

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**Efecto de Filtrados de Lodos Industriales de la Compañía Industrial de
Parras en la Germinación de Especies Hortícolas Diferentes.**

Por:

ALMA OLIVIA GARCIA HERNÁNDEZ

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2004.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Salinidad.....	4
Salinidad de los Suelos.....	4
Características de los suelos salinos.....	4
Mecanismos de tolerancia.....	5
Efectos fisiológicos y bioquímicos de la salinidad	6
Relaciones hídricas.....	7
Balance energético.....	7
Nutrición.....	8
Efectos de la Salinidad en la germinación.....	11
Germinación de Semilla.....	14
Requerimientos para la germinación	15
Eventos durante la germinación.....	16
Imbibición	16
Actividad Enzimática.....	16
Digestión y Traslocación de Reservas.....	16
Crecimiento del Embrión.....	17
Elongación de la Radícula.....	17
Calidad de la Semilla.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Ubicación del Sitio Experimental	19
Material Genético.....	19
Procedimiento Experimental.....	20
Ensayos de Germinación Estándar.....	20
Preparación del Filtrado de lodo Industrial.....	21

Parámetros Evaluados.....	22
Plántulas Normales.....	23
Plántulas Anormales.....	23
Semillas Muertas.....	24
Diseño Experimental.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Variedades utilizadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de diferentes especies.	19
3.2	Días de conteo por especie en el ensayo de germinación estándar.	22
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de frijol.	27
4.2	Comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de frijol.	28
4.3	Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de calabaza.	30
4.4	Comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de calabaza.	30
4.5	Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de maíz criollo.	32
4.6	Comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de maíz criollo.	33
4.7	Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de pepino.	35
4.8	Comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de pepino.	26
4.9	Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de chile ancho.	38
4.10	Comparación de medias para las variables evaluadas en el	39

ensayo de germinación estándar en semillas de chile ancho.

i

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1	Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de fríjol.	28
4.2	Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de calabaza.	31
4.3	Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de maíz criollo.	34
4.4	Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de pepino.	36
4.5	Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de chile ancho	39

RESUMEN

En el presente trabajo se realizaron las pruebas de germinación estándar en filtrado de residuos industriales provenientes de la Compañía Industrial de Parras, con la finalidad de estimar el efecto que estos tienen sobre la germinación.

El material genético utilizado fue semilla proveniente de cinco especies hortícolas diferentes. La siembra se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semilla del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Antonio Narro. Las variables evaluadas se analizaron por medio de un diseño completamente al azar. El análisis estadístico se llevó a cabo con el mismo diseño experimental.

El Software utilizado fue el paquete estadístico SAS/ STAT (1996) y para el análisis de comparación de medias entre tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos nos muestran que la semillas de calabaza, mostraron un comportamiento superior y estadísticamente diferente ante el alto contenido de sales en el filtrado con respecto al testigo.

Las especies que mostraron una aceleración en la germinación al primer conteo con el filtrado de lodos industriales fueron fríjol, calabaza y pepino.

El contenido de sales en el filtrado mostró un efecto negativo en el poder germinativo en las especies de fríjol, pepino y maíz criollo al segundo conteo.

Para la variable plántulas anormales (PA), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo numéricamente la concentración de sales en el filtrado presentó efectos negativos en las especies de fríjol y pepino.

Para la variable semillas muertas (SM), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos sin embargo, se observó que las concentraciones de sales en el filtrado afectaron negativamente las semillas de maíz criollo con respecto al testigo.

INTRODUCCIÓN

Las plantas para su desarrollo requieren de sales minerales sin embargo, concentraciones elevadas pueden resultar tóxicas y causantes de estrés, que desencadenan múltiples respuestas fisiológicas.

La Dirección de Fomento de Tierras y Aguas del Departamento de Agricultura de la FAO calcula que la erosión y acidificación de los suelos, la pérdida de materia orgánica, la compactación de los suelos, la pérdida de elementos nutritivos y la salinización han reducido la productividad de más de tres millones de kilómetros cuadrados de tierras agrícolas.

Cada año el estrés ambiental causa grandes pérdidas a la agricultura. En particular la salinidad afecta negativamente la producción en al menos un tercio de las tierras agrícolas. En el estado de Coahuila, en las regiones de Paila y en La Laguna los agricultores pierden hasta un 15 % de la producción potencial por problemas de germinación de la semilla derivado de la salinidad de los suelos.

En este sentido, la productividad de zonas agrícolas corren peligro debido a la liberación al ambiente de residuos sólidos industriales y a la consecuente contaminación de mantos freáticos.

La contaminación de los suelos tienen su principal fuente en desechos sólidos y residuos peligrosos. En muchos casos el volumen y tipo de residuos peligrosos producidos por industrias, carecen de opción para un manejo adecuado.

Aunado a lo anterior, factores ambientales, geológicos, freáticos y biológicos han propiciado la degradación de suelos que anteriormente eran productivos.

Ante este panorama es necesario promover la conservación y restauración del suelo mediante una adecuada tecnología capaz de remediar los problemas de erosión significativa

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA), menciona en el artículo 134 la prevención y reducción de residuos sólidos municipales e industriales, incorporando técnicas y procedimientos para reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientemente.

Para determinar la tolerancia que representan las especies ante residuos industriales salinos se estudiaron 5 especies hortícolas, observando su comportamiento a través de ensayos de germinación estándar con filtrado de lodos industriales de algodón, planteando para ello el siguiente objetivo:

Determinar el efecto de filtrados de lodos industriales de algodón a través del ensayo de germinación estándar a nivel laboratorio en especies hortícolas diferentes.

REVISION DE LITERATURA

Salinidad

Salinidad de Suelos.

La salinidad es un estrés ambiental que limita el crecimiento y desarrollo de las plantas. La respuesta de las plantas a excesos de NaCl es complejo e involucra cambios en su morfología, fisiología y metabolismo (Hilal et al., 1998).

A nivel mundial existen 952 062 000 ha ensalitradas en diferentes grados, ocupando el 39 % de la superficie total de las regiones áridas y semiáridas del mundo (Szabolcs, 1979).

El ensalitramiento de los suelos es un proceso de acumulación de sales solubles, sodio intercambiable y otros elementos, ya sea en solución del suelo como el complejo de intercambio, a ciertas concentraciones que afecta el desarrollo de las plantas (Aceves, 1979).

La sales se originan de la meteorización de minerales y rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias) que constituye la corteza terrestre (Pizarro, 1985)

Según Peña (1980), la sales se encuentran en el suelo:

1. Asociadas: formando compuestos, se presentan por combinación de los iones más comunes y abundantes como son NaCl, CaCl₂, Na₂SO₄, MgSO₄, etc.
2. Disociadas: aniones y cationes.

