla húmeda, se enrolló en forma de un “taco” y se acomodó en forma vertical en bolsas de plástico. Las bolsas con los rollos se colocaron en una cámara germinadora (Lab-line Biotronette Plant Growth Chamber), a una temperatura de 25 °C durante siete días. Después de este periodo las variables evaluadas fueron:

Plántulas normales

Plántulas que presentan un desarrollo óptimo de hipocotílo, con un gran número de raíces adventicias.

Plántulas anormales

Plántulas que presentan un desarrollo raquítico del hipocotílo, con un número bajo o nulo de raíces adventicias, así como ausencia de hojas verdaderas o poco desarrolladas. Para su clasificación es conveniente consultar un manual de Evaluación de Plántulas. Esta variable se evaluó a los 7 días de la siembra y se seleccionaron como plántulas anormales aquellas que presentaban un pobre desarrollo de la raíz, estructuras esenciales deformes (hipocotílo, raíz y cotiledones), necrosis en alguna estructura esencial, etc.

Semillas duras

Semillas que al final del periodo del análisis no son ni duras ni latentes y que no han desarrollado ninguna parte de una plántula. Mantienen una semilla turgente ocasionada por la absorción de agua.

Longitud de la plúmula

Esta variable se determinó solo a las plántulas normales, se evaluó con una regla de 30 cm el hipocotílo cada una de ellas. Los resultados fueron expresados en centímetros.

Longitud de la raíz

La variable se determinó a plántulas normales, evaluando con una regla de 30 cm la raíz de cada una de ellas. Los resultados fueron expresados en centímetros.

Peso fresco de las plántulas

De las plántulas normales obtenidas de la germinación se determinó el peso fresco de cada repetición por variedad con ayuda de una balanza analítica de 0.0001 g de precisión.

Peso seco de las plántulas

Para obtener el peso seco, las plántulas normales resultantes de la variable anterior, se les quito los cotiledones de la semilla que posteriormente se colocaron en pequeñas bolsas de papel estraza perforado por cada variedad y repetición, enseguida se colocaron dentro de una estufa (She Lab) a una temperatura de 65⁰C por 24 horas, una vez transcurrido el tiempo

se sacaron y se colocaron en un desecador con sílice gel a enfriar por 10 minutos, al término se procedió a pesar cada bolsa en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión.

Vigor

La prueba elegida para medir el vigor fue la de envejecimiento acelerado. Primeramente se contaron 105 semillas por cada variedad, después se pusieron en unas cajas petri a las cuales se le aplicó captan, posteriormente las semillas se colocaron en canastillas de plástico y se agregó dentro de vasos de precipitados de 250 ml que contenían agua (el nivel del agua estaba aproximadamente a 6 cm debajo de las semillas). Los vasos de precipitado que contenían las canastillas con semillas se taparon con plástico transparente y se sujetó con liga. Enseguida fueron metidas a una cámara de envejecimiento (Vwr scientific) durante 72 horas a una temperatura de 42⁰C, al término de las 72 horas de envejecimiento, se sacaron las semillas y se realizó la prueba de germinación.

Diseño experimental

Este trabajo fue establecido de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, con tres tratamientos (variedades) y cuatro repeticiones. Se realizó el análisis estadístico con el paquete SAS (Statistical Analysis System).

El modelo estadístico lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variable respuesta de la j-esima repetición del i-esimo tratamiento

μ = Media general

T_i = Efecto de la i-esima variedad

E_{ij} = Error experimental

Para la comparación de medias se utilizó la prueba tukey con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios y la significancia para las variables evaluadas en las tres variedades de frijol ejotero para la prueba de germinación estándar. En dicho cuadro se observa que en la fuente de variación de variedades y en las variables de longitud media de plántula (LMP) y longitud media de radícula (LMR) se presentaron valores significativos, mientras que en el resto de las variables que fueron; plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), semilla muerta (SM), peso fresco de plántula (PFP) y peso seco de plántula (PSP), no se presentaron valores significativos para las variedades evaluadas.

