

**PRUEBAS DE VIGOR PARA EVALUAR SEMILLA DE
CEBOLLA Y MELON EN RELACION CON EMERGENCIA
EN CAMPO**

MARTIN QUINTANA CAMARGO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA SEMILLAS**



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

**Buenavista, Saltillo, Coahuila
Enero de 2007**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**PRUEBAS DE VIGOR PARA EVALUAR SEMILLA DE
CEBOLLA Y MELÓN EN RELACIÓN CON EMERGENCIA
EN CAMPO**

TESIS

POR

MARTIN QUINTANA CAMARGO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor:

M. C. José A. Daniel González

Asesor:

M. C. Miguel A. Avlia Perches

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirección de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Enero 2007

AGRADECIMIENTOS

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

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme nuevamente sus puertas.

A la memoria de la Maestra Leticia Alejandra Bustamante García (†).

Al Dr. Mario E. Vázquez Badillo, primeramente por todo el apoyo y confianza brindados para obtener mi elegibilidad así como por la revisión, corrección y sugerencias del trabajo de investigación en la última etapa.

Al M.C. José Ángel Daniel González, por su colaboración en la revisión y corrección del trabajo de tesis.

Al M.C. Miguel Ángel Ávila Perches, por su apoyo en la planeación, sugerencias y revisión de la presente investigación.

A la M.P. Alejandra Torres Tapia, Biol. Ma. Teresa Ruiz y M. C. Elvira Cortez Baheza, por su amistad y apoyo.

A los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS).

A la TLQ. Sandra Luz García por su apoyo en la realización del experimento.

A Gilberto Domínguez V., Roberto Rodríguez L., Juan José Jaramillo V. y Federico Isidro J., por su valiosa amistad.

A la Sra. Andrea Aguilar Cerda y familia, con respeto y agradecimiento por las facilidades otorgadas durante mi estancia y visitas a Saltillo, Coah.

A mis compañeros de las generaciones con los cuales me toco convivir durante mis estudios de posgrado.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA, con todo mi amor, agradecimiento y cariño, por su paciencia y las palabras de aliento y motivación para la culminación de mis estudios de maestría.

A MI HIJO, quien ha llegado a llenar nuestras vidas de amor, entusiasmo y alegría.

A MI MADRE (†), una persona que supo vivir y afrontar con responsabilidad su momento, por todo su apoyo y confianza que siempre me mostró desde aquellas primeras lecciones.

A MI PADRE, HERMANAS Y HERMANOS, con afecto especial, gracias por el apoyo y confianza que siempre me han brindado.

A TODAS MIS SOBRINAS Y SOBRINOS, con mucho cariño y aprecio.

COMPENDIO

PRUEBAS DE VIGOR PARA EVALUAR SEMILLA DE CEBOLLA Y MELON EN
RELACION CON EMERGENCIA EN CAMPO

POR

MARTIN QUINTANA CAMARGO

MAESTRIA

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. ENERO 2007.

Dr. Mario E. Vázquez Badillo -Asesor-

Palabras claves: Semilla, *Allium cepa* L., *Cucumis melo* L., vigor, emergencia.

La presente investigación se realizó en cuatro lotes comerciales de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.) cultivar Cojumatlán y tres lotes de semilla de melón (*Cucumis melo* L.) cultivar Top Mark con los objetivos de establecer diferencias de vigor; determinar las pruebas que detecten diferencias de vigor; cuáles pruebas se correlacionan mejor con emergencia en campo e identificar qué pruebas reúnen el mayor número de requisitos de un ensayo de vigor. Las pruebas evaluadas fueron: primer conteo, clasificación de plántulas, tasa de crecimiento de plántula, índice de velocidad de

emergencia, emergencia total en invernadero, deterioro controlado con dos modalidades (baño maría y cámara húmeda) y tres tiempos (24, 48 y 72 horas), envejecimiento acelerado realizado en dos modalidades (cámara húmeda y horno) y tres tiempos (24, 48 y 72 horas), en el caso del melón se emplearon únicamente los tiempos de 48 y 72 horas para ambos ensayos. Las pruebas evaluadas fueron comparadas con emergencia en campo.

En base a los objetivos planteados, se pudieron establecer diferencias de calidad identificadas por alguna de las pruebas aquí evaluadas; para cebolla tasa de crecimiento de plántula y emergencia total en invernadero tuvieron buen comportamiento y para melón tasa de crecimiento de plántula, clasificación de plántula, primer conteo de germinación e incluso germinación estándar lograron estratificar niveles de calidad. Los ensayos con mejor correlación con emergencia en campo para cebolla fueron germinación estándar, clasificación de plántula, índice de velocidad de emergencia, emergencia total en invernadero y tasa de crecimiento de plántula, además de las modalidades de envejecimiento acelerado bajo estudio. En deterioro controlado, los tiempos de 24 y 48 horas de exposición en la modalidad baño maría correlacionaron con emergencia en campo además de la modalidad cámara húmeda con 24 horas de exposición. Para el caso de melón únicamente se encontró correlación con emergencia total en invernadero. Las pruebas que reunieron el mayor número de requisitos para evaluar el vigor bajo nuestras condiciones fueron para cebolla envejecimiento acelerado modalidad horno con una duración de 24 horas, así como clasificación de plántulas y para melón la emergencia total en invernadero.

ABSTRACT

VIGOR TESTS FOR ASSESSING ONION AND MELON SEEDS IN
RELATIONSHIP WITH FIELD EMERGENCE

By

MARTIN QUINTANA CAMARGO

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JANUARY 2007.

Dr. Mario E. Vázquez Badillo - Advisor -

Key words: Seed, *Allium cepa* L., *Cucumis melo* L., vigor, field emergence.

This research work was carried out in four commercial lots of onion seeds (*Allium cepa* L.) variety Cojumatlán and three lots of melon (*Cucumis melo* L.) seeds variety Top Mark in order to identify vigor differences, determine the tests that detect differences vigor differences, the best test correlated with field emergence and the tests with more characteristics of a vigor test. For that reason, were assessment first count of germination was assessed, as well as seedling vigor classification, seedling growth rate test, speed of germination index, greenhouse emergence, controlled deterioration test

with modalities (humidity chamber and water bath) and three times (24, 48 and 72 hours) and accelerated aging test carried out in two modalities (humidity chamber and oven) and three times (24, 48 and 72 hours). For melon, only 48 and 72 hours were used for both tests. The evaluated tests were compared with field emergence.

Based on the mentioned objectives, differences of seed quality were established by at least one of tests evaluated. For onion seeds the best ranking were seedling growth rate and greenhouse emergence, and for melon seedling growth rate, seedling vigor classification, first count of germination test including standard germination. The tests with best correlation with field emergence for onion were standard germination, seedling vigor classification, speed of germination index, greenhouse emergence and modalities of aging test. In controlled deterioration, the times of 24 and 48 hours of exposition in the modality of water bath were correlated with field emergence plus modality chamber humidity within 24 hours. For melon, it was only correlated with greenhouse emergence. The tests with more characteristics of vigor test under our conditions were accelerated aging test modality oven by 24 hours and test of seedling vigor classification test and only greenhouse emergence for melon.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS.....	xi
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Vigor de Semillas.....	6
Factores que Afectan el Vigor.....	7
Importancia del Vigor.....	9
Evaluación del Vigor.....	13
Ensayos.....	17
Germinación Estándar.....	17
Primer Conteo de Germinación.....	18
Clasificación de Plántulas.....	19
Tasa de Crecimiento de Plántula.....	20
Velocidad de Emergencia.....	21
Deterioro Controlado.....	23
Envejecimiento Acelerado	25
MATERIALES Y METODOS.....	30
Ubicación del Sitio Experimental.....	30
Material Experimental.....	30
Tratamientos (Pruebas)	30
Desarrollo de las Pruebas.....	32
Germinación Estándar.....	32
Primer Conteo de Germinación.....	32
Tasa de crecimiento de Plántula.....	33
Clasificación de Plántulas.....	33
Índice de Velocidad de Emergencia.....	34
Emergencia Total en Invernadero.....	34
Deterioro Controlado.....	35
Envejecimiento Acelerado.....	36
Emergencia Total en Campo.....	36
Análisis Estadístico.....	37
RESULTADOS Y DISCUSION.....	40

CONCLUSIONES..... 61

RESUMEN..... 63

LITERATURA CITADA 65

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Material experimental utilizado.	30
3.2	Modalidades bajo estudio para la prueba de deterioro controlado.	31
3.3	Modalidades bajo estudio para la prueba de envejecimiento acelerado.	31
4.1	Cuadrados medios y su significancia, para las variables de germinación estándar (GE), primer conteo de germinación (PC), clasificación de plántulas (CP), tasa de crecimiento de plántula (TCP), índice de velocidad de emergencia (IVE) y emergencia total en invernadero (ETI), en lotes de semilla de cebolla.	41
4.2	Comparación de medias para las variables de germinación estándar (GE), tasa de crecimiento de plántula (TCP) y emergencia total en invernadero (ETI) en lotes de semilla de cebolla.	41
4.3	Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de deterioro controlado en lotes de semilla de cebolla bajo diferentes modalidades.	42
4.4	Comparación de medias de germinación después de deterioro controlado entre el testigo y los tratamientos evaluados de sitios y tiempos en lotes de semilla de cebolla.	43
4.5	Comparación de medias para la variable de germinación después de deterioro controlado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos en lotes de semilla de cebolla.	44
4.6	Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades en lotes de semilla de cebolla.	45

4.7	Porcentajes de germinación entre el testigo y la prueba de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos en lotes de semilla de cebolla.	46
4.8	Cuadrados medios y su significancia para la variable de emergencia total en campo (ETC) en lotes de semilla de cebolla	47
4.9	Comparación de medias para la variable de emergencia total en campo en lotes de semilla de cebolla.	47
4.10	Coefficientes de correlación y su significancia estadística para las variables evaluadas en laboratorio, invernadero y emergencia en campo en lotes de semilla de cebolla.	48
4.11	Cuadrados medios y su significancia para las variables estudiadas en lotes de semilla de melón.	51
4.12	Comparación de medias para las variables de germinación estándar, primer conteo de germinación, clasificación de plántulas y tasa de crecimiento de plántula en lotes de semilla de melón.	52
4.13	Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de deterioro controlado bajo diferentes modalidades en lotes de semilla de melón.	52
4.14	Comparación de medias para la variable de germinación después de deterioro controlado bajo diferentes modalidades entre el testigo y factorial en lotes de semilla de melón.	53
4.15	Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos en lotes de semilla de melón.	54
4.16	Comparación de medias para la variable de germinación después de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades entre el testigo y los tratamientos en lotes de semilla de melón.	54
4.17	Cuadrados medios y su significancia para la variable de emergencia total en campo (ETC) en lotes de semilla de melón.	55
4.18	Comparación de medias para la variable de emergencia total en campo en lotes de semilla de melón.	55

4.19	Coefficientes de correlación y su significancia estadística para las variables evaluadas en laboratorio, invernadero y emergencia en campo en lotes de semilla de melón.	57
------	--	----

INTRODUCCION

Dentro de las plantas cultivadas en el país, las hortalizas tienen un significado especial para la economía nacional por la fuerte cantidad de divisas que anualmente generan. Son además, una actividad para la cual se destina una importante superficie de siembra, entre las cuales figuran especies como la cebolla y el melón. Estos cultivos son de gran arraigo popular, ya que generan gran demanda de mano de obra durante todo su ciclo de producción.

La producción de hortalizas es además una actividad económica muy especializada que día con día demanda de innovación tecnológica. Para hacer frente a estas demandas, la semilla como insumo estratégico debe reunir una serie de atributos que determinan la conveniencia o aptitud de ésta para sembrarse, traduciéndose como semilla de la más alta calidad.

Dentro de los ensayos de laboratorio para evaluar la calidad de semilla, la prueba estándar de germinación ha sido el criterio de calidad comúnmente utilizado, sin embargo, la información obtenida en dicha prueba resulta de poca utilidad con relación al potencial de emergencia; ya que a pesar de ser una medida directa de la condición fisiológica, no es lo suficientemente informativa, además, la capacidad germinativa raramente será capaz de predecir el comportamiento de la semilla en el campo donde las condiciones pueden variar de óptimas a extremadamente adversas. Por lo que

consecuentemente se ha trabajado en el desarrollo de un parámetro complementario a la capacidad de germinación y con ello cubrir las limitaciones que proporciona en cuanto al nivel fisiológico de las semillas, en este sentido el vigor de la semilla resulta un criterio más útil para estimar el comportamiento de las semillas durante su siembra.

El vigor de la semilla es un indicador de la calidad más allá de la germinación y denota la completa habilidad de ésta para funcionar bien bajo condiciones de campo (Thomson, 1979), en base a esto, la investigación ha demostrado que en condiciones de campo existe diferencia de rendimiento entre semillas de alto y bajo vigor y que puede ser de un 10 por ciento en situaciones cuando las condiciones adversas son mínimas; pero si éstas son severas, la diferencia de rendimiento puede ser de 30 por ciento (Lees, 1980).

Para evaluar el vigor de la semilla, una serie de pruebas han sido desarrolladas para cultivos específicos, no obstante pocas investigaciones se han enfocado a determinar la adecuación de estas pruebas para cultivos hortícolas. Lo que resulta en la necesidad de evaluar el potencial de dichos ensayos en cultivos hortícolas. Tomando en cuenta lo anterior, se planteo el presente trabajo con los siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivos:

1. Establecer diferencias de vigor en lotes de semilla hortícola disponibles a la venta.
2. Determinar las pruebas que detecten diferencias de vigor en lotes de semilla con germinación aceptable y similar entre ellos.
3. Definir las pruebas de vigor que tengan mejor correlación con emergencia en campo.
4. Identificar las pruebas que reúnan el mayor número de requisitos de un ensayo de vigor bajo las facilidades de nuestros laboratorios.

Hipótesis:

1. Existen diferencias de vigor en la semilla de lotes comerciales de hortalizas.
2. Lotes de semilla comercial con germinación alta, presentan diferentes niveles de vigor que pueden ser detectados por alguna prueba.
3. Algunas pruebas de vigor permiten estimar el potencial de emergencia de un lote de semillas.
4. Al menos una prueba reúne todos los criterios de un ensayo de vigor en nuestros laboratorios.

