



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

**TOLERANCIA A SALINIDAD DE MAÍZ Y SORGO
FORRAJEROS EN ETAPA DE GERMINACIÓN**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
EN ZONAS ÁRIDAS**

**PRESENTA:
MÓNICA YOLANDA SANTIAGO RAFAEL**

**BAJO LA SUPERVISIÓN DE:
DR. JESÚS G. ARREOLA ÁVILA.**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Mayo, 2019

Bermejillo, Durango, México



**TOLERANCIA A SALINIDAD DE MAÍZ Y SORGO FORRAJEROS EN LA
ETAPA DE GERMINACIÓN**

Tesis realizada por **Mónica Yolanda Santiago Rafael** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

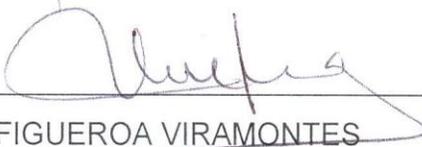
**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS.**

DIRECTOR:



DR. JESÚS GUADALUPE ARREOLA ÁVILA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO - URUZA

CO-DIRECTOR:



DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NORTE. INIFAP

ASESOR:



DR. JOSÉ ANTONIO CUETO WONG
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NORTE. INIFAP

DEDICATORIA

Primeramente a **Dios**, que me permite día con día contemplar lo bello de la vida, la familia que me ha prestado y por cada uno de los aprendizajes obtenidos.

A **mis padres** por tanto amor y quienes me demostraron que no hay obstáculo más grande que la voluntad y con su gran experiencia enseñaron que las metas se alcanzan con decisión, valor, amor y humildad.

A mis **hijos** y **sobrinos** a quienes amo con todo mí ser y se convirtieron en el motor más grande para emprender y afrontar cada nuevo reto.

A mis **hermanos** así como mi cuñada **Erika**, los que nunca me han dejado sola, sobre todo en mis peores momentos y por estar presentes en los más importantes compartiendo su felicidad conmigo.

A mis **amigos** quienes han sido parte fundamental en cada etapa dentro de mi estancia en esta vida.

A las **familias Ávila Villa, Iñiguez, Valdez Ibarra y Varela Iñiguez** por abrigarme dentro de su seno familiar como una integrante más de ellos y por todo el apoyo y cariño recibido.

Toda persona que a lo largo de mi estancia en **URUZA** logré conocer más allá de escritorios y aulas, por los grandes o pequeños momentos compartidos porque de ellos obtuve grandes enseñanzas y alegrías.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente y por la gran familia que en ella encontré.

A la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas por permitirme continuar en el camino del conocimiento para mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento y apoyo recibido para realizar los estudios de posgrado.

Al comité asesor que me apoyaron en la investigación presentada en este documento. Dr. José Guadalupe Arreola, Dr. Uriel Figueroa Viramontes y Dr. José Antonio Cueto Wong por todos los conocimientos, consejos y apoyos recibidos.

Al Centro de Investigación Regional del Norte INIFAP, por facilitar la obtención del material vegetal utilizado.

En especial al M. C. Ramón Hernández Salgado, Dr. Aurelio Pedroza Sandoval, Dr. Ricardo Trejo Calzada, M. C. Alondra Campos Villarreal, M.C. Cayetano Navarrete Molina, M. C. Alejandra Cabrera, Q.F.B. Mariana Zamarripa, Ing. Adrián Nevarez, M. C. María B. Miranda y al personal administrativo y académico de URUZA por el acompañamiento, asesoría, apoyo y amistad durante mi estancia en el programa de posgrado.

A los estudiantes de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio por su valiosa colaboración en la fase de laboratorio.

DATOS BIOGRÁFICOS



Nombre: **Mónica Yolanda Santiago Rafael**

Nacionalidad Mexicana.

Fecha de nacimiento: 9 de agosto de 1979.

Lugar De Nacimiento: Cd. Nezahualcoyotl, Edo. de México.

CURP: SARM790809MMCNFN00

Cédula profesional: 3633514

Desarrollo académico:

Bachillerato: Preparatoria Agrícola Universidad Autónoma Chapingo.

Licenciatura: Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas – Universidad Autónoma Chapingo

De profesión Ingeniero Agrónomo en Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas por la Universidad Autónoma Chapingo, egresada en el año 2001, obteniendo el grado de licenciatura con la tesis titulada “Efecto del color del acolchado y nivel de agua aplicado sobre el rendimiento y absorción de macronutrientes en sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) bajo riego por goteo-cinta” en el año 2002, dirigida por la M.C. María del Carmen Potisek Talavera.

La experiencia profesional obtenida ha sido en la ejecución de distintos programas sociales para la población rural emitidos por la SAGARPA.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DATOS BIOGRÁFICOS.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE APÉNDICES	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUCCIÓN.....	13
2 Justificación.....	15
3 objetivo general	15
3.1 Objetivo específico	15
4 Hipótesis	15
5 Revisión de literatura	16
5.1 Degradación del suelo: Salinidad	16
5.1.1 Salinidad en el mundo.....	16
5.1.2 Salinidad en México	17
5.1.3 Salinidad en la Comarca Lagunera	18
5.1.4 Salinidad en las plantas	18
5.2 Germinación	19

5.2.1	Porcentaje de germinación.....	20
5.3	Imbibición.....	20
5.4	Daños fisiológicos por salinidad.....	20
5.5	Maíz forrajero.....	22
5.6	Sorgo forrajero.....	23
5.6.1	Maíz y sorgo forrajeros en la Comarca Lagunera	24
6	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
6.1	Ubicación del experimento.....	25
6.2	Desarrollo del experimento	25
6.3	Variables.....	26
6.4	Análisis estadístico	29
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
7.1	Incremento en peso por imbibición	29
7.2	Porcentaje de imbibición.....	31
7.3	Porcentaje de germinación	33
7.4	Peso fresco total	36
7.5	Peso seco total	37
7.6	Peso seco de semilla.....	39
7.7	Peso seco de raíz	41
7.8	Peso seco de parte aérea.....	42
7.9	Porcentaje de materia seca	44
8	CONCLUSIONES	46

9	Literatura citada.....	47
10	APÉNDICE.....	52

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Aumento de conductividad eléctrica por tratamiento.....	26
-----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Híbridos de maíz con mayor y menor Incremento en peso por imbibición para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	30
Figura 2.	Híbridos de sorgo con mayor y menor peso por imbibición por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	30
Figura 3.	Híbridos de maíz con mayor y menor porcentaje de imbibición para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	32
Figura 4.	Híbridos de sorgo con mayor y menor peso porcentaje de imbibición por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	33
Figura 5.	Híbridos de maíz con mayor y menor peso porcentaje de germinación para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	34
Figura 6.	Híbridos de sorgo con mayor y menor porcentaje de germinación por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	35
Figura 7.	Híbridos de maíz con mayor y menor peso fresco total para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	36
Figura 8.	Híbridos de sorgo con mayor y menor peso fresco total cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	37
Figura 9.	Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco total para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	38

Figura 10. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso seco final por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.	38
Figura 11. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco de semilla para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	40
Figura 12. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso seco de semilla por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	40
Figura 13. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco de raíz para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.	41
Figura 14. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso seco de raíz por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.	42
Figura 15. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco parte aérea para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	43
Figura 16. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso parte aérea por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.	43
Figura 17. Híbridos de maíz con mayor y menor porcentaje de materia seca para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	44
Figura 18. Híbridos de sorgo con mayor y menor porcentaje de materia seca por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.....	45

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Incremento en peso por imbibición en híbridos de maíz en cada nivel de salinidad.....	52
Apéndice 2. Porcentaje de imbibición en híbridos de maíz en cada nivel de salinidad.....	53
Apéndice 3. Porcentaje de germinación en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.....	54
Apéndice 4. Peso fresco total en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.....	55

Apéndice 5. Peso seco final en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad. .	56
Apéndice 6. Peso seco de semilla en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.	57
Apéndice 7. Peso seco de raíz en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.	58
Apéndice 8. Peso seco de parte aérea en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.....	59
Apéndice 9. Porcentaje de materia seca en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.....	60
Apéndice 10. Porcentaje de germinación en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.....	61
Apéndice 11. Incremento en peso por imbibición en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.	62
Apéndice 12. Promedio porcentaje imbibición en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.....	63
Apéndice 13. Peso fresco total en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.	64
Apéndice 14. Peso seco total en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.	65
Apéndice 15. Peso seco semilla en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.	66
Apéndice 16. Peso seco raíz en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.	67
Apéndice 17. Peso seco de parte aérea en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.....	68
Apéndice 18. Porcentaje de materia seca en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.....	69

RESUMEN¹

Tolerancia a salinidad de maíz y sorgo forrajeros en etapa de germinación

La degradación del suelo, el abatimiento de mantos acuíferos y las fertilizaciones edáficas, en los sistemas de producción agrícola, favorecen el incremento de la salinidad. El presente estudio se realizó para evaluar la tolerancia a estrés salino en la etapa de germinación de 47 híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) certificados y 13 híbridos de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* L.) en la Comarca Lagunera. Se evaluaron las respuestas morfológicas de estos genotipos sometidos a cinco niveles de salinidad (0.0, 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹ para maíz y 0.0, 3.0, 6.0, 9.0 y 12.0 dS m⁻¹ para sorgo) durante ocho días de crecimiento bajo condiciones de laboratorio; mediante el análisis de varianza y la comparación de medias por Tukey, $\alpha = 5\%$. El porcentaje de germinación, imbibición y el incremento en peso fresco, disminuyeron significativamente ($P \leq 0.05$) al incrementar el nivel de salinidad. Bajo condición salina de 6.0 dS m⁻¹, 8521-BG mostró un incremento en peso por imbibición de 4.87 g y peso seco de raíz de 0.82 g; 7010-PCH, ABASOLO317, CROPLAN9105W, ANTILOPEY presentaron 100 % de germinación; SYN914W mostró un porcentaje de imbibición de 138.81 %; mientras que CROPLAN7017Y mostró el mayor peso fresco (9.82 g) y peso seco (4.07 g). El mayor peso seco de semilla (3.89 g) y porcentaje de materia seca (57.75 %) lo presentó el híbrido 302, mientras que el mayor peso seco de parte aérea (0.27 g) se observó en BERRENDO. Los genotipos de sorgo con mejor respuesta al tratamiento de 12.0 dS m⁻¹ fueron A545xR15 con incremento en peso por imbibición y porcentaje de germinación de 0.518 g y 93.33 %, respectivamente. A535xR43 con porcentaje de imbibición de 171.39 %, STABLERO con mayor peso fresco (1.11 g), peso seco final total (0.307 g), peso seco de semilla (0.223 g), peso seco de raíz (0.039 g) y parte aérea (0.045 g), mientras que en materia seca, SF83008 presentó 39.43 %.

Palabras clave: híbridos, *Zea mays* L, *Sorghum vulgare* L, salinidad, respuestas morfogénicas.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Santiago Rafael Mónica Yolanda.
Director de Tesis: Arreola Ávila Jesús Guadalupe.

ABSTRACT¹

The soil degradation, the aquifers abatement and the edaphic fertilizations in the systems of agricultural production, favors the salinity increment. The present study was carried out to evaluate the salinity stress tolerance in the germination stage of 47 certificate hybrids of forage maize (*Zea mays* L) and 13 hybrids of forage sorghum (*Sorghum vulgare* L) in the Comarca Lagunera. morphogenic responses of these genotypes were evaluated in five salinity levels (0.0, 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹ for maize and 0.0, 3.0, 6.0, 9.0 y 12.0 dS m⁻¹ for sorghum), during eight growth days under in laboratory conditions, using variance analysis and the Tukey's comparison test $\alpha = 5\%$. Germination percentage, imbibition and wet weight increment, decreased significantly ($P \leq 0.05$) with the salinity level increment. In salinity condition of 6.0 dS m⁻¹, 8521-BG showed an increment in weight due to imbibition of 4.87 g and dry weight of 0.82 g; 7010-PCH, ABASOLO317, CROPLAN9105W, ANTILOPEY presented 100 % of germination; SYN914W presented 138.81 % imbibition percentage; while CROPLAN7017Y showed the highest wet weight (9.82 g) and dry weight (4.07 g). The highest dry weight of seed (3.89 g) and percentage of dry matter (57.75%) was observed in the 302 hybrid, while the highest aerial dry weight (0.27 g) was observed in BERRENDO. The sorghum genotype with best response to 12.0 dS m⁻¹ treatment, was A545xR15, with increment in weight, due to imbibition and percentage of germination of 0.518 g y 93.33 %, respectively. A535xR43 presented imbibition percentage of 171.39 %, STABLERO the highest wet weight (1.11 g), total dry weight final (0.307 g), dry weight seed (0.223 g), dry weight root (0.039) and aerial part (0.045 g), while in the percentage of dry matter SF83008 was the best.

Key words: hybrids, *Zea mays* L, *Sorghum vulgare* L, salinity, morphologic responses.

¹ Thesis of Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Santiago Rafael Mónica Yolanda.
Advisor: Arreola Ávila Jesús Guadalupe.

1 INTRODUCCIÓN

La salinidad consiste en la acumulación de sales de calcio, magnesio, sodio, carbonatos y sulfatos en la capa superficial del suelo, esta forma de degradación edáfica es el resultado de la combinación de procesos naturales y los inducidos por el hombre (FAO y GTIS, 2015). La actividad agrícola se lleva a cabo en el rango de 1.2 a 1.5 mil millones de hectáreas (Howden *et al.*, 2007). Aproximadamente 897 millones de hectáreas presenta algún grado de salinidad (Ruiz *et al.*, 2007). La superficie de riego estimada es de 230 millones de hectáreas de riego, 19.5 % (45 millones) es afectada por salinidad, reduciendo así la productividad agrícola (Bronwyn *et al.*, 2011). En México 29.3 millones de hectáreas se destinan para la agricultura, 500,000 hectáreas de estas se consideran improductivas debido a la alta salinidad (Martínez *et al.*, 2011). Sin embargo, Manzano *et al.* (2014), mencionaron que la superficie afectada se acerca a un millón de hectáreas, considerando que las superficies con riego producen cerca del 40 % de los alimentos y 64 % se localiza en el norte del país (Ruiz *et al.*, 2007), se requiere la generación de estrategias para amenorar el avance de este tipo de degradación edáfica. En la Comarca Lagunera se cuantifican 150,000 hectáreas con sistema de riego, de las cuales el 12 % presentan problemas de salinidad o sodicidad debido al tipo de suelo, uso de agua de riego salina, la sobreexplotación de pozos o norias y al desgaste de recuperación del suelo agrícola durante todo el año (Serrato *et al.*, 2002). Tal situación afecta negativamente la productividad de los cultivos.

Así mismo, los cultivos están expuestos a diversos factores ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de un incremento de sodio y cloro en el suelo. El sodio es un ión soluble predominante en la mayoría de suelos y aguas salinas (Rodríguez *et al.*, 2014), el exceso de éste provoca un efecto fisiológico semejante a la sequía al retener el agua y no permitir la absorción de solución del suelo por la semilla o planta, en consecuencia, la facultad que adquieran las plantas para controlar la absorción y transporte de este ion al evitar que llegue al tejido fotosintético principalmente durante la

germinación etapa con mayor sensibilidad que el resto del desarrollo en la mayoría de las especies, indicará la tolerancia a salinidad de la especie (Lastiri *et al.*, 2017; IMTA, 2010). Sin embargo, Laynez *et al.* (2008) obtuvieron resultados donde las variedades con mayor porcentaje de germinación no necesariamente mostraron mayor tolerancia a la salinidad en las siguientes etapas de crecimiento confirmado por Royo y Aragüés (2002) quienes encontraron que la tolerancia en germinación no correspondía a la respuesta de la misma en fase adulta y propusieron como solución la generación de genotipos o establecimiento de cultivos con mayor tolerancia a sales, por lo que es necesario conocer esa sensibilidad por cada especie de interés. El cultivo del maíz también se ha utilizado como forraje para la alimentación del ganado en diferentes formas como rastrojo, grano o silo; sus períodos críticos de humedad son: germinación, durante las primeras tres semanas de desarrollo y dos semanas antes y después de la floración para la formación y llenado de grano (Jurado *et al.*, 2014). El sorgo es menos exigente que el maíz en humedad, aunque ésta es importante en los periodos críticos de desarrollo como germinación, etapas tempranas de crecimiento, embuche, floración y llenado de grano debe contar con humedad suficiente. El sorgo forrajero es utilizado en pastoreo, heno, verde picado o ensilado conservándose así como reserva en tiempos de baja disponibilidad en agostadero. Al igual que el maíz, la selección de variedades debe ser en base a rendimiento, tolerancia al acame, plagas y enfermedades así como por valor nutritivo (Burboa *et al.*, 2015).

