



Evaluación de germinación y vigor in vitro de 130 maíces de San Luis Potosí en condiciones de estrés hídrico y salino by Marcos Loredo García is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN DE GERMINACIÓN Y VIGOR *IN VITRO* DE 130 MAICES DE SAN
LUIS POTOSÍ EN CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO

Por:

I.A.F. Marcos Loredó García

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN DE GERMINACIÓN Y VIGOR *IN VITRO* DE 130 MAICES DE SAN
LUIS POTOSÍ EN CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO

Por:

I.A.F. Marcos Loredo García

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias

Director de Tesis:

Dr. Pablo Delgado Sánchez

Asesores:

Dra. María de la Luz Guerrero González

Dr. Hugo Magdaleno Ramírez Tobías

Dr. Francisco Javier Morales Flores

El trabajo titulado “**Evaluación de germinación y vigor *in vitro* de 130 maíces de san luis potosí en condiciones de estrés hídrico y salino**” fue realizado por el I.A.F. Marcos Loredó García como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Pablo Delgado Sánchez

Director

Dra. María de la Luz Guerrero González

Asesora

Dra. Hugo Magdaleno Ramírez Tobías

Asesor

Dra. Francisco Javier Morales Flores

Asesor externo

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. a 21 días del mes de agosto del 2023.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Marcos y María Elena quienes me dieron amor, valores, apoyo y educación, quienes son mi inspiración y les debo mi espíritu científico, gracias por sus consejos he logrado llegar a esta instancia y ser quien soy.

A mis hermanas Elizabeth y Berenice quienes siempre fueron un gran apoyo emocional durante mi trabajo de investigación, gracias por ser parte fundamental de toda mi carrera.

A mi novia Estefany quien siempre me mostro su apoyo incondicional, apoyándome durante mi trabajo de investigación y quien siempre me alienta para continuar luchando por los objetivos que me propongo hasta lograr mis metas, quien siempre demuestra estar conmigo.

A mis abuelos Pedro García, Guillermina Arreola y Evarista Loredó con quienes siempre estaré agradecido por los padres que me dieron y quienes siempre me cuidaron con sus oraciones.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a mi familia por siempre estar presentes, son mi motor de vida para lograr mis objetivos.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en especial a la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Al CONAHCyT por la beca otorgada (1143615) para concluir satisfactoriamente el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias.

Mi profundo agradecimiento al Laboratorio de Biotecnología a cargo del Dr. Pablo Delgado Sánchez y la Dr. María de la Luz Guerrero, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo proceso de investigación dentro del laboratorio, por enseñarme bioquímica y biotecnología, y poder observar más a detalle los funcionamientos de las plantas y la importancia que tiene la investigación para el ser humano.

Al Dr. Francisco Javier Morales Flores por haberme ayudado a mi formación como maestro en ciencias agropecuarias, por confiar en mí y compartir su conocimiento en poder realizar el análisis de datos correcto, así como su interpretación.

Finalmente quiero agradecer a mi familia y amigos Estefany, Berenice, Marcos, Mega, Ely y compañeros de laboratorio por apoyarme sin ningún interés en mi trabajo de investigación, sin ustedes no habría podido terminar esta investigación.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
Hipótesis:	¡Error! Marcador no definido.
Objetivo General:.....	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos Específicos:	¡Error! Marcador no definido.
REVISIÓN DE LITERATURA	¡Error! Marcador no definido.
Historia del Maíz.....	¡Error! Marcador no definido.
Descripción Botánica	¡Error! Marcador no definido.
Estructura de la planta.....	¡Error! Marcador no definido.
Estructura de grano	¡Error! Marcador no definido.
Plántula	¡Error! Marcador no definido.
Importancia de Maíz	¡Error! Marcador no definido.
Producción de Maíz en México	¡Error! Marcador no definido.
Maíz Nativo	¡Error! Marcador no definido.
Razas de Maíz.....	¡Error! Marcador no definido.
Maíz en San Luis Potosí	¡Error! Marcador no definido.
Estrés Abiótico.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 1	¡Error! Marcador no definido.
SEQUIA.....	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	¡Error! Marcador no definido.
Estrés por sequía	¡Error! Marcador no definido.
Materiales y Métodos.....	¡Error! Marcador no definido.
Localización del experimento	¡Error! Marcador no definido.
Material	¡Error! Marcador no definido.
Establecimiento del experimento	¡Error! Marcador no definido.
Variables de estudio	¡Error! Marcador no definido.