Los suelos ensalitrados se encuentran en localidades que reciben sales de otras partes, siendo el factor principal el acarreo (USDA, 1987).

Características de los Suelos Salinos

Los suelos se consideran salinos si contienen sales solubles en cantidades suficientes que afectan el desarrollo de la mayoría de los cultivos. Sin embargo, el daño a las plantas va a depender de factores como son la textura y la composición de las sales.

En un suelo salino es necesario evacuar el exceso de sales, mientras que en un suelo sódico se requiere del desplazamiento del sodio intercambiable, para lo cual, existen métodos físicos, químicos, hidrotécnicos, biológicos y eléctricos (Aceves, 1979).

La conductividad eléctrica (C.E.) es un indicador de los efectos de salinidad sobre las plantas mientras que el por ciento de sodio intercambiable (P. S. I.) es un índice de los efectos del sodio sobre las propiedades del suelo;

así, un suelo salino tiene C.E. mayor de 4 deciSiemes (dSm^{-1}) y un P.S.I. menor de 15, un suelo salino-sódico una C. E. mayor de 4 dSm^{-1} un P.S.I. mayor 15, y un suelo sódico una C. E. menor de 4 dSm^{-1} y un P.S.I mayor 15 (Aceves, 1981).

Mecanismos de Tolerancia de las Plantas a la Salinidad

La tolerancia a sales en las plantas puede agruparse en tres categorías: (1) exclusión de la sal seguida por transporte y compartimiento, (2) características morfológicas y distribución en biomasa de tallos y raíces, y (3) eventos fisiológicos y metabólicos que contrarrestan la presencia de sal a nivel celular (Winicov, 1998).

Gorham et al. (1985) mencionan tres hipótesis ampliamente aceptadas y que coinciden por diversos estudios fisiológicos y bioquímicos como las principales características de tolerancia a la sal a nivel celular:

- 1) Bajo condiciones salinas grandes cantidades de sal son absorbidas dentro de las hojas y acumuladas principalmente en la vacuola, contribuyendo de esta manera a la regulación osmótica.
- 2) Concentración de iones inorgánicos dentro del citoplasma (especialmente en células meristemáticas).
- 3) En condiciones hiperosmóticas el mantenimiento del equilibrio osmótico requiere de acumulación de solutos orgánicos no tóxicos dentro del

citoplasma, que son usualmente considerados como “solutos compatibles.

La translocación de la sal dentro de la raíz y tallo es una consecuencia de la transpiración para mantener el estado hídrico de la planta y una transpiración no regulada podría causar niveles tóxicos por la acumulación del ión salino en la raíz (Yeo, 1998).

La salinidad afecta directamente a las plantas en su metabolismo, disponibilidad de agua y toxicidad, mientras que la sodicidad afecta indirectamente por las malas condiciones que provoca en el suelo (Aceves, 1979)

Efectos Fisiológicos y Bioquímicos de la Salinidad

Los efectos de la salinidad se podrían agrupar bajo tres aspectos diferentes: relaciones hídricas, balance de energía y nutrición (Martínez Raya, 1996).

Relaciones Hídricas

La concentración de sales solubles eleva la presión osmótica de la solución del suelo. Si tenemos en cuenta que el agua tiende a pasar de las soluciones menos concentradas a las más concentradas, con objeto de diluir éstas últimas e igualar las presiones osmóticas de ambas, se comprende que cuando la concentración salina de la solución del suelo es superior a la del jugo

celular de las plantas, el agua tenderá a salir de éstas últimas hacia la solución del suelo. Este efecto llevó a Shimper (1903) a plantear la teoría de la sequedad fisiológica, en la que se postula que en medios salinos, aunque exista una humedad elevada, las plantas sufren estrés hídrico, se secan y acaban muriendo.

Balance energético

No obstante, esta teoría no describe completamente todos los efectos perjudiciales de la salinidad, ya que en ocasiones las plantas no sufren estrés hídrico sino que disminuyen considerablemente su altura. Para explicar este efecto, Bernstein (1961) desarrolló la teoría del ajuste osmótico, la cual propone que las plantas, al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, se ven obligadas a una adaptación osmótica de sus células para poder seguir absorbiendo agua; adaptación que requiere un consumo de energía que se hace a costa de un menor crecimiento. Aceves (1979) propone la teoría de la división y el crecimiento celular, en la cual la disminución del crecimiento se atribuye a que las sales afectan a la división celular, producen un engrosamiento prematuro de las paredes celulares y limitan el crecimiento de forma irreversible.

Nutrición

En el aspecto nutricional, se produce una serie de importantes modificaciones, debido, por un lado, a las variaciones de pH que afectan a la disponibilidad de los nutrientes, y por otro, a las interacciones ocasionadas por

la presencia en exceso de determinados elementos. Tal sucede con los cloruros y nitratos y fosfatos, el calcio y el sodio o los del potasio y sodio. La dominancia de calcio provoca antagonismos, entre otros, sobre el potasio, magnesio, hierro, boro y zinc. Sin embargo, existen relaciones de sinergismo entre potasio e hierro y entre magnesio y fósforo.

Igualmente la presencia en exceso de ciertos iones puede provocar toxicidad, debido a su acumulación en distintas partes de las plantas, como pueden ser las semillas, los tallos y las hojas. Los más significativos, en este aspecto, son los cloruros, el sodio y el boro, afectando con mayor incidencia a los cultivos plurianuales.

En respuestas a la sal, las células se someten a un ajuste osmótico, incrementando su potencial osmótico interior para compensar el bajo potencial del agua que existe en el medio, ya sea acumulando, solutos orgánicos dentro de sus tejidos o acumulando iones inorgánicos (Biezel, 1994).

Varios solutos orgánicos son acumulados en niveles significativos en la adaptación de las células a la sal. Los azúcares y aminoácidos intervienen en la adaptación (Hasegawa et al., 1986).

Los azúcares son los compuestos orgánicos más abundantes de las células y son realmente accesibles y fuentes de energía osmótica barata. El inconveniente de la acumulación de los azúcares es el abastecimiento de energía a las células y la acumulación de estos reduce la disponibilidad (Biezel,

1994). La sacarosa (azúcar) protege a los cloroplastos contra daños durante la sequía.

El control osmótico en plantas halófitas se realiza, al parecer, por la acumulación de sustancias orgánicas como almidón, azúcares y prolina. No obstante, otro mecanismo mediante el que las plantas resisten a la salinidad de su medio, es la exclusión de iones, principalmente de sodio y cloruro (Greenway y Munns, 1980).