La Comarca Lagunera a nivel nacional con su importante participación económica en la producción agropecuaria, coloca a la región como la principal cuenca lechera del país. Los factores climáticos y económicos han propiciado cambios en el patrón de cultivos, predominando los cultivos forrajeros con mayor productividad como el sorgo, maíz y alfalfa (Hernández, 2016).

La respuesta de estos genotipos a condiciones de estrés salino durante la etapa de germinación, podría ser un parámetro importante a tomar en consideración. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de cinco

concentraciones salinas sobre la germinación y crecimiento inicial de maíz y sorgo forrajeros bajo condiciones de laboratorio.

2 JUSTIFICACIÓN

La actividad agropecuaria requiere una reconversión productiva en la que se implemente especies o genotipos con mayor productividad bajo condiciones de estrés edáfico-climáticas, propias de las zonas áridas y semiáridas. Actualmente se cultiva un número considerable de híbridos de maíz y sorgo forrajeros en la Comarca Lagunera. El incremento de la salinidad en los suelos de la región, conduce hacia la evaluación de estos genotipos bajo este escenario.

3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta morfológica de híbridos de maíz y sorgo forrajeros en la etapa de germinación y crecimiento inicial bajo estrés salino en condiciones de laboratorio.

3.1 Objetivo específico

- Evaluar el porcentaje de germinación y el crecimiento vegetativo en etapa temprana de híbridos de maíz y sorgo con diferentes niveles de salinidad.
- Evaluar el porcentaje de materia seca de híbridos comerciales de maíz y sorgo bajo diferentes niveles de salinidad.

4 HIPÓTESIS

La salinidad en el medio, disminuye el porcentaje de germinación y el desarrollo vegetativo en raíz y parte aérea de algunos híbridos de las especies forrajeras de maíz y sorgo.

5 REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Degradación del suelo: Salinidad

La calidad de un suelo al funcionar como sustento para la flora y biota, se define por la capacidad que tiene éste mediante sus características físicas, químicas y biológicas para enfrentar condiciones naturales o antrópicas, y contrarrestar agentes contaminantes ambientales y patógenos; si alguna de estas respuestas sufre daño, el suelo se degradará (FAO y MADS, 2018).

Una forma de degradación del suelo y que ocupa gran parte de la superficie terrestre es la salinidad resultado de la combinación de procesos naturales (escasez de lluvia, drenaje deficiente y altas tasas de evapotranspiración) y los inducidos por el hombre principalmente por manejo inadecuado del riego al sobreexplotar la extracción de aguas subterráneas y superficiales, provocando la acumulación de sales de calcio, magnesio, sodio, carbonatos y sulfatos en las capas superficiales del suelo (FAO y GTIS, 2015).

5.1.1 Salinidad en el mundo

La agricultura es una de las actividades de producción de alimentos más importantes con una superficie de 1.2 a 1.5 mil millones de hectáreas de tierras de cultivo. (Howden *et al.*, 2007). A nivel mundial aproximadamente 897 millones de hectáreas presenta algún grado de salinidad (Ruiz *et al.*, 2007). La OMS calculó que de las 230 millones de hectáreas que se encuentran bajo riego, 45 millones (19.5 %) son afectadas por salinidad, perdiéndose al año cerca de 1.5 millones de hectáreas de suelos de riego, reduciendo así la productividad agrícola (Bronwyn *et al.*, 2011).

La salinidad del suelo se determina por la conductividad eléctrica (CE) de su fase acuosa. Se considera que un suelo agrícola debe presentar una CE inferior a 2 dS m⁻¹ valor que representa menos del 10 % de la salinidad del agua de mar y en el que solo las plantas tolerantes puedan desarrollarse en estas condiciones.

La investigación actualmente se encamina a mejorar los niveles de tolerancia de las plantas (Azcon y Talón, 2000).

Para considerar el suelo de carácter salino la clasificación americana de suelos, Soil Taxonomy, adopta el valor de 2 dS m^{-1} como límite máximo que la gran mayoría de las especies vegetales toleran, a partir de este valor sus propiedades morfológicas y fisicoquímicas se muestran afectadas, sin embargo el parámetro con mayor aceptación es el propuesto por el Laboratorio de Salinidad de Riverside, EE.UU. el cual indica como límite 4 dS m^{-1} para que la salinidad comience a ser tóxica en las plantas, llegando al máximo valor muy salino en 8 dS m^{-1} (García y Dorronsoro, 2018).

Los ambientes salinos tienen una gran variación de distribución de la concentración de sales, por lo que es importante identificar genotipos con comportamientos de desarrollo estable en diferentes tipos de suelos salinos, esta tolerancia permitirá afrontar el aumento de la salinidad en el futuro (Collado *et al.*, 2015).

5.1.2 Salinidad en México

En México 29.3 millones de hectáreas se destinan para la agricultura, 500,000 de estas se consideran improductivas debido a la alta salinidad (Martínez *et al.*, 2011) Sin embargo, Manzano *et al.* (2014), mencionan que la superficie afectada se acerca a un millón de hectáreas, considerando que las superficies con riego producen cerca del 40 % de los alimentos y 64 % se localiza en el norte del país (Ruiz *et al.*, 2007); se requiere la generación de estrategias para amenorar el avance de este tipo de degradación edáfica. Aunque no hay registros de datos actualizados, el aumento de superficie agrícola afectada a nivel mundial es una problemática ambiental que requiere de atención para abatirla (Lamz y González, 2013).

5.1.3 Salinidad en la Comarca Lagunera

En la Comarca Lagunera se cuantifican 150,000 hectáreas con algún sistema de riego, de las cuales el 12 % presentan problemas de salinidad o sodicidad debido al tipo de suelo, uso de agua de riego salina, la sobreexplotación de pozos o norias y al desgaste de recuperación del suelo agrícola durante todo el año (Serrato *et al.*, 2002).

5.1.4 Salinidad en las plantas

Así mismo, los cultivos están expuestos a diversos factores ambientales que pueden provocar situaciones estresantes para las plantas que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de un incremento de sodio y cloro en el suelo. El sodio (Na^+) es el elemento soluble que predomina en la mayoría de suelos y aguas salinas (Rodríguez *et al.*, 2014), se considera que provoca un efecto fisiológico semejante a la sequía al retener el agua y no permitir la absorción de solución del suelo por la semilla o planta, ocasionando así daños internos y problemas en el crecimiento y desarrollo de las mismas, por lo que la facultad que adquieran las plantas para controlar la absorción y transporte de este ion al evitar que llegue al tejido fotosintético principalmente durante la germinación, indicará la tolerancia a salinidad de la especie (Lastiri *et al.*, 2017).

Se han utilizado diferentes métodos para evaluar la tolerancia a sales evaluando las respuestas morfológicas y fisiológicas de las plantas, incluidas en la germinación de semillas y el crecimiento bajo condiciones salinas en campo y laboratorio las cuales deben estar correlacionadas. En varios cultivos se ha demostrado que la tolerancia en etapas tempranas, es semejante a la efectuada por las plantas en etapas adultas (Collado *et al.*, 2015).

La tolerancia a salinidad entonces es la capacidad que tienen las plantas para soportar las sales almacenadas principalmente cercanas al área radical, sin afectar el desarrollo o producción de los cultivos, por lo que las plantas

desarrollan habilidades o estrategias para dicha tolerancia como síntesis de aminoácidos y azúcares (FAO, 2002).

La salinidad del suelo es un factor que influye en el desarrollo de las plantas, mientras que el nivel de sodio intercambiable condiciona la deterioración de su estructura. La mayoría de las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación que en las últimas etapas de su desarrollo. La tolerancia de algunas especies a la salinidad se debe a la capacidad de adaptación osmótica de estas, que permite absorber una mayor cantidad de agua, cualidad valorada en la selección de especies para obtener mejores beneficios. Entre los cultivos, los perennes suelen ser más sensibles y los anuales más tolerantes (IMTA, 2010).

La clasificación del maíz dulce (forrajero) según la tabla de tolerancia para cultivos hortícolas y leñosos propuesta por Maas y Hoffman en 1977, es una especie moderadamente sensible con un límite de tolerancia de 1.8 dS m^{-1} , mientras que para sorgo grano es de 6.8 dS m^{-1} en el rango moderadamente tolerante (FAO, 2002).

5.2 Germinación

La reproducción sexual de las plantas inicia con la semilla cumpliendo con la función de perpetuar la especie. La semilla contiene las reservas necesarias para que la nueva plántula se establezca como un organismo fotosintéticamente competente y autótrofo; integrada por embrión (fusión del óvulo con el núcleo espermático), endospermo (nutrientes para desarrollo y crecimiento de plántula) y la testa (tejidos maternos del óvulo). Por lo tanto, en la semilla se almacenan los procesos adaptativos de la planta madre (Matilla, 2008).

La transformación del embrión a plántula mediante mecanismos metabólicos y morfogenéticos se conoce como proceso de germinación el cual comprende la absorción de agua por la semilla (imbibición), activación del metabolismo y proceso de respiración, síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva, activación de las enzimas, elongación del embrión y ruptura de la testa

visualizándose así la salida de la radícula. Los factores internos (la viabilidad del embrión, cantidad, calidad de reserva y diferentes tipos de dormancia) y externos (grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz) regulan dicho proceso (Bidwell, 1993; Suárez y Melgarejo, 2007). La emergencia de la radícula es consecuencia de la elongación provocada por el ablandamiento que sufre la estructura de la pared celular (Matilla, 2008). La duración del desarrollo depende del tipo de semilla, en el caso de maíz llega a ser de 40 a 50 días (Bidwell, 1993).

5.2.1 Porcentaje de germinación

La medición de este parámetro estima el comportamiento potencial de las semillas ante situaciones de estrés salino, en esta etapa, al exponerse las características heredables de cada genotipo al germinar y sobrevivir plántulas en la superficie del suelo con sales solubles y que en etapas siguientes no afectara el desarrollo de las plantas (Layne, Méndez, y Mayz, 2008).

5.3 Imbibición

La imbibición es el proceso de absorción de agua por la semilla debido a las diferencias de potencial hídrico (mátrico) entre la semilla y la solución de imbibición (gradiente de difusión), inicia con el rápido incremento en la absorción de agua, seguido por la estabilización y movilización de nutrientes, finalizando con la absorción de agua y el proceso de germinación (elongación del embrión, ruptura de la testa) (Suárez y Melgarejo, 2007), la presión de imbibición de una semilla en germinación rompe la testa. La imbibición de agua por los materiales coloidales de las células, contribuyen a la tolerancia de condiciones estresantes de sequía debido a la gran fuerza de retención de agua imbibida (Bidwell, 1993).

5.4 Daños fisiológicos por salinidad

Bakht *et al.* (2011); Lastiri *et al.* (2017); Layne *et al.* (2008); Radic *et al.* (2007) y Reyes *et al.* (2013) reportaron que al incrementar el nivel de estrés salino disminuye la germinación y afecta el crecimiento posterior a esta exposición de

las plántulas en dos genotipos de maíz. Laynez *et al.* (2008), mencionaron que esta reducción de germinación en condiciones salinas posiblemente se deba al incremento de la latencia en la semilla debido a la poca permeabilidad en membranas plasmáticas permitiendo germinar en condiciones mejor adecuadas para sobrevivir.

Las semillas que logran germinar en condiciones de salinidad, obtienen una mejor respuesta en etapas posteriores (Bronwyn *et al.*, 2011; Lastiri *et al.*, 2017; Laynez *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2011)

El sorgo es una especie más rústica que tolera más los niveles de estrés hídrico y salino en las primeras etapas de desarrollo (Hernández, 2016). Gregorio *et al.* (2014) y Leiva *et al.*, (2017) evaluaron diferentes genotipos de sorgo y obtuvieron menor germinación al incrementar los niveles de salinidad; resultados semejantes reportaron Rekha *et al.* (2012), en sorgo dulce.

Estudios realizados por Lastiri *et al.* (2017) con siete especies forrajeras sometidas a tratamientos en diferentes niveles de salinidad bajo condiciones *in vitro* afectó la imbibición con respecto a los tratamientos testigo y con ello la capacidad germinativa de los genotipos de maíz.

Sánchez *et al.* (2010), señalan que durante la imbibición de la semilla se realiza la penetración de solutos disueltos en la solución del suelo, mientras que las proteínas principalmente y otros metabolitos retienen agua, que al liberarse facilitan el proceso de germinación y con ello el desarrollo inicial de las plantas.

Leidi y Pardo (2002), indicaron que el crecimiento disminuye a consecuencia de la habilidad de la especie para recuperar el balance hídrico que presentó durante el estrés sometido.

Musito *et al.* (2004) y González (2009), en evaluaciones de diferentes tipos de salinidad con especies forrajeras encontraron que el daño o efecto de las sales sobre la radícula generó mayor cantidad de parte aérea, así como respuestas

contrarias concluyendo que cada especie tiene diferente respuesta de acuerdo a los incrementos en la salinidad.

En la evaluación que realizaron Sánchez *et al.*(2010), el peso seco de la semilla sufrió una reducción. La acumulación de sales en el sistema radical evitó que la planta tuviera el desarrollo en condiciones adecuadas, correspondiendo a las observaciones que varios autores enfatizan (Bronwyn *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2015; Leidi y Pardo, 2002; Martínez *et al.*, 2011)

Rekha *et al.* (2012) en los registros de trece genotipos de sorgo dulce reportaron que el peso seco de la raíz y de parte aérea se reducen con el aumento de salinidad. Hernández *et al.* (2015), indicaron que la tolerancia a salinidad de genotipos de soya obtuvieron el contenido de materia seca con valores menores en aquellos donde el efecto de la salinidad fue negativo.

5.5 Maíz forrajero

En el país aproximadamente 24.6 millones de hectáreas se destinan para la agricultura, sembrándose solamente para cultivo 21.6 millones de hectáreas. Entre los principales productos agroalimentarios que se producen en el país se encuentra el grupo de los cereales, además del aguacate, dentro de las primeras posiciones (SIAP, 2018).

La producción de maíz en México en 2017 fue de 263 millones de toneladas, de los cuales 16.7 millones de toneladas fueron de maíz forrajero representando 13.5 % del total nacional, sobresaliendo los estados de Jalisco, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Coahuila, Querétaro, Chihuahua, Guanajuato y Puebla en producción (SIAP, 2018).

El cultivo del maíz también se ha utilizado como forraje para la alimentación del ganado en diferentes formas como rastrojo, grano o silo; se establece dependiendo de la variedad y del clima entre los 500 a 800 mm de precipitación, con períodos críticos de humedad en la germinación, durante las primeras tres

semanas de desarrollo y dos semanas antes y después de la floración para la formación y llenado de grano (Jurado, Lara y Saucedo, 2014)

La variación genética que poseen las diferentes especies forrajeras, permite presentar variación en composición química y nutritiva aún bajo las mismas condiciones de crecimiento. El maíz por lo tanto tiene un amplio rango de rendimiento de materia seca y de la parte verde y energía metabolizable, por lo que es utilizado como fuente de energía debido a que su materia seca se constituye de almidón y azúcares solubles (Ibañez *et al.*, 2018). El maíz tiene una eficiencia de transformación de agua a materia seca de 47 % menos que el requerido por alfalfa al consumir 150 litros por kilogramo con respecto a 279 litros aplicados a la leguminosa (Chico, 2003).

5.6 Sorgo forrajero

El sorgo se cultiva en el ciclo primavera-verano, requiere temperaturas entre 16 a 25 °C, en cuanto a humedad es menos exigente que el maíz pero igual en los periodos críticos de desarrollo como germinación, etapas tempranas de crecimiento, embuche, floración y llenado de grano debe contar con humedad suficiente. El sorgo forrajero es utilizado en pastoreo, heno, verde picado o ensilado conservándose así como reserva en tiempos de poco agostadero. Al igual que el maíz, la selección de variedades debe ser en base a rendimiento, tolerancia al acame, plagas y enfermedades así como por su aportación nutritiva (Burboa *et al.*, 2015).