REVISION DE LITERATURA

En México, en los últimos años, las hortalizas han cobrado un auge sorprendente desde el punto de vista de la superficie sembrada, así como en el aspecto social, debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan, además de influir en la dieta alimenticia (Valadez, 1997).

Si se consideran las áreas de cultivo de cada hortaliza, factor de mayor peso en la demanda de semillas para siembra, y que la oferta de hortalizas está sujeta a las restricciones del mercado exterior, se tiene que la mayor parte de la producción de esas semillas se origina y se distribuye por empresas de capital extranjero y algunas variedades de escala reducida por empresas agrícolas privadas de capital mexicano (León, 1984).

Dentro de las hortalizas, algunos de los cultivos más importantes en base a la superficie cosechada son el melón con 20,381.35 has. y la cebolla con 52,261.36 has. (SIAP, 2004). Además, estos cultivos son de gran importancia social por la cantidad de mano de obra que generan durante todo el ciclo agrícola.

Para cubrir las demandas que se derivan de la siembra de estos cultivos, se destinan grandes cantidades de semilla, la cual juega un papel importante como insumo estratégico, puesto que influye de manera más determinante en los demás insumos

involucrados dentro del sistema de producción. Esto implica que se requiera en gran medida de una elevada calidad de semilla.

Por ello, la evaluación de la calidad de la semilla continúa llamando la atención de la industria semillera. Puesto que el obtener dicha información, permite al agricultor tomar decisiones económicas con respecto al costo de la semilla, época y densidad de siembra y predicción de la uniformidad de establecimiento de plántulas; en tanto que el productor cree que con la información de la calidad de la semilla le puede revelar dónde ocurre una pérdida de viabilidad y además localizar las características adversas que puedan ser controladas. Así, la evaluación de la calidad de semillas puede tener un impacto significativo en mejorar el funcionamiento de la misma, lo cual culminará en consideraciones económicas importantes, tanto para el agricultor como para el productor de semillas (McDonald, 1991).

Un paso importante en el ensayo de semillas fue el resultado de la uniformización de los procedimientos de los análisis. Además del establecimiento de los criterios para evaluar las plántulas, ya que en la mayoría de los países los lotes de semilla a la venta requieren para su comercialización un nivel de germinación mínimo, determinado por la rutinaria prueba de germinación, la cual ha sido aceptada y se utiliza universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas (Sayers, 1983); así mismo, la certificación de estos lotes se basa en este parámetro.

Para las semillas de hortalizas, el porcentaje mínimo requerido para certificación se ubica alrededor del 80 por ciento (SAG, 1975), por lo que es

comprensible la tendencia asumida de que todos los lotes mayores a dicho valor son igualmente buenos en la eventual prueba de calidad, sin embargo, respecto a la emergencia en campo, trabajos en muchos cultivos y varios países han demostrado que no siempre es el caso (Matthews, 1981), lo cual es una grave desventaja frente al desarrollo de técnicas modernas como la siembra directa y siembra de precisión donde se requieren de porcentajes más altos; además, a medida que el costo de la semilla aumenta hay una tendencia a reducir la densidad de siembra (Lees, 1980), y si ésta no cumple las expectativas del agricultor puede resultar en la insatisfacción, tanto del agricultor como del productor, por lo cual no cabe duda de que el semillista y el consumidor demandan más información acerca de la calidad de la semilla, información que hasta ahora sólo es provista por la prueba estándar de germinación. En relación a lo anterior, consecuentemente se ha puesto mucho interés en desarrollar metodologías para estimar un parámetro complementario de calidad de las semillas, el cual se ha denominado vigor (McDonald, 1991).

Vigor de semilla

El término “vigor de la semilla” se da con mucha frecuencia en la literatura del análisis de simientes y su origen puede ser ubicado en la historia del ensayo de semillas, al respecto Nobbe (1876) citado por Perry (1981), fue el primero en distinguir entre germinación y vigor de la semilla, al identificar que las propiedades de cada semilla, tales como velocidad de germinación y crecimiento de plántulas varían dentro de cada lote de semillas, así como las medias entre lotes diferentes. A este fenómeno le dio el nombre de “triebkräft” literalmente fuerza conductora (Heydecker, 1972), por lo

que esta propiedad de la semilla ha recibido varios nombres entre ellos: “valor de siembra”, “vitalidad de la semilla”, “energía de germinación” y “vigor”, siendo este último término el más ampliamente aceptado y usado (Lees, 1980).

El vigor de la semilla es aceptado ahora como un importante componente de la calidad de la misma. No obstante el tema es complejo, como lo demuestra el hecho de que tomó al comité de ensayos de vigor de la ISTA 27 años en concordar en una definición de vigor (Hampton y Coolbear, 1990):

El vigor de la simiente es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla o del lote de semillas durante la germinación y emergencia de la plántula. Las semillas de buen comportamiento se denominan de alto vigor y aquellas de pobre comportamiento serán consideradas semillas de bajo vigor (Perry, 1981).

Factores que afectan el vigor

Todos los componentes de la calidad de la semilla comienzan a determinarse sobre la planta madre hasta que ésta alcanza su madurez fisiológica, la cual es el punto donde convergen el máximo peso seco, viabilidad y vigor de la semilla (AOSA, 1983). Sin embargo, el deterioro de la calidad se inicia casi inmediatamente después de formada la semilla y es seguida por una serie de acontecimientos, que de continuarse conducen en definitiva a la muerte de la misma, en éste sentido, una pequeña diferencia en el porcentaje de germinación representa una gran diferencia en el progreso del deterioro

(Ellis y Roberts, 1980), por lo que en estas circunstancias, el ensayo del vigor se hace necesario (Hampton y Colbear, 1990).

Una serie de sucesos se involucran en el deterioro de la semilla, al respecto, Roberts (1973) señala que un número de enzimas particularmente aquellas relacionadas con la actividad reductiva tienden a disminuir su actividad, en tanto que otras, particularmente algunas enzimas hidrolíticas tienden a incrementarse; esta secuencia de sucesos traen consigo el deterioro de las membranas celulares como un resultado de la actividad de la enzima peroxidasa. Estas reacciones causan la formación de radicales libres intermedios y peroxidasa inestables bajo la presencia de oxígeno, lo cual se refleja en una menor respiración, mayor exudado de electrolitos y un decremento de la actividad enzimática, todo ello puede ser reflejado en una menor y más lenta germinación (Delouche y Baskin, 1973).

Muchos factores afectan el desarrollo de la semilla, y así, el vigor de la misma. El estrés ambiental tiene un mayor efecto sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y así tiene un control directo sobre el desarrollo, composición y vigor de la semilla; es por ello que el alto vigor en semillas está relacionado con las condiciones genéticas-ambientales bajo las cuales se producen, así como las condiciones de almacenamiento de la misma (Cantliffe, 1981). En este sentido, la serie de factores que acontecen sobre las variaciones de vigor han sido clasificadas en: constitución genética, condiciones ambientales y nutrición de la planta madre, estado de madurez a la cosecha, tamaño de la semilla, peso y densidad, integridad física, deterioro, envejecimiento y presencia de patógenos (Perry, 1981). Sin embargo en la mayoría de las especies, la

principal causa del bajo vigor parece ser el deterioro fisiológico, ocasionado por condiciones cálidas húmedas durante la cosecha y pobres condiciones de almacenamiento o solo la prolongación de éste (Matthews, 1981), por lo que se identifican claramente cuatro etapas en las cuales el envejecimiento puede ocurrir y conducir a bajas en vigor y pérdidas en la viabilidad, siendo las siguientes: antes de la cosecha como resultado de las condiciones climáticas adversas, durante la cosecha, en el almacenamiento comercial y después de que la semilla ha sido vendida y que está bajo el manejo del agricultor (Powell y Matthews, 1984b).

Importancia del vigor

En vista del uso generalizado de la prueba de germinación, otros parámetros de calidad de la semilla por mucho tiempo no despertaron mayor interés. No obstante, con el creciente avance de la tecnología en la agricultura, en la cual, la emergencia, el crecimiento y la maduración de plantas y/o frutos deben ser uniformes para permitir la mecanización de la cosecha y otras labores, otros parámetros de la calidad fisiológica de semilla y plántula fueron investigados (Popinigis, 1985), dentro de los cuales se destaca por su importancia el vigor de la semilla.

El vigor de la semilla es una característica muy importante puesto que se ha detectado que es la principal causa sobre las discrepancias entre germinación y la emergencia en campo, particularmente cuando las condiciones de siembra son adversas (Matthews, 1980), por tal, motivo a nivel internacional hay un acuerdo generalizado entre analistas y tecnólogos de semillas acerca de la importancia de éste y la necesidad

de su evaluación. Así lo demuestra el estudio realizado por la ISTA en 1988, donde el 83 por ciento de sus estaciones afirman que los métodos de vigor fueron necesarios para satisfacer las demandas de los clientes, de éstos, el 65 por ciento realizaron dichos ensayos (Hampton, 1993), en este sentido se estima que se realizan anualmente entre 600,000 y 700,000 pruebas de vigor solo en las estaciones de la ISTA (Venter, 2001), por su parte, la AOSA señala que más del 75 por ciento de sus laboratorios afiliados realizan de manera rutinaria uno o más ensayos de vigor (McDonald, 1993).

Dentro de la utilidad práctica del ensayo de vigor de semillas, es su uso en los programas de mejoramiento genético para el desarrollo de cultivares con mejor comportamiento de la semilla. Tienen además aplicación en el estudio de los aspectos de la producción de semillas, cosecha, acondicionamiento y procedimientos de almacenamiento de la misma y para un programa general de control de calidad (AOSA, 1983).

De igual manera, los productores de semillas utilizan la información del vigor de la simiente para monitorear la calidad de ésta durante las fases del acondicionamiento. Las pruebas de vigor pueden también revelar dónde ocurre una reducción de calidad, por lo que los diseñadores de plantas, compañías semilleras o los usuarios de semillas pueden así establecer sus propios estándares de acuerdo con sus objetivos de calidad de semilla (AOSA, 1983). Por lo que las pruebas pueden ser usadas para decidir qué materiales pueden ser almacenados con seguridad (Powell y Mathews, 1984a).

Aunado a lo anterior, para muchos cultivos básicos y hortícolas las densidades de población son específicas, comúnmente recomendadas para maximizar rendimientos y/o calidad; por ejemplo, la producción de zanahorias de tamaño uniforme para conservas (Hegarty, 1971), en la siembra de precisión de remolacha azucarera y nabo, en col y coliflor; de tal manera que la semilla debe cubrir las expectativas de los agricultores y con ello evitarle requerimientos de labores adicionales como aclareo, transplantes o resiembras, por lo cual el agricultor requiere una estimación más precisa de la emergencia en campo (Hampton y Coolbear, 1990).

No obstante que los lotes de semillas que son comercializados en muchos países tienen un requerimiento mínimo de germinación basado en la prueba estándar de laboratorio, la cual ha eliminado la ocurrencia de fracasos en la emergencia debidas a la siembra de lotes que contienen una gran proporción de semillas no viables; se ha encontrado que en lotes con niveles similares y aceptables de germinación pueden mostrar considerables diferencias en su emergencia en campo. Por lo que algunos lotes pueden consistentemente emerger pobremente a pesar de tener una alta y aceptable germinación de laboratorio como se ha identificado en lotes comerciales de semillas hortícolas (Matthews, 1980 y Powell y Matthews, 1981), en este sentido, el ensayo de vigor complementa la información obtenida de la prueba estándar de germinación (Matthews, 1980) al aportar información adicional acerca de la calidad fisiológica de un lote de semillas (Ferguson, 1993).

Así mismo, el ensayo de vigor puede ser usado para muchos propósitos pasando desde campañas educacionales, hasta contratos con productores o para la

identificación de grados de calidad superiores en el mercadeo de semillas (Delouche, 1976); muchas otras compañías de semillas con investigación limitada o nula pero con capacidad de crecimiento han tomado ventaja de la serie de información que al respecto se ha publicado en los últimos años y han establecido ensayos de vigor en sus programas de control de calidad, puesto que las pruebas de vigor son un índice más sensitivo de la calidad de la semillas que la prueba de germinación (AOSA, 1983), a la cual han venido a complementar (Matthews, 1980).

Como se sabe, la estrategia general en la determinación del vigor de semilla es medir algunos aspectos del deterioro o deficiencias genéticas de la misma, lo cual es inversamente proporcional al vigor de la simiente, no obstante existe una problemática al respecto, siendo que no hay una prueba de vigor aceptada como estándar (AOSA, 1983) o universal para todas las semillas (TeKrony y Egli, 1991 y Cantliffe, 1981), puesto que ninguno de los ensayos hasta ahora desarrollados proveen una escala de vigor absoluta (Venter, 2001). Por tanto, es común que los resultados de las pruebas de vigor sean muchas veces reportados en escalas de vigor alto, medio o bajo; o bien, como vigor fuerte o débil, sin embargo, éstas categorías no proveen la información necesaria para agricultores o semillistas (Delouche, 1976).

Por su parte, la AOSA (1983) señala que un ensayo de vigor puede proveer reproducibilidad de los resultados, los cuales pueden ser fácilmente interpretados y con ello se obtiene una buena indicación del potencial de funcionamiento en el campo; sin el debe tener presente que el vigor no afecta solamente a la emergencia en campo, en donde el bajo vigor de la semilla está asociado con la pobre emergencia, sino que

también influye en la habilidad de ésta para mantener la viabilidad durante el almacenamiento (Powell y Matthews, 1984a), en este sentido, las pruebas de vigor son valiosas, ya que detectan la semilla con problemas potenciales y con ello evitar fallas durante la emergencia en campo, pero además tienen un papel valioso al ser utilizadas como una herramienta de investigación en ensayos de producción de semilla (Matthews, 1981) al aportar información adicional acerca de la calidad fisiológica de un lote de semillas (Ferguson 1993).