En las plantas suculentas de la familia de las chenopodiaceas, la regulación osmótica es realizada principalmente por la acumulación de altas concentraciones de iones de sodio y cloro durante la germinación, acompañada de síntesis de grandes cantidades de un soluto llamado glicinebetaína (Gorham et al., 1985; Flowers, 1985; Hasegawa et al., 1986).

Por otra parte la producción de biomasa es determinada en gran medida por la acumulación de carbón, producto de la fotosíntesis. La fotosíntesis depende de dos componentes: la tasa fotosintética por área de la hoja y la superficie foliar total. La salinidad afecta primeramente la expansión de las hojas, por consiguiente, existe menor área foliar y menor actividad fotosintética, disminuyendo de esta manera la producción de biomasa (Terry y Waldron, 1986 citado por Hasegawa et al., 1986).

De acuerdo a Vega (1979), la forma en que las sales solubles afectan a las plantas en su germinación, crecimiento y desarrollo se puede considerar mediante dos procesos fundamentales, que pueden actuar separada o conjuntamente. Estos procesos son: sequía fisiológica y concentración electrolítica en el que predomina en forma exclusiva una sal. En este caso la concentración salina del medio circundante llega a ser de tal magnitud, que la presión osmótica de éste resulte ser mayor, que dentro del citoplasma de las células radicales. Este fenómeno además de que puede llegar a causar sequía fisiológica, trae por consecuencia, fuertes problemas del tipo nutricional, ya que no existe otra sal de concentración lo bastante elevada para antagonizar el efecto más abundante.

Las vacuolas juegan un papel central en la tolerancia a sales y la inclusión en estas de Na^+ y la retención de K^+ en el citoplasma son factores cruciales para la adaptación osmótica (Staples y Toenniessen, 1984).

La exclusión de sales por las células, permite un balance normal en presencia de altas concentraciones de cationes monovalentes, ocasionando una absorción preferencial de Ca^{++} en la membrana plasmática (Levitt, 1980)

Existen múltiples genes que parecen actuar para incrementar la tolerancia a salinidad, se han reconocido ciertas proteínas involucradas en la protección de un estrés salino (Bohner y Jensen 1996).

Smedema y Rycroft (1983) citado por García (1992) mencionan que la toxicidad parece ser causada por una alta concentración de algún catión o anión en particular, o una desfavorable composición salina en la solución del suelo. Se ha establecido que un elemento del suelo presente en cantidades excesivas, puede causar daños al metabolismo de la planta. Esto se debe a que compite por la entrada con otros elementos presentes en menores concentraciones y una vez absorbidos puede inhibir enzimas, desplazar elementos esenciales de su sitio funcional, precipitar otros elementos esenciales y en general interrumpir el metabolismo vegetal.

Efectos de la salinidad en la germinación

En general, la germinación, la emergencia y el crecimiento de la plántula son los períodos más críticos de un cultivo. La primera etapa, durante la cual éste se establece, es particularmente difícil, porque las semillas y las plántulas están expuestas a concentraciones más altas de sal que a *posteriori* (Bernstein y Fireman, 1957; Mass y Hoffman, 1977)

Niveles moderados de sales en el suelo generalmente retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo (Aceves, 1979).

Mass y Hoffman (1977), en un estudio realizado con diferentes especies indican las tolerancias de diferentes cultivos a suelos salinos. La cebada (8 mmhos/cm) y el trigo (6 mmhos/cm) presentaron mayor tolerancia que el maíz (1.7 mmhos/cm) y el frijol (1.0 mmhos/cm).

Ramírez *et al.* (1990) al evaluar diferentes cultivos probando sales combinadas encontraron que las sales simples tienen un efecto diferenciado en la germinación de semillas, además que se alargan los días para la germinación. Los cultivos evaluados fueron maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), alfalfa (*Medicago sativa*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), cártamo (*Carthamus trinatorius*), avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum durum*), algodón (*Gossypium spp*), cebada (*Hordeum vulgare*) y salicornia (*Salicornia spp*), se observó que además la germinación de los cultivos no sólo se afectó por la concentración, sino también por la salinidad cualitativa.

Mass et al. (1983) indican que el maíz es tolerante a la salinidad en la germinación, pero es más sensible en la etapa de plántula que en la maduración o llenado de grano.

Estrada (1995) realizó trabajos de germinación del género *Lycopersicum* con tres niveles de salinidad (3, 6 y 9 dS/m), observando que *L. esculentum* var. Floradade obtuvo el mayor porcentaje de plántulas normales (95 %) con 3 dS/m.

Osorio (1995) estudió la tolerancia de Kochia scorpia (L) (Schrad) con tres tipos de sales y cinco presiones osmóticas en la etapa de germinación, observó la mejor respuesta a la germinación fisiológica con la solución CaCl_2 , alcanzando un 64 por ciento. Los resultados indican que la Kochia scoparia en la etapa de germinación tolera la salinidad en un rango de 0 a 6 atm (0 a 16.6 dS/m), disminuyendo esta a medida que incrementa la salinidad.

Pargas (1999) midió el desarrollo de diez genotipos de maíz (AN-447, AN-451, AN-445, AN-444, AN-430R, VANLAP-2, BANLAP-3, CENTELLA y H-431) bajo condiciones simuladas de salinidad en laboratorio, obteniendo los siguientes resultados: a 0 dS m^{-1} el genotipo VANLAP-1 fue superior con una longitud de 20.43 cm ; a nivel 2 dS m^{-1} los genotipos VANLAP-1, AN-447 y AN-461 conformaron el grupo superior con 18.98, 18.46 y 17.83 cm, respectivamente; a 4 dS m^{-1} el genotipo VANLAP-1 fue superior con una longitud de 19.33 cm ; a 6 dS m^{-1} el genotipo VANLAP-3 obtuvo 15 cm; a 10 dS m^{-1} los genotipos VANLAP-2 y VANLAP-1 obtuvieron 16.3 y 15.56 cm respectivamente; y a un nivel de conductividad eléctrica de 14 dS m^{-1} el genotipo VANLAP-2 con una longitud de 12.3 cm fue superior a los demás. Concluyendo que si hubo genotipos que prosperaron en ambientes salinos y que se pudieron identificar tanto en campo como en laboratorio.

Musito (2003) evaluó trece genotipos de maíz con cinco niveles de salinidad a nivel laboratorio, observando que a medida que se incrementa el nivel de salinidad, la longitud radicular se reduce.

Germinación de la Semilla

Rojas (1959) señala que la germinación es una serie compleja de cambios bioquímicos y fisiológicos que dan como resultado la iniciación del crecimiento y movilización de los alimentos de reserva dentro de la semilla, para ser utilizada por el embrión en su crecimiento.