El sorgo forrajero se cultiva en 27 estados del país, en el ciclo 2017, el volumen de producción nacional fue de 3,542 mil toneladas, Sinaloa, Coahuila, Durango, Sonora, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Baja California y Nuevo León son los estados con mayor producción, sin embargo, Coahuila es el estado con mayor valor de producción (SIAP, 2018).

5.6.1 Maíz y sorgo forrajeros en la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera es una región que a nivel nacional ha trascendido por su importante participación económica en la producción agropecuaria. Los diferentes factores climáticos y económicos han propiciado cambios en la productividad de la región, sustituida por cultivos forrajeros como sorgo, maíz y alfalfa con mayor superficie y producción derivada de la actividad pecuaria de la región, actualmente reconocida como la principal cuenca lechera del país. La producción regional de maíz forrajero se ubica por debajo de la media nacional mientras que el rendimiento de sorgo forrajero se encuentra por encima del promedio nacional. Estos forrajes tienen reportada nula presencia de siniestros, por lo que la superficie sembrada es la que se cosecha (Hernández, 2016).

Actualmente existe un auge por obtener mayores beneficios de los cultivos, semejante al surgimiento de la agricultura, con la ventaja de ligar los factores involucrados en el deterioro ambiental generando de esta manera, mayor nivel de conciencia entre los agentes involucrados en la producción como son el agricultor, el técnico y las empresas; por consecuencia las investigaciones apuntan a generar mejores condiciones en todos los sectores económicos de producción de tal manera que la transferencia de tecnología aporte alternativas viables y amigables con el medio ambiente, por ello, el objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el efecto de cinco concentraciones salinas sobre la germinación y crecimiento de maíz y sorgo forrajeros en condiciones de laboratorio durante ocho días de observación.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación del experimento

Se obtuvo semillas certificadas y tratadas con insecticida de 47 híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y 13 de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* L.) comerciales en la Comarca Lagunera, utilizados para ensilaje, con ciclos de vida que varían de precoces a intermedios (100 a 105 días). La fase experimental se realizó durante los meses de mayo a octubre de 2018 en el Laboratorio de Investigación de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo, Durango con ubicación en las coordenadas geográficas 23°54' de latitud Norte y 103°37' de longitud Oeste, a una altitud de 1130 msnm. El clima que predomina es caracterizado como muy seco con lluvias en verano y precipitación media anual de 239 mm.

6.2 Desarrollo del experimento

En maíz se probaron cinco niveles de salinidad medido por conductividad eléctrica (CE) a 0.0 (agua destilada), 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹; y para sorgo se probaron los niveles de salinidad de 0.0, 3.0, 6.0, 9.0 y 12.0 dS m⁻¹; en ambos casos el agua base fue extraída de la noria del Rancho Santa Mónica en el municipio de Matamoros, Coahuila con una CE de 3.8 dS m⁻¹; el incremento en contenido de sales de los tratamientos superiores a esta CE, se realizó con sulfato de sodio (Na₂SO₄) y cloruro de calcio (CaCl₂) calculados por la ecuación de dilución de soluciones electrolíticas obteniendo el potencial osmótico deseado y la medición de la CE con el conductímetro portátil Thermo Scientific Orion Star A222 y se realizó la solución final de acuerdo al cuadro 1.

Cuadro 1. Aumento de conductividad eléctrica por tratamiento.

TRATAMIENTO. MAIZ	Fuente de solución	CaCl ₂	NaSO ₄
		g L ⁻¹	
0.0	agua destilada	-	-
1.5	agua Santa Monica	-	-
3.0	agua Santa Monica	-	-
4.5	agua Santa Monica	0.2963	0.3792
6.0	agua Santa Monica	0.9312	1.1917
SORGO	Fuente de solución	CaCl ₂	NaSO ₄
0.0	agua destilada	-	-
3	agua Santa Monica	-	-
6	agua Santa Monica	0.9312	1.1917
9	agua Santa Monica	2.2010	2.8167
12	agua Santa Monica	3.4707	4.4417

Se colocaron en cajas Petri 10 semillas de un mismo híbrido sobre papel filtro. Las cajas Petri (unidades experimentales) fueron introducidas en una cámara de crecimiento bajo condiciones de clima controlado a 27 ± 3 °C, con 12 horas luz y humedad relativa entre 35 a 45 %.

6.3 Variables

Peso inicial de Semilla (PS), sin agua: Las diez semillas secas, se pesaron usando balanza analítica (Ohaus) Su peso se expresó en gramos. Una vez obtenido este peso inicial, se introdujeron en cada caja Petri y se agregaron 10 ml de solución salina de cada tratamiento, considerando tres repeticiones, es decir tres cajas Petri para sumar 30 semillas por tratamiento.

Incremento en peso por imbibición (Peso del agua): El peso de las plántulas o semillas al cuarto día fue se registró debido a que la mayoría de los híbridos presentó 60 % de germinación. Esta variable se calculó para conocer la cantidad

de agua absorbida por los diferentes genotipos en su crecimiento inicial. Se determinó mediante la diferencia entre PF al cuarto día después de siembra y PS inicial de acuerdo a la expresión:

$$\text{Incremento de peso por imbibición} = PF - PS$$

Donde:

PF: Peso Fresco registrado al cuarto día.

PS: Peso inicial de Semilla

Porcentaje de imbibición: se calculó mediante la relación entre el Incremento en peso por imbibición sobre el PS por cien de acuerdo a la expresión:

$$\text{Porcentaje de imbibición} = \frac{\text{incremento en peso por imbibición}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Porcentaje de Germinación: Se obtuvo considerando como semilla germinada aquella que mostró una plúmula con longitud menor a 2 mm registrándose 24 horas después de siembra (DDS) hasta los ocho DDS.

Se calculó mediante la relación entre el número de semillas germinadas sobre el número total por cien de acuerdo a la expresión:

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$

Peso Fresco en g (PF): Se realizó a partir de las 24 horas en intervalos de 24 horas hasta las 96 horas (1- 4 DDS). Se utilizó balanza analítica para obtener los pesos, con apoyo de pinzas de disección y papel secante.

Para realizar el pesaje de cada repetición, se colocaron las plántulas sobre papel absorbente con apoyo de pinzas de disección, evitando en lo posible el daño en alguna estructura de cada plántula, se incluyeron todos los componentes de las plántulas. Durante los días de evaluación de las plántulas, en algunas variedades de las dos especies (maíz y sorgo) fue

necesario drenar el exceso de solución una vez lograda la imbibición o la emergencia de algunas semillas, se mantuvo solamente el medio de crecimiento húmedo debido a la aparición de hongos observado principalmente en las semillas de tamaño pequeño, posteriormente se agregó la misma cantidad drenada distribuida de acuerdo al consumo de las plántulas.

Peso Freso Total en g (PF total): determinado por el peso de las diez semillas o plántulas de cada unidad experimental al cumplimiento de los ocho DDS previó al periodo de secado.

Para la determinación del peso seco, las semillas fueron secadas en estufa de secado (Thermo Scientific Precision a 65 °C durante 72 horas) para obtener los siguientes parámetros:

Peso seco total (PST) el cual incluyó peso total de las diez plántulas y/o semillas de cada caja Petri o repetición del que una vez obtenido, las plántulas o semillas germinadas se fraccionaron y pesados por órganos de acuerdo a: **Peso Seco de Raíz (PSR)**, **Peso Seco de Parte Aérea (PSA)** y **Peso Seco de Semilla (PSS)**; todos los pesos fueron expresados en gramos.

Porcentaje de Materia Seca (PMS): después del secado de las muestras en la estufa se determinó el porcentaje de materia seca mediante la siguiente expresión:

$$PMS = \frac{PST}{PF \text{ total}} \times 100$$

Donde:

PMS= Porcentaje de Materia Seca

PST= Peso Seco Total

PF total= Peso Fresco Total a los ocho días (antes del secado)

6.4 Análisis estadístico

Para maíz el análisis estadístico se efectuó considerando un diseño experimental completamente al azar, con arreglo de tratamientos factorial completo con cinco niveles de salinidad y 47 híbridos en 3 repeticiones resultando un total de 235 tratamientos y de 705 unidades experimentales; Para sorgo se consideraron 5 niveles de salinidad y 13 híbridos, con 3 repeticiones, originando 65 tratamientos y un total de 195 unidades experimentales; en conjunto se obtuvieron 900 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo integrada por una caja Petri de vidrio, con diez semillas y papel filtro como sustrato.

El análisis estadístico se realizó con apoyo del programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0 en un modelo lineal GLM y la comparación de medias con el método Tukey, ($\alpha \leq 0.05$).

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor claridad en la interpretación de los resultados, dado el número considerable de genotipos de maíz y sorgo, solo se presentan los genotipos con mayor y menor expresión según la variable considerada dentro de cada nivel de salinidad aplicado en las unidades experimentales. El análisis completo por variable se encuentra en la sección de Apéndice, ordenados de acuerdo a su tolerancia al nivel más salino para cada especie según la prueba de medias Tukey $P \leq 0.05$.

7.1 Incremento en peso por imbibición

En la Figura 1 se presenta el incremento en peso por imbibición de los genotipos con mayor y menor respuesta de esta variable en cada nivel de salinidad. El híbrido de maíz con mejor respuesta significativa ($P < 0.05$) en peso por imbibición fue 8521BG, el cual supero significativamente a NA731, HT9009Y, N83N5, 7011PM y N1RO7, bajo los gradientes de salinidad de 0.0 a 6.0 dS m⁻¹ de CE respectivamente.

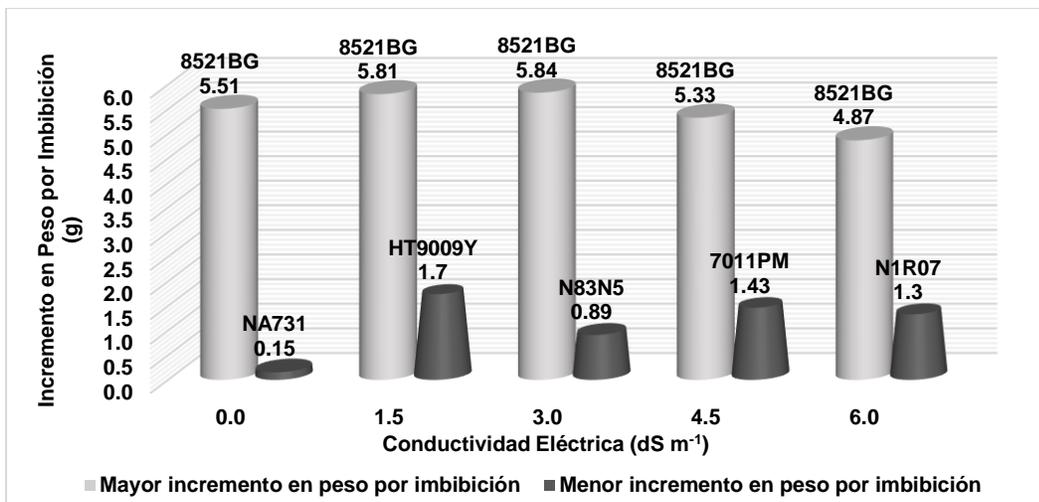


Figura 1. Híbridos de maíz con mayor y menor Incremento en peso por imbibición para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

En la figura 2 se presenta la imbibición de semillas de sorgo como respuesta a los diferentes niveles de salinidad. Los genotipos con menor respuesta significativa en la solución testigo y 3 dS m⁻¹ fueron CHEROKEE, y SF-83002, mientras que el genotipo SF-83008 presentó el menor peso por imbibición en los niveles de salinidad de 6.0, 9.0 y 12.0 dS m⁻¹.

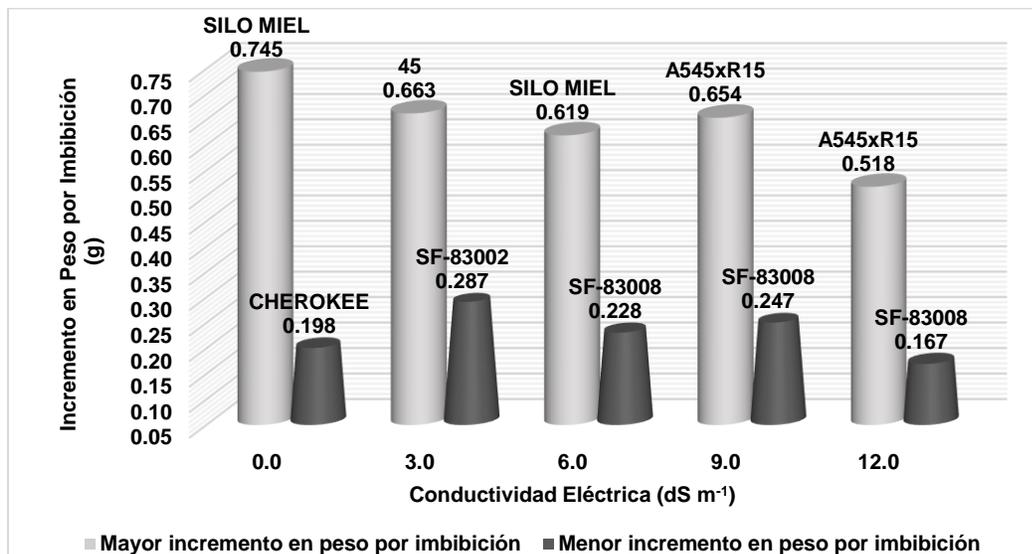


Figura 2. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso por imbibición por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

Las diferencias estadísticas encontradas en la absorción de solución salina por los genotipos fueron importantes en la respuesta de germinación, de acuerdo con Lastiri *et al.* (2017), el daño por salinidad en la imbibición afectó la capacidad germinativa de los genotipos debido a que las altas concentraciones de NaCl provocaron menor movilidad y absorción de agua, con ello la velocidad de imbibición de las semillas disminuyó al igual que la síntesis de sustancias de reserva en las semillas, estos factores en conjunto afectaron el proceso de crecimiento.

Los datos obtenidos demostraron la rusticidad del sorgo definida por Hernández (2016) llamada así por su mayor tolerancia a salinidad en comparación con los genotipos de maíz sometidos a estrés salino utilizados en este estudio, el sorgo registró menor variación en las respuestas de los parámetros considerados en los cinco niveles salinos.

7.2 Porcentaje de imbibición

La figura 3 presenta el porcentaje de imbibición de los genotipos de maíz de acuerdo a la respuesta con mayor y menor tolerancia a cada tratamiento de salinidad. Entre los híbridos con mejor respuesta en el tratamiento a 0.0, 1.5 y 4.5 dS m⁻¹ fue TEMIS, registrando como más tolerante al nivel más salino de 6.0 dS m⁻¹ a SYN914W que obtuvo diferencias significativas con NA731, 302, N83N6, 7011PM y N1RO7 bajo los gradientes de salinidad de 0.0 a 6.0 dS m⁻¹ respectivamente.

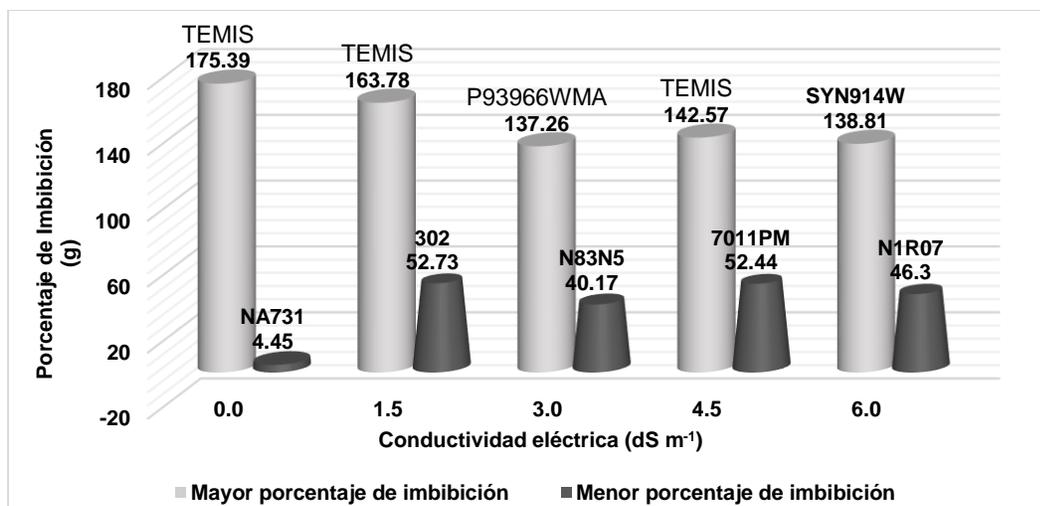


Figura 3. Híbridos de maíz con mayor y menor porcentaje de imbibición para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El comportamiento de los híbridos de sorgo en porcentaje de imbibición se presenta en la figura 4. El genotipo con mejor respuesta en los gradientes 3.0, 6.0 y 9.0 dS m⁻¹ fue el híbrido 45, el de mayor tolerancia a 12.0 dS m⁻¹ fue A535xR43 y en el tratamiento testigo 0.0 dS m⁻¹ SF3002. Los genotipos con menor porcentaje de imbibición fueron CHEROKEE en el testigo, y a 9.0 dS m⁻¹ A506xR43, mientras el híbrido 1 presentó los menores porcentajes en los niveles de salinidad 3.0, 6.0 y 12.0 dS m⁻¹.