Análisis estadístico.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados y Discusión.....	¡Error! Marcador no definido.
Germinación a los 30 días bajo estrés hídrico.....	¡Error! Marcador no definido.
Vigor a los 30 días bajo estrés hídrico	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de formación de grupos y componentes principales con estratificación optimizada de estrés hídrico a -1 MPa.....	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de formación de grupos y componentes principales con estratificación optimizada de estrés hídrico a -1.5 MPa.....	¡Error! Marcador no definido.
REFERENCIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 2.....	¡Error! Marcador no definido.
SALINIDAD.....	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	¡Error! Marcador no definido.
Estrés por salinidad	¡Error! Marcador no definido.
Materiales y Métodos.....	¡Error! Marcador no definido.
Localización del experimento	¡Error! Marcador no definido.
Material	¡Error! Marcador no definido.
Establecimiento del experimento	¡Error! Marcador no definido.
Variables de estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
Análisis estadístico.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultados y Discusión.....	¡Error! Marcador no definido.
Germinación a los 15 días.....	¡Error! Marcador no definido.
Vigor de las plántulas de maíz a los 15 días bajo estrés salino	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de formación de grupos y componentes principales con estratificación optimizada de estrés salino a 150mM de NaCl.....	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de formación de grupos y componentes principales con estratificación optimizada de sin estrés (0 MPa).....	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES	¡Error! Marcador no definido.
REFERENCIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Maíz y Teocintle A) izquierda maíz, derecha teocintle (muestra diferencia en las ramificaciones laterales B) comparación de la espiga Fuente: modificado del trabajo de Lauter y Doebley (2002).....	6
2	Descripción botánica de maíz.....	9
3	Partes de semilla de maíz.....	11
4	Germinación de maíz (coleoptilo, radícula y raíces seminales).....	12
5	Plántula de maíz (coleoptilo, mesocotilo, radícula y raíces seminales).....	13
6	Origen de raza de materiales evaluadas de San Luis Potosí.....	22
7	Análisis de árbol con formación de grupos similares con 112 accesiones en condiciones de estrés hídrico (-1 MPa).....	32
8	Análisis de árbol con formación de grupos similares con 73 accesiones en condiciones de estrés hídrico (-1 MPa).....	34
9	Fotografías de accesiones más sobresalientes en tratamientos de estrés por sequía, la accesion CIMMYT 655 fue la mejor en germinación, coleoptilo, mesocotilo a -1.5 MPa y la mejor radícula junto con la CIMMYT 2292 a -1 MPa. La CIMMYT 21343 fue la mejor en número de raíces seminales a -1 MPa. En peso fresco CIMMYT 2291 y peso seco la CIMMYT 23627.....	35
10	Análisis de árbol con formación de grupos similares con 130 accesiones de maíz en condiciones de estrés salino (150mM de NaCl)...	52
11	Análisis de árbol con formación de grupos similares con 130 accesiones de maíz en condiciones de sin estrés (0 MPa).....	54
12	Fotografías de las accesiones más sobresalientes en tratamientos de estrés por salinidad, la accesion CIMMYT 433 y CIMMYT 658 fueron las mejores en germinación y mesocotilo, la CYMMYT 658 en coleoptilo y la mejor radícula la CIMMYT 2292. La CIMMYT 2290 fue la mejor en peso seco.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción taxonómica de maíz (<i>Zea Mays</i> L.).....	7
2	Materiales de maíz del Estado San Luis Potosí.....	23
3	Probabilidad de igualdad de la germinación a los 30 días.....	26
4	Cuadrados medios de fuentes de variación y variables evaluadas a los 30 días de las 130 accesiones bajo tratamiento -1 MPa y 1.5 MPa.....	30
5	Promedios por grupos de los 16 grupos obtenidos con el análisis de formación de grupos similares para 112 accesiones germinadas en condiciones de estrés hídrico (-1 MPa).....	32
6	Promedios por grupos de los 9 grupos obtenidos con el análisis de formación de grupos similares para 73 accesiones germinadas en condiciones de estrés hídrico (-1.5 MPa).....	34
7	Cuadrados medios, error, coeficiente de variación y significancia estadística de Porcentaje de germinación a los 15 días de las 130 accesiones bajo los 4 tratamientos.....	49
8	Cuadrados medios de fuentes de variación y variables evaluadas a los 15 días de las 130 accesiones bajo tratamiento 0 MPa y 150mM de NaCl.....	51
9	Promedios por grupos de los 18 grupos obtenidos con el análisis de formación de grupos similares con 130 accesiones en condiciones de estrés salino (150mM de NaCl).....	53
10	Promedios por grupos de los 20 grupos obtenidos con el análisis de formación de grupos similares con 130 accesiones en condiciones sin estrés (0 MPa).....	55