La germinación es el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla, junto a la emergencia de la radícula y plúmula (tallo), conducentes a la producción de una plántula (Jann y Amen, 1977).

De acuerdo a la ISTA (1996) y para propósitos de siembra de ensayo de semillas, la germinación es la emergencia y desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales que son indicadoras de su habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables. Las estructuras que se consideran esenciales para que una planta se desarrolle satisfactoriamente a una planta normal son: eje embrionario, cotiledones, brotes terminales, coleoptilo (Gramineae). Las plántulas normales demuestran un potencial de

desarrollo continuo a plantas cuando crecen en el suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz.

La germinación no ocurre sino hasta que las condiciones sean las adecuadas, los requerimientos varían de acuerdo a la especie, y a la variedad y son determinadas por las condiciones que prevalecieron durante la formación de la semillas y por factores hereditarios (Mayer y Poljakof-Mayber, 1982).

Requerimientos para la Germinación

Pollock y Toole (1962) mencionan que las condiciones requeridas para la germinación son: la expresión de la herencia de la semilla influenciadas por el medio ambiente durante la formación, madurez y germinación de la misma.

Para esto es necesario que existan tres condiciones:

1. Viabilidad. El embrión debe de estar vivo y ser capaz de germinar.
2. Evitar la latencia. No deben de existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan a esta, ni barreras químicas que eviten la germinación.
3. La semilla debe de estar en condiciones apropiadas de agua, luz, temperatura y humedad.

Eventos durante la germinación.

Imbibición

Copeland y McDonald (1985) mencionan que el primer evento que ocurre durante la germinación es la absorción de agua por la semilla, proceso denominado imbibición. La composición de la semilla, la permeabilidad de la cubierta y la disponibilidad de agua, son factores que determinan e influyen en la extensión de la imbibición.

Actividad Enzimática

La actividad enzimática, resulta en parte de la reactivación de enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo del embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

Digestión y Traslocación de Reservas

En el endospermo, los cotiledones almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son traslocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

Crecimiento del Embrión

El desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula.

Elongación de la Radícula

La emergencia de la radícula es la que indica que el proceso de la germinación está completo y puede estar terminado a través de la elongación o división celular. En general, la elongación celular precede a la división celular.

Calidad de la Semilla

Una semilla de calidad es una semilla altamente viable, es decir, es una semilla susceptible de desarrollar una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir en el campo. Para ello, debe contar con propiedades que le aseguren germinar bajo un amplio rango de condiciones agro-climáticas (Perretti, 1994)

Delouche (1985) señala que la calidad en la semilla puede ser agrupada en cuatro categorías:

1. Factores Genéticos, principalmente pureza varietal.
2. Factores Físicos, que incluyen los tradicionales componentes de pureza hasta la incidencia y severidad de daño mecánico y tamaño de semilla.
3. Factores Patológicos, donde se considera el tipo de incidencia de enfermedades transmitidas por semilla.
4. Factores Fisiológicos, que es la germinación y vigor.

Específicamente la calidad es el resultado de la expresión de factores propios del genoma de la semilla y de su interacción con los factores ambientales que la rodean durante su desarrollo, cosecha y almacenamiento (Copeland y McDoanld, 1985; Valadéz, 1991)

La calidad de la semilla está determinada por factores como la constitución genética, condiciones climáticas durante su producción en campo, madurez al momento de la cosecha, tamaño y peso de la semilla, daño mecánico, patógenos y deterioro y longevidad durante el almacenamiento; además el vigor está influenciado por el nivel nutricional de la planta madre (Copeland y McDonald, 1985; Moreira y Nakagawa, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Material Genético

Los genotipos utilizados fueron los que a continuación se presentan en el Cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Variedades utilizadas en el ensayo germinación estándar en semillas de diferentes especies.

GENOTIPO	VARIEDAD
Calabaza (<i>Cucurbita pepo</i>)	Grey Zucchini
Pepino (<i>Cucumis sativu</i>)	Poinsett 76
Chile Ancho (<i>Capsicum annum</i>)	Ancho Fuerte
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Pinto Americano
Maíz Criollo (<i>Zea mays</i>)	Jaguey de Ferniza

A la semilla de chile ancho se le dio un preenfriamiento durante 24 h. a una Temperatura de 5°C , con la finalidad de romper latencia.

Establecimiento del experimento

Ensayo de Germinación Estándar

Se realizó conforme a las reglas recomendadas por la ISTA (1996). Los ensayos se establecieron bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones de 100 semilla cada una para maíz criollo mejorado, calabaza y frijol y con ocho repeticiones de 50 semillas para pepino y chile ancho.

El tratamiento 1 consistió en humedecer el papel Anchor con agua destilada y el tratamiento 2 con filtrado de lodo industrial. Las semillas tomaron al azar, y se sembraron orientando el embrión hacia abajo en toallas húmedas de papel Anchor de importación, las cuales fueron enrolladas en forma de tacos o muñecas. Los tacos fueron debidamente etiquetados con un lápiz de tinta y posteriormente colocados en bolsas de plásticos de alto calibre, las cuales se mantuvieron en una cámara germinadora marca Hoffman Manufacturing , modelo TMP 10 a una temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, conservando el material húmedo durante la prueba de acuerdo a los tratamientos y por diferentes períodos de acuerdo a la especie.

El primer conteo (PCPN) se realizó a los cuatro días en calabaza, fríjol, pepino y maíz criollo y a los siete días en chile ancho, contabilizando únicamente plántulas normales. El segundo conteo se llevo a cabo de acuerdo a la especie, al séptimo día después de la siembra en calabaza, pepino y maíz criollo, al octavo en fríjol y al catorceavo en chile ancho. Se contabilizaron plántulas normales (PN), anormales (PA), semillas duras (SD) y semillas muertas (SM). El porcentaje de plántulas normales al segundo conteo incluye las observadas en el primer conteo y representa el poder germinativo de la especie en estudio.

Preparación del Filtrado de lodo industrial

En un vaso de precipitado de 2 L se colocó un volumen de 500 ml de lodo industrial más dos volúmenes (1 L) de agua destilada y desionizada. La mezcla se dejó reposar por aproximadamente 12 h, posteriormente y después de agitar, se filtró a través de papel filtro Wattman # 3 usando un colador de plástico con un diámetro de 13 cm. La solución obtenida (Filtrado de lodo industrial) registró un pH de 8.56 y se utilizó para humedecer el papel Anchor previo a la siembra de las semilla y durante el experimento, correspondiente al tratamiento 2.

Parámetros Evaluados

Para determinar la capacidad de germinación a través del ensayo estándar se realizaron dos conteos, los cuáles variaron en número de días de acuerdo a la especie (Cuadro 3.2)

Cuadro 3.2 Días de conteo por especie en el ensayo de germinación estándar (Moreno, 1996).