En síntesis, el ensayo de vigor es esencial para el valor agregado de los cultivos. El elevado costo de las semillas que son primeramente peletizadas o recubiertas previo a la venta deben ser de calidad superior para satisfacer tanto al productor como al consumidor, similarmente, la producción de plántulas en invernadero debe ser con semilla que germine rápida y uniformemente para producir transplantes de calidad y tamaño similar. Plántulas débiles o celdas de contenedores vacías donde la semilla no germinó, puede ser muy costoso para el productor de las mismas. Por lo que las semillas usadas para el transplante deben ser de muy alto potencial de vigor (Ferguson, 1993).

Evaluación del vigor

Propiamente dicho, la industria semillera inicia el ensayo de vigor en los años cuarentas con el desarrollo y uso de la prueba fría para maíz en los Estados Unidos. No obstante, teniendo en cuenta la importancia y necesidad de calificar el vigor para asegurar cultivos de óptima producción; en años recientes, el tema ha recibido mayor atención, puesto que más pruebas de vigor han sido desarrolladas (TeKrony, 1983), por

lo que se estima que existen alrededor de 40 a 50 metodologías de laboratorio propuestas para evaluar el vigor de semillas y plántulas de cultivos básicos y hortícolas (Steiner *et al.*, 1989), algunas de las cuales han sido aceptadas y estandarizadas sus metodologías en manuales de laboratorio para ensayos de vigor (AOSA, 1983 e ISTA, 1981).

A lo largo de su historial, una serie de clasificaciones de ensayos de vigor han sido propuestas, dado que muchas de estas pruebas están basadas en algunos de los siguientes criterios: características de germinación y crecimiento de plántula, germinación bajo condiciones de estrés, parámetros físicos, características bioquímicas y daño mecánico (Steiner *et al.*, 1989), por lo que algunos autores han agrupado las pruebas de vigor en: directas e indirectas (Isely, 1957), en pruebas de estrés y pruebas rápidas (Pollock y Roos, 1972), en ensayos bioquímicos y fisiológicos (Woodstock, 1973); en pruebas físicas, fisiológicas y bioquímicas (McDonald, 1975), ensayos de crecimiento y evaluación de plántula, pruebas estrés y bioquímicas (AOSA, 1983).

A pesar de que las pruebas de vigor son comúnmente evaluadas de acuerdo a su habilidad para predecir algunos aspectos del potencial de funcionamiento de la semilla, particularmente la tasa de crecimiento de plántula, emergencia y establecimiento en el campo, uniformidad de emergencia, rendimiento de cultivo y capacidad de almacenamiento de la semilla (Steiner *et al.*, 1989); éstas deben reunir ciertas características que haga conveniente su implementación, por lo que una prueba de vigor debe ser: económica, rápida, sencilla, objetiva, reproducible y que guarde cierto grado de correlación con la emergencia en campo (AOSA, 1983). No obstante, el principal criterio que debe reunir una prueba de vigor es que debe ofrecer mejor predicción del

valor de siembra que la prueba de germinación en laboratorio (Hampton y Coolbear, 1990).

En relación a lo anterior, se debe tener presente que las comparaciones en el campo son difíciles de uniformizar puesto que son estacionales y requieren de mucho tiempo (Matthews, 1980); por lo que las condiciones ambientales difieren de un lugar a otro, (Venter, 2001), por tanto no pueden ser predecidas o totalmente controladas en nuestros días, de tal manera que muchos factores pueden afectar la germinación de la semilla y la emergencia de la plántula. Estos incluyen ciertas combinaciones de temperatura y humedad del suelo, así como el grado de encostramiento del mismo y de los patógenos que atacan a la plántula (Hegarty, 1971), además es posible obtener una amplia gama de valores de emergencia dependiendo de la época y el lugar de siembra (Bustamante y Don, 1988). Por lo tanto, un ensayo de vigor aporta solamente valores relativos (Venter, 2001), y no puede predecir el porcentaje de plántulas que emergerán en el campo a partir de la siembra (Perry, 1981).

Independientemente del sistema de siembra utilizado, el vigor de la semilla está implícito sobre el comportamiento de ésta; tal es el caso de las hortalizas donde es común producir plántulas para transplantar, las cuales son producidas en invernaderos bajo condiciones altamente controladas, lo cual les garantiza una alta uniformidad de plántulas, sin embargo, la emergencia y la uniformidad de plántula son algunas veces insatisfactorias, particularmente cuando el vigor de la semilla es bajo, reduciendo así la efectividad de este costoso sistema de producción (Powell *et al.*, 1991).

A pesar de la evolución que ha tenido el ensayo de vigor, su inclusión en las reglas de análisis no ha sido aceptada dada la controversia existente; a excepción de las pruebas de envejecimiento acelerado y conductividad eléctrica, específicamente para soya y chícharo respectivamente (ISTA, 2004). La confusión está mayormente asociada con la multitud de pruebas de vigor desarrolladas y propuestas durante los últimos 25 años (Delouche, 1976). Aunado a ello, el mayor problema que enfrenta el ensayo de vigor ha sido la reproducibilidad y objetividad de los resultados (TeKrony, 1983). No obstante, las compañías semilleras evalúan el vigor de la semilla, pero los métodos no son necesariamente los descritos en los manuales de ensayos de vigor, lo cual dificulta la comparación de resultados entre laboratorios públicos y privados o aún entre laboratorios privados (Berkey, 1993), por lo cual, Besnier (1989) señala que lo más que puede esperarse es lograr suficiente reproducibilidad y satisfactoria tipificación para una especie o un grupo de especies afines y que los resultados de los ensayos estén correlacionados con la emergencia en una zona determinada en épocas y condiciones determinadas y también con determinadas variedades, esto es, dado un determinado problema de emergencia de ciertas variedades de una especie en una zona y en unas condiciones agrícolas determinadas, se debe de tratar de encontrar el tipo de ensayo de vigor que mejor permita predecir el comportamiento de distintos lotes de semillas en aquellas específicas circunstancias.

Por tanto se considera, que las pruebas de vigor pueden ser uniformizadas dentro del laboratorio solamente y su función sería de información interna para la empresa y no con el propósito de publicidad, promoción o marbetes (Sayers, 1983). En este sentido, la ISTA (2004) señala que el objeto de una prueba de vigor es proporcionar

información adicional acerca del valor de siembra en un amplio rango de ambientes y/o potencial de almacenamiento de lotes de semillas, de tal manera que dicho ensayo proporciona información adicional a la prueba estándar de germinación para apoyar la diferenciación de lotes de semilla con germinaciones aceptables.

Ensayos

Germinación Estándar

Por definición y de acuerdo a la AOSA, germinación de semillas es la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales, las cuales para la especie de semilla en cuestión, son indicativas de su habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables (McDonald, 1993), por lo que la prueba de germinación es el medio más objetivo para producir y evaluar el potencial de germinación de una simiente y han sido aceptadas y se utilizan universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas (Sayers, 1983).

Considerando las condiciones favorables bajo las cuales se conduce el ensayo estándar de germinación y teniendo presente que dichas condiciones difícilmente son encontradas al momento de la siembra, se dice que los valores de germinación estándar sobrestiman la emergencia real en campo, por lo que en muchos casos dicha emergencia es considerablemente menor (McDonald, 1993). No obstante Bekendam *et al.*, (1987) al estudiar la relación entre la emergencia en campo y el vigor en lotes de semilla de cebolla, remolacha azucarera y lino encontraron una buena correlación entre la prueba de germinación estándar y la emergencia en campo, no así con la prueba de

envejecimiento acelerado, concluyendo que para estas especies no se justifica la evaluación del vigor como una segunda herramienta para evaluar la calidad de la semilla adicional a la prueba de germinación. Así mismo, Makkawi *et al.*, (1999) obtuvieron una exacta estimación de la emergencia en campo en semilla de lenteja por medio de la prueba estándar de germinación.

Primer Conteo de Germinación

Basado en la velocidad de germinación si se considera que el por ciento de plántulas normales registradas en el primer conteo representan a las semillas de rápida germinación y puede ser usado como un índice de vigor (Copeland y McDonald, 1985), la ISTA propuso utilizar el primer conteo en una prueba de germinación como un ensayo de vigor no oficial; sin embargo, el procedimiento fue eliminado posteriormente debido a inconsistencias en resultados entre laboratorios (McDonald, 1975). Así lo señala Lovato y Cagalli (1992), quienes al comparar la prueba de germinación y varias maneras de evaluar el vigor en treinta lotes de semilla de remolacha azucarera con el establecimiento en campo no encontraron correlación entre el primer conteo de germinación evaluado al cuarto día y la emergencia en campo; sin embargo una de las variantes fue evaluar la germinación al séptimo día, encontrando una correlación significativa con la emergencia en campo. No obstante al someter la semilla a estrés de agua encontraron correlaciones altamente significativas, tanto para la evaluación del cuarto como del séptimo día, con lo cual se reafirma la propuesta de utilizar más de una prueba o la combinación de éstas en el ensayo de vigor (McDonald, 1975).

Clasificación de Plántulas

Bajo la premisa de que algunas irregularidades o deficiencias representan las plántulas normales y que contribuyen a un bajo vigor o menor calidad, es posible calificar el vigor de lotes de semillas. Al clasificar las plántulas normales en categorías de fuertes y débiles de manera subjetiva y en un ensayo de germinación es aplicable a especies que producen cuatro sitios morfológicos distintivos, siendo el sistema radicular, hipocotilo, cotiledones y el epicotilo. Esto provee un medio de distinción entre semillas que tienen alguna deficiencia y aquellas libres de daño. Esta prueba se ha aplicado y se recomienda para especies dicotiledóneas, sin embargo se han reportado correlaciones positivas con la emergencia en campo para la clasificación del vigor de plántulas en maíz (AOSA, 1983).

En este sentido, Besnier (1989) menciona que la clasificación de plántulas en normales y anormales es cada vez más rigurosa, por lo que un ensayo de germinación realizado y evaluado según las actuales normas de la ISTA aporta de cierta manera una apreciación del vigor de las semillas. La inconveniencia de este procedimiento señalada por el mismo autor, es la subjetividad de la clasificación y el criterio que se adopte para establecer el índice de vigor, a lo cual Perry (1981) señala que los analistas de semillas están acostumbrados a evaluar plántulas anormales y los conocimientos que requiere este ensayo son similares.

En relación a esta prueba, Trawatha *et al.*, (1990) al evaluar varios ensayos de vigor para predecir el comportamiento y la emergencia de plántulas de semilla de chile

en campo, encontraron que la evaluación del crecimiento de plántula fue el mejor indicador del comportamiento en campo.

Similarmente Powell *et al.*, (1991) al evaluar diferencias de vigor en semillas de brásicas y su efecto sobre la emergencia y variabilidad de plántulas, encontraron que las plántulas originadas de semillas de bajo vigor emergieron más lentamente con menor emergencia final y produjeron plántulas más pequeñas y con mayor variabilidad en altura a la primer hoja.

Dentro de las ventajas señaladas por McDonald (1991) se marca que no requiere equipo adicional y utiliza conceptos y términos familiares para el analista de semillas.

Tasa de Crecimiento de Plántula

La prueba se basa en que las semillas vigorosas son capaces de sintetizar más eficientemente nuevos materiales nutritivos y transferir rápidamente estos nuevos productos al eje embrionario en crecimiento, resultando en acumulaciones de peso seco. Siendo la tasa de crecimiento el estándar que se relaciona con los procesos bioquímicos que intervienen en el vigor. Esto permite correlacionar la tasa de crecimiento con el desarrollo vegetativo en campo, lo que hace posible observar efectos de deterioro rápido, algunos períodos de almacenamiento y diferencias genéticas sobre el vigor (Copeland y McDonald, 1985). Al respecto se tiene que al evaluar la influencia del tamaño de la semilla sobre la calidad fisiológica de la simiente de frijol, González y Martínez (1994)

encontraron que uno de los mejores estimadores del vigor fue el peso seco y la longitud de plántula puesto que pudieron detectar diferencias entre los factores estudiados.

Según Moreno (1984), esta prueba es capaz de detectar pequeñas diferencias en el vigor de las plántulas, diferencias debidas al genotipo, tamaño de semilla, zona de producción, daño por heladas u otros factores que inciden en la calidad biológica de las semillas.

Como desventajas, McDonald (1991) cita que pequeñas diferencias en humedad e intensidad de la luz pueden tener efectos significativos en la tasa de crecimiento de plántulas. Así también debe considerarse la habilidad del analista para evaluar y finalmente la remoción de cotiledones u otro tejido de reserva consume cierto período de tiempo (AOSA, 1983).

Velocidad de Germinación

La velocidad de germinación es uno de los conceptos más antiguos de vigor (AOSA, 1983), encontrándose que lotes de semilla con idénticos porcentajes de germinación total pueden variar en su velocidad de emergencia y crecimiento. Por lo que se dice que el número de días que requiere un lote para alcanzar el 90 por ciento de germinación puede ser usado para medir la velocidad de germinación (AOSA, 1983), o bien, por medio de la sumatoria del número de plántulas de cada conteo entre el número de días respectivo después de la siembra, obteniéndose así un índice de vigor (Maguire, 1962). En este sentido se tiene que las semillas vigorosas, excepto cuando están latentes,

es de esperarse que germinen rápida y uniformemente y emerjan bien en condiciones de campo, mientras que las de bajo vigor germinan desuniformemente y tienen una baja emergencia en campo (Powell y Matthews, 1994) y por un periodo más largo (Powell *et al.*, 1991). Por lo tanto, se entiende que los efectos deletéreos se manifiestan en una lenta germinación y disminución de la velocidad de crecimiento de las plántulas, las cuales muchas veces son indicativas de carencia de vigor (Roberts, 1973). Dicha prueba puede efectuarse además en invernadero o en campo (Andrews, 1972), por lo que aún cuando las condiciones del subsuelo no permitan la germinación inmediatamente después de la siembra, las semillas vigorosas son capaces de sobrevivir y aún producir plántulas sanas, vigorosas y un buen cultivo (Heydecker, 1972).

Al respecto, McDonald (1975) menciona que la velocidad de emergencia fue sugerida como una prueba de vigor y como ventajas señala que la prueba es barata, rápida, no requiere equipo especializado y de entrenamiento adicional para su evaluación. Dentro de las desventajas se tiene que la humedad y la temperatura si no son controladas causan variabilidad al influir profundamente en la germinación, lo cual repercute en su estandarización; además, la habilidad del analista para interpretar el concepto claro de germinación exige uniformidad de criterio y no puede usarse en el caso de semillas latentes. Además en comparación con la prueba de germinación estándar requiere de poco trabajo adicional (Copeland y McDonald, 1985).