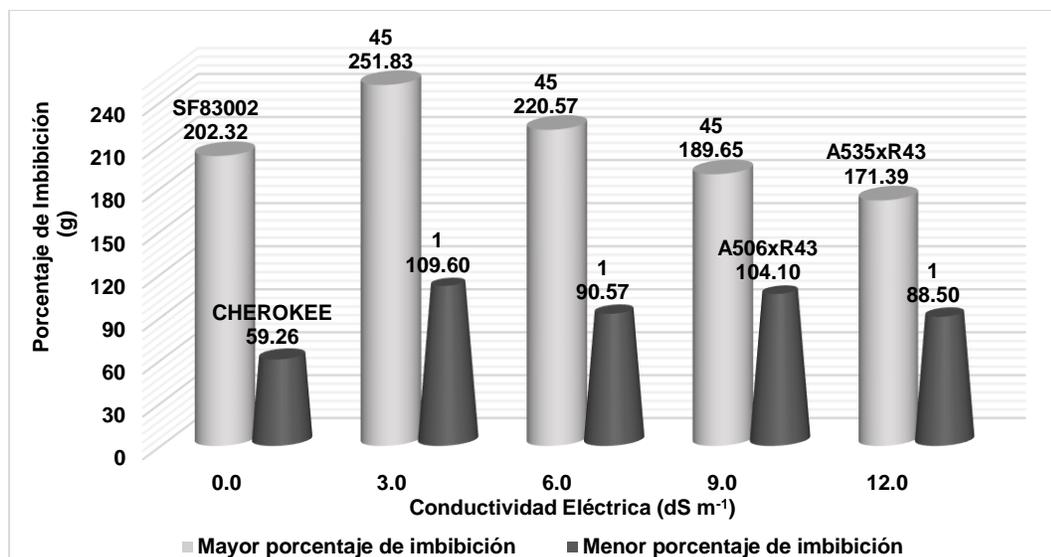


Figura 4. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso porcentaje de imbibición por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

Sánchez *et al.* (2010), explicaron que durante la imbibición de la semilla penetran solutos disueltos en la solución del suelo, mientras que las proteínas y otros metabolitos retienen agua, que al liberarla facilitan el proceso de germinación y el desarrollo inicial de las plantas.

Se observó que el sorgo ha desarrollado mayor tolerancia a condiciones salinas generando un mecanismo de respuesta mencionado por Leidi y Pardo (2002) quienes observaron que el crecimiento disminuye debido a la habilidad de la especie para recuperar el balance hídrico que presentó durante el estrés sometido obteniendo como consecuencia una menor producción de biomasa.

7.3 Porcentaje de germinación

Se presenta en la figura 5 los genotipos de maíz con mayor y menor porcentaje de germinación. El máximo de semillas germinadas fue alcanzado bajo los cinco niveles de salinidad, en la solución testigo 0.0 dS m⁻¹ se registraron sin diferencia significativa las respuestas de los genotipos 7010PM, 7012BG, BERRENDO, CROPLAN9105W, RS7040 y TEMIS; en 1.5 dS m⁻¹ ABASOLO317; mientras que en 3.0 y 6.0 dS m⁻¹ fue CROPLAN9105W y en el nivel 4.5 dS m⁻¹ el híbrido ANTILOPEY, la diferencia significativa de estos con los de menor porcentaje de

germinación de 0 % fue con NA731, NB21 y N1R07 en el gradiente de salinidad 6.0 dS m⁻¹.

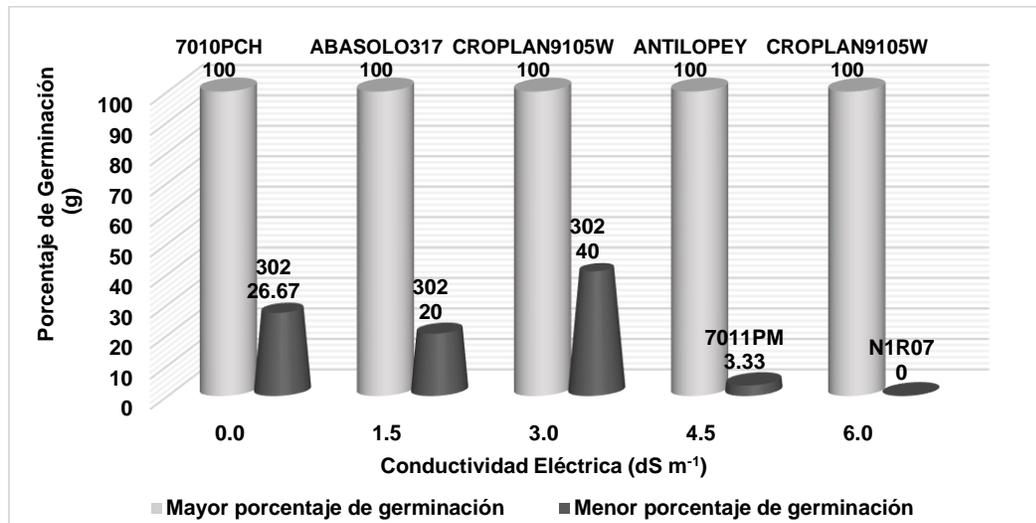


Figura 5. Híbridos de maíz con mayor y menor peso porcentaje de germinación para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

En sorgo el mayor y menor porcentaje de germinación se presenta en la figura 6 de acuerdo a la respuesta de los genotipos a los diferentes niveles de salinidad. Los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento 3.0 y 9.0 dS m⁻¹ con el híbrido 504x15, registrando a A545xR15 como el más tolerante a 12.0 dS m⁻¹; la diferencia significativa con los de menor porcentaje fue con el genotipo 1 en el nivel testigo, 3.0 y 6.0 dS m⁻¹ y con A545xR43 y SF83008 en los gradientes 9.0 y 12.0 dS m⁻¹ respectivamente.

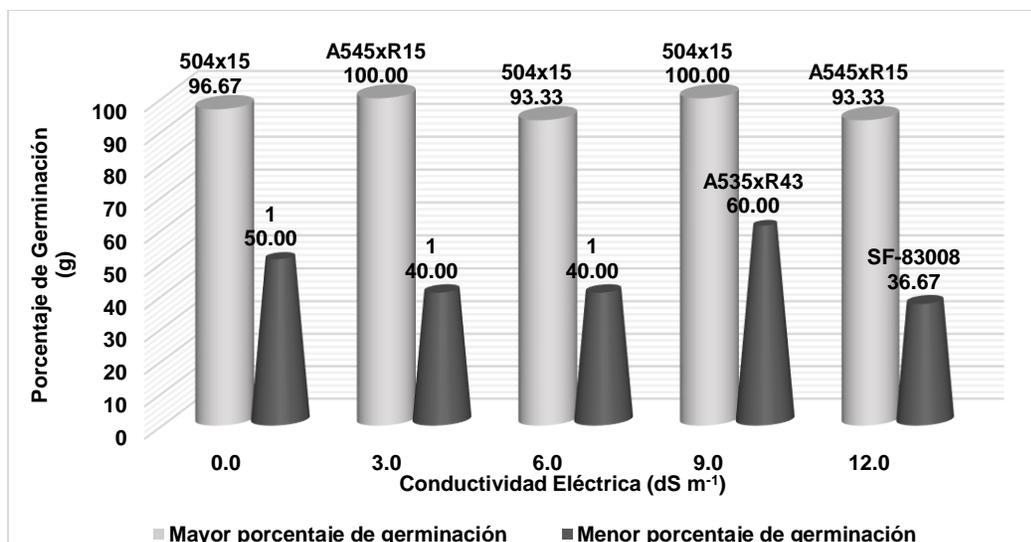


Figura 6. Híbridos de sorgo con mayor y menor porcentaje de germinación por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

La imbibición forma parte del proceso de germinación, la cual termina con el crecimiento de la radícula, fisiológicamente se considera como germinación bajo condiciones de laboratorio a la ruptura de la cubierta seminal por la radícula; mientras agrónomicamente en condiciones de campo ésta finaliza con la emergencia y desarrollo de una plántula normal (Pita y Perez, 1998).

Los resultados obtenidos, demostraron el efecto negativo de la salinidad sobre algunos genotipos de cada especie que no lograron tolerar en los niveles altos de la prueba; al igual que los resultados reportados por Bakht *et al.* (2011); Lastiri *et al.* (2017); Laynez *et al.* (2008); Radic *et al.* (2007); Rekha *et al.* (2012); Reyes *et al.* (2013) quienes concluyeron que al incrementar el nivel de estrés salino disminuye la germinación y el crecimiento posterior de las plántulas. Laynez *et al.*, (2008), mencionaron que esta reducción de germinación en condiciones salinas posiblemente es debido al incremento de la latencia en la semilla por la poca permeabilidad en membranas plasmáticas y permitirle germinar en condiciones adecuadas para sobrevivir.

Entre los genotipos de sorgo diferentes a Silo Miel (híbrido de mayor consumo regional para producción forrajera) se encontraron respuestas muy favorables en la tolerancia a salinidad, resultados semejantes con los obtenidos por Gregorio

et al.(2014) y Leiva *et al.*, (2017) que obtuvieron menor germinación al incrementar los niveles de salinidad. De igual manera, Rekha *et al.* (2012), en sorgo dulce observaron que los tratamientos salinos ocasionaron la aparición tardía de la plúmula y de radícula en comparación con el testigo confirmando así, el incremento de la latencia de la semilla.

7.4 Peso fresco total

En la figura 7, se presenta el peso fresco obtenido en los genotipos de maíz con mejor y menor respuesta en cada nivel de salinidad. El híbrido de mayor respuesta significativa en el peso fresco fue 8521BG en los tratamientos 1.5, 3.0 y 4.5 dS m⁻¹, mientras que en el nivel testigo y 6 dS m⁻¹ fue CROPLAN7017Y; superando significativamente los pesos de NB21 en el nivel testigo, 7011PM en 1.5, 3.0 y 4.5 dS m⁻¹ e IMPARABLE a 6.0 dS m⁻¹.

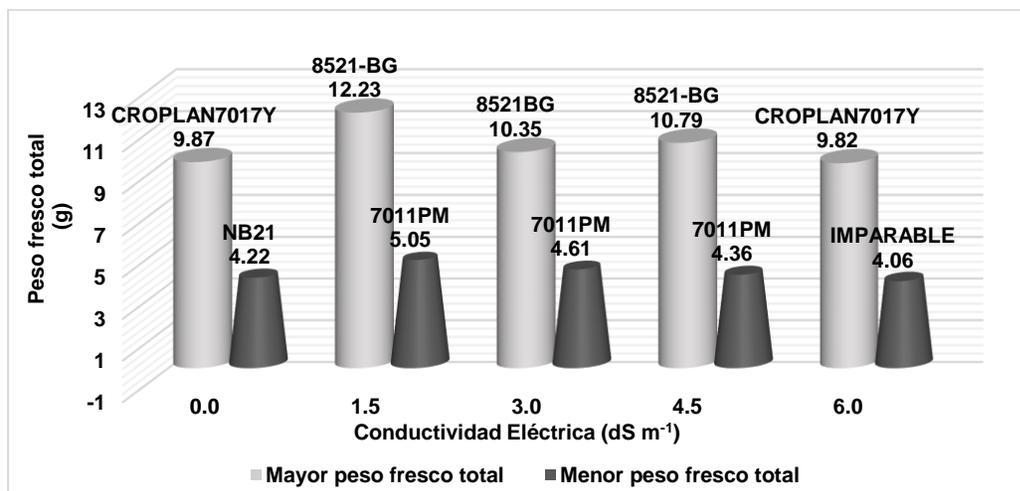


Figura 7. Híbridos de maíz con mayor y menor peso fresco total para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El peso fresco en los híbridos de sorgo se describe en la figura 8. El genotipo SF-83008 fue diferente estadísticamente con los híbridos de mayor peso fresco al obtener los menores valores en los gradientes de salinidad 0.0 a 12.0 dS m⁻¹. Los genotipos con mejor respuesta fueron SILO MIEL en los niveles testigo a 4.5 dS m⁻¹ y STABLERO en 12.0 dS m⁻¹.

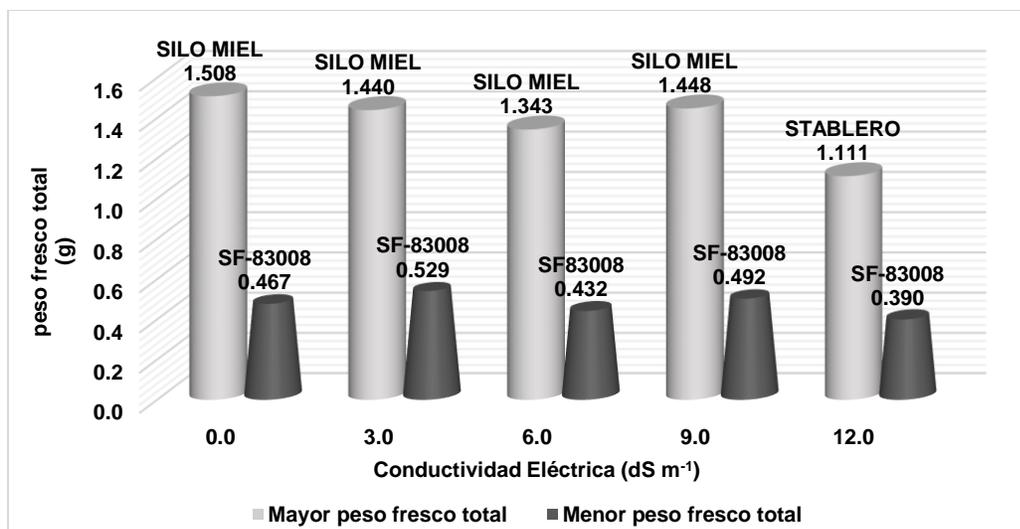


Figura 8. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso fresco total cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

Los datos registrados y de acuerdo a la comparación de medias, demostraron que las semillas que lograron germinar en condiciones de salinidad, obtuvieron mejor desarrollo en etapas posteriores (Bronwyn *et al.*, 2011; Lastiri *et al.*, 2017b; Laynez *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2011)

El desarrollo de la parte aérea y radical de las plántulas fue el indicador de mayor tolerancia a las condiciones salinas que se realizaron en este estudio, con diferencias importantes entre los genotipos. Musito *et al.* (2004) y González (2009), reportaron el daño de las sales sobre la radícula ocasionó mayor cantidad de parte aérea, así como respuestas contrarias, concluyendo que cada especie reaccionó diferente de acuerdo a los incrementos en la salinidad.

7.5 Peso seco total

En la figura 9 se representa el peso seco total obtenido por los híbridos de maíz de mayor y menor respuesta en cada nivel de salinidad. El genotipo con mejor peso seco fue CROPLAN7017Y (solamente a 6.0 dS m⁻¹ sin diferencia significativa con ZR13, 302 y AN447), con diferencia significativa con los de menor respuesta SYN914W, N1R07 y N83N5 en los cinco tratamientos salinos.