Genotipo	Conteos (Días)	
	1ero.	2do.
Pepino	4	8
Calabaza	4	8
Chile	7	14
Maíz	4	7
Frijol	5	9

En el primer conteo se evaluaron plántulas normales y en el segundo conteo se evaluaron plántulas normales, plántulas anormales y semillas muertas.

Para determinar una semilla germinada se tomó el siguiente criterio: aquellas que reunieran las características morfológicas de una plántula normal: radícula, hipocotílo, plúmula (para gramíneas), cotiledon (es) bien desarrollados y además una velocidad y uniformidad en dicho desarrollo.

Plántulas Normales

Las plántulas normales demuestran el potencial para su desarrollo continuo hasta plantas satisfactorias cuando crecen en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Para ser clasificadas como plántulas normales deberán conformarse a una de las siguientes categorías:

1. Plántulas intactas, plántulas con todas las estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, en proporción y sanas.
2. Plántulas con ligeros defectos, plántulas demostrando ciertos defectos ligeros en sus estructuras esenciales, siempre y cuando demuestran un desarrollo satisfactorio y balanceado comparable a las plántulas intactas de la misma prueba.
3. Plántulas con infección secundaria, plántulas que son evidentes que se conforman con los puntos 1 y 2 ya mencionados, pero han sido afectados con hongos o bacterias de fuentes diferentes a las semillas de donde nacen.

Plántulas Anormales

Las plántulas anormales no demuestran el potencial de desarrollo para una planta normal cuando crecen en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Las plántulas clasificadas como anormales son:

1. Plántulas dañadas, plántulas con cualquier estructura esencial faltando o fuertemente e irreparablemente dañadas que su desarrollo balanceado no se puede esperar.
2. Plántulas deformes o desbalanceadas, plántulas con desarrollo débil u obstrucción fisiológica o en las cuales las estructuras esenciales están deformes o fuera de proporción.
3. Plántulas en descomposición, plántulas con cualquiera de sus partes esenciales enfermas o en descomposición como resultado de una infección primaria y que en su desarrollo normal es interrumpido.

Semillas Muertas

Semillas que al final del periodo del ensayo no son ni duras ni frescas y no han producido ninguna parte de una plántula.

Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño Completamente al Azar con 8 repeticiones de 50 semillas para calabaza, frijol y maíz y 4 repeticiones de 100 semillas para pepino y chile ancho.

El modelo estadístico es :

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

$$l = 1, \dots t$$

$$j = 1, \dots r$$

Donde :

Y_{ij} = Observaciones en las diferentes variables evaluadas.

μ = Media general.

$i = 1$ y 2 tratamientos.

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ y 8 repeticiones para semillas de calabaza, maíz y frijol.

1, 2, 3 y 4 repeticiones para semillas de pepino y chile ancho.

e_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento .

Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey para aquellas fuentes de variación que resultaron ser significativas al 0.1 y 0.05 de probabilidad.

Se realizaron transformaciones $\sqrt{\chi + 0.5}$ para aquellas observaciones donde el coeficiente de variación (C.V.) fue alto.

El paquete estadístico utilizado fue el SAS / STAT (Statistical Analysis System), Institute Inc. Cary N.C. (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación: Primer conteo de plántulas normales (PNPC) al cuarto día, plántulas normales al segundo conteo (PNSC), plántulas anormales (PA) y semillas muertas (SM).

Se observó para la variable PNPC diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la fuente de variación tratamientos. Los coeficientes de variación fueron 11.9 % y 9.1 % para PNPC y PNSC respectivamente, mientras que en PA fue de 21 % y en SM de 56.6%, siendo el más alto.

Los valores altos en los coeficientes de variación para PA y SM se deben principalmente a que en algunas repeticiones se obtuvieron valores de cero.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de frijol.

F.V.	G.L.	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TRATAMIENTOS	1	441.0**	156.25	1.61	1.90
ERROR	14	62.5	55.25	0.71	0.56
C.V. (%)		11.9	9.1	21.0	56.6

*,** =Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Al realizar la comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar (Cuadro 4.2), se observó que el número de PNPC presentó un valor superior y estadísticamente diferente para el tratamiento de filtrado con diferencia del 11 %.

En la variable PNSC, el testigo fue numéricamente mejor que el tratamiento con filtrado, ya que obtuvo 7 % más plántulas normales.

Por otra parte, en PA el testigo obtuvo 14 % y el filtrado 19 %, indicando que el filtrado tuvo un efecto negativo en cuanto al desarrollo de la plántula.

Asimismo 2 % más de semillas muertas, se observó en el tratamiento con filtrado.

Cuadro 4.2 Comparación de medias para variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de frijol.

TRATAMIENTO	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TESTIGO	61 b	85 a	14 a	1a
FILTRADO	72 a	78 a	19 a	3a

*Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).
 PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

En la Figura 4.1 se observa la respuesta obtenida en el ensayo de germinación estándar con respecto al número de plántulas normales, anormales y semillas muerta. El alto contenido de sales en el filtrado, aceleró inicialmente el proceso de germinación expresándose en un mayor número de plántulas normales al primer conteo (72 %). Sin embargo, al segundo conteo disminuyó, siendo clásico del efecto de sales en la germinación.



Figura 4.1 Efecto del filtrado y testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de frijol.

Greenway (1962) menciona que el síntoma más común causado por la salinidad en la mayoría de las especies es la reducción de la altura en su ritmo de crecimiento.

En el Cuadro 4.3 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para las variables evaluadas en semillas de calabaza evaluadas a los 4 y 8 días (PNPC y PNSC, respectivamente), así como Plántulas Anormales (PA) y Semillas Muertas (SM) evaluadas a los 8 días.

Para las variables Plántulas Normales al Primer Conteo (PNPC) y Plántulas Normales al Segundo Conteo (PNSC) se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la fuente de variación tratamientos, y significativas ($p \leq 0.05$) para SM. Los coeficientes de variación fueron de 8.6 % y 8 % para plántulas normales al primer y segundo conteo respectivamente, mientras que para plántulas anormales fue de 30.1 %, y semillas muertas 41.5 %. Los valores altos de los coeficientes de variación se deben probablemente a los rangos amplios de los datos y a los valores de cero obtenidos.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de calabaza.

F.V.	G.L	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TRATAMIENTO	1	600.25**	380.25	110.25	81.0*
ERROR	14	39.96	42.39	24.25	10.14
C.V. (%)		8.6	8	30.1	41.54

*,** =Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Al realizar la comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar y el efecto del filtrado del testigo (Cuadro 4.4), se observó que el por ciento de PNPC presentó el mayor valor para el tratamiento con filtrado con una diferencia del 12 % y de 9 % al segundo conteo (PNSC) como se muestra en la Figura 4.2.