En cuanto a los coeficientes de variación, estos oscilaron de 4.99 a 11.52 para las variables evaluadas, con excepción de las variables de PA y SM, ya que estas registraron valores de 88.63 y 294.84 por ciento. Estos valores son considerados normales debido al tipo de variable, ya que las repeticiones dentro de las variedades mantuvieron valores muy contrastantes por las mismas características de la variable evaluada. Mientras que el resto de las variables se consideran aceptables con los valores registradas.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia de análisis de varianza para las variables evaluadas en germinación de semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en laboratorio, UAAAN.

Cuadrados medios								
F.V	G.L	PN	PA	SM	LMP	LMR	PFP	PSP
Variedades	2	90.66	26.24	19.55	4.80*	9.06*	0.01	10.58
EE	9	47.82	17.53	24.14	0.83	1.49	0.03	5.99
C.V %	11	7.38	88.63	294.84	10.25	6.74	8.97	11.52

Niveles de significancia =NS No significativo ($P > 0.05$);** Altamente significativo ($P \leq 0.01$); * Significativo ($P \leq 0.05$); PN=Plantas normales; PA=Plantas anormales; SM=Semillas muertas; LMP=Longitud media de la plúmula; LMR=Longitud media de la radícula; PFS= Peso fresco de la plántula y PSP= Peso seco de la plántula.

En el Cuadro 4.2 se presentan las medias de las variables evaluadas. Para las dos variables que registraron diferencias significativas (LMP y LMR), se aprecia que en la variable de LMP, la variedad Igloo registro la mayor longitud de plúmula con 10.1 cm, siendo superior y diferente a las variedades Italiano (8.3 cm) y Black Valentine (8.1 cm), las cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. Mientras que en la variable de LMR, se observó que la variedad Igloo mostró a diferencia de la LMP, el valor más bajo con 16.3 cm, siendo inferior al valor registrado por la variedad Italiano, quién registro 19.1 cm. Cabe señalar que las variedades Black Valentine e Igloo pertenece al mismo grupo estadístico. En cuanto a la variable de mayor importancia económica, lo cual es la germinación estándar determinada por las plántulas normales (PN), se aprecia que a pesar de que no se obtuvo diferencias estadísticas, si se observa que la variedad Black Valentine presento el valor más alto de germinación con 97.5 por ciento, mientras que

el valor más bajo fue para la variedad Igloo, sin embargo esta misma variedad registró el valor más alto en PSP, aunque estadísticamente fueron iguales entre sí.

Cuadro 4.2. Comparación de medias mediante la prueba de (Tukey) con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) de las variables evaluadas en germinación de semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en laboratorio, UAAAN.

Variedades	PN	PA	SM	LMP	LMR	PFP	PSP
Black	97.5	2.5	0.0	8.1 b	18.7 ab	2.2	21.3
Valentine							
Igloo	88.3	7.5	4.1	10.1 a	16.3 b	2.1	22.8
Italiano	95.0	4.1	0.8	8.3 ab	19.1 a	2.1	19.5

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; PN=Plantas normales; PA=Plantas anormales; SMEA=Semillas muertas en envejecimiento; LMP=Longitud media de la plúmula; LMR=Longitud media de la radícula; PFP=Peso fresco de la plántula y PSP= Peso seco de la plántula.

Prueba de Vigor

En el Cuadro 4.3 se representan los cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en las tres variedades de frijol ejotero para la prueba de vigor. En dicho cuadro se observa que la fuente de variación de variedades y en las variables de plántula normal en vigor (PNV), plántulas anormales en vigor (PAV), longitud media de plántula en vigor (LMPV), longitud media de radícula en vigor (LMRV), peso fresco de plántula en vigor (PFPV) y peso seco de plántula en vigor (PSP) presentan diferencias altamente significativas, mientras que para la variable de semillas muertas en

vigor (SMV) no presentaron significancia alguna para las variedades evaluadas.