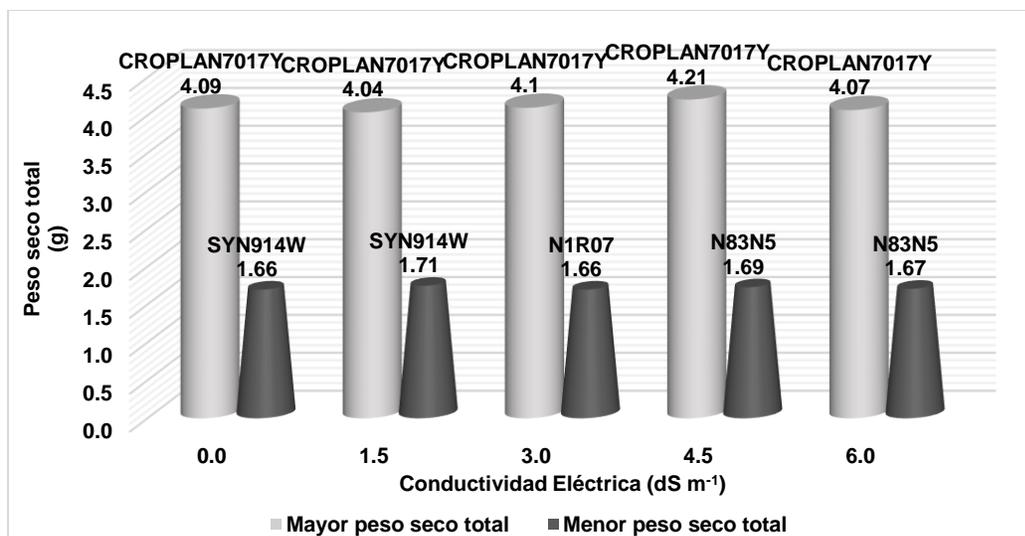


Figura 9. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco total para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El peso seco total de los híbridos de sorgo (figura 10) fue incrementando de acuerdo al aumento del nivel de salinidad, los de mejor peso SILO MIEL (0.27 g), STABLERO (0.284 g), A545xR15 (0.298 g) y STABLERO (0.292 y 0.307 g) en 0.0, 3.0, 6.0, 9.0 y 12.0 dS m⁻¹ respectivamente. El menor peso seco en los cinco niveles de salinidad fue homogéneo y se registró con SF83002 con diferencia estadística con respecto a los de mayor peso.

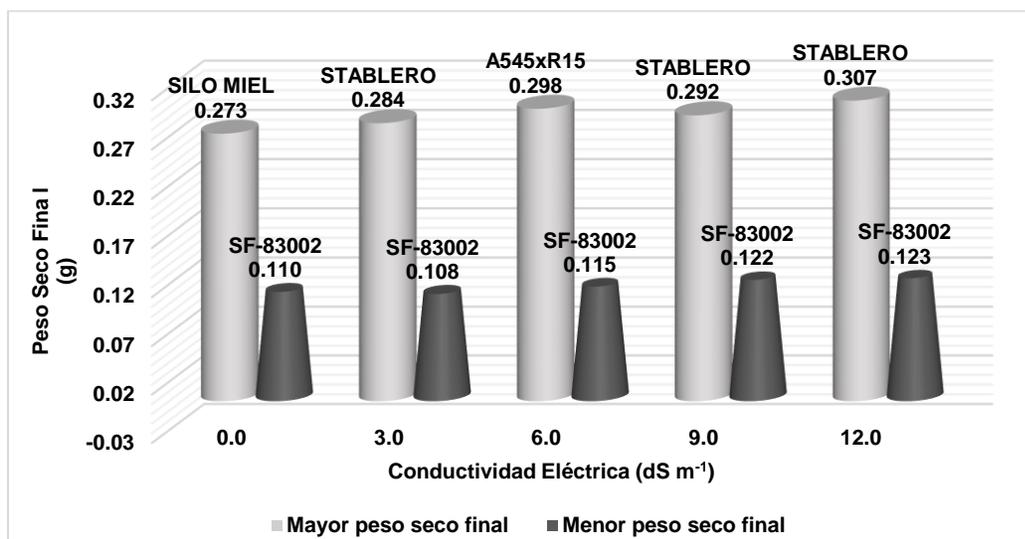


Figura 10. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso seco final por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El peso seco total se obtuvo de acuerdo al peso fresco, por lo que a mayor peso fresco mayor peso seco considerando la habilidad de cada genotipo para desarrollar raíz y parte aérea. Bakht *et al.* (2011), en maíz encontraron que el peso seco disminuyó con el aumento de salinidad. Chávez y González (2009) mencionaron que uno de los mecanismos de la tolerancia y adaptación de las plantas a salinidad es la capacidad de las plantas de obtener y retener agua, reflejado en un menor crecimiento, relación parte aérea/raíz, poca extensión de área foliar y respuestas fisiológicas; por ello el peso que obtengan las plantas, dependerá de dicha habilidad para sobrevivir.

Gregorio *et al.* (2014); Leiva *et al.* (2017) y Leidi y Pardo (2002) explicaron que las habilidades las adquieren las plantas modificadas genéticamente al acumular mayor cantidad de compuestos orgánicos, en función de tener mayor síntesis de azúcares, con ello mayor tolerancia a la salinidad.

7.6 Peso seco de semilla

La figura 11 presenta el peso seco de semilla de los genotipos de maíz con la mejor y menor respuesta en cada nivel de salinidad. Los híbridos con mejor peso seco de semilla ZR13, 302 y CROPLAN7017Y fueron diferentes significativamente con los de menor respuesta. Los genotipos para las repuestas más bajas fueron en 0.0 y 4.5 dS m⁻¹ N83N5, al nivel 1.5 y 6.0 dS m⁻¹ SYN914W y ABASOLO317 en 3.0 dS m⁻¹.

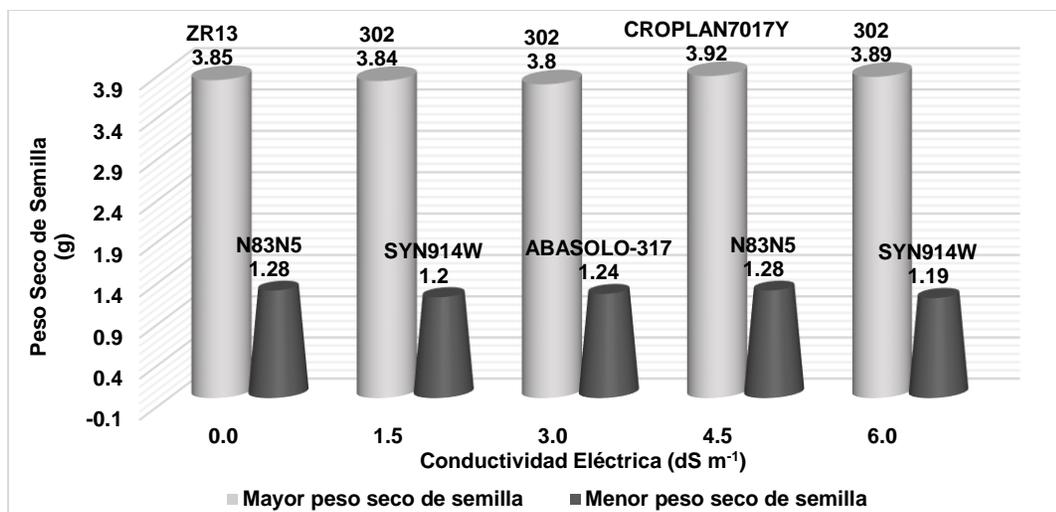


Figura 11. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco de semilla para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

En los híbridos de sorgo el mayor y menor peso seco de semilla como respuesta a los diferentes niveles de salinidad se presenta la figura 12. El genotipo con menor peso fue SF-83002 en los cinco niveles de salinidad de 0.0 a 12.0 dS m⁻¹, superado significativamente por los híbridos CHEROKEE, 1 y STABLERO.

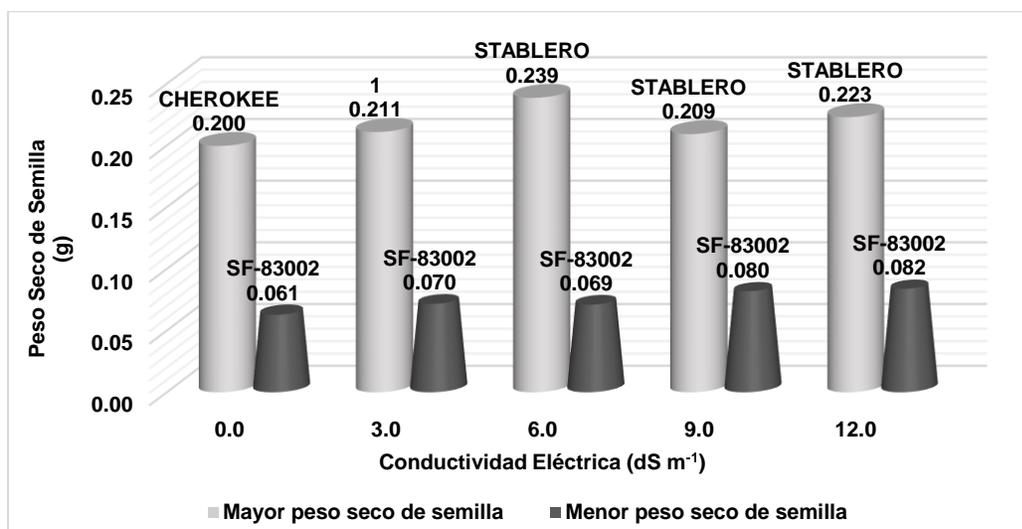


Figura 12. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso seco de semilla por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

En esta variable, los pesos registrados por cada genotipo fueron diferentes principalmente por los diversos tamaños de semilla de cada uno.

Los pesos de semilla seca antes de realizar la siembra fueron considerados para el inicio de este estudio. (Layne *et al.*, 2008) observaron que las semillas de mayor tamaño tienen mayor tolerancia en la germinación, debido a la cantidad de reserva nutritiva en el endospermo de la semilla. En la evaluación que realizaron Sánchez *et al.*(2010), el peso seco de la semilla sufrió una reducción debido a la utilización de las reservas del endospermo para la germinación y crecimiento de la radícula y coleóptilo

7.7 Peso seco de raíz

En la figura 13 se observa el genotipo 8521BG de los híbridos de maíz como el de mejor respuesta en peso seco de raíz a los cinco niveles de salinidad con diferencias significativas con F-150, 302, y 7011PM que obtuvieron el menor peso seco.

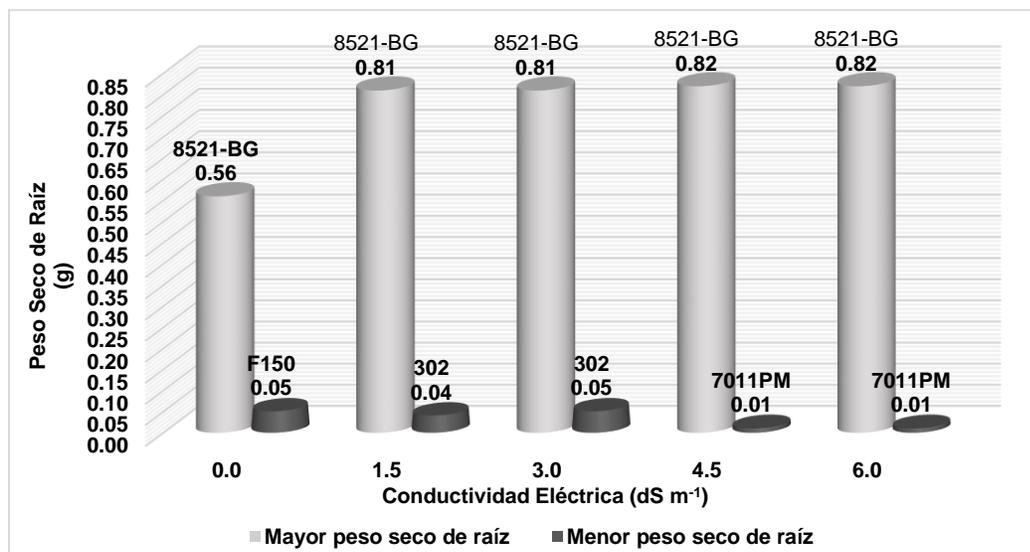


Figura 13. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco de raíz para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El peso seco de raíz obtenido por los híbridos de sorgo como respuesta a los diferentes niveles de salinidad se presenta en la figura 14. El mayor peso seco de raíz se obtuvo bajo la solución testigo con SILO MIEL, en el resto de los tratamientos los mejores híbridos 504x15, A545xR15 y STABLERO fueron

superiores significativamente con SF-83008 y 1 los que registraron los menores pesos secos.

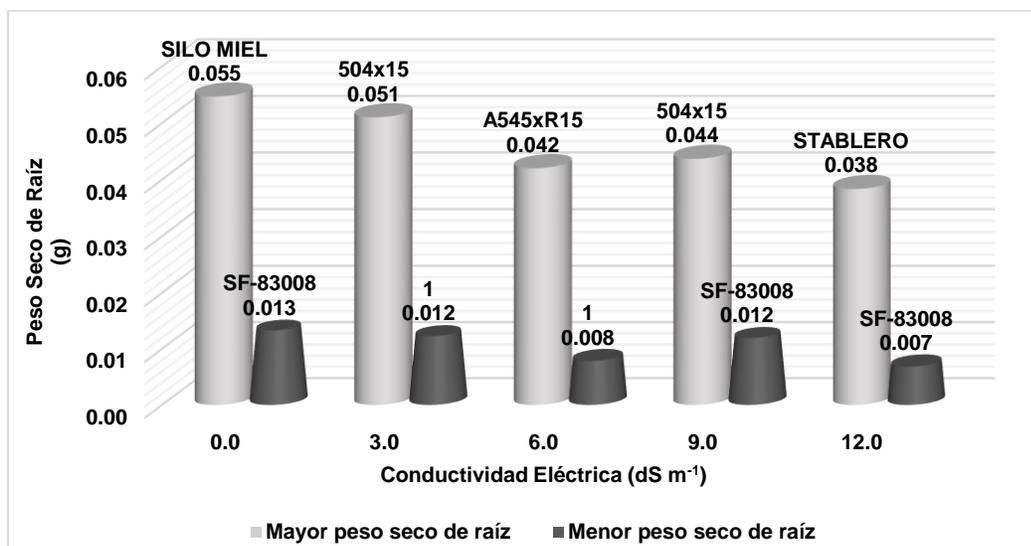


Figura 14. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso seco de raíz por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

La acumulación de sales en el sistema radical ocasionó desarrollo inadecuado de las plantas, coincidiendo con las observaciones de varios autores (Bronwyn *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2015; Leidi y Pardo, 2002; Martínez *et al.*, 2011).

El reporte del peso en raíz para el presente estudio permitió relacionar esta variable con el desarrollo de la parte aérea, observándose que los genotipos con tolerancia a los tratamientos salinos produjeron mayor cantidad de raíz y parte aérea. Hernández *et al.* (2015), encontraron que esta habilidad se debe a la eficiencia genética de las raíces para limitar la translocación de las sales a las hojas, evitando con ello la acumulación de concentraciones tóxicas en el resto de la planta, por lo que una disminución de la tolerancia se asocia con un pobre desarrollo de raíces.

7.8 Peso seco de parte aérea

La respuesta sobre el mayor y menor peso seco de la parte aérea de los híbridos de maíz en cada nivel de salinidad se ilustra en la figura 15. Los genotipos con

mejor peso seco de parte aérea BERRENDO (sin diferencia significativa en el nivel más alto de salinidad con P3201 y AMARILLO320) y RS7040 fueron diferentes significativamente con los de menor peso NB21, 302 y 7011PM.