Cuadro 4.4 Comparación de medias para variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de calabaza.

TRATAMIENTO	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TESTIGO	67 b	77 b	19 a	4 a
FILTRADO	79 a	86 a	14 a	0 b

*Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).

PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Para la variable SM se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, siendo 4 % mayor para el tratamiento testigo como se observa en la Figura 4.2.

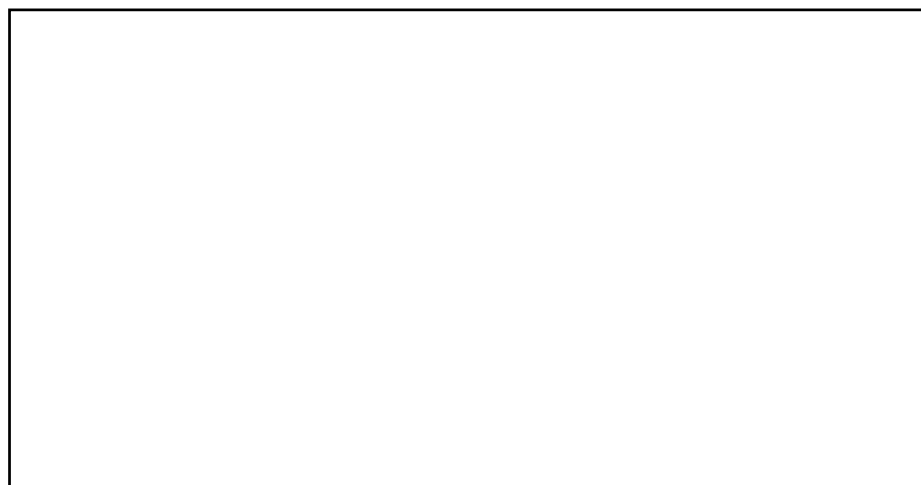


Figura 4.2 Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de calabaza.

Lo anterior coincide con Ashraf et al. (1986a y 1986b), indicando que el crecimiento radicular en fases tempranas en condiciones salinas puede ser un buen índice de tolerancia a la salinidad.

Por su parte Shannon (1979), indica que la capacidad para acumular sales en las vacuolas disminuye el potencial osmótico interno con el fin de mantener el gradiente de potencial osmótico y el potencial de turgencia necesarios para la elongación.

En el Cuadro 4.5 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación de semillas de maíz criollo, evaluadas a los 4 y 7 días (PNPC y PNSC), respectivamente así como Plántulas Anormales (PA) y Semillas Muertas (SM) evaluadas a los 8 día.

Para la variable Plántulas Normales al Primer Cuento (PNPC) se encontró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la fuente de variación tratamientos; mientras que las variables PNSC, PA y SM no presentaron significancia. Los coeficientes de variación fueron 20.9 % y 15.5 % para plántulas normales al primer y segundo conteo respectivamente; 52.9 % en plántulas anormales y 26.6 % en semillas muertas.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de maíz criollo.

F.V.	G.L.	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TRATAMIENTOS	1	109.9**	342.3	0.000071	5.40
ERROR	14	1.3	122.8	1.20	1.59
C.V.(%)		20.9	15.5	52.9	26.6

*,** =Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

PNCP = Plántulas Normales Primer Cuento; PNSC = Plántulas Normales Segundo Cuento; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Al realizar la comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de Germinación Estándar y el efecto del filtrado del testigo (Cuadro 4.6), se observó que la variable PNPC presentó el mayor valor para el tratamiento Testigo con diferencia del 55 % como se muestra en la Figura 4.3.

Mass *et al.* (1983) reportan que el maíz es tolerante a la salinidad en la germinación, pero es más sensible en la etapa de plántula que en la maduración o llenado de grano.

Cuadro 4.6 Comparación de medias para variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de maíz criollo.

TRATAMIENTO	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TESTIGO	64 a	76 a	5 a	19 a
FILTRADO	9 b	67 a	5 a	28 a

*Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).
PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

En la figura 4.3 se observa que el testigo aumentó 12 % entre el primer y segundo conteo en plántulas normales, mientras que el filtrado aceleró su germinación en el segundo conteo, alcanzando un incremento del 58 % en germinación para plántulas normales.

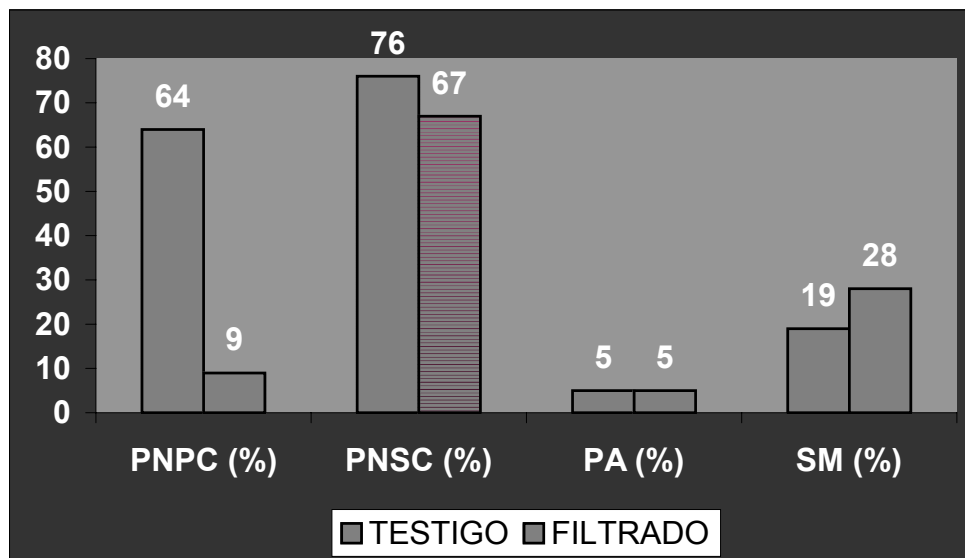


Figura 4.3 Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de maíz criollo.

Esto coincide con Mass y Hoffman (1977), quienes indican que en general, la germinación, la emergencia y el crecimiento de la plántula son los períodos más críticos de un cultivo.

Por su parte Flores *et al.* (1991) indica al evaluar tolerancia a la salinidad en avena forrajera (*Avena sativa*) en la etapa de germinación y plántula, encontraron que en general la etapa de germinación es más afectada que la de plántula.

En el Cuadro 4.7 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para las variables evaluadas en semillas de pepino al 4° y 8° día (PNPC y PNSC), respectivamente así como Plántulas Anormales (PA) evaluadas a los 8° día, al igual que Semillas Muertas (SM).