Cabe mencionar que los coeficientes de variación oscilaron entre 2.5 a 16.3 para las variables evaluadas, con excepción de las variables de plántulas anormales en vigor (PAV) y semillas muertas en vigor (SMV), ya que estos registraron valores de 52.9 y 187.0 por ciento, estos valores son considerables normales debido al tipo de variables, ya que las repeticiones dentro de las variedades mantuvieron valores muy contrastes por las mismas características de la variable evaluada. Por lo tanto, el resto de las variables se consideran aceptables con los valores registrados.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios y significancia de análisis de varianza para las variables evaluadas en vigor de semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en laboratorio, UAAAN.

Cuadrados medios								
F.V	G.L	PNV	PAV	SMV	LMPV	LMRV	PFPV	PSPV
Variedades	2	688.0**	545.3**	9.3	6.9**	44.0**	276.5**	2.1**
EE	9	60.8	68.8	6.2	0.6	0.9	9.3	0.0
C.V %	11	9.4	52.9	187.0	12.6	9.4	15.5	16.3

Niveles de significancia =NS No significativo ($P > 0.05$);** Altamente significativo ($P \leq 0.01$); Significativo ($P \leq 0.05$); PNV=Plantas normales en vigor; PAV=Plántulas anormales en vigor; SMEA=Semillas muertas en vigor; LMPV=Longitud media de la plúmula en vigor; LMRV=Longitud media de la radícula en vigor; PFPV=Peso fresco de la plántula en vigor y PSPV= Peso seco de la plántula en vigor.

En el Cuadro 4.4 se presentan las medias de las variables evaluadas en la prueba de vigor. Para las variables que registraron diferencias altamente significativas como lo son plántulas normales en vigor (PNV),

plántulas anormales en vigor (PAV), longitud media de plántula (LMPV), longitud media de radícula (LMR), peso fresco de plántula (PFP) y peso seco de plántula (PSP), se observa que la variedad Italiano registró el mayor valor en las mayoría de las variables, como lo fueron el porcentaje de plántulas normales (PA) con 97.0, longitud media de plúmula (LMP) con 7.7 cm, longitud media de radícula (LMR) con 13.8 cm, peso fresco de plúmula (PFS) con 28.9 mg y un peso seco de plántula (PSP) de 2.0 mg., seguida por la variedad Black Valentine con un porcentaje de plántulas normales (PN) con 81 por ciento, mientras que en longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR) fue de 5.1 cm y 7.6 cm, así como en peso fresco de plántula (PFP) con 12.9 mg y peso seco de plántula (PSP) 0.7mg. Cabe señal que la variedad Igloo fue inferior a la variedad Italiano con 5.9 cm y 8.8 cm en longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR), al igual que en peso fresco de plántula (PFP) y peso seco de plántula (PSP) con 12.9 mg y 0.7 mg., siendo esta la variedad con menor plántulas normales (PA) de 71.0 y mayor porcentaje de plántulas anormales (PA) de 26. Por último, la variable que más interesa en la calidad de semillas es la germinación (mediante el por ciento de plántulas normales), por lo que la prueba de vigor muestra que la variedad italiano obtuvo el mayor porcentaje de germinación con 97, mientras que el valor más bajo fue para la variedad Igloo con 71 por ciento.

Cuadro 4.4. Comparación de medias mediante la prueba de (Tukey) con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) de las variables evaluadas en vigor de semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en laboratorio, UAAAN.

Variedades	PNV	PAV	SMV	LMPV	LMRV	PPFV	PSPV
Black	81.0 b	18.0 ab	1.0	5.1 b	7.6 b	12.9 b	0.7 b
Valentine							
Igloo	71.0 b	26.0 a	3.0	5.9 b	8.8 b	17.2 b	1.0 b
Italiano	97.0 a	3.0 b	0.0	7.7 a	13.8 a	28.9 a	2.1 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; PNV=Plantas normales en vigor; PAV=Plántulas anormales en vigor; SMEA=Semillas muertas en vigor; LMPV=Longitud media de la plúmula en vigor; LMRV=Longitud media de la radícula en vigor; PFPV=Peso fresco de la plántula en vigor y PSPV= Peso seco de la plántula en vigor.