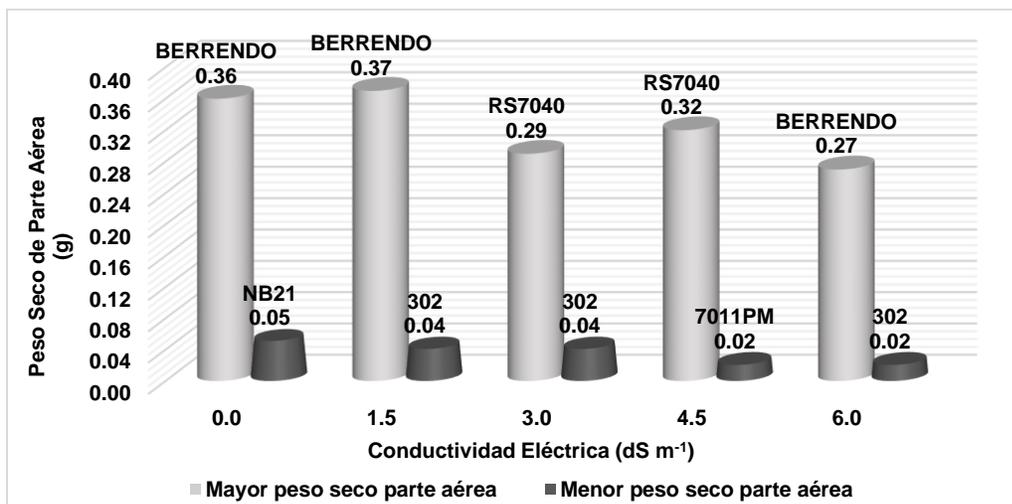


Figura 15. Híbridos de maíz con mayor y menor peso seco parte aérea para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El peso seco de los híbridos de sorgo de la parte aérea se ilustra en la figura 16, con las mejores y menores respuestas bajo los diferentes niveles de salinidad. Los genotipos con mejor respuesta fueron SILO MIEL, 35, 45 y STABLERO con diferencia estadística con respecto al menor peso de SF83008.

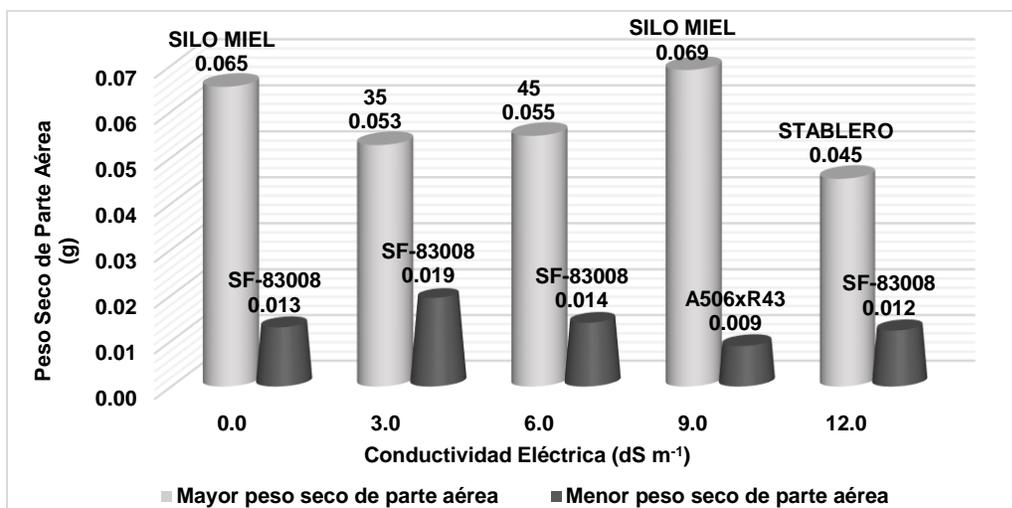


Figura 16. Híbridos de sorgo con mayor y menor peso parte aérea por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

El mejor peso seco de la parte aérea se observó en los genotipos con mayor desarrollo de raíces semejante a los resultados obtenidos por Carpıcı *et al.* (2009), con un mejor desarrollo de este órgano; sin embargo durante el inicio del periodo de evaluación algunos genotipos que presentaron mejores porcentajes de germinación o desarrollo de plántula, al término del periodo, sufrieron daños en los niveles de mayor salinidad semejante a las observaciones de Laynez *et al.* (2008). En sorgo los híbridos más comercializados en la región SILO MIEL y STABLERO, obtuvieron mayor tolerancia a salinidad, por lo que Leiva *et al.*, (2017) concluyeron que al incrementar la salinidad disminuye el crecimiento vegetal al perturbar la actividad fotosintética y elongación celular

7.9 Porcentaje de materia seca

En la Figura 17 se presenta el porcentaje de materia seca de los genotipos de maíz con mayor y menor respuesta de esta variable en cada nivel de salinidad. El híbrido con mejor respuesta significativa fue NB21 y 302 los cuales superaron significativamente a N83N5, TEMIS, N1R07 y AG614 bajo los diferentes gradientes de salinidad.

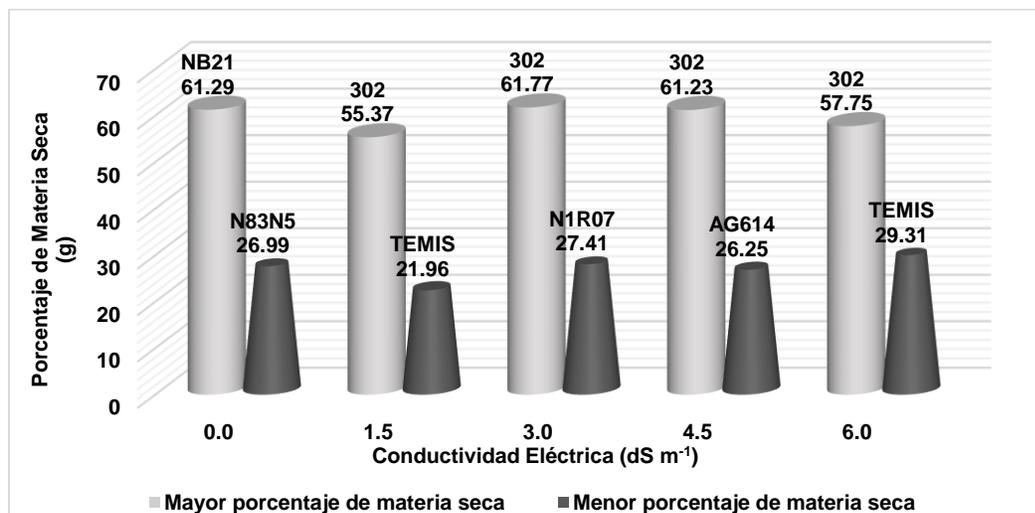


Figura 17. Híbridos de maíz con mayor y menor porcentaje de materia seca para cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

En la figura 18 se describe el mayor y menor porcentaje de materia seca de los genotipos de sorgo como respuesta a los diferentes niveles de salinidad. Los

genotipos con mayor porcentaje de materia seca fueron SF83008, 1, 504x15 y A506xR43 con diferencia estadística con los de menor materia seca SILO MIEL, 45 y A535xR43.

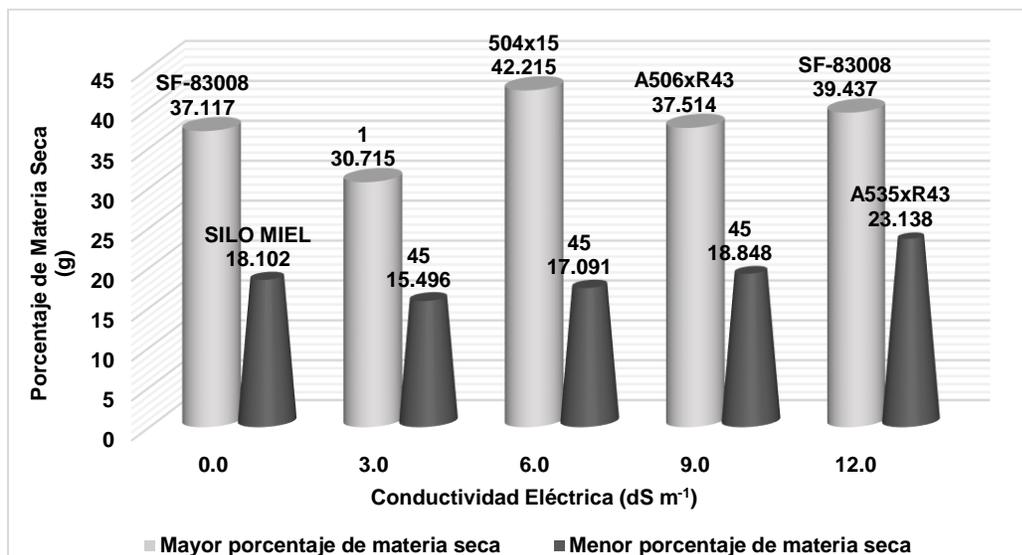


Figura 18. Híbridos de sorgo con mayor y menor porcentaje de materia seca por cada nivel de salinidad expresado en conductividad eléctrica.

La materia seca de las especies forrajeras es importante debido a que es un indicador del aporte nutrimental para los animales (Ibañez *et al.*, 2018).

Los híbridos que proporcionaron mejor desarrollo en el crecimiento de las plántulas en el presente estudio, obtuvieron menor porcentaje de materia seca que aquellos con poco crecimiento de parte aérea y raíces, registros semejantes a los encontrados por Rekha *et al.* (2012) en los registros de trece genotipos de sorgo dulce reportaron que el peso seco de la raíz y de parte aérea se reducen con el aumento de salinidad, siendo menor en la parte aérea y con ello tener menor cantidad de materia seca, sin embargo autores como Hernández *et al.* (2015), indicaron que la tolerancia a salinidad de genotipos de soya obtuvieron el contenido de materia seca con valores menores en aquellos donde el efecto de la salinidad fue negativo.

8 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que el proceso de germinación y de crecimiento inicial de las plántulas de los genotipos de maíz y sorgo se retarda o inhibe en base a la tolerancia al nivel de salinidad de cada genotipo.

Los genotipos de maíz con mayor porcentaje de germinación en el nivel más elevado de salinidad fueron CROPLAN9105W y CAMPEADOR, mientras que los genotipos de sorgo fueron A545xR15 y A535xR43. Los híbridos de maíz con mayor crecimiento y peso, bajo los diferentes niveles de salinidad fueron CROPLAN7017Y, ZR13, AN447, 8521BG, BERRENDO, P3201, AMARILLO320 y 302 en el caso de sorgo sobresalieron STABLERO, A506xR43, SILOMIEL y SF83002.

Basado en estas observaciones, se sugiere realizar evaluaciones periódicas con los genotipos comerciales establecidos en cada región, para cultivar los de mejor comportamiento, bajo la condición edafico-climática presente.

9 LITERATURA CITADA

1. Azcon, J., y Talón, M. (2000). *Fundamentos de fisiología Vegetal*. Barcelona, España: Mc Graw-Hill Interamericana.
2. Bakht, J., Shafi, M., Jamal, Y., y Sher, H. (2011). *Response of maize (Zea mays L .) to seed priming with NaCl and salinity stress*, 9(1), 252–261.
3. Ballesteros, C.; Jiménez, D. y Hernández, G. 2011. El impacto potencial del cambio climático. El caso del cultivo del maíz, proyecciones al futuro. *In: Manejo agroecológico de sistemas*. Vol. II. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Pp. 1-14
4. Bidwell, R. (1993). *Fisiología vegetal* (Primera en). México, D. F.: AGT EDITOR, S.A.
5. Bronwyn, B., Vera, R., Balderas, E., y Pantoja, O. (2011). *Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas*. *Biotechnología*, 14, 263–272.
6. Burboa, C. F., Cabanillas, C. R., Ibarra, D. G. y Zapata, M. M. 2015. Sorgo Forrajero. *In: SAGARPA*. Agenda técnica agrícola: Sonora. 2ª ed. (Pp. 209-212). México.
7. Carpici, E. B., Celik, N., y Bayram, G. (2009). *Effects of salt stress on germination of some maize (Zea mays L .) cultivars*. *African Journal of Biotechnology*, 8(19), 4918–4922.
8. Chávez, L., y González, L. (2009). *Mecanismos moleculares involucrados en la tolerancia de las plantas a la salinidad*. *ITEA*, 105(4), 231–256.
9. Chico, C. (2003). *Evaluación de híbridos comerciales de maíz (Zea maiz L.) para la producción de forraje en la Comarca Lagunera*. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro.”
10. Collado, M., Aulicino, M., Arturi, M., y Molina, M. (2015). *Evaluation of Salinity Tolerance Indices in seedling of maize (Zea mays L .)*. *Revista de La Facultad de Agronomía (La Plata)*, 114(1), 27–37.
11. García I. y Dorronsoro C. (2018, Noviembre 14). Contaminación del suelo: Tema 12. Recuperado de: <http://www.edafologia.net/conta/tema00/progr.htm>
12. González, S. (2009). *Germinación de diferentes cultivos en condiciones de*

- salinidad cuantitativa y cualitativa*. Colegio de Postgraduados.
13. Gregorio, G., Bas, S., Interdonato, R., Roberti, J., Romero, J. ., Budeguer, R., ... Rodríguez, J. (2014). *Efectos de la salinidad en la germinación de sorgos bioenergéticos*. *Revista Agronomica Noreste Argentina*, 34(2), 31–33.
 14. Hernández, A., Pérez, N., Florido, M., Delgado, C., Ortiz, R., y Enríquez, G. (2015). *Evaluación de la tolerancia a la salinidad bajo condiciones controladas de nueve cultivares cubanos de soya (Glycine max (L.) Merrill)*. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 120–125.
 15. Hernández, C. (2016). *Oferta de maíz y sorgo forrajeros en la Comarca Lagunera*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
 16. Howden, S., Soussana, J.-F., Tubiello, F., Chhetri, N., y Holger Meinke. (2007). Adapting agriculture to climate change. *National Academy of Sciences of the USA.*, 104(50).
 17. Ibañez, F., Fernández, E., Cozzolino, D., Pérez, O., Restaino, E., Pascal, A., ... Vergara, G. (2018). *El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua*. (S. técnica N. 239, Ed.). Montevideo, Uruguay: INIA.
 18. IMTA. 2010. *Salinidad del suelo*. Fundación Produce Nayarit, A.C. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Noviembre del 2010. Pág. 3-57
 19. Jurado, P., Lara, R., y Saucedo, R. (2014). *Producción de maíz forrajero en Chihuahua*. (INIFAP-SAGARPA, Ed.).
 20. Lastiri, M., Álvarez, D., Soria, L., Ochoa, S., y Cruz, G. (2017). *Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de siete especies forrajeras*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1245–1257.
 21. Laynez, J., Méndez, J., y Mayz, J. (2008). *Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (Zea mays L.) Bajo condiciones de laboratorio*. *Tip Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 11(1), 17–25.
 22. Leidi, E., y Pardo, J. (2002). *Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo*. *Revista de Investigaciones de La Facultad de Ciencias*

- Agrarias, 2(5), 1–11.
23. Leiva, L., Pérez, R., y Calero, A. (2017). *Efecto de la salinidad en la germinación y crecimiento de dos variedades de sorgo (Sorghum bicolor L . Moench). Revista Infociencia*, (October).
 24. Manzano, J.; Rivera, P.; Briones, F. y Zamora, C. 2014. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: Estudio de caso en el Distrito de Riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. México. Terra Latinoamericana 2014. Vol. 32(3) Julio-Septiembre. Pp. 211-219
 25. Martínez, N., López, C., Basurto, M., y Pérez, R. (2011). *Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo*. Tecnociencia Chihuahua, V(3), 156–161.
 26. Matilla, A. (2008). *Desarrollo y germinación de las semillas*. In Fundamentos de Fisiología Vegetal.
 27. Musito, N., Vega, M., y Rodríguez, J. (2004). *Genotipos de Maíz Tolerantes a Salinidad ; un Estudio Preliminar para iniciar un Programa de Selección*. *Revista Agraria*, 1(3), 18–23.
 28. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/y4263e/y4263e0e.htm>
 29. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo. (2015). Estado mundial del recurso suelo (EMRS)- Resumen técnico. FAO. Italia. Págs. 79
 30. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Colombia. FAO. Págs. 126
 31. Peinado-Guevara, P. V. 2010. Impacto de los apoyos fiscales para la producción y comercialización del maíz blanco en el Valle de Guasave, Sinaloa. Recuperado de: <http://www.eumed.net/libros/2010b/707/>.
 32. Pita, J., y Pérez, F. (1998). *Germinación de semillas*. In *Hojas divulgadoras* (p. 20). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