Por su parte Makkawi *et al.*, (1999) encontraron una correlación altamente significativa entre la velocidad de germinación y la emergencia en campo en semilla de lenteja evaluada en dos años consecutivos; similarmente Lafon y Baker (1986)

manifiestan que la selección del vigor de plántula en semilla de trigo puede ser realizada por medio de la velocidad de germinación, conjuntamente con otros parámetros como el tamaño de semilla; no obstante, González y Martínez (1994) no encontraron diferencias estadísticas al evaluar la influencia del tamaño de la simiente de frijol sobre la calidad fisiológica, medida ésta mediante la velocidad de germinación.

Al respecto, Heydecker (1972) señala que bajo condiciones favorables, la velocidad de germinación no siempre será un componente esencial del vigor de la semilla. Sin embargo se ha encontrado que la reducción de la viabilidad de la semilla de cebolla de 95 a 85 por ciento se asocia a un aumento del tiempo medio de germinación de la semilla sobreviviente del 36 por ciento, mientras que en la semilla de col, ésta pérdida de viabilidad se asoció a un aumento del 75 por ciento en el tiempo medio de germinación de la semilla sobreviviente (Ellis y Roberts, 1980).

Deterioro Controlado

Es una de las pruebas más promisorias y recientes, la cual es utilizada en semillas pequeñas, tales como las hortícolas (Hampton y Coolbear, 1990). Fundamentada en el ensayo de envejecimiento acelerado, al cual Matthews (1980) lo señala como menos precisa dado que las semillas absorben humedad de la atmósfera húmeda a distintas velocidades, por lo que las diferencias a la respuesta al envejecimiento no solo dependen del estado inicial de la semilla, sino también de la rapidez con la que alcanzan un mayor contenido de humedad. Algunos lotes se deterioran más rápido que otros porque están más tiempo a un contenido de humedad

elevado. Por lo tanto, se pierde la naturaleza precisa de la comparación de la respuesta al deterioro. El método adoptado finalmente compara la germinación de los lotes de semilla después del deterioro a contenidos de humedad y temperatura similares cuidadosamente controlados. Sin embargo, Hampton (1993) cita que los miembros del Comité de Ensayos de Vigor de la ISTA, creen que la prueba de deterioro controlado no es necesaria siempre y cuando en la prueba de envejecimiento acelerado se considere el contenido de humedad inicial de la semilla.

Contrariamente a lo señalado por Moreno (1984), quien menciona que el procedimiento es lento y laborioso, Matthews (1980) cita que el método diseñado es sencillo y emplea aparatos y materiales que normalmente se encuentran en los laboratorios de análisis de semillas. Por lo que con la prueba de deterioro controlado se ha logrado una mejor correlación con el índice de emergencia en especies como coliflor y col de bruselas (Powell y Matthews, 1994), nabo, colinabo, berza, brócoli, remolacha azucarera, zanahoria, lechuga y cebolla; en la predicción del potencial de almacenamiento en cebolla (Powell y Matthews, 1994a) y col de bruselas (Powell y Matthews 1984b), además de presentar un considerable potencial de utilización para especies ornamentales (Matthews y Powell, 1981). Por lo que dicha prueba representa una importante herramienta para los productores de transplantes al poder eliminar lotes de bajo vigor y por tanto mejorar la velocidad y uniformidad y con ello lograr un buen éxito en el establecimiento de las plántulas (Powell y Matthews, 1994).

Similarmente, Bustamante y Don (1988) encontraron una correlación significativa entre dicha prueba y la emergencia en campo en semilla de chícharo, sin

embargo, estos autores señalan que en dicha semilla ninguna prueba de laboratorio puede por si sola detectar todos los factores que afectan la calidad de la semilla; por lo que es posible obtener una amplia gama de valores de emergencia de lotes de semilla dependiendo de la época y el lugar de siembra.

Por su parte Powell *et al.*, (1984) al evaluar la repetibilidad de la prueba, tanto entre como dentro de laboratorios en lotes de semilla de cebolla, colinabo y nabo, encontraron resultados consistentes al poder clasificar los lotes en alto y bajo vigor por los diferentes laboratorios; no obstante, en semilla de lechuga encontraron una baja repetibilidad tanto entre como dentro de laboratorios.

Envejecimiento Acelerado

Es una prueba desarrollada inicialmente para soya y donde se incluyen además, semillas de rábano, lechuga, cebolla y sandía. Fue adoptada inicialmente para predecir el potencial de almacenamiento de algunas semillas, sin embargo posteriormente se definió como una prueba de vigor (Delouche y Baskin, 1973); en este ensayo se conjuntan los factores ambientales comúnmente asociados con el deterioro de la semilla como son la temperatura y la humedad relativa del almacenamiento (TeKrony, 1993).

Dentro de las principales variables que influyen en esta prueba esta la temperatura, el por ciento de humedad relativa que circunda a la semilla, el tiempo o periodo de la prueba, el método y la calidad de la semilla a ser analizada. Otras variables que pueden afectar significativamente los resultados son la superficie de evaporación,

tamaño de la semilla y el número de muestras en la cámara, el contenido de humedad inicial de la semilla, las condiciones de germinación posteriores al envejecimiento y el criterio usado en la interpretación de la respuesta germinativa (Delouche, 1976).

En este sentido, Tomes *et al.*, (1988) al evaluar varios lotes de semilla de soya sometidos a diferentes temperaturas entre varios contenidos de humedad de la misma, encontraron que variaciones de 1-2 °C pueden reducir significativamente la germinación, lo cual implica el uso de equipo altamente preciso o especialmente diseñado para ello, lo que representa una limitante para nuestros laboratorios. Sin embargo estudios previos sobre la evaluación de equipos alternativos como el horno de secado de convección mecánica y una cámara con humedad interna de manufactura artesanal han dado resultados satisfactorios (Cobaquil, 1991).

Asimismo Matthews (1980) encontró problemas con la prueba, los cuales atribuyó a que los lotes de semillas absorben humedad en distintos grados de la atmósfera húmeda, lo cual puede dar resultados imprecisos por un desuniforme grado de deterioro en las semillas bajo evaluación. Por su parte, Flores (1989) encontró que el envejecimiento acelerado en semilla de sorgo produce inicialmente un incremento de las actividades biológicas, tales como emergencia de radícula, germinación, emergencia en campo y rendimiento, seguido de una disminución de dichas características. Esta vigorización es probablemente debido a que las etapas tempranas de envejecimiento provocan el inicio de actividades bioquímicas, las cuales resultan en la producción de precursores esenciales de los procesos secuenciales en el proceso de germinación. Así mismo Rodríguez (1989), al evaluar el deterioro de la semilla y su efecto en el cultivo de

fríjol, encontró que tratamientos de 0, 24 y 48 horas de envejecimiento tienden a mantener los índices de emergencia y por ciento de emergencia total, pero disminuyen drásticamente cuando las horas de envejecimiento se incrementan a 72, 96 y 120 horas. Este comportamiento parece ser más común en semillas con largos periodos de almacenamiento o bien en aquellas semillas con bajos contenidos de humedad, de tal manera que al exponerlas a las condiciones del ensayo (alta temperatura y alta humedad relativa) inician el proceso de imbibición y cuando se les coloca en condiciones de germinar, lo hacen sin perder tiempo, resultando con porcentajes mayores a la prueba estándar, por lo que se recomienda tomar precauciones al trabajar con materiales muy secos y con ello evitar datos contradictorios (López, 1994).

No obstante, en años recientes la prueba ha sido evaluada como un indicador del vigor de la semilla en un amplio rango de cultivos, lo cual trajo como resultado su inclusión en el manual de ensayos de la ISTA en 1981 y como una de las siete pruebas sugeridas para evaluar el vigor de la semilla cuando el Comité de Ensayos de Vigor de la AOSA publicó su primer manual de ensayos de vigor (AOSA, 1983). La prueba recibió soporte adicional del comité en 1988 cuando fue clasificada como la primer prueba recomendada en la sección del manual de ensayos de vigor para soya, además de ser junto con la prueba fría uno de los ensayos más utilizados para evaluar el vigor en Norteamérica (TeKrony, 1983). Hoy en día, el ensayo ha sido aceptado dentro de las reglas de la ISTA como una prueba de vigor específicamente para semilla de soya (ISTA, 2004). La finalidad de su inclusión es dar a conocer la importancia y el significado del vigor de la semilla y proporcionar más información a los consumidores acerca del potencial de funcionamiento de los lotes con altas germinaciones (Hampton, 1993).

En relación a la utilidad de la prueba, una serie de investigaciones se han generado, al respecto, Karuna y Aswathaiah (1992) citan que al utilizar la prueba de envejecimiento acelerado en semilla de zanahoria y remolacha azucarera fue posible predecir la capacidad de almacenamiento al coincidir los días de envejecimiento acelerado con los meses de envejecimiento natural, concluyendo además que es posible desarrollar escalas estandarizadas que permitan predecir la capacidad de almacenamiento de un lote de semillas evaluando el por ciento de germinación de simientes sometidas a periodos de envejecimiento acelerado. Un estudio similar fue realizado por Ayala *et al.*, (1996) quienes al trabajar en dos variedades de cebolla por medio de la prueba de envejecimiento acelerado encontraron que el cultivar Cojumatlán necesita 32 hr de envejecimiento acelerado para perder la emergencia promedio de un mes de almacenamiento (7.4 por ciento), mientras que el cultivar Red Burgundy necesita 51 hr para perder el promedio de emergencia equivalente al mismo período (10 por ciento).

Por su parte, González y Martínez (1994) no encontraron diferencias estadísticas al evaluar la influencia del tamaño de la semilla sobre la calidad fisiológica de la simiente de frijol. Estos autores obtuvieron medias que se ubicaron del 94.6 a 97.0 por ciento, lo cual establece que las condiciones a las cuales fueron sometidas no resultaron ser lo suficientemente drásticas para diferenciar los niveles de calidad. En tales condiciones se plantea primeramente determinar el tiempo de exposición y considerar algún criterio en la reducción de la germinación para definir el tratamiento más adecuado (Hernández *et al.*, 1990). Estos resultados plantean la interrogante de establecer condiciones de tiempo y temperatura para cada especie e inclusive entre

cultivares, tal es el caso en semillas híbridas de maíz, donde TeKrony (1996) sugiere aumentar la temperatura de 42 a 45°C y reducir el tiempo de exposición de 96 a 72 horas.

Al evaluar la influencia del envejecimiento de la semilla sobre la germinación, vigor y emergencia en los cultivos de jitomate y pepino, Alsadon *et al.*, (1995) encontraron que durante las primeras horas de exposición a las condiciones adversas del ensayo, dichos cultivos fueron relativamente insensitivos al retener altas germinaciones después del deterioro controlado, incluso mayores a los registrados en la prueba estándar de germinación. Así, para presentarse una caída evidente sobre la calidad de la semilla fueron necesarias 48 horas para jitomate, en tanto que en pepino fue de hasta 72 horas.

Según McDonald (1991) el ensayo de envejecimiento acelerado posee los siguientes requerimientos importantes de una prueba de vigor: es rápida, de bajo costo, simple, universal para todas las semillas, capacidad para evaluación de semillas individuales y no requiere entrenamiento adicional para la correcta evaluación de plántulas.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Sitio Experimental

La presente investigación se efectuó en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Material Experimental

Cuadro 3.1. Material experimental utilizado.

Cultivo	Cultivar	Lotes
Cebolla	Cojumatlán	CJL15, CJL23, CJL32, CJL44
Melón	Top Mark	TM29, TM36, TM63

Tratamiento (Pruebas)

En el presente estudio se evaluaron nueve ensayos de análisis de semillas, algunos de los cuales con modalidades como alternativas para su adecuación a diferentes laboratorios. En seguida se enlistan las pruebas estudiadas, y se incluyen las modalidades donde éstas se evaluaron:

- 1) Germinación Estándar (GE)
- 2) Primer Cuento de Germinación (PCG)

- 3) Clasificación de Plántulas (CP)
- 4) Tasa de Crecimiento de Plántula (TCP)
- 5) Índice de Velocidad Emergencia (IVE)
- 6) Emergencia Total en Invernadero (ETI)
- 7) Deterioro Controlado (DC)

Cuadro 3.2. Modalidades bajo estudio para la prueba de deterioro controlado

Sitio	Tiempo	Cebolla	Melón
Baño María (BM)	24 hr	DCBM24	
	48 hr	DCBM48	DCBM48
	72 hr	DCBM72	DCBM72
Cámara Húmeda (CH)	24 hr	DCCH24	
	48 hr	DCCH48	DCCH48
	72 hr	DCCH72	DCCH72

- 8) Envejecimiento Acelerado (EA)

Cuadro 3.3. Modalidades bajo estudio para la prueba de envejecimiento acelerado

Sitio	Tiempo	Cebolla	Melón
Cámara Húmeda (CH)	24 hr	EACH24	
	48 hr	EACH48	EACH48
	72 hr	EACH72	EACH72
Horno (HO)	24 hr	EAHO24	
	48 hr	EAHO48	EAHO48
	72 hr	EAHO72	EAHO72

- 9) Emergencia Total en Campo (ETC)

Desarrollo de las pruebas

Germinación Estándar

La capacidad de germinación se evaluó mediante la prueba de germinación estándar (GE) que se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos por la ISTA (1985). Se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas se sembraron en toallas de papel Anchor humedecidas como sustrato, enrolladas (tacos), y cubiertas con plástico (polietileno), los que se colocaron en una cámara germinadora a temperatura constante de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ y 8 hr luz, efectuándose una evaluación de plántulas normales a los cuatro días para el caso de melón y a los seis días para cebolla, efectuándose un conteo final a los 8 y 12 días respectivamente, el resultado se expresó en porcentaje de germinación, el cual incluyó únicamente plántulas normales de ambos conteos.