De acuerdo a la Figura 4.1 se observa que las semillas de la variedad Black Valentine en su mayoría fue retenida por una criba (12x3/4) que se consideró como tamaño mediano, seguida por las semillas de la variedad Igloo que fue retenida en una criba (13x64x3/4) de tamaño grande y por último la variedad Italiano en una criba (11x3/4) considerado como tamaño pequeño.

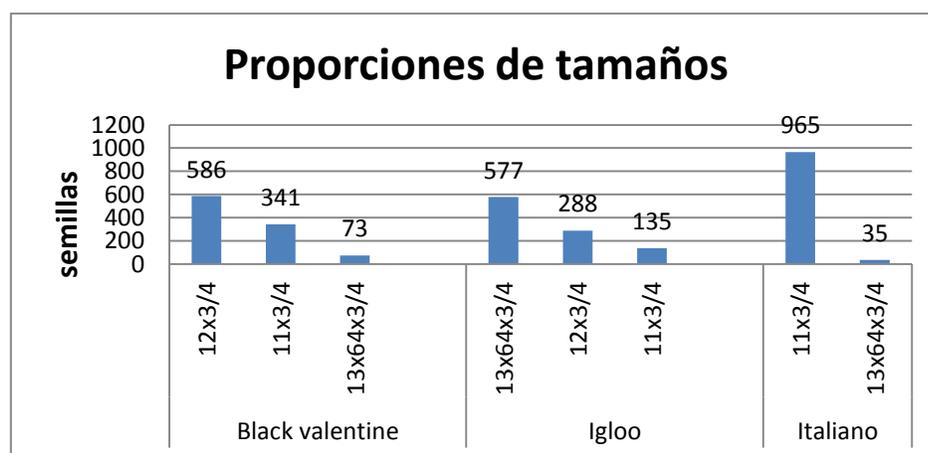


Figura 4.1. Proporciones de tamaños en semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en el laboratorio, UAAAN.

En la Figura 4.2 se observa los resultados de la variable de **peso volumétrico** de las semillas en donde la variedad Igloo que apenas se sembró por primera vez obtuvo un peso de 83.3 kg/hl, seguido por el Italiano con 79 kg/hl. Por otro lado, la variedad Black Valentine es la que reportó el más bajo peso con 76.6 kg/hl.

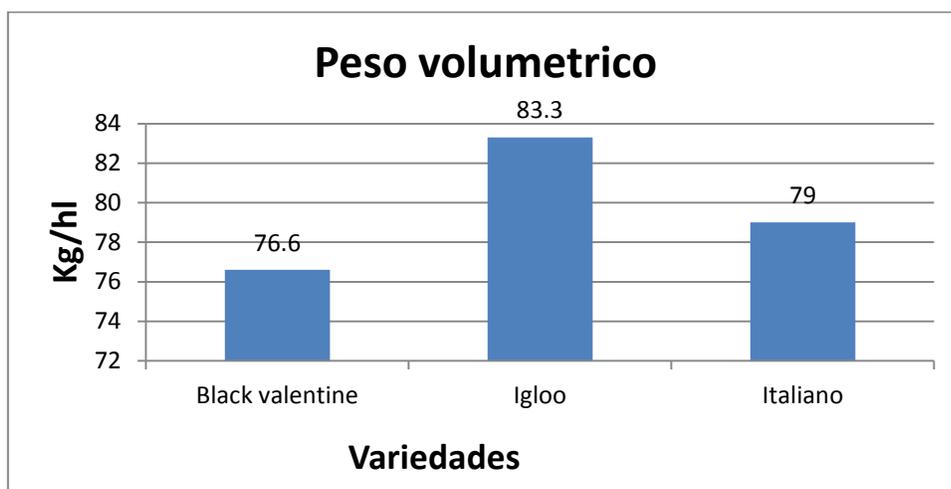


Figura 4.2. Peso volumétrico en semilla de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en el laboratorio, UAAAN.