33. Radic, V., Beatovic, D., y Mrda, J. (2007). *Salt tolerance of corn genotypes (Zea mays L .) during germination and later growth*. Journal of Agricultural Sciences, 52(2115–120). <https://doi.org/10.2298/JAS0702115R>
34. Rani, C.R.; Reema, C.; Alka, S. y Singh, P.K. 2012. Salt tolerance of Sorghum bicolor cultivars during germination and seedling growth”, Research Journal of Recent Sciences, vol. 1(3). Pp. 1–10.
35. Rekha, C., Reema, C., Alka, S., y Singh, P. (2012). *Salt Tolerance of Sorghum bicolor Cultivars during Germination and Seedling Growth*. Research Journal of Recent Sciences, 1(3), 1–10.
36. Reyes, J., Murillo, B., Nieto, A., Troyo, E., Reynaldo, I., y Rueda, E. (2013). *Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (Ocimum basilicum L .) sometidas a estrés salino * Germination and seedling traits of basil varieties (Ocimum basilicum L .) under salt stress*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(6), 869–880.
37. Royo, A. y Aragüés, R. 2002. Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio. Unidad de suelos y riegos. Investigaciones agrícolas: Producción y protección vegetal. Vol. 17(3):409-421.
38. Ruiz, E., Aldaco, R., Montemayor, J. A., Fortis, M., Olague, J., y Villagómez, J. (2007). *Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros*. Técnica Pecuaria En México, 45(1), 19–24.
39. Sánchez, M., Muñoz, C., Quiroz, J., Mayek, N., y Hernández, J. (2010). *Cambios físico-químicos durante la germinación del maíz*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(1), 89–93.
40. Serrato, S. R.; Ortíz, A.; Dimas, J.; Berúmen, S. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Vol. 20(3):329-336
41. SIAP. 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. SAGARPA. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-

Agroalimentario-2018

42. Suárez, D., y Melgarejo, L. (2007). SEMILLAS. In *Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal* (pp. 13–24)

10 APÉNDICE

Apéndice 1. Incremento en peso por imbibición en híbridos de maíz en cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0	1.5	3	4.5	6
	Peso de semillas imbibidas				
8521BG	5.51	5.81	5.84	5.33	4.87
AN447	4.45	4.37	3.99	4.3	3.73
CAMPEADOR	3.67	3.99	3.56	3.57	3.69
P93966WMA	4.42	4.12	4.2	3.75	3.66
ASH1141	3	3.18	3.35	3.96	3.66
B717	3.62	3.89	3.68	3.29	3.6
RS7040	4.37	4.14	4.11	4.62	3.59
AMARILLO320	2.57	3.6	3.04	2.41	3.48
TEMIS	4.69	4.28	3.4	3.72	3.43
NA731	0.15	4.43	3.88	4.76	3.42
ASH1045	3.41	3.72	3.67	3.84	3.4
CARIBUY	3.85	3.96	3.44	3.98	3.36
ANTILOPEY	2.99	3.47	2.34	2.42	3.36
P93966WMK	2.79	3.23	2.54	2.87	3.29
CROPLAN7017Y	3.65	3.72	3.46	3.13	3.28
CROPLAN9105W	3.85	4.16	3.24	3.19	3.24
NB21	1.83	2.35	3.1	3.24	3.19
BERRENDO	3.75	4.48	3.69	3.59	3.15
SYN914W	2.78	3.3	2.86	2.6	2.98
P3201	3.13	3.31	3.23	3.38	2.96
ABT8576	2.74	3.17	2.93	3.04	2.94
ARIO	4.06	3.64	3.21	3.35	2.86
AG614	3.16	3.53	3.34	3.59	2.83
TITAN	4.89	5.17	3.84	4.02	2.81
SYN914	3.01	4.34	3.28	3.47	2.79
ZR27	4.52	4.35	3.77	4.09	2.76
F150	2.88	3.52	3.3	3.86	2.76
ARMADILLO	2.72	3.05	2.73	3.04	2.74
AG180	3.6	3.32	3.12	2.81	2.65
MIXTEADO	2.74	3.14	2.5	2.68	2.64
HT9105W	3.61	3.59	3	3.35	2.62
ABASOLO317	3.23	2.84	3.18	2.81	2.6
ZR13	2.85	3.08	3.03	2.82	2.56
P93966WMI	3.33	3.06	2.83	2.57	2.54
N83N5	2.87	2.64	0.89	2.66	2.49
SAMURAY	3.04	3.15	2.57	2.59	2.4
ABT8576FD	2.78	2.27	2.56	2.76	2.33
8520PM	2.8	2.67	2.7	2.31	2.28
302	2.19	2.45	1.87	2.34	2.27
386A	2.66	2.6	2.43	2.49	2.1
CROPLAN9009Y	2.53	2.82	2.39	2.17	2.07
7010PCH	2.98	3.32	2.82	2.39	2.06
HT9009Y	1.74	1.7	1.92	2.13	1.84
7012BG	3.57	3.19	2.35	2.67	1.82
IMPARABLE	3.44	2.67	2.31	2.36	1.77
7011PM	1.81	1.71	1.49	1.43	1.41
N1R07	1.76	1.81	1.93	1.88	1.3
DMS=	1.32	1.32	1.55	1.63	1.48

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %.

Apéndice 2. Porcentaje de imbibición en híbridos de maíz en cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
SYN914W	121.09	147.02	120.46	115.35	138.81
TEMIS	175.39	163.78	129.41	142.57	131.06
B717	119.36	129.13	125.81	111.65	128.46
CAMPEADOR	120.88	125.41	118.59	115.69	125.55
N83N5	127.00	119.14	40.17	125.17	119.37
P93966WMA	147.40	137.50	137.26	118.34	119.12
ABASOLO317	133.98	124.08	135.03	126.28	115.87
RS7040	131.07	129.17	130.67	140.48	110.32
8521BG	123.51	128.08	124.70	116.51	110.08
ASH1141	91.27	98.71	100.51	129.17	107.61
AG614	105.62	119.03	116.11	121.24	104.78
NB21	58.22	71.10	93.52	99.60	103.85
ANTILOPEY	92.08	107.71	72.07	76.67	102.62
CROPLAN9105W	112.39	124.51	101.66	100.40	102.14
P93966WMK	84.71	98.91	76.56	89.45	101.74
ABT8576	91.87	101.42	97.67	102.06	101.21
NA731	4.45	133.00	112.28	140.76	101.18
AMARILLO320	78.11	104.57	91.46	71.81	100.68
8520PM	113.51	105.56	102.71	92.70	97.16
SYN914	101.70	146.70	111.06	120.05	94.43
CARIBUY	107.34	112.11	96.33	112.89	93.96
ARMADILLO	98.87	108.89	97.41	108.46	93.71
ARIO	112.33	100.66	86.27	98.82	92.77
BERRENDO	104.12	128.76	104.45	107.81	92.60
HT9105W	126.82	129.54	98.92	115.02	91.98
AN447	98.37	99.38	87.90	96.25	81.80
7010PCH	117.29	136.03	112.74	98.93	81.57
P3201	86.36	90.68	92.51	93.27	80.32
ASH1045	81.29	85.93	86.43	86.32	79.26
TITAN	136.82	147.90	106.00	115.22	77.98
ZR27	120.24	112.07	101.31	110.12	77.00
AG180	104.33	101.27	89.03	80.22	76.29
MIXTEADO	78.49	90.83	71.22	78.78	75.30
ABT8576FD	88.73	70.44	82.31	86.11	74.74
F150	74.41	91.57	85.30	98.80	73.26
SAMURAY	86.91	92.50	76.24	71.57	72.76
IMPARABLE	133.15	102.00	90.90	90.83	70.79
P93966WMI	91.25	84.29	74.75	68.49	70.00
CROPLAN7017Y	74.62	77.69	72.58	63.98	69.80
CROPLAN9009Y	83.33	91.22	77.20	69.62	68.56
HT9009Y	63.81	63.01	69.53	78.72	68.39
386A	83.40	82.75	77.91	75.90	66.40
7012BG	101.70	94.95	70.93	77.54	61.56
ZR13	61.26	68.51	65.28	67.96	56.99
7011PM	68.90	64.55	55.96	52.44	54.55
302	48.22	52.73	41.59	50.58	49.14
N1R07	64.60	65.98	70.58	66.69	46.30
DMS	43.65	43.31	49.45	54.65	50.98

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %.

Apéndice 3. Porcentaje de germinación en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
CROPLAN9105W	100.00	90.00	100.00	93.33	100.00
CAMPEADOR	90.00	96.67	100.00	93.33	100.00
ASH1045	76.67	100.00	83.33	76.67	100.00
7010PCH	100.00	96.67	96.67	96.67	96.67
8521BG	96.67	93.33	100.00	93.33	96.67
B717	93.33	56.67	83.33	83.33	96.67
RS7040	100.00	93.33	100.00	96.67	93.33
TEMIS	100.00	93.33	96.67	90.00	93.33
LOPEY	93.33	96.67	93.33	100.00	93.33
ZR27	93.33	100.00	96.67	100.00	93.33
ABASOLO317	90.00	90.00	90.00	100.00	93.33
ARIO	93.33	93.33	93.33	96.67	90.00
P93966WMA	93.33	86.67	86.67	86.67	90.00
ASH1141	90.00	93.33	83.33	83.33	90.00
AMARILLO320	86.67	90.00	83.33	80.00	90.00
SYN914W	86.67	76.67	73.33	60.00	90.00
CARIBUY	86.67	86.67	90.00	100.00	86.67
P3201	86.67	96.67	90.00	93.33	86.67
AN447	83.33	76.67	66.67	76.67	86.67
BERRENDO	100.00	96.67	90.00	90.00	83.33
ARMADILLO	93.33	90.00	90.00	86.67	83.33
8520PM	83.33	90.00	83.33	80.00	83.33
P93966WMK	90.00	86.67	90.00	90.00	80.00
AG614	73.33	60.00	66.67	83.33	80.00
7012BG	100.00	80.00	40.00	63.33	76.67
SYN914	80.00	86.67	70.00	76.67	73.33
TITAN	96.67	96.67	90.00	86.67	70.00
AG180	90.00	76.67	66.67	63.33	66.67
ABT8576	76.67	83.33	86.67	83.33	66.67
N83N5	70.00	93.33	93.33	86.67	66.67
CROPLAN7017Y	83.33	83.33	80.00	46.67	63.33
MIXTEADO	86.67	83.33	70.00	66.67	60.00
IMPARABLE	76.67	50.00	63.33	46.67	56.67
P93966WMI	60.00	56.67	46.67	40.00	53.33
SAMURAY	60.00	76.67	56.67	50.00	50.00
F150	53.33	60.00	66.67	60.00	43.33
ABT8576FD	83.33	46.67	53.33	56.67	40.00
HT9105W	63.33	90.00	76.67	83.33	36.67
ZR13	56.67	63.33	53.33	53.33	36.67
HT9009Y	63.33	50.00	40.00	43.33	20.00
386A	43.33	43.33	43.33	33.33	20.00
7011PM	76.67	36.67	46.67	3.33	16.67
CROPLAN9009Y	76.67	76.67	46.67	30.00	16.67
302	26.67	20.00	40.00	33.33	16.67
NA731	86.67	83.33	86.67	63.33	0.00
NB21	83.33	93.33	83.33	93.33	0.00
N1R07	50.00	46.67	43.33	36.67	0.00
DMS	42.68	47.36	40.87	45.83	42.96

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %.

Apéndice 4. Peso fresco total en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
CROPLAN7017Y	9.87	11.09	10.35	9.50	9.82
8521BG	9.60	12.23	10.37	10.79	9.74
CAMPEADOR	7.60	9.00	6.94	7.70	8.09
ZR13	8.42	9.29	8.94	7.69	8.00
CROPLAN9105W	8.45	9.01	6.73	7.84	7.98
NA731	8.36	8.22	8.54	7.69	7.92
AN447	8.58	9.02	7.19	8.10	7.90
ASH1045	8.39	8.05	8.59	7.31	7.62
P93966WMA	6.91	7.85	8.62	7.90	7.49
F150	6.92	8.69	7.83	8.81	7.39
BERRENDO	7.84	9.22	7.39	7.26	7.31
TEMIS	7.85	9.18	6.80	7.64	7.19
AMARILLO320	6.09	7.47	6.68	5.65	7.11
P3201	7.03	8.90	8.37	7.99	7.01
ASH1141	6.92	7.09	6.73	6.92	6.98
RS7040	8.47	7.15	8.46	7.93	6.97
MIXTEADO	7.70	8.46	7.08	6.53	6.87
302	6.80	7.10	6.31	6.51	6.83
P93966WMK	6.93	7.08	5.98	6.62	6.81
AG614	6.91	7.24	7.27	8.57	6.61
TITAN	8.57	7.79	7.30	8.02	6.49
AG180	7.72	6.65	7.08	6.66	6.49
SYN914	6.14	8.38	7.47	7.26	6.39
B717	6.91	8.94	7.13	7.16	6.38
CARIBUY	7.41	6.32	7.39	8.03	6.36
ARMADILLO	6.32	7.01	6.46	6.76	6.33
ARIO	7.26	6.83	7.63	7.93	6.32
SAMURAY	7.40	7.41	6.54	6.44	6.22
ANTILOPEY	6.46	6.84	5.34	5.53	6.18
ABT8576FD	7.49	6.58	5.39	6.84	6.13
P93966WMI	6.90	6.36	6.53	6.91	5.89
ABT8576	6.17	7.18	6.35	6.33	5.86
HT9009Y	5.93	6.71	6.20	5.93	5.80
7012BG	7.76	8.13	5.96	7.10	5.65
ZR27	8.41	7.54	8.19	8.42	5.56
HT9105W	6.49	5.92	6.32	6.42	5.47
7010PCH	6.68	8.05	6.41	5.99	5.43
N83N5	6.35	6.83	6.28	6.24	5.37
CROPLAN9009Y	5.95	6.56	5.85	5.13	5.35
ABASOLO317	4.93	5.58	6.65	4.79	5.14
N1R07	5.63	6.65	6.07	4.82	5.01
NB21	4.22	5.29	5.28	5.38	4.93
386A	5.94	5.61	6.13	6.24	4.87
SYN914W	5.12	6.33	5.86	5.74	4.69
8520PM	5.27	6.02	5.93	5.35	4.61
7011PM	5.11	5.05	4.61	4.36	4.40
IMPARABLE	6.06	5.36	5.04	4.84	4.06
DMS	1.94	2.9	3.13	2.91	2.47

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %.