Primer Conteo de Germinación

Como indicador de vigor se utilizó la germinación al primer conteo. Para ello se realizó una evaluación de plántulas normales a los cuatro días para el caso de melón y a los seis días para cebolla y se consideró como una prueba de vigor; para esto se tomaron como plántulas de semillas vigorosas aquellas que presentaron para el caso de cebolla una longitud de raíz de 3.5 cm y para melón 7 cm; en cuanto a la longitud de plúmula 2.5 cm para cebolla y 3.5 cm para melón. El resultado se expresó en por ciento en relación al número total de semillas.

Tasa de Crecimiento de Plántula

Para esta prueba se sembraron cuatro repeticiones de 50 semillas por lote, cada una sobre una toalla de papel de 63 x 35.5 cm humedecidas con 30 ml de agua; cabe mencionar que para el caso de la semilla de melón se utilizaron dos toallas; 50 semillas distribuidas en dos hileras (en semilla de melón se orientaron con el embrión hacia abajo) a 6.5 y 13 cm de la orilla superior, se cubrieron con una toalla igualmente humedecida, y se enrollaron, éstas a su vez se enrollaron en un plástico (polietileno) y posteriormente se metieron en una bolsa del mismo material y estas a su vez en cestas metálicas, las cuales fueron puestas en una cámara germinadora sin luz a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por ocho días para el caso de melón y 10 días para cebolla.

A los días de la evaluación, se registró el número de plántulas normales, anormales y semillas muertas. Las plántulas normales, una vez que se eliminó los cotiledones para el caso de melón y la testa para el caso de cebolla, se sometieron a un secado en estufa por 24 hr a 80°C (AOSA, 1983) para luego establecer en una balanza analítica de precisión (0.0001 g) el peso seco de plántula expresado en miligramos por plántula, dividiendo el peso obtenido en gramos entre el número de plantas incluidas y multiplicado por 1000.

Clasificación de Plántulas

Dicho ensayo se realizó conjuntamente con la prueba de tasa de crecimiento de plántula y para ello se consideraron únicamente las plántulas normales, las cuales se

clasificaron en normales fuertes y normales débiles, siendo éstas últimas aquellas con todas sus estructuras esenciales pero con menor desarrollo o manifestación de retardo o debilidad, reportándose el resultado como por ciento de plántulas normales fuertes (AOSA, 1983).

Índice de Velocidad de Emergencia

Esta se determinó en el ensayo de emergencia en invernadero por medio de conteos diarios, la velocidad de emergencia se tomó como índice de vigor de plántulas de cada lote y se calculó por la fórmula propuesta por Maguire (1962).

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Número de plántulas normales al conteo } i\text{-ésimo}}{\text{Número de días de la siembra al conteo } i\text{-ésimo}}$$

donde:

IVE= Índice de velocidad de emergencia.

Emergencia Total en Invernadero

Esta se obtuvo también bajo condiciones de invernadero utilizándose suelo forestal. Se sembraron 400 semillas de cada lote en repeticiones de 100, a una distancia aproximada de 10 cm entre surcos, 0.5 cm distanciadas las semillas y 1 cm de profundidad para cebolla y 1.5 cm para melón. Se consideró como emergidas, aquellas que presentaron un desarrollo normal a los días en que se obtuvo la máxima emergencia, expresándose el resultado en por ciento de emergencia total en invernadero (ETI).

Deterioro Controlado

La prueba se condujo bajo diferentes modalidades, evaluando dos sitios de deterioro: una cámara húmeda y un baño maría por diferentes períodos según el cultivo. Antes de someter las semillas al período de deterioro, el contenido de humedad de cada uno de los lotes fue ajustado a 19 por ciento para los dos cultivos, mediante la adición de agua requerida a las semillas por repetición, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de agua (ml)} = \frac{100 - CH \text{ inicial de la semilla}}{100 - CH \text{ deseada en la semilla}} \times \text{peso de la semilla (g)}$$

Para cada una de las modalidades se sometieron a evaluación cuatro repeticiones de 100 semillas por lote; éstas se colocaron en doble bolsa de polietileno grueso, se les añadió la cantidad de agua calculada. Las bolsas fueron selladas con calor y colocadas en un refrigerador a 10°C de temperatura durante 24 hr para uniformizar la humedad de las semillas. Posteriormente las bolsas con las semillas embolsadas fueron sometidas a 42 ± 2°C de temperatura durante 24, 48 y 72 hr para cebolla, así como 48 y 72 hr para el caso de melón y en ambas cámaras de evaluación.

Después del período de deterioro, se realizó la prueba estándar de germinación y se evaluó el porcentaje de plántulas normales que fue considerado como indicador del vigor de cada uno de los lotes de semilla.

Envejecimiento Acelerado

Esta prueba se efectuó bajo diferentes modalidades, variando el sitio de envejecimiento y la duración según el cultivo. En relación al sitio se evaluaron dos equipos, una cámara húmeda con un elemento de calefacción tipo inmersión, conteniendo en el fondo una lámina de agua de aproximadamente 18 cm presentando un sensor que controla la temperatura. El otro sitio fue un horno de secado de convección mecánica. Para los dos sitios se acondicionó una cámara interna, la cual constó de un vaso de precipitado de 600 ml teniendo en su interior tela metálica de 0.5 x 0.5 cm como base de la semilla y un soporte del mismo material, de tal manera que se alcanzaran las condiciones apropiadas y separar la semilla de un volumen de agua que se adicionó para crear una atmósfera de alta humedad relativa.

El volumen de agua adicionado en los recipientes fue de 100 ml de agua y se colocaron 100 semillas sobre la base de malla en cuatro repeticiones y sellados los recipientes, se colocaron en las fuentes de temperatura o sitios de envejecimiento con una duración de 24, 48 y 72 hr para cebolla, y para melón la duración fue de 48 y 72 hr a una temperatura constante de 42 ± 2 °C.

Emergencia Total en Campo

Como su nombre lo indica, este ensayo se realizó en campo en la región del Bajío, específicamente en la comunidad de la Exhacienda La Bolsa, Municipio de Jaral del Progreso, Guanajuato; durante la primera quincena del mes de marzo de 1994. Se

sembraron 400 semillas de cada lote en repeticiones de 100 semillas, a una distancia de 10 cm entre surcos, un centímetro distanciadas las semillas y a dos centímetros de profundidad, proporcionándose los cuidados necesarios para el desarrollo de plántulas. Se consideró como emergidas, aquellas que presentaron un desarrollo normal a los días en que se obtuvo la máxima emergencia.

Análisis Estadístico

Con la finalidad de observar el comportamiento de los lotes de semilla, en cada una de las pruebas se realizaron análisis de varianza (ANVA) que se calcularon en base a los resultados en las unidades experimentales, en caso de variables expresadas en porcentaje se ajustaron a la transformación: Arco seno $\sqrt{\text{porcentaje}}$; y el diseño experimental utilizado fue el completamente al azar (DCA), excepto para la emergencia en campo, en la cual se utilizó un diseño bloques al azar (DBA) con cuatro repeticiones para ambos casos (Rodríguez, 1991).

Modelo Diseño Completamente al Azar.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del lote

e_{ij} = Error experimental

$i = 1,2,3$ y/o 4 lotes

$j = 1,2,3,4$ repeticiones

Modelo Diseño Bloques al Azar.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del lote

β_j = Efecto del bloque

e_{ij} = Error experimental

$i = 1,2,3$ y/o 4 lotes

$j = 1,2,3,4$ repeticiones

Previamente con el objeto de establecer el comportamiento de los sitios y de los tiempos para las variables de envejecimiento acelerado y deterioro controlado, se analizaron por medio de un diseño completamente al azar con arreglo combinado de dos factores más un tratamiento extra o testigo, con cuatro repeticiones bajo el siguiente modelo estadístico (Rodríguez, 1991).

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_l + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable respuesta

μ = Media general

α_i = Efecto de sitio

β_j = Efecto de tiempo

$\alpha\beta_{ij}$ = Interacción sitio tiempo

γ_l = Efecto del testigo o tratamiento extra

e_{ijkl} = Error experimental

$i = 1, 2, \dots, a$, sitios

$j = 1, 2$ y/o 3 b, tiempos

$k = 1, 2, 3, 4, \dots, r$, repeticiones

$l = 1$ testigo general o tratamiento extra.

Las medias de los factores se compararon por medio de la prueba de Duncan (0.05) para los modelos DCA y DBA; para el arreglo factorial por medio de Student (0.05); además, se realizó un análisis de correlación con el propósito de estudiar la posible asociación entre las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados de las variables evaluadas, los cuales son expuestos y discutidos para cada especie con sus respectivos lotes bajo estudio, a excepción de los requisitos de un ensayo de vigor, tema donde se consideran ambos cultivos.

Cebolla

La calidad de los lotes de semilla evaluada bajo diferentes ensayos, se muestra en el Cuadro 4.1, donde se observa que el análisis de varianza (ANVA) detecta diferencias significativas ($P = 0.05$) para la prueba de emergencia total en invernadero (ETI) y altamente significativa ($P = 0.01$) para tasa de crecimiento de plántula, quedando de manifiesto que dicha prueba es más sensible para estratificar niveles de calidad (Moreno, 1984). Las significancias detectadas por dichas pruebas nos indican que existen diferencias en los niveles de calidad mismos que no fueron detectados por GE.

En cuanto a los coeficientes de variación se consideran dentro del valor límite estipulado para condiciones de laboratorio, lo cual sugiere un manejo adecuado de los ensayos.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y su significancia, para las variables de germinación estándar (GE), primer conteo de germinación (PC), clasificación de plántulas (PL), tasa de crecimiento de plántula (TCP), índice de velocidad de emergencia (IVE) y emergencia total en invernadero (ETI), en lotes de semilla de cebolla.

FV	GL	GE	PC	CP	TCP	IVE	ETI
Lotes	3	9.58	28.22	15.26	**0.07	118.39	*65.68
Error	12	16.70	10.87	14.07	0.002	81.26	14.52
C.V. (%)		6.39	6.00	7.34	2.79	15.49	5.72

**Significativo a $P \leq 0.01$, *Significativo a $P \leq 0.05$.

Al observar, la separación de promedios (Cuadro 4.2) encontramos una estratificación muy similar entre ambas pruebas para los lotes evaluados, al detectar a las partidas CJL15 y CJL32 como aquellos de mejor comportamiento, en tanto que el lote CJL23 fue aquel que tuvo el peor desempeño.

Cuadro 4.2. Comparación de medias para las variables de germinación estándar (GE), tasa de crecimiento de plántula (TCP) y emergencia total en invernadero (ETI) en lotes de semilla de cebolla.

Lote	GE	TCP	ETI
CJL15	82.71 A*	1.87 A	87.30 A
CJL23	77.71 A	1.60 B	77.90 B
CJL32	80.59 A	1.80 A	81.75 A B
CJL44	80.39 A	1.61 B	89.82 A

*Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Duncan $P \leq 0.05$.

En nuestro país, la norma de certificación para semilla de cebolla, establece un mínimo de 80 por ciento (SAG, 1975), por tanto, tres de los lotes evaluados cumplen con dicho estándar (Cuadro 4.2), no así el lote CJL23 el cual obtuvo un valor de 77.71 %. De los ensayos aquí evaluados, podemos comprobar que tanto GE y PCG no lograron detectar diferencias en los lotes bajo estudio (Cuadro 4.1) puesto que se realizaron bajo

condiciones favorables, por lo que se dice que dichos ensayos sobrestiman la calidad de la semilla (McDonald, 1993) en función de que dicho ensayo se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas (Sayers, 1982). Así mismo, la prueba de clasificación de plántulas no tuvo efecto alguno sobre la estratificación de los niveles de calidad, sin embargo, debemos tener presente que dicho ensayo es recomendado para aquellas especies que presentan los cuatro sitios morfológicos distintivos (AOSA, 1983).

Deterioro Controlado

Siendo una de las pruebas más recientes y utilizada en semillas pequeñas como las hortícolas (Matthews, 1980), en la prueba de deterioro controlado bajo estudio se plantean variantes de sitios y tiempos como alternativas de uso, la cual se muestra mediante el ANVA (Cuadro 4.3), donde se pueden apreciar diferencias estadísticas entre el testigo y el factorial, lo cual nos indica que la semilla tuvo un detrimento en su calidad inicial al ser sometida a las condiciones del ensayo, quedando de manifiesto en la separación de promedios (Cuadro 4.4) donde podemos observar que a medida que se incrementa la duración del ensayo disminuyen los porcentajes de germinación, siendo más drástica la caída en la modalidad de cámara húmeda (DCCH).

Cuadro 4.3. Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de deterioro controlado en lotes de semilla de cebolla bajo diferentes modalidades.

F.V.	G.L.	CJL15	CJL23	CJL32	CJL44
Testigo vs. Factorial	1	**546.16	**444.08	*186.77	**275.27
Sitio (Cámara/Horno)	1	0.42	** 93.54	* 60.29	14.28
Tiempo	2	**500.96	**191.99	**224.39	**545.44
Sitio-Tiempo	2	24.48	** 97.31	20.04	**114.99
Error	21	15.30	8.07	12.92	8.88
C.V.		7.16	5.45	6.68	5.31

**Significativo a $P \leq 0.01$, *Significativo a $P \leq 0.05$.

Sin embargo, dos lotes no tuvieron el mismo comportamiento; el lote CJL44 en la modalidad DCCH24 y el lote CJL15 en la modalidad DCCH24 fueron estadísticamente iguales al testigo (Student 0.05), esto es que en las primeras 24 horas del ensayo no fueron suficientes para afectar la calidad inicial de la semilla, debido probablemente a la calidad inicial mostrada, puesto que dichos lotes han sido los de mejor comportamiento.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de germinación después de deterioro controlado entre el testigo y los tratamientos evaluados de sitios y tiempos en lotes de semilla de cebolla.

Tratamientos	CJL15	CJL23	CJL32	CJL44
Testigo	82.71 A*	77.71 A	80.59 A	80.39 A
DCBM24	73.58 B	71.01 B	72.27 B	73.82 B
DCBM48	63.81 B	55.75 B	65.09 B	70.03 B
DCBM72	53.04 B	61.29 B	57.01 B	59.64 B
DCCH24	78.41 A	65.32 B	71.61 B	79.85 A
DCCH48	63.32 B	60.56 B	53.75 B	72.31 B
DCCH72	46.48 B	41.99 B	52.75 B	41.99 B

*Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Student $P \leq 0.05$.