Para el peso de mil semillas (Figura 4.3) se observa que la variedad Italiano presentó mayor peso de mil semillas con 368.7 gr respectivamente, seguida por la variedad Igloo con 337.5 g., mientras que la variedad Black Valentine registró el menor peso con 305 g.

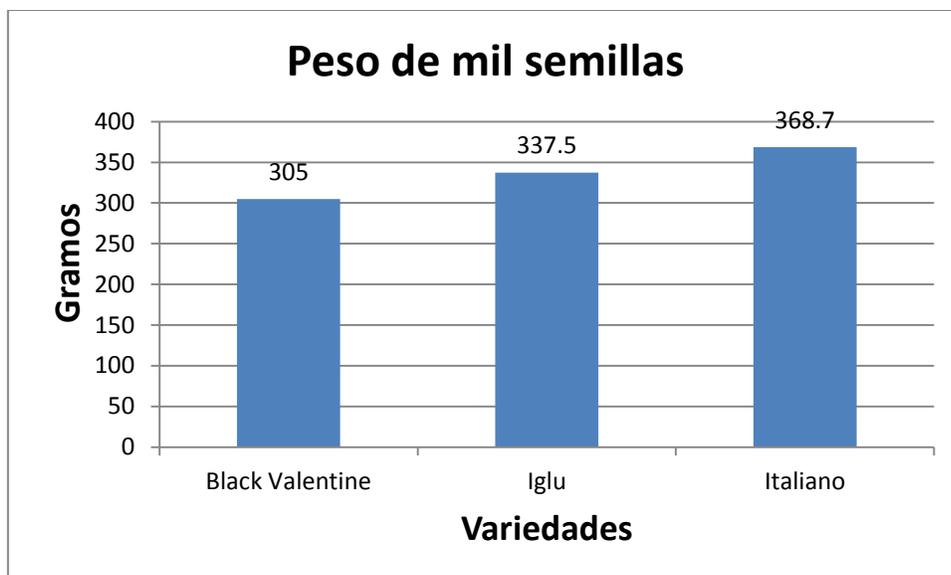


Figura 2.3 Peso de mil semillas variable evaluada en semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en el laboratorio, UAAAN.

La Figura 4.4 presenta el contenido de humedad obtenidas en el Motomco, la mayor humedad observada fue de 8.94 % en la variedad italiano, seguida por la variedad Black Valentine con 8.65 % y por otro lado la menor humedad se observó en la variedad Igloo con 8.44 %.