Apéndice 5. Peso seco final en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
CROPLAN7017Y	4.09	4.04	4.10	4.21	4.07
ZR13	4.08	3.90	4.06	3.70	4.01
302	3.89	3.92	3.89	3.98	3.94
AN447	3.53	3.39	3.83	3.62	3.80
8521BG	3.38	3.50	3.80	3.66	3.67
F150	3.19	3.12	3.26	3.25	3.26
ZR27	2.85	3.11	3.05	3.02	3.09
TITAN	2.69	2.72	2.91	2.80	3.03
P3201	2.94	2.94	2.80	3.00	3.02
MIXTEADO	2.90	2.85	2.97	2.90	3.00
P93966WMI	2.64	2.83	3.04	2.94	3.00
ASH1045	3.03	3.12	3.05	2.78	2.98
AG180	2.61	2.65	2.78	2.82	2.88
CARIBUY	2.51	2.59	2.88	2.76	2.87
BERRENDO	2.81	2.71	2.94	2.66	2.79
SAMURAY	2.79	2.76	2.81	2.90	2.72
ANTILOPEY	2.53	2.48	2.74	2.70	2.71
AMARILLO320	2.45	2.64	2.60	2.69	2.66
386A	2.48	2.41	2.54	2.62	2.64
RS7040	2.43	2.43	2.42	2.56	2.62
CROPLAN9105W	2.66	2.63	2.65	2.59	2.61
P93966WMK	2.53	2.57	2.73	2.62	2.61
NB21	2.58	2.72	2.75	2.70	2.60
NA731	2.48	2.49	2.66	2.67	2.59
7012BG	2.73	2.67	2.74	2.85	2.58
ARIO	2.87	2.91	3.07	2.79	2.52
P93966WMA	2.21	2.26	2.37	2.47	2.46
CROPLAN9009Y	2.34	2.46	2.44	2.48	2.43
CAMPEADOR	2.37	2.54	2.43	2.54	2.38
B717	2.32	2.40	2.40	2.44	2.36
SYN914	2.04	2.27	2.26	2.26	2.35
ASH1141	2.42	2.41	2.30	2.12	2.34
ABT8576	2.26	2.42	2.30	2.40	2.27
7011PM	2.25	2.31	2.31	2.42	2.26
HT9105W	1.97	2.08	2.45	2.26	2.24
ABT8576FD	2.24	2.37	2.13	2.15	2.13
TEMIS	2.09	2.02	2.15	2.09	2.11
7010PCH	1.95	1.88	2.03	1.97	2.11
ARMADILLO	1.99	2.04	2.04	1.93	2.10
AG614	2.05	2.08	2.06	2.23	2.06
IMPARABLE	1.90	1.92	1.95	1.95	2.02
HT9009Y	2.03	2.03	2.05	1.95	1.95
8520PM	1.86	1.96	2.06	1.94	1.89
ABASOLO317	1.83	1.77	1.80	1.76	1.80
SYN914W	1.66	1.71	1.87	1.78	1.70
N1R07	1.74	1.85	1.66	1.83	1.68
N83N5	1.71	1.73	1.73	1.69	1.67
DMS	0.42	0.52	0.47	0.53	0.47

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %

Apéndice 6. Peso seco de semilla en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
302	3.79	3.84	3.80	3.91	3.89
ZR13	3.85	3.50	3.73	3.48	3.79
CROPLAN7017Y	3.60	3.36	3.53	3.92	3.52
AN447	3.09	2.95	3.54	3.24	3.48
F150	3.04	2.75	2.88	2.84	3.03
P93966WMI	2.32	2.49	2.78	2.79	2.81
TITAN	2.02	1.90	2.35	2.17	2.80
8521BG	2.61	2.46	2.79	2.63	2.71
MIXTEADO	2.38	2.21	2.52	2.50	2.65
ZR27	2.12	2.24	2.25	2.24	2.62
P3201	2.47	2.36	2.19	2.47	2.59
386A	2.29	2.23	2.34	2.50	2.56
AG180	1.97	2.14	2.31	2.47	2.54
ASH1045	2.59	2.50	2.50	2.32	2.51
SAMURAY	2.45	2.28	2.55	2.68	2.48
NB21	2.48	2.54	2.49	2.43	2.43
CARIBUY	1.97	2.01	2.20	2.07	2.39
CROPLAN9009Y	2.03	2.00	2.15	2.33	2.30
BERRENDO	2.24	1.92	2.37	2.07	2.26
7011PM	2.05	2.17	2.18	2.40	2.22
7012BG	2.15	2.15	2.51	2.47	2.19
P93966WMK	2.12	2.02	2.35	2.11	2.19
AMARILLO320	2.11	1.98	2.06	2.37	2.13
ANTILOPEY	2.02	1.80	2.23	2.14	2.12
HT9105W	1.63	1.50	2.01	1.85	2.03
ARIO	2.29	2.29	2.48	2.14	2.02
NA731	1.82	1.91	1.98	2.18	1.97
RS7040	1.61	1.64	1.66	1.72	1.96
CROPLAN9105W	2.12	1.85	2.14	2.01	1.94
ABT8576	1.84	1.83	1.77	1.86	1.93
ABT8576FD	1.73	2.12	1.90	1.78	1.88
IMPARABLE	1.56	1.68	1.67	1.71	1.83
ASH1141	1.95	1.84	1.86	1.60	1.82
SYN914	1.67	1.58	1.74	1.69	1.82
B717	1.76	1.68	1.81	1.82	1.80
P93966WMA	1.61	1.55	1.67	1.80	1.78
7010PCH	1.53	1.31	1.55	1.51	1.72
ARMADILLO	1.63	1.55	1.55	1.44	1.68
CAMPEADOR	1.84	1.84	1.87	1.95	1.67
HT9009Y	1.74	1.66	1.74	1.66	1.67
AG614	1.59	1.61	1.64	1.64	1.56
N1R07	1.51	1.35	1.44	1.64	1.53
8520PM	1.50	1.57	1.64	1.60	1.52
TEMIS	1.45	1.22	1.56	1.45	1.47
ABASOLO317	1.43	1.30	1.24	1.36	1.42
N83N5	1.28	1.24	1.28	1.28	1.29
SYN914W	1.29	1.20	1.46	1.43	1.19
<i>DMS</i>	<i>0.56</i>	<i>0.64</i>	<i>0.63</i>	<i>0.67</i>	<i>0.61</i>

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %

Apéndice 7. Peso seco de raíz en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

Híbrido	Conductividad Eléctrica (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
Peso seco raíz					
8521BG	0.56	0.81	0.81	0.82	0.82
CAMPEADOR	0.35	0.50	0.38	0.42	0.52
TEMIS	0.46	0.59	0.42	0.45	0.47
P93966WMA	0.34	0.42	0.46	0.40	0.44
B717	0.37	0.49	0.43	0.41	0.42
RS7040	0.49	0.49	0.47	0.52	0.41
NA731	0.43	0.30	0.44	0.35	0.41
CROPLAN9105W	0.34	0.45	0.33	0.34	0.41
ANTILOPEY	0.24	0.32	0.36	0.41	0.38
CROPLAN7017Y	0.29	0.42	0.34	0.15	0.35
ASH1141	0.25	0.36	0.30	0.33	0.34
ZR27	0.38	0.64	0.58	0.58	0.33
ASH1045	0.21	0.42	0.30	0.30	0.33
SYN914	0.10	0.47	0.29	0.35	0.33
ARIO	0.36	0.38	0.35	0.43	0.30
SYN914W	0.20	0.30	0.25	0.19	0.30
CARIBUY	0.29	0.34	0.44	0.37	0.29
AG614	0.28	0.26	0.23	0.36	0.28
P3201	0.26	0.37	0.37	0.36	0.27
AMARILLO320	0.17	0.45	0.35	0.22	0.27
BERRENDO	0.21	0.43	0.31	0.33	0.26
7012BG	0.38	0.30	0.13	0.22	0.25
8520PM	0.20	0.23	0.26	0.22	0.25
AN447	0.27	0.29	0.20	0.27	0.24
MIXTEADO	0.35	0.45	0.35	0.30	0.23
N83N5	0.28	0.33	0.30	0.25	0.22
7010PCH	0.24	0.29	0.25	0.26	0.22
P93966WMK	0.23	0.27	0.18	0.27	0.22
AG180	0.38	0.31	0.27	0.15	0.21
ABASOLO317	0.23	0.28	0.33	0.23	0.21
ARMADILLO	0.15	0.23	0.20	0.17	0.19
ABT8576	0.23	0.32	0.28	0.32	0.18
TITAN	0.42	0.53	0.31	0.39	0.13
IMPARABLE	0.19	0.11	0.16	0.12	0.13
SAMURAY	0.18	0.29	0.14	0.11	0.13
ZR13	0.14	0.22	0.16	0.11	0.13
F150	0.05	0.22	0.24	0.22	0.13
HT9009Y	0.10	0.15	0.14	0.13	0.12
HT9105W	0.18	0.38	0.25	0.27	0.10
NB21	0.06	0.13	0.18	0.12	0.10
ABT8576FD	0.23	0.08	0.08	0.12	0.07
P93966WMI	0.16	0.16	0.12	0.07	0.07
N1R07	0.12	0.28	0.09	0.11	0.05
CROPLAN9009Y	0.20	0.29	0.17	0.07	0.04
386A	0.09	0.08	0.09	0.05	0.04
302	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03
7011PM	0.09	0.06	0.06	0.01	0.01
DMS	0.22	0.3	0.27	0.29	0.27

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %

Apéndice 8. Peso seco de parte aérea en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
Peso seco parte aérea					
BERRENDO	0.36	0.37	0.26	0.26	0.27
CROPLAN 9105W	0.20	0.33	0.19	0.25	0.26
AMARILLO 320	0.18	0.20	0.18	0.10	0.26
P93966 W-MK	0.33	0.30	0.29	0.32	0.25
P3201	0.27	0.29	0.25	0.28	0.24
ARMADILLO	0.22	0.26	0.29	0.32	0.24
AG - 614	0.17	0.22	0.19	0.23	0.22
ANTILOPEY	0.28	0.35	0.16	0.15	0.21
N83 - N5	0.23	0.28	0.24	0.14	0.21
CROPLAN 7017Y	0.20	0.27	0.23	0.14	0.21
SAMURAY	0.26	0.23	0.22	0.23	0.20
CARIBUY	0.25	0.25	0.24	0.32	0.20
SBA x 409 AMARILLO	0.18	0.21	0.16	0.17	0.20
ARIO	0.22	0.25	0.23	0.23	0.19
CAMPEADOR	0.19	0.20	0.17	0.17	0.19
P93966 W-MI	0.19	0.27	0.21	0.25	0.19
ABT 8576 FD	0.28	0.17	0.15	0.24	0.18
ASH - 1141	0.22	0.21	0.14	0.20	0.18
SBx 5009 BCO	0.18	0.21	0.16	0.20	0.18
7010 PCH	0.20	0.28	0.23	0.20	0.17
NB 21	0.20	0.21	0.24	0.16	0.17
ABASOLO 317	0.17	0.19	0.24	0.18	0.17
ABT 8576	0.20	0.28	0.26	0.23	0.16
F - 150	0.18	0.21	0.17	0.16	0.16
N1 R07	0.14	0.16	0.14	0.16	0.16
8521 BG	0.20	0.24	0.20	0.21	0.15
B - 717	0.20	0.23	0.17	0.21	0.15
TEMIS	0.35	0.24	0.24	0.21	0.14
AG - 180	0.26	0.19	0.20	0.20	0.13
ASH - 1045	0.22	0.21	0.25	0.16	0.13
7012 BG	0.20	0.22	0.11	0.16	0.13
IMPARABLE	0.17	0.19	0.11	0.10	0.12
8520 PM	0.16	0.16	0.16	0.13	0.12
P93966 W-MA	0.16	0.19	0.14	0.09	0.12
SYN 914	0.25	0.28	0.25	0.24	0.11
HT - 9009Y	0.16	0.20	0.18	0.14	0.11
RS - 7040	0.16	0.19	0.13	0.11	0.11
CROPLAN EXP 1708Y	0.10	0.15	0.14	0.18	0.10
MIXTEADO	0.12	0.21	0.13	0.08	0.09
CROPLAN 9009Y	0.11	0.16	0.12	0.09	0.09
SYN 914W	0.09	0.18	0.16	0.11	0.09
AN 447	0.16	0.15	0.09	0.11	0.08
NA 731	0.05	0.06	0.09	0.15	0.07
HT - 9105W	0.15	0.13	0.13	0.12	0.06
386 A	0.10	0.11	0.11	0.07	0.04
7011 PM	0.11	0.08	0.07	0.02	0.03
302	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02
DMS	0.14	0.15	0.15	0.17	0.15

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %

Apéndice 9. Porcentaje de materia seca en híbridos de maíz por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)				
	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0
Porcentaje materia seca					
302	57.31	55.37	61.77	61.23	57.75
TEMIS	33.95	42.35	37.29	36.03	56.13
386 A	42.40	43.01	41.67	42.31	54.28
NA 731	61.29	52.08	52.21	50.16	52.80
HT - 9105W	31.38	36.16	39.53	40.26	52.65
P93966 W-MA	38.38	44.83	46.48	42.88	51.98
7011 PM	44.33	45.97	50.07	55.65	51.51
SYN 914W	48.53	41.97	46.21	48.73	50.12
AN 447	41.18	38.49	54.84	44.83	48.37
SYN 914	31.48	34.90	40.01	35.09	46.73
CARIBUY	33.96	42.85	38.95	35.25	46.30
CROPLAN 9009Y	39.44	37.60	42.48	48.55	45.81
7012 BG	35.15	32.91	46.31	40.18	45.62
AG - 180	33.95	42.19	39.47	42.58	45.33
CROPLAN EXP 1708Y	45.96	36.61	41.67	38.30	45.03
IMPARABLE	37.69	34.02	42.53	44.78	44.36
ANTILOPEY	39.22	36.28	55.96	50.16	43.89
RS - 7040	37.91	37.35	43.16	45.05	43.79
NB 21	41.93	33.31	33.77	37.76	43.46
CROPLAN 7017Y	41.74	36.53	39.74	44.30	41.51
8520 PM	35.45	32.68	34.98	36.28	41.08
HT - 9009Y	30.50	36.14	39.06	35.46	40.59
ARIO	39.79	42.68	40.56	35.62	39.99
ASH - 1045	36.08	38.80	36.16	38.30	39.45
7010 PCH	29.72	23.58	31.78	33.15	39.35
ABT 8576	36.74	34.43	36.35	38.16	38.74
BERRENDO	36.11	30.12	39.80	36.85	38.42
P93966 W-MI	36.89	36.37	47.87	39.66	38.35
8521 BG	35.27	28.82	36.78	34.19	38.21
P93966 W-MK	28.61	34.06	28.75	36.44	37.90
AMARILLO 320	40.30	35.36	39.94	47.79	37.82
SBA X 409 AMARILLO	32.77	27.53	31.98	31.40	37.54
B - 717	33.65	26.85	33.76	34.07	37.08
SAMURAY	33.20	27.18	30.85	31.54	37.03
ABASOLO 317	38.89	32.13	27.72	37.44	35.05
ABT 8576 FD	29.91	35.97	43.27	31.34	34.76
F - 150	34.86	30.48	34.03	33.42	34.51
ASH - 1141	34.98	35.63	34.48	30.90	33.96
MIXTEADO	31.11	27.79	27.41	38.83	33.78
N83 - N5	29.76	30.39	31.40	34.94	33.43
ARMADILLO	31.62	29.64	33.24	28.52	33.32
CROPLAN 9105W	31.82	29.85	40.83	33.09	32.84
P3201	32.14	28.90	27.67	31.31	32.79
AG - 614	29.66	28.89	28.68	26.25	31.25
N1 R07	26.99	25.39	27.58	27.34	31.10
CAMPEADOR	31.51	28.23	36.38	33.13	29.55
SBX 5009 BCO	27.02	21.96	31.71	27.58	29.31
DMS	13.05	18.29	23.45	17.69	17.53

DMS= Diferencia Mínima Significativa con una probabilidad de 95 %

Apéndice 10. Porcentaje de germinación en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HIBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0.0		3.0		6.0		9.0		12.0	
A545xR15	93.33	a	100.00	a	90.00	a	96.67	ab	93.33	a
A535xR43	80.00	ab	83.33	ab	83.33	a	60.00	c	93.33	a
504 x15	96.67	a	93.33	ab	93.33	a	100.00	a	83.33	ab
STABLERO BCO	83.33	ab	76.67	abc	70.00	ab	83.33	abc	83.33	ab
A506xR43	83.33	ab	90.00	ab	93.33	a	73.33	abc	83.33	ab
45	83.33	ab	90.00	ab	93.33	a	86.67	abc	76.67	abc
CHEROKEE	86.67	a	77.50	abc	85.00	a	86.67	abc	76.67	abc
19	73.33	abc	76.67	abc	76.67	ab	80.00	abc	73.33	abc
SF-83002	83.33	ab	65.00	abc	90.00	a	63.33	c	73.33	abc
35	80.00	ab	80.00	ab	66.67	ab	70.00	abc	70.00	abc
SILOMIEL	90.00	a	73.33	abc	80.00	ab	100.00	a	63.33	bcd
1	50.00	c	40.00	c	40.00	b	66.67	bc	50.00	cd
SF-83008	56.67	bc	56.67	bc	60.00	ab	63.33	c	36.67	d

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 11. Incremento en peso por imbibición en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HIBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0.0		3.0		6.0		9.0		12.0	
A545xR15	0.613	abc	0.653	a	0.502	ab	0.654	a	0.518	a
504x15	0.562	abcd	0.631	a	0.557	a	0.640	a	0.505	ab
STABLERO	0.639	abc	0.585	ab	0.385	ab	0.520	abcd	0.488	ab
CHEROKEE	0.198	e	0.527	ab	0.384	ab	0.491	abcde	0.436	abc
45	0.542	abcd	0.663	a	0.577	a	0.504	abcd	0.430	abc
SILOMIEL	0.745	a	0.587	ab	0.619	a	0.605	ab	0.423	abc
A535xR43	0.354	cde	0.485	ab	0.344	ab	0.369	cdef	0.422	abc
35	0.662	ab	0.653	a	0.529	ab	0.546	abc	0.373	abc
A506xR43	0.425	bcde	0.591	ab	0.410	ab	0.292	def	0.351	abcd
19	0.389	bcde	0.439	ab	0.356	ab	0.393	bcdef	0.341	abcd
1	0.358	cde	0.384	ab	0.310	ab	0.371	bcdef	0