RESUMEN

La producción de maíz requiere de poblaciones homogéneas para su establecimiento con características de buena germinación y vigor, la cual suele verse afectada a distintos tipos de estrés. El maíz nativo ha sido conservado y resguardado por agricultores, y ha adquirido ciertas características de tolerancia a factores abióticos, mismas que se pueden utilizar para fines de mejoramiento genético. En la presente investigación, se evaluaron 130 accesiones de maíz (*Zea Mays* L.) de San Luis Potosí bajo condiciones de estrés hídrico, simulado con polietilenglicol 8000 (PEG800) a dos concentraciones (-1MPa y -1.5MPa) y salino por cloruro de sodio (NaCl) a 150mM. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Se seleccionó las accesiones con mejores características morfológicas (longitud de coleoptilo, mesocotilo, radícula, número de raíces, peso seco, peso fresco) y de germinación tolerantes a estrés hídrico y salino. El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas entre las accesiones para todas las variables evaluadas de igual manera para los tratamientos y la interacción entre ambos, lo cual indica gran variabilidad genética entre ellas. Así mismo se realizó un análisis de grupos y una estratificación optimizada para clasificar los datos obtenidos. Las accesiones sobresalientes en estrés hídrico (-1MPa) fue CIMMYT 21343 con 90% de germinación, la cual es de la raza ratón, a -1.5 MPa la CIMMYT 655 con 80% de germinación y de raza Celaya, para estrés salino las acciones CIMMYT 433 y CIMMYT 658 con un 83 y 80% de germinación de raza Tuxpeño y raza Olotillo respectivamente, mismas que pueden utilizarse en programas de mejoramiento genético para tolerancia a sequía y salinidad en las distintas regiones de San Luis Potosí.

Palabras clave: maíz, estrés hídrico, estrés salino

SUMMARY

Maize production requires homogeneous populations for its establishment with characteristics of good germination and vigor, which is usually affected by different types of stress. The native maize has been conserved and protected by the farmer, and has acquired certain characteristics of tolerance to abiotic factors, the same ones that can be used for genetic improvement purposes. In the present investigation, 130 accessions of maize (*Zea Mays* L.) from San Luis Potosí were evaluated under conditions of water stress, simulated with polyethylene glycol 8000 (PEG800) at two concentrations (-1MPa and -1.5MPa) and saline by chloride of sodium (NaCl) at 150 mM. A completely randomized design with five repetitions was used. The accessions with the best morphological characteristics (length of coleoptile, mesocotyl, radicle, number of roots, dry weight, fresh weight) and germination tolerant to water and saline stress are selected. The analysis of variance detects significant statistical differences between the accessions for all the variables evaluated in the same way for the treatments and the interaction between them, which indicates a great genetic load between them. Likewise, an analysis of groups and an optimized stratification were carried out to classify the data obtained. The outstanding accessions in water stress (-1MPa) were CIMMYT 21343 with 90% germination, which is of the rat race, at -1.5 MPa CIMMYT 655 with 80% germination and of the Celaya race, for saline stress the CIMMYT actions 433 and CIMMYT 658 with 83 and 80% germination of the Tuxpeño race and the Olotillo race respectively, the same ones that can be used in genetic improvement programs for tolerance to drought and salinity in the different regions of San Luis Potosí.

Keywords: maize, water stress, saline stress