En relación a los sitios de deterioro, los lotes CJL32 y CJL23 presentaron diferencia significativa y altamente significativa respectivamente (Cuadro 4.3), lo cual nos indica que existe un efecto al utilizar una cámara húmeda o un horno para realizar dicho ensayo, sin embargo debemos tener presente que dichos lotes han mostrado los niveles de calidad más bajo y en este sentido, el bajo vigor es más fácil de identificar (AOSA, 1983). No obstante, al realizar la separación de promedios (Cuadro 4.5), por medio de Duncan, ésta no detecta diferencias estadísticas, lo cual nos indica que es indistinto utilizar un horno o una cámara húmeda como de fuente calor para realizar dicho ensayo, lo cual confirma lo señalado por Cobaquil (1991).

Cuadro 4.5. Comparación de medias para la variable de germinación después de deterioro controlado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos en lotes de semilla de cebolla.

	CJL15	CJL23	CJL32	CJL44
Baño maría	63.68 A*	62.81 A	64.92 A	67.97 A
Cámara húmeda	63.23 A	56.04 A	59.56 A	65.43 A
24 h	76.03 A	68.20 A	71.94 A	76.91 A
48 h	63.56 B	58.16 B	59.49 B	71.18 A
72 h	49.76 C	51.67 B	54.88 B	50.83 B
DCBM24	75.58 AB	71.01 A	72.27 A	73.82 AB
DCBM48	63.81 BC	55.75 C	65.09 A	70.03 B
DCBM72	53.04 C D	61.29 B C	57.01 B	59.64 C
DCCH24	78.41 A	65.32 AB	71.61 A	79.85 A
DCCH48	63.32 B C	60.56 B C	53.75 B	72.31 B
DCCH72	46.48 D	41.99 D	52.75 B	41.99 D

*Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Duncan $P \leq 0.05$.

Envejecimiento acelerado

Hoy en día, el ensayo de envejecimiento acelerado ha sido aceptado como una prueba de vigor dentro de las reglas internacionales de semillas, específicamente para semilla de soya (ISTA, 2004). En nuestro caso, planteamos alternativas de sitios y tiempos aplicados a semilla de cebolla y su efecto se muestra mediante el ANVA (Cuadro 4.6), en el cual se puede apreciar mediante sus cuadrados medios que no hubo detrimento alguno sobre la calidad de la semilla entre el testigo y los tratamientos evaluados. En este sentido, las variantes planteadas de sitios y aún los tiempos de envejecimiento (Cuadro 4.6) tuvieron el mismo comportamiento para tres de los cuatro lotes evaluados por lo cual en este caso también es indistinto utilizar como fuente de calor un horno o una cámara húmeda.

Cuadrado 4.6. Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades en lotes de semilla de cebolla.

F.V.	G.L.	CJL15	CJL23	CJL32	CJL44
Testigo vs. Factorial	1	5.59	20.57	1.35	1.15
Sitio	1	1.27	2.89	0.15	**88.58
Tiempo	2	81.60	87.18	31.16	**83.69
Sitio-Tiempo	2	8.49	13.15	4.43	15.73
Error	21	27.06	25.26	14.12	8.13
C.V.		8.08	8.41	5.93	4.52

**Signifiactivo a $P \leq 0.01$.

Al observar los promedios de germinación obtenidos (Cuadro 4.7) encontramos un efecto contradictorio, puesto que al someter a la semilla a las condiciones estresantes de alta temperatura y alta humedad relativa durante las primeras 24 horas, los porcentajes de germinación llegaron a superar al testigo e incluso en algunos casos en el periodo de 48 horas, por lo que el deterioro queda de manifiesto hasta las 72 horas, esto confirma lo señalado por Matthews (1980) quien señala que la semilla interactúa con las condiciones del ensayo. Comportamientos similares fueron reportados por Rodríguez (1989) en semilla de frijol y Flores (1989) en semilla de sorgo, dicho autor concluyó que el ensayo de envejecimiento acelerado produce inicialmente un incremento en las actividades biológicas y lo nombró vigorización, argumentando que en las etapas tempranas del ensayo, éste provoca el inicio de las actividades bioquímicas, las cuales resultan en la producción de precursores esenciales en el proceso de la germinación. Esto parece ser más común en semillas con largos periodos de almacenamiento o bien en aquellas con bajos contenidos de humedad, de tal manera que al exponerlas a las condiciones del ensayo inician el proceso de imbibición (López, 1994), el cual completaron en nuestro caso en las 48 horas. Resultados similares encontraron Alsadon *et al.*, (1995) en semilla de jitomate (48 horas) y pepino (72 horas)

quienes concluyeron que las semillas de dichas especies fueron relativamente insensitivas a los periodos señalados al mantener altas germinaciones e incluso superar al testigo (semilla sin envejecer).

Cuadro 4.7. Porcentajes de germinación entre el testigo y la prueba de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos en lotes de semilla de cebolla.

Lote	Testigo	Cámara Húmeda			Horno		
	0 h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
CJL15	82.71	83.87	82.83	74.88	85.86	80.23	77.41
CJL23	77.71	77.18	75.88	70.54	80.74	72.69	66.89
CJL32	80.59	82.00	81.11	75.48	82.34	79.19	77.83
CJL44	80.37	84.32	82.56	79.31	83.36	76.13	69.90
M. de tiempo		81.84	80.59	75.05	83.07	77.06	73.01
M. de Sitio	80.34	79.16			77.71		

Emergencia total en campo

En cuanto a ETC se detectan diferencias estadísticas entre lotes (Cuadro 4.8), lo cual quiere decir que hay diferentes niveles de calidad entre los lotes bajo estudio; en la separación de promedios (Cuadro 4.9), se aprecia de manera muy similar la estratificación de lotes detectada por los ensayos TCP y ETI, al identificar claramente al lote CJL23 como aquel de menor calidad. Los promedios de emergencia van de 58.34 a 69.52 %, por lo que se observa que el nivel de vigor mostrado es bajo partiendo que los porcentajes de germinación estándar oscilaron de 77.71 a 82.71%, lo cual corrobora lo citado por McDonald (1993), puesto que en muchos casos la emergencia es considerablemente menor, por tanto el vigor de la semilla es la mayor causa de las discrepancias entre la germinación y la emergencia en campo, particularmente cuando las condiciones de siembra son adversas (Matthews, 1980).

Cuadro 4.8. Cuadrados medios y su significancia para la variable de emergencia total en campo (ETC) en lotes de semilla de cebolla.

F. V.	G. L.	ETC
Lotes	3	30.01*
Bloques	3	31.61*
Error	9	5.75
C. V. (%)		4.51

* Significativo a $P \leq 0.05$.

Cuadro 4.9. Comparación de medias para la variable de emergencia total en campo en lotes de semilla de cebolla.

Lote	ETC
CJL15	69.52 A*
CJL23	58.34 B
CJL32	63.61 A B
CJL44	64.57 A B

*Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Duncan $P \leq 0.05$.

Análisis de Correlación

Con el objetivo de identificar a la prueba o pruebas que tuvieran mejor correlación con ETC o bien que existiera una asociación entre ellas, se realizó un análisis de correlación el cual se muestra en el Cuadro 4.10; por orden descendente, GE tuvo una correlación positiva y altamente significativa, lo cual confirma lo reportado por Makkawi *et al.*, (1999) en lenteja y Bekendam *et al.*, (1987) en cebolla, lino y remolacha azucarera. Esto probablemente a las condiciones durante la emergencia, puesto que se ha identificado que cuando las condiciones son favorables las diferencias entre GE y emergencia en campo son mínimas (Lees, 1980). En relación a PCG no se detecto

Cuadro 4.10 Coeficientes de correlación y su significancia estadística para las variables evaluadas en laboratorio, invernadero y emergencia en campo en lotes de semilla de cebolla.

	GE	PCG	CP	TCP	IVE	ETI	DCBM 24	DCBM 48	DCBM 72	DCCH 24	DCCH 48	DCCH 72	EACH 24	EACH 48	EACH 72	EAHO 24	EAHO 48	EAHO 72	EC
GE	-	0.315 **	0.908 **	0.809 **	0.833 **	0.715 **	0.805 **	0.579 *	-0.935 **	0.788 **	0.111	0.416	0.849 **	0.898 **	0.508 *	0.963 **	0.931 **	0.813 **	0.991 **
PCG		-	-0.055 **	-0.233 **	0.640 **	0.821 **	0.781 **	0.934 **	0.040 **	0.789 **	0.716 **	-0.160 **	0.769 **	0.695 **	0.969 **	0.331 **	0.178 **	-0.009 **	0.351 **
CP			-	0.858 **	0.696 **	0.490 **	0.576 *	0.199 **	-0.967 **	0.561 *	-0.009 **	0.304 **	0.579 *	0.642 **	0.129 **	0.922 **	0.816 **	0.728 **	0.913 **
TCP				-	0.359 **	0.169 **	0.306 **	0.115 **	-0.949 **	0.278 **	-0.475 **	0.738 **	0.418 **	0.525 *	0.007 **	0.689 **	0.914 **	0.946 **	0.744 **
IVE					-	0.964 **	0.971 **	0.721 **	-0.623 **	0.973 **	0.643 **	-0.106 **	0.912 **	0.889 **	0.715 **	0.916 **	0.594 *	0.368 **	0.891 **
ETI						-	0.989 **	0.851 **	-0.436 **	0.993 **	0.741 **	-0.158 **	0.936 **	0.890 **	0.862 **	0.789 **	0.484 **	0.249 **	0.774 **
DCBM24							-	0.865 **	-0.548 *	0.999 **	0.632 **	-0.014 **	0.975 **	0.947 **	0.858 **	0.847 **	0.610 *	0.392 **	0.847 **
DCBM48								-	-0.269 **	0.861 **	0.500 *	0.164 **	0.912 **	0.878 **	0.993 **	0.528 *	0.509 *	0.348 **	0.580 *
DCBM72									-	-0.527 *	0.176 **	-0.531 *	-0.608 *	-0.690 **	-0.180 **	-0.880 **	-0.927 **	-0.878 **	-0.907 **
DCCH24										-	0.657 **	-0.470 **	0.967 **	0.936 **	0.858 **	0.838 **	0.584 *	0.362 **	0.834 **
DCCH48											-	-0.762 **	0.466 **	0.357 **	0.586 *	0.311 **	-0.220 **	-0.461 **	0.228 **
DCCH72												-	0.201 **	0.308 **	0.053 **	0.164 **	0.719 **	0.862 **	0.290 **
EACH24													-	0.992 **	0.883 **	0.830 **	0.730 **	0.548 *	0.861 **
EACH48														-	0.836 **	0.856 **	0.810 **	0.649 **	0.897 **
EACH72															-	0.836 **	0.411 **	0.237 **	0.523 *
EAHO24																-	0.803 **	0.639 **	0.990 **
EAHO48																	-	0.966 **	0.874 **
EAHO72																		-	0.728 **
EC																			-

** y * Diferencias altamente significativa y significativa al 0.01 y 0.05 de probabilidad respectivamente.

asociación alguna con ETC, contrario a lo mencionado por Lovato y Cagalli (1992) en remolacha azucarera, sin embargo debemos tener presente que esta prueba considerada como un ensayo de vigor no oficial, fue eliminado posteriormente, al detectarse inconsistencias en los resultados (McDonald, 1975).

La prueba de CP, la cual es recomendada para aquellas especies que presenten cuatro sititos morfológicos distintivos (AOSA, 1983), resultó con un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo con ETC, reafirmando lo reportado por Trawatha *et al.*, (1990) en semilla de chile. El ensayo de TCP el cual Moreno (1984) cita que es capaz de detectar pequeñas diferencias en el vigor de plántulas, correlacionó de manera positiva y altamente significativa con ETC, resultados similares fueron obtenidos por González y Martínez (1994) en semilla de fríjol. La velocidad de emergencia es considerado como uno de los conceptos más antiguos de vigor (AOSA, 1983) y ésta medida a través de IVE tuvo una correlación positiva y altamente significativa con ETC, comportamiento similar a lo señalado por Makkawi *et al.*, (1999) en semilla de lenteja. De igual manera ETI, la cual se condujo básicamente igual que una prueba de germinación estándar, al proporcionarle a la semilla condiciones óptimas para su germinación reportó un coeficiente de correlación positiva y altamente significativo. Por lo cual de los resultados aquí obtenidos se deduce que las pruebas fisiológicas a excepción de PCG fueron buenos estimadores de la emergencia en campo.

En relación al deterioro controlado, las modalidades DCBM24 y DCCH24 obtuvieron los coeficientes de correlación positivos más altos con ETC, los cuales fueron muy similares entre si ($r = 0.847$ y $r = 0.834$ respectivamente) por lo cual,

cualquiera de las dos modalidades evaluadas nos dan un buen estimado del comportamiento de la semilla de cebolla en campo. Los tiempos de exploración posteriores tuvieron coeficientes de correlación menores, disminuyendo considerablemente con el aumento del tiempo de exposición e incluso llegó a presentarse un valor negativo y altamente significativo en DCBM 72 hr. ($r = -0.907^{**}$).

Por otro lado, las modalidades de envejecimiento acelerado presentaron un comportamiento similar, obteniendo la modalidad de EAHO24 el mayor coeficiente de correlación con ETC ($r = 0.990$) disminuyendo su valor con el aumento en tiempo de exposición, siendo mayor la caída en las modalidades donde la fuente de calor fue una cámara húmeda, no obstante, no llegaron a presentarse valores negativos como en el caso de deterioro controlado.

Melón

En el Cuadro 4.11 se presentan los resultados obtenidos para algunas de las variables evaluadas de melón, en donde el PCG, CP y TCP fueron altamente significativos, en tanto que el ensayo de GE fue significativo, esto nos indica que hay diferentes niveles de calidad en los lotes evaluados.

Cuadro 4.11. Cuadrados medios y su significancia para las variables estudiadas en lotes de semilla de melón.