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las cuatro variables

Los coeficientes de variación fueron 1.7 % y 2.5 % para PNCP y PNSC respectivamente; 23.7% en plántulas anormales y 39.4 % en semillas muertas siendo el más alto.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de pepino.

F.V.	G.L.	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TRATAMIENTO	1	4.5	6.12	0.2718	0.0126
ERROR	6	2.16	5.45	0.2955	0.3301
C.V.(%)		1.7	2.5	23.7	39.4

*,** =Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Al realizar la comparación de medias para las variables evaluadas en el ensayo de Germinación Estándar y el efecto del filtrado y el testigo (Cuadro 4.7), se observó que las variables no presentaron diferencias significativas entre tratamientos como se muestra en la Figura 4. 4.

En general, la germinación, la emergencia y el crecimiento de la plántula son los períodos más críticos de un cultivo. La primera etapa, durante la cual éste se establece, es particularmente difícil, porque las semillas y las plántulas

están expuestas a concentraciones más altas de sal que a *posteriori* (Bernstein y Fireman, 1957; Mass y Hoffman, 1977)

Cuadro 4.8 Comparación de medias para variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de pepino.

TRATAMIENTO	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TESTIGO	87a	94a	4a	2a
FILTRADO	89a	92a	6a	2a

*Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).
PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

En la Figura 4.4 se puede observar que el testigo aumentó un 7 % del primer al segundo conteo finalizando con un 94 % de germinación, por su parte el filtrado aumentó un 5 % para plántulas normales finalizando con un 92 %, presentando así en el cultivo una tolerancia a la salinidad.



Figura 4.4 Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de pepino.

En relación a lo anterior, Shannon (1979) menciona que la tolerancia a la salinidad implica procesos de exclusión de sales basadas en la capacidad de la planta para acumular sales en sus vacuolas y así disminuir los potenciales osmóticos internos con el fin de mantener el gradiente de potencial osmótico y el potencial de turgencia necesarios para el alargamiento celular.

En el Cuadro 4.9 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para las variables evaluadas en semillas de chile ancho a los 7 y 14 días (PNPC y PNSC, respectivamente) así como Plántulas Anormales (PA) evaluadas a los 7 días, al igual que Semillas Muertas (SM).

Para la variable Plántulas Normales al Primer Conteo (PNPC), se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la fuente de variación tratamientos; mientras que las variables Plántulas Normales al Segundo Conteo, Plántulas Anormales (PA) y Semillas Muertas (SM) no representaron significancia. Los coeficientes de variación fueron 14.9 % y 6.3 % para plántulas normales al primer y segundo conteo respectivamente; 13.66 en plántulas anormales y 14.8 % en semillas muertas.

Cuadro 4.9 Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de chile ancho.

F.V.	G.L.	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TRATAMIENTO	1	435.12*	8	0.0551	0.0274
ERROR	6	61.12	22.66	0.2344	0.2649
C.V. (%)		14.9	6.3	13.66	14.9

*,** =Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Al realizar la comparación de medias para las variables en el ensayo de germinación estándar y el efecto del filtrado y el testigo (Cuadro 4.10), se observó que el por ciento de Plántulas Normales al Primer Conteo (PNPC) presentó el mayor valor en el testigo con diferencias del 15 % a los 7 días como se muestra en la Figura 4.5.

Cuadro 4.10 Comparación de Medias para variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de chile ancho.

TRATAMIENTO	PNPC (%)	PNSC (%)	PA (%)	SM (%)
TESTIGO	60 a	75 a	13 a	12 a
FILTRADO	45 b	77 a	12 a	11 a

*Medias con las misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

PNCP = Plántulas Normales Primer Conteo; PNSC = Plántulas Normales Segundo Conteo; PA = Plántulas Anormales; SM = Semillas Muertas.

Ramírez *et al.* (1990) al evaluar diferentes cultivos probando sales combinadas encontraron que las sales simples tienen un efecto diferenciado en la germinación de semillas, además que se alargan los días para la germinación.

En la Figura 4.5 observamos la respuesta obtenida en el ensayo de germinación estándar con respecto al número de plántulas normales, anormales y semillas muertas. El alto contenido de sales en el filtrado manifestó un porcentaje de germinación menor respecto al testigo (45 %) para plántulas normales al primer conteo; mientras que para el segundo conteo, recupera su ritmo de crecimiento alcanzando un 77 % de germinación superando al testigo en un 2 %. También podemos observar que para plántulas anormales (PA) y semillas muertas, el testigo fue mayor al filtrado.



Figura 4.5 Efecto del Filtrado y Testigo en las variables evaluadas en el ensayo de germinación estándar en semillas de chile ancho.

Esto coincide con Ashraf *et al.* (1986a, 1986b) indicando que el crecimiento radicular en condiciones salinas puede ser un buen índice de tolerancia a la salinidad.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio en las que se desarrolló la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La semilla de calabaza mostró un comportamiento superior y estadísticamente diferente ante el alto contenido de sales en el filtrado, con un 86 % con respecto al testigo que obtuvo 77% de poder germinativo.
2. Las especies que mostraron una aceleración en la germinación al primer conteo con el filtrado de lodos industriales fueron fríjol, calabaza y pepino.
3. El contenido de sales en el filtrado mostró un efecto negativo en el poder germinativo en las especies de fríjol, pepino y maíz criollo al segundo conteo.
4. Para la variable plántulas anormales (PA) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo numéricamente la concentración de sales en el filtrado presentó

efectos negativos en las especies de fríjol y pepino con un 19 % y 6 %, respectivamente.

5. Para la variable semillas muertas (SM), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, se observó que la alta concentración de sales del filtrado afectó negativamente las semillas de maíz criollo, incrementando a 28 el por ciento de semillas muertas en comparación al testigo quien obtuvo un 19 por ciento.
6. Se identificaron diferencias entre especies, encontrando que el filtrado de lodos industriales, mejoró el porcentaje de germinación en semillas de calabaza, indicando que es una especie que tolera condiciones salinas durante el proceso de germinación y emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves, N.E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. Estado de México.
- Aceves, A. 1981. Los terrenos en salitrados y los Métodos para su recuperación Tomo I, II. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. Edo. México.
- Bernstein, L. and H. E. Hayward. 1985. Physiology of salt tolerance. Annual Review of Plant Physiology. United States of America. Vol. 9; 25-46.
- Ashraf M., T. Mcneilly, D. Bradshaw A. 1986a. The potential for evolution of salt (NaCl) tolerance in seven grass species. *New Phytologist* 103 (2): 299-309.
- Ashraf M., T. Mcneilly, D. Bradshaw A. 1986b. The response of selected salt-tolerant and normal lines of four grass species to NaCl in sand culture. *New Phytologist* 104(3): 453-461.
- Benavides, M. A. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del estrés en Plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. p. 153
- Bernstein, L. and M. Fireman. 1957. Laboratory studies on salt distribution in furrow-irrigated soil with special reference to the pre-emergence period. *Soil Sci.* 83: 240-263.
- Biezel, M. L. 1994. Cellular mechanisms of Salt tolerance in plant cells. *Horticultural Reviews.* United States of America. 6: 33-39.
- Bohnert H. J. and R. G. Jensen. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance-the next step. *Aust. J. Plant Physiol.* 23, 661-667.
- Carmona, L. M. 2003. Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Comentarios y concordancia. Procuraduría General de Protección al Ambiente, Universidad Autónoma de México. D. F. México. p. 549.

- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minnesota. United States of America. pp. 120-144.
- Cramer G.R. 1994. Response of maize (*Zea mays* L.) to salinity. In M. Pessarakli, ed. Handbook of Plant and Soil Stresses, pp. 449-459. New York, NY, USA. M. Dekker.
- Delouche, J.C. 1964. Seed Dormancy. Seed Technology. Laboratory Mississippi State University. Mississippi State, Mississippi, U.S.A.
- Estrada, L. F. 1995. Evaluación de la salinidad en cinco especies del género *Lycopersicon* en la etapa de desarrollo y tres especies en la etapa de germinación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Flores, O., A., U. Figueroa V.; Macias H. G. 1991. Tolerancia a la salinidad de variedades de Alfalfa en las etapas de germinación y plántula. XXIV Congreso Nacional de las Ciencias del suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991. p.122.
- Flowers, T. J. 1985. Physiology of halophytes. Plant and Soil 89: 41-56. The Netherlands.
- Fowler D.B. and J. W. Hamm. 1980. Crop Response to Saline Soil Conditions in the Parkland Area of Saskatchewan. Can J. Soil., 60(3), 439-449.
- García V., D. 1992. Efecto de la salinidad sobre la germinación y emergencia de tres especies de *Atriplex*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Gorham, J., R. G. Wyn Jones and E. McDonnell. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant and Soil 89:15-40. The Netherlands.
- Greenway H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non Halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 31, 149-190. United States of America.
- Hasegawa, P.M., R. A. Bressan and A.K. Handa. 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. Hort Science. 21(6): 1317-1324. United States of America.
- Hilal M, A. M. Zenoff, G. Poressa, H. Moreno, E. D. Massa. 1998. Saline stress

alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidase expression in developing soybean roots. *Plant Physiol.* 117, 695-701.

International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International rules for seed testing seed *Sci. and Technol.* Vol. 24. pp. 45-47.

Jann, R. C. and R. D. Amen. 1977. What is germination?. In the physiology and biochemistry of seed germination, A.A. Khan, Ed. Amsterdam: North-Holland Publishing Co., pp. 7-28.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environment stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses, 2nd ed. Academic Press, New York, N.Y.

Martínez Raya. 1996. Contaminación del suelo. En línea:
www.thema12/salinización/Efectos.htm

Mass, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.*, ASCE 103: 115-134.

Mass, E. V., G.L. Hoffman, G. D. Chaba, J. A. Poss, and M. C. Shannon, 1983. Salt sensitivity of corn at various growth stages. *Irrig. Sci.* 4, 45-47.

Mayer, A. M and A. Poljakoff-Mayber. 1982. The germination of seed. 4a ed. Pergamon Press Ltd. New York.

Moreira de C., N. y J. Nakayawa. 1988. Semillas: Ciencia, tecnología y producción. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, S. R. L. Montevideo, Uruguay. p. 406.

Musito R. N. 2003. Genotipos de maíz tolerantes a salinidad, un estudio preliminar para iniciar un programa de selección. Tesis Maestro en ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. pp. 5-17.

Olmedo, B., E. Robledo S., C. Cajuste L. 1991. Estudio de la Tolerancia a la Salinidad de 8 Variedades de Fríjol. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991.

Osorio, 1995. determinación de la tolerancia de la *Kochia scorpia* (L.) a tres tipos de sales y cinco presiones osmóticas en su etapa de germinación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Altillo, Coah. México. 79 p.

Padrón C. E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicación a la Agricultura y

Ganadería. Ed. Trillas. p. 215.

- Pargas L.R. 1999. Evaluación de Genotipos de Maíz con Diferentes niveles de Salinidad en Localidades y Laboratorio. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 87p.
- Peña, I. 1980. Salinidad de los Suelos Agrícolas, su Origen, Clasificación, Prevención y Rehabilitación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. pp. 372-374.
- Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. INTA. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 281.
- Pollock, B. M. y V. K. Toole. 1962. Postmaduración, periodo de reposo y latencia en semillas. USDA. Ed. Cia. Ed. Cont., S. A. México. pp. 201-212.
- Pizarro, F. 1985. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos 2da. Ed. Agrícola Española, S. A. Madrid España.
- Ramírez, M., O.M., M. Ortega E., J. L. Rodríguez R., C. Ramírez A., J. L. Rone P. 1990. Determinación Experimental de la Capacidad Germinativa de Algunos Cultivos Agrícolas en Soluciones Salinas de Diferentes Concentraciones Total y composición Cualitativa. Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Montecillo, Edo. de México. 236 p.
- Rojas, G., M. 1959. Principios de Fisiología. Universidad Autónoma de México. D.F. México. p.103-171.
- Shannon M.C. 1979. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerances. Hort Science 14 (5), 587-589.
- Shimper, 1903. Contaminación del suelo. En línea:
www.thema12/salinización/Efectos.htm
- Shymony, 1973. Responses of plants to environmental stresses. Vol LI. Ed. Academic Press, U.S.A
- Sonneveld C. and C. Kreij. 1999. Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salt in the root environment. Plant Soil. 209, 47-56.
- Staples, R. S. and Toenniessen, G. H. 1984. Salinity tolerance in plants. Ed. Wiley-Interscience publication, U.S.A.

- Szabolcs, I. 1979. Review of research on salt affected soil. UNESCO, París, Francia.
- USDA. 1987. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ta. Ed. Limusa, México.
- Winicov, I. 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crops plants. *Ann Bot.* 82, 703-710.
- Valadéz R., M. 1991. La calidad en semilla de maíz bajo dos condiciones de manejo en distintas etapas del periodo de llenado de grano. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p.74
- Vega, G. J. 1979. Curso de uso y manejo de agua. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N. L. México.
- Yeo, A. R. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *J. Exp. Bot.* 49, 915-929.