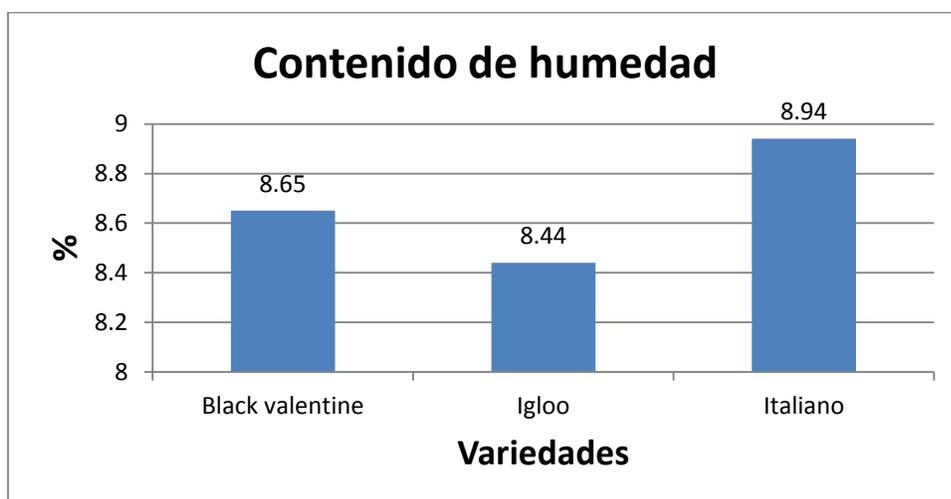


Figura 4.4. Contenido de humedad en semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) en el laboratorio, UAAAN.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las diferencias registradas fueron debidas principalmente a las características genéticas, físicas y fisiológicas propias de las variedades, destacando principalmente la variedad Italiano, donde a pesar que en las pruebas de germinación estándar determinadas por las plántulas normales no se presentaron diferencias entre las variedades, si destaca en las pruebas de vigor, ya que mantuvo su calidad fisiológica, determinadas por las plántulas normales, peso seco y longitudes de plúmula y raíz, lo cual también se detectan que estas tienen una relación estrecha con el mayor peso de mil semillas y el menor tamaño de la semilla, lo anterior de determina que a pesar de que la semilla de la variedad Italiano registró el mayor número de semilla pequeña pero con un peso específico intermedio, presento mayor vigor cuando esta fue sometida a la prueba de envejecimiento acelerada, lo que se considera que esta semilla es más resistente a la pérdida de vigor en comparación a la variedad Igloo, a pesar que su característica genética es proporcionar semilla más grande y de mayor peso volumétrico.

Todo lo anterior nos indica que el componente genético es fundamental en la preservación del vigor, manifestada en el aspecto fisiológico determinada por las variables fisiológicas y físicas evaluadas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas y a los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Existen diferencias genéticas, físicas y fisiológicas en las tres variedades de frijol ejotero.
- La variedad Italiano presento las mejores características fisiológicas al ser sometida a pruebas de vigor, a pesar de obtener características físicas intermedias, por lo anterior se considera como la mejor variedad en preservar su vigor y por ende en su longevidad.
- La variedad Black Valentine a pesar tener características físicas de mayor proporción fue más susceptible a la perdida de vigor.

LITERATURA CITADA

- Abascal, J. 1984. Manual de métodos de ensayo de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. p 18-19.
- Alzugaray, C., N. Carnevale., A. Salinas., y R. Pioli. 2007. Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl. Y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld. [en línea]. Rev. Iberoam. Micol, 24:142-147.
- Antón, N., A. Hernanz., E. Soblechero., y A.J.M. Duran. 2005. La semilla y su morfología. Agricultura: Revista Agropecuaria 877:612-615.
- Arias R., J. H., M. J. Ríos., y F. Monsalve. 2001. Tecnología para la producción y manejo de semilla de frijol para pequeños productores. Boletín Divulgativo 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rio negro, Antioquia, Colombia. 32 pp.
- Bennett, M. A. 2002. Saturated Salt Accelerated Aging (SSAA) and Other Vigor Test for Vegetable Seeds. P 188-198. In: McDonald, M.B., y S. Contreras (Ed). Seeds Trade, Production and Technology. Proceedings International Seed Seminar. Colección de Extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 15-16 Octubre. Santiago. Chile.
- Bustamante, G., L. A. 1995. Pruebas de vigor en semillas y sus aplicaciones. VIII curso de actualización en tecnología de semilla. Taller de calidad de semillas. UAAAN – CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Camacho, F.M. 1994. Dormición de semillas, causas y tratamientos. México, D.F., Trillas. P. 9-14.
- Cardoso P. C., Baudet L., Peske S. T. y Lucca Filho O.A. 2004. Armazenamento em sistema a frio de sementes de soja tratadas con fungicida. Revista Brasileira de Sementes. 26:15-23.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1983. Metodología para obtener semillas de calidad: Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. CIAT. Serie 07 sse 83(1): 200p. Cali, Colombia.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Semillas de frijol de buena calidad. Guía de estudio para ser usada como complemento en la Unidad Auditoria sobre el mismo tema. 2 da. Ed. Cali, Colombia. 42 p