FV	GL	GE	PCG	CP	TCP	IVE	ETI
Lotes	2	*117.1	**327.74	**399.44	**0.07	12.26	25.69
Error	9	18.75	22.80	8.37	0.002	28.87	15.51
C V (%)		5.91	7.70	5.42	1.48	15.11	5.48

**significativo a $P \leq 0.1$, *Significativo a $P \leq 0.5$.

La estratificación de promedios para los ensayos que mostraron significancia (Cuadro 4.12) fue muy similar, detectando claramente al lote TML63 como aquel de menor calidad; en este sentido GE nos permitió identificar los niveles de calidad en semillas de melón. Similarmente PCG estratificó a los lotes bajo estudio, con lo cual se corrobora su utilidad como un ensayo de vigor, puesto que representa a las semillas de rápida germinación (Copeland y McDonald, 1985). Así mismo, CP recomendada para especies dicotiledóneas logra una separación similar a PCG, lo cual confirma lo señalado por Besnier (1989), en el sentido que el ensayo estándar de germinación, realizado según las actuales normas nos permite de cierta manera identificar el vigor de las semillas. De las pruebas aquí citadas, TCP fue la única que estratificó en tres niveles de calidad a los materiales evaluados, confirmando lo señalado por Moreno (1984) en relación a que dicho ensayo es capaz de detectar pequeñas diferencias en el vigor de las plántulas.

Cuadro 4.12. Comparación de medias para las variables de germinación estándar, primer conteo de germinación, clasificación de plántulas y tasa de crecimiento de plántula en lotes de semilla de melón.

Lotes	GE	PCG	CP	TCP
TML29	95.96 A	84.29 A	76.11 A	2.51 A
TML36	92.11 AB	85.77 A	70.89 A	2.35 B
TML63	85.46 B	61.42 B	44.74 B	2.25 C

Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Duncan \leq 0.05

Deterioro Controlado

Las variantes de sitios y tiempos planteados en el presente estudio, se muestran mediante su ANVA (Cuadro 4.13), donde se aprecia que existen diferencias altamente significativas para el testigo contra el factorial, esto significa que hubo un efecto sobre la calidad de la simiente al ser sometida a las condiciones propias del ensayo; en dos de los lotes, la diferencia fue altamente significativa (TML29 y TML63) y significativa para el material TML36. En relación a los sitios utilizados como fuente de calor encontramos que no hubo efecto alguno, por lo cual es indistinto utilizar un baño maría o una cámara húmeda para realizar el ensayo.

Cuadro 4.13. Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de deterioro controlado bajo diferentes modalidades en lotes de semilla de melón.

F. V.	G.L.	TML29	TML36	TML63
Testigo vs. Factorial	1	**824.77	*100.98	**1072.82
Sitio	1	4.48	0.79	17.01
Tiempo	1	0.55	0.20	3.98
Interacción	1	21.55	23.33	40.83
Error	15	5.94	18.12	12.82
C.V.		3.72	6.15	6.76

**significativo a $P\leq 0.1$, *Significativo a $P\leq 0.5$.

En la separación de promedios entre el testigo y los tratamientos (Cuadro 4.14), podemos observar que para el lote TML36, aún cuando el ANVA detectó

diferencias significativas, la separación de promedios nos indica que estadísticamente fueron iguales, contrariamente en los lotes TML29 y TML63 observamos de manera general una caída en los porcentajes de germinación en las primeras 48 horas, no así en el periodo de 72 horas, esto para la modalidad DCCH72, donde el valor obtenido superó a su antecesor en los tres lotes bajo estudio, esto únicamente en la modalidad DCCH72, lo cual nos indica que para esta modalidad, las condiciones prevalecientes en el ensayo le permitieron a la semilla iniciar el proceso de germinación por medio de la imbibición, un comportamiento muy similar a lo reportado por López (1994).

Cuadro 4.14. Comparación de medias para la variable de germinación después de deterioro controlado bajo diferentes modalidades entre el testigo y factorial en lotes de semilla de melón.

	TML29	TML36	TML63
Testigo	95.96 A*	92.11 A	85.45 A
DCBM48	79.09 B	87.26 A	61.08 B
DCBM72	76.27 B	84.23 A	57.32 B
DCCH48	77.27 B	84.88 A	52.01 B
DCCH72	81.09 B	87.70 A	59.27 B

*Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Student $P \leq 0.05$.

Envejecimiento acelerado

Aceptada como uno de los dos ensayos de vigor en las reglas internacionales de semillas (ISTA, 2004) se plantea la prueba de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos y su efecto queda de manifiesto a través de su ANVA (Cuadro 4.15), donde podemos apreciar que hubo diferencias altamente significativas para TML29 y TML63, lo cual nos indica que dichos lotes se deterioraron con las condiciones del ensayo, no así a TML36, el cual estadísticamente no tuvo efecto.

En relación con los sitios de envejecimiento planteados en el estudio, no tuvieron efecto alguno, con lo cual podemos asumir que es indistinto utilizar una cámara húmeda o bien un horno para realizar dicho ensayo, esto confirma lo reportado por Cobaquil (1991).

Cuadro 4.15 Cuadrados medios y su significancia para la variable de germinación después de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades de sitios y tiempos en lotes de semilla de melón.

F.V.	G.L.	TML29	TML36	TML63
Testigo vs. factorial	1	**958.83	125.87	**1490.57
Sitio	1	66.83	11.67	149.21
Tiempo	1	*267.49	*412.80	**448.38
Interacción	1	3.27	111.35	0.64
Error	15	54.75	50.90	37.30
C.V.	1	11.46	10.39	12.13

**Signifiactivo a P=0.01, *Significativo a P=0.05.

Cuadro 4.16 Comparación de medias para la variable de germinación después de envejecimiento acelerado bajo diferentes modalidades entre el testigo y los tratamientos en lotes de semilla de melón.

	TML29	TML36	TML63
Testigo	95.95 A*	92.11	85.45 A
EAHO48	84.44 B	94.14	66.36 B
EAHO72	74.24 B	75.83	47.49 B
EACH48	80.21 B	87.16	55.29 B
EACH72	66.29 B	80.94	37.65 B

*Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Student $P \leq 0.05$.

Emergencia total en campo

El comportamiento de los lotes en cuanto a ETC se observa mediante su ANVA (Cuadro 4.17), en el cual podemos apreciar que no hubo diferencias estadísticas entre los materiales evaluados, esto es, tuvieron un comportamiento similar.

Cuadro 4.17. Cuadrados medios y su significancia para la variable de emergencia total en campo (ETC) en lotes de semilla de melón.

F. V.	G. L.	ETC
Lotes	2	19.30
Bloques	3	22.80
Error	6	4.87
C. V. (%)		3.76

No obstante en la separación de promedios (Cuadro 4.18), nos muestra una estratificación diferente a la detectada por las pruebas anteriores, lo cual confirma lo reportado por Bustamante y Don (1988), en el sentido de que es posible obtener una amplia gama de valores de emergencia dependiendo de la época y el lugar de la siembra.

Cuadro 4.18. Comparación de medias para la variable de emergencia total en campo en lotes de semilla de melón.

Lote	Emergencia Total en Campo
TML29	69.46 B
TML36	76.27 A
TML63	72.82 AB

* Medias con literales iguales no difieren estadísticamente, Duncan 0.05.

Análisis de correlación

Enmarcado en los objetivos de la investigación, en el Cuadro 4.19 se muestra la matriz de correlaciones entre los ensayos bajo estudio y la emergencia en campo, en este sentido y bajo las condiciones prevalecientes durante la emergencia, se encontró que existe una correlación altamente significativa únicamente entre ETI y ETC. Así mismo, podemos observar que GE no solamente no correlacionó, sino que además fue negativo el coeficiente obtenido ($r = -0.418$), lo cual confirma lo reportado por Matthews (1981) y McDonald (1993), en el sentido de que la prueba de GE sobrestima la emergencia real en campo, puesto que las condiciones óptimas bajo las cuales se conduce ésta rara vez son encontradas al momento de la siembra (McDonald, 1991).

Por otro lado, se puede observar una asociación entre los diferentes ensayos aquí evaluados, así tenemos que todas las modalidades de envejecimiento acelerado y deterioro controlado tuvieron correlaciones positivas y altamente significativas entre sí, e inclusive con GE, PCG, CP y ETI pero no con ETC, esto debido probablemente a los tiempos de exploración utilizados, puesto que se ha encontrado que la calidad inicial se puede mantener hasta por 72 horas de exposición en la prueba de deterioro controlado, esto en semilla de pepino (Alsadon *et al.*, 1995), en este sentido fue necesario mayor tiempo de exposición.

Cuadro 4.19. Coeficientes de correlación y su significancia estadística para las variables evaluadas en laboratorio, invernadero y emergencia en campo en lotes de semilla de melón.

	GE	PCG	CP	TCP	IVE	ETI	DCBM 48	DCBM 72	DCCH 48	DCCH 72	EACH 48	EACH 72	EAHO 48	EAHO 72	EC
GE	-	0.870 **	0.961 **	0.979 **	0.546	-0.037	0.690 *	0.711 **	0.758 **	0.753 **	0.764 **	0.682 *	0.627 *	0.876 **	-0.418
PCG		-	0.972 **	0.751 **	0.888 **	0.817 **	0.957 **	0.965 **	0.981 **	0.980 **	0.983 **	0.954 **	0.930 **	1.000 **	0.084
CP			-	0.884 **	0.756 **	0.240	0.863 **	0.878 **	0.909 **	0.905 **	0.912 **	0.857 **	0.818 **	0.975 **	-0.151
TCP				-	0.363	-0.241	0.528	0.552	0.609 *	0.602 *	0.616 *	0.518	0.454	0.759 **	-0.595 *
IVE					-	0.817 **	0.983 **	0.977 **	0.960 **	0.962 **	0.958 **	0.985 **	0.995 **	0.882 **	0.533
ETI						-	0.697 *	0.676 *	0.623 *	0.630 *	0.617 *	0.705 *	0.755 **	0.450	0.923 **
DCBM48							-	1.000 **	0.995 **	0.996 **	0.994 **	1.000 **	0.996 **	0.954 **	0.368
DCBM72								-	0.998 **	0.998 **	0.997 **	0.999 **	0.994 **	0.962 **	0.341
DCCH48									-	0.998 **	1.000 **	0.994 **	0.983 **	0.979 **	0.275
DCCH72										-	1.000 **	0.995 **	0.985 **	0.977 **	0.283
EACH48											-	0.993 **	0.983 **	0.979 **	0.266
EACH72												-	0.997 **	0.950 **	0.379
EAHO48													-	0.925 **	0.445
EAHO72														-	0.072
EC															-

** y * Diferencias altamente significativa y significativa al 0.01 y 0.05 de probabilidad respectivamente.

Requisitos de un ensayo de vigor

En el manual de ensayos de vigor (AOSA, 1983), se enmarcan las características que éstas deben reunir, siendo las siguientes: de bajo costo, no complicada, rápida, objetiva, reproducible, interpretable y correlacionada con emergencia bajo ciertas condiciones de campo. En este sentido, el mayor problema que enfrenta el ensayo de vigor ha sido la reproducibilidad y objetividad de los resultados (TeKrony, 1983), no obstante la importancia sobre el tema ha quedado de manifiesto, al incluir al ensayo de envejecimiento acelerado y la prueba de conductividad eléctrica como parte de las reglas internacionales de semillas (ISTA, 2004) con equipos, procedimientos y para cultivos específicos, por lo cual al menos el aspecto económico pasó a segundo término. En nuestro caso uno de los objetivos de la investigación fue identificar la prueba o pruebas que reúnan el mayor número de requisitos de un ensayo de vigor bajo las facilidades de nuestros laboratorios y a continuación se describen en base a lo experimentado durante su desarrollo.

Primer conteo de germinación. El realizarse como parte de GE la hace económica, rápida y no complicada, sin embargo es subjetiva por depender de la apreciación del evaluador y por lo tanto no reproducible. En nuestro caso, el PCG no tuvo correlación con EC en los cultivos aquí evaluados.

Clasificación de plántula. En dicho ensayo se utiliza el mismo equipo que en GE, por lo que es económica, rápida y no complicada, sin embargo al igual que PCG es subjetiva y esto la hace no reproducible. En relación a la correlación con emergencia, encontramos una asociación en cebolla.

Tasa de crecimiento de plántula. Se realiza bajo los mismos lineamientos que GE, sin embargo se requiere equipo adicional por lo que no es económica, relativamente rápida y complicada al requerir más tiempo y entrenamiento adicional a un ensayo de GE; sin embargo es objetiva, reproducible y correlacionó bien con emergencia en campo en cebolla.

Índice de velocidad de emergencia. El realizarse en invernadero la hace económica, es relativamente rápida puesto que está en función de los días que se alcance la máxima emergencia, los conteos diarios la hacen poco complicada y subjetiva al no apreciar el desarrollo radicular por lo que es relativamente objetiva y reproducible. En nuestro caso encontramos correlación entre esta y emergencia en melón.

Emergencia total en invernadero. Se conduce básicamente como GE en invernadero por lo que no es costosa, es rápida, no complicada y relativamente objetiva y reproducible, encontrando que correlaciona bien con emergencia en cebolla, no así con melón.

Deterioro controlado. El requerir equipo adicional a GE para su conducción la hace no económica, es relativamente rápida, es complicada por lo que se requiere entrenamiento adicional. Sin embargo es objetiva y reproducible, además para nuestro caso tuvo correlación con emergencia en campo para el caso de cebolla no así en melón, donde los tiempos de exploración no lograron estratificar niveles de calidad.

Envejecimiento acelerado. Al igual que el ensayo anterior, requiere equipo adicional por lo que no es económica, sin embargo esto no ha sido una limitante, por lo que ha

sido aceptado como uno de los dos ensayos de vigor aceptados dentro de las reglas internacionales de semillas. Comparativamente con DC es más económica, es relativamente rápida, no es complicada y el hecho de evaluarse al igual que un ensayo estándar la hace objetiva, reproducible y en nuestro caso tuvo correlación con EC en cebolla, más no en melón.

CONCLUSIONES

En base a los objetivos e hipótesis planteados y con relación al análisis y discusión de los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

Dadas las condiciones en que fueron realizados los diferentes ensayos para ambos cultivos, se encontraron diferencias de vigor entre lotes de semilla comercial identificadas por algunas de las pruebas aquí evaluadas.

Para lotes de semilla de cebolla las pruebas que detectaron diferencias de calidad fueron tasa de crecimiento de plántula y emergencia total en invernadero, en tanto que para melón tasa de crecimiento de plántula, clasificación de plántula, primer conteo de germinación y aún germinación estándar lograron identificar diferencias en calidad fisiológica de la simiente.

Los ensayos con mejor correlación con emergencia en campo para cebolla fueron germinación estándar, clasificación de plántulas, índice de velocidad de emergencia, emergencia total en invernadero y tasa de crecimiento de plántula; así como las modalidades de sitios y tiempos de envejecimiento acelerado bajo estudio, no así en el caso de deterioro controlado donde únicamente la modalidad baño maría con los tiempos de 24 y 48 horas de exposición correlacionaron con emergencia en campo, puesto que la modalidad cámara húmeda únicamente el tiempo de 24 horas correlacionó.

Para el caso de melón solamente la prueba de emergencia total en invernadero correlacionó con emergencia en campo.

Las pruebas que reúnen el mayor número de requisitos de un ensayo de vigor bajo las condiciones de nuestro laboratorio para cebolla fueron la prueba de envejecimiento acelerado modalidad horno con una duración de 24 horas y clasificación de plántulas. En tanto que para melón únicamente la prueba de emergencia total en invernadero al ser el único ensayo que correlacionó con emergencia en campo, por lo que se hace necesaria mayor investigación con tiempos o temperaturas de exposición, tanto en deterioro controlado como envejecimiento acelerado para este cultivo en particular.

RESUMEN

En los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente en cuanto a la superficie sembrada, para lo cual se destinan grandes cantidades de semilla la cual juega un papel importante como insumo estratégico, esto implica que se requiera en gran medida de semilla de calidad. En nuestro país, la calidad fisiológica de un lote de semillas está determinado por la prueba estándar de germinación, sin embargo la información obtenida en dicho ensayo resulta de poca utilidad con relación al potencial de emergencia; para ello, el ensayo de vigor de semillas ha surgido como un parámetro complementario de la calidad de las semillas. Hoy en día existen diferentes metodologías para evaluar el vigor de las semillas, las cuales han sido establecidas en manuales de laboratorio, y algunas han sido aceptadas dentro de las reglas de la ISTA.

Por lo aquí señalado, se llevó a cabo un trabajo de investigación en lotes de semilla de cebolla y melón donde se evaluaron cinco pruebas de laboratorio, siendo las siguientes: germinación estándar, primer conteo de germinación, tasa de crecimiento de plántula, deterioro controlado (dos sitios y tres tiempos) y envejecimiento (dos sitios y tres tiempos), así como velocidad de emergencia y emergencia total en invernadero, además de emergencia en campo, todas estas de acuerdo a las metodologías prescritas en las reglas de la ISTA (1985) y manuales de vigor ISTA (1981) y AOSA (1983).

En base al análisis de varianza, las pruebas que estratificaron diferentes niveles de calidad en el caso de semilla de cebolla fueron tasa de crecimiento de plántulas y emergencia total en invernadero, en tanto que para semilla de melón germinación estándar, primer conteo de germinación, tasa de crecimiento de plántula y clasificación de plántula.

De los resultados de correlación con emergencia, las pruebas que detectaron una asociación con ésta fueron; para cebolla, germinación estándar, clasificación de plántulas, índice de velocidad de emergencia, emergencia total en invernadero y tasa de crecimiento de plántula, así como las modalidades de envejecimiento acelerado, cámara húmeda y horno con los tiempos evaluados (24, 48 y 72 horas) además del deterioro controlado modalidad baño maría en sus tres tiempos (24, 48 y 72 horas) y la modalidad cámara húmeda con una duración de 24 horas. Para el caso de melón, únicamente se encontró correlación con emergencia total en invernadero.

En relación al mayor número de requisitos de una prueba de vigor, se sugiere para semilla de cebolla, el ensayo de envejecimiento acelerado en la modalidad horno con una duración de 24 horas, así como clasificación de plántulas. Para semilla de melón, el índice de velocidad de emergencia resultó ser la única prueba que correlacionó con emergencia en campo; por tanto, se requiere de mayor investigación en temperaturas y tiempos de exposición para las pruebas de deterioro controlado y envejecimiento acelerado.

LITERATURA CITADA

- Alsadon, A. A., J. Yule L. and A. Powell A. 1995. Influence of seed ageing on the germination, vigour and emergence in module trays of tomato and cucumber seeds. *Seed Sci. and Technol.* 23:665-672.
- Andrews, C.H. 1972. Vigor de la semilla, Laboratorio de Tecnología de Semillas. Mississippi State University. U.S.A.
- Ayala, G. O. J., A. Hernández L., J. A. Estrada G. y A. Juárez de la C. 1996. Efecto de la fertilización en la producción de semilla de cebolla. II Calidad fisiológica y condiciones de almacenamiento. **En:** XVI Congreso de Citogenética. SOMEFI-CP. Montecillo, Texcoco, México. p. 65.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32. U.S.A. 82 p.
- Bekendam, J., H. L. Kraak and J. Vos. 1987. Studies on field emergence and vigour of onion, sugar beet, flax and maize seed. *Acta Horticulturae.* 215:83-94.
- Berkey, D. A. 1993. Industry perspective of vigor testing. *Journal of Seed Technolgy.* 17(2):127-133. U.S.A.
- Besnier, R. F. 1989. Semillas: Biología y Tecnología. Mundi-Prensa. Madrid. España. 637 p.
- Bustamante, G. L. A. y R. Don. 1988. Pruebas de calidad en semilla de chícharo (*Pisum sativum* L.) y su utilidad como indicadores del potencial de emergencia. *Rev. Fitotec. Mex.* 11:1-10. México.
- Cantliffe, D. J. 1981. Vigor in vegetable seeds. *Acta Horticulturae.* 111:219-227.
- Cobaquil, A. R. 1991. Evaluación de modalidades para estimar vigor en semilla de maíz (*Zea mais* L.) mediante envejecimiento acelerado. Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 78 p.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. 2nd. Ed. Burgess Publishing Company. U.S.A. p. 121-144.
- Delouche, J. C. and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the

- relative storability of seed lots. *Seed Sci. and Tech.* 1(2):427-452.
- Delouche, J. C. 1976. Standardization of vigor tests. *J. Seed Tech.* 1(2):75-85.
- Ellis, R. H. y E. H. Roberts. 1980. Hacia una base racional para evaluar la calidad de la semilla. En: Hebblethwaite. P. D. (Ed.). *Producción Moderna de Semillas*. Escuela de Agricultura, Universidad de Nottingham. Hemisferio Sur. Uruguay. p. 693-701.
- Ferguson, J. M. 1993. AOSA perspective of seed vigor testing. *J. of Seed Technol.* 17(2):101-104.
- Flores, M. J. 1989. Efecto de los factores climáticos sobre la calidad de la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) después de madurez fisiológica. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 129 p.
- González, H. N. y J. Martínez S. 1994. Influencia de tamaño de semilla sobre la calidad fisiológica de la simiente de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). XV Congreso de Fitogenética. SOMEFI. UANL. Monterrey. México. p 320.
- Hampton, J. G. 1993. The perspective of seed vigor testing. *J. of Seed Tech.* 17(2):105-109.
- Hampton, J. G. and P. Coolbear. (1990). Potential versus actual seed performance -can vigour testing provide an answer?. *Seed Sci. and Technol.* 18:215-228.
- Hegarty, T. W. 1971. A relation between field emergence and laboratory germination in carrots. *J. Hort. Sci.* 46:299-305.
- Hernández, L. A. E., A. Carballo C., A. Hernández L. 1990. Variación genética para longevidad de semilla en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Chapingo.* XV(71-72):61-67.
- Heydecker, 1972. Vigour. **In:** E. H. Roberts (Ed.). *Viability of seeds*. Chapman and Hall. London. p 209-252.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1981. *Handbook of vigor tests methods*. Switzerland . 55 p.
- _____. 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. and Technol.* 13:299-355.
- _____. 2004. International rules for seed testing Edition 2004. *Seed Sci. and Technol.* Switzerland.
- Isely, D. 1957. Vigor tests. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 47:176-182.

- Karuna, M. N. and B. Aswathaiah. 1992. Accelerated ageing test to predict the storability of beetroot and carrot seeds. *Seed Abst.* 15(4):143.
- Lafond, G. P. and R. J. Baker. 1986. Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. *Crop. Sci.* 26:341-346.
- Lees, P. 1980. Vigor de las semillas. Clave de mejores cosechas. *Rev. Agricultura de las Américas.* 24(8):14,15, 38 y 39.
- León G. H. M. 1984. La importancia de las hortalizas en México. Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México. p 3-10.
- López, H. A. 1994. La prueba de envejecimiento acelerado. 1994. 11° Congreso latinoamericano de genética (área vegetal) y XV Congreso de fitogenética. Somefi-UANL. Monterrey, Nuevo León, México. p. 450.
- Lovato, A. and S. Cagalli. 1992. Sugar beet (*Beta vulgaris* L) seed vigor compared in laboratory and field tests. *Seed Sci. and Technol.* 21:61-67.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(2):176-177.
- Makkawi, M., El Balla, M., Bishaw, Z. and V. Gastel, A. J. G. 1999. The relationship between seed vigour test and field emergence in lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Seed Sci. and Technol.* 27:657-668.
- Matthews, S. 1980. Controlled deterioration: a new vigour test for crop seeds. In: *Seed production.* Hebblethwaite Ed. Butterworth and Co. Ltd. London. UK. p 647-660.
- Matthews, S. 1981. Evaluation of techniques for germination and vigour studies. *Seed Sci. and Technol.* 9:543-551.
- Matthews, S. and A. Powell A. 1981. Controlled deterioration test. In: D.A. Perry (Ed.) *Handbook of vigor test methods.* ISTA. Switzerland. p. 49-56.
- McDonald, M. B. Jr. 1975. A review and evaluation of seed vigor tests. *Proc. Assoc. Off. Seed Analyts.* 65:117-122.
- _____ 1991. Evaluación del vigor de semillas. Memorias del III curso de actualización tecnología de semillas. UAAAN-CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 203-221p.
- _____ 1993. The history of seed vigor testing. *J. of Seed Tech.* 17(2):93-100.

- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. Instituto de Biología. México. 222-249 p.
- Perry, D. A. 1980. El concepto de vigor de semilla y su relevancia en las técnicas de producción. **En:** Hebblethwaite, P.D. (Ed.). Producción Moderna de Semillas. Tomo II. Agropecuaria Hemisferio Sur. Uruguay. p. 693-701.
- _____ 1981. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association. Switzerland. 55 p.
- Popinigis, F. 1985. Fisiologia da sementes. 2da. Ed. Brasil. 289 p.
- Pollock, B. M. and E. E. Roos. 1972. Seed and seedling vigor. **In:** Kozlowski, T. T. (Ed.) Seed Biology. Vol. 1. Academic Press, U.S.A. p. 314-387.
- Powell, A. A., J. M. Thornton and J. A. Mitchell. 1991. Vigour differences in brassica seed and their significance to emergence and seedling variability. *J. of Agricultural Sci., Cambridge*. 116:369-373.
- Powell, A. A. and S. Matthews. 1981. Evaluation of controlled deterioration, a new vigour test for small seeded vegetables. *Seed Sci. and Technol.* 9:633-640.
- _____. 1984a. Prediction of the storage potential of onion seed under commercial storage conditions. *Seed Sci. and Technol.* 12:641-647.
- _____. 1984b. Application of controlled deterioration vigour test to detect seed lots of Brussels sprouts with low potential for storage under commercial conditions. *Seed Sci. and Technol.* 12:649-657.
- _____. 1994. The role of seed size and the controlled deterioration test in determining seed quality in brassicas. *Acta Horticulturae*. 362:263-272.
- Powell, A. A., R. Don, P. Haigh, G. Phillips, J. H. B. Tonkin and O. E. Wheaton.. 1984. Assessment of the repeatability of the controlled deterioration vigour test both within and between laboratories. *Seed Sci. and Tech.* 12:421-427.
- Roberts, E. H. 1973. Loss of viability: Ultrastructural and physiological aspects. *Seed Sci. and Tech.* 1:529-545.
- Rodríguez, A. J. M. 1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Trillas-UAAAN. México. 208 p.
- Rodríguez, V. M. 1989. Deterioro de la semilla y su efecto en el cultivo de frijol. Tesis licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México. 62 p.

- Ruíz, E. F. H. 1996. Potencial de pruebas de calidad para calificar vigor en lotes de semilla de chile (*Capsicum annuum* L.) y jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila. México. 90 p.
- Sayers, R. L. H. 1983. Pruebas de germinación y vigor. Memorias del curso de Actualización de semillas, 1982. UAAAN-AMSAC. México. p. 129-136.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG).1975. Normas para la certificación de semillas. Dirección general de agricultura. México. 91 p.
- Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2004. Avance de siembras y cosechas, año agrícola 2004. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/indexavnc2.html>.
- Steiner, J. J., D. F. Grabe and M. Tulo. 1989. Single and multiple vigor test predicting seedling emergence of wheat. *Crop Sci.* 29:782-786.
- TeKrony, D. M. 1983. Seed vigor testing-1982. *J. of Seed Tech.* 8(1):55-60.
- _____ 1993. Accelerated aging test. *J. of Seed Tech.* 17(2):110-120.
- _____ 1996. Accelerated aging test conditions for hybrid corn seed. The newsletter of the Seed Science Center. Iowa State University. 16:2.
- TeKrony, D. M. and D. B. Egli. 1991. Relation of seed vigor to crop yield: A review. *Crop. Sci.* 31:816-822.
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la tecnología de semillas. Acribia. España. 301 p.
- Tomes, L.J., D. M. Tekrony and D.B.Egli. 1988. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. *J. of Seed Technology.* 12:37-53.
- Trawatha, S. E., J. J. Steiner and K. J. Bradford. 1990. Laboratory vigor tests used to predict pepper seedling field emergence performance. *Crop Sci.* 30:713-717.
- Valadez, L. A. 1997. Producción de hortalizas. Limusa. México. 298 p.
- Venter, A. V. 2001. Seed vigor testing. *Germination.* 5(1):30-32. Canada.
- Woodstock, L. W. 1973. Physiological and biochemical tests for seed vigor. *Seed Sci. and Tech.* 1:127-157.