- Copeland L. O. and McDonald M. B. 1985. Principles of seed science and technology. Burgess publishing company. Minneapolis, Minnesota, USA. p. 161-182
- Cortez, B.E. 2000. Calidad de semilla de genotipos de frijol producidos en dos localidades. Tesis de Maestría UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. 83 p.
- Dávila, J. y C. Miles. 1990 Diagnóstico de la certificación de semillas de granos básicos en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 56 p.
- Delouche, J.C. 1989. Environmental effects on seed development and seed quality. *Hort. Sci.* 15: 775-780.0
- Dornbos, D. L.; Mullen, R, E. 1991. Influence on stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. *Can. J. Plant Sci.* 71:373–383.
- Douglas, J. 1982. Programa de semillas: guía de planeación y manejo. Cali, Col: CIAT. 358p.
- Flores, H., A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. 1ª Edición. Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicios de la UACH. México. p.61-78.
- Galussi, A. A. 2007. Cuestiones sobre semillas duras de leguminosas forrajeras. *Análisis de semillas 1*: 40-43.
- Hartman, H.T. y D. E. Kester. 1995. Propagación de plantas. Ed. Continental. México. pp 130-165.
- Hartman, H.T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de plantas. 2a. Edición, Editorial CECSA. México. pp. 53.
- ISTA. 2003. International Rules for Seed Testing. ISBN 3-906549-38-0. Zurich, Suiza. 500 p.
- ISTA. 2004. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Chapter 3 and 4. ISBN 3-906549-38-0. Zurich, Suiza. 243 p.
- López, H. a. 1995. Manual de prácticas de laboratorio de producción y tecnología de semillas. Fitotecnia, UACH. Chapingo, Mexico. 29 p.
- McDonald, M. B. 1982. Seed deterioration: physiology repair, and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27:177-237.
- Martins, C. C., A. Martinelli., S. M. Castro., M.J. Nakagawa., y C. Cavariani. 2002. Comparacao ente métodos para a avaliacao do vigor de lotes de semntes de couve-Brocolos (*Brassica oleracea* L. var *itálica* Plenck). *Rev. Bras. Sementes* 24 (2): 96-101.

- Matilla, A. 2003. Ecofisiología de la germinación de semillas. Cap. 29 (p. 901-922). En: M. J. Reigosa, N. Pedrol y A. Sánchez-Moreiras, eds. La Ecofisiología Vegetal. Una ciencia de síntesis. Paraninfo S.A., Madrid.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 2da. Edición. Instituto de Biología. UNAM. México, D. F. pp.63.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª. Edición. Instituto de Biología. UNAM. México, D. F. pp.393.
- Sánchez, M.J., G.J. Padilla., I.E. Sandoval., R.L. Arellano., L.A. Avendaño., y C.S. Gómez. 2006. Terminología de semillas. Departamento de Producción Agrícola - División de Ciencias Agronómicas. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Ed. Prometeo Editores. Guadalajara, Jalisco, México. 1440 pp.
- Santacruz, V.A., A. Muñoz, O., F. Castillo, G., y A. Larque, S. 1997. Germinación de semillas de maíz, frijol, cacahuate y ajonjolí almacenados en diferentes ambientes y tipo de envases. Agrociencia 31: pp. 177-114.
- Salisbury, F. y C. Ross. 1992. Fisiología Vegetal. México. Editorial Iberoamérica. Págs. 128-140.
- SIAP. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Sterling, F. 1981. Estudio sobre la 1 calidad de semillas y otros factores limitantes de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en el cantón de Pérez Zeledón. Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. P 46.
- Thomson J., R. 1979. Introducción a la tecnología de semillas. Acribia. España. 301 p.
- Potts, H. E. 1977. Semillas, deterioro, estructura y función. Curso sobre producción de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 13 p.
- Verdugo, J. 2005. Evaluación de la calidad física y fisiológica del frijol. Ed. Continental. México, D.F. p 23.

CITAS EN INTERNET

<http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n4/texto/mcerovich.htm>).

http://www.fagro.edu.uy/~botanica/www_botanica/webcursobotanica1_ldp/practicos_intro/Semillas.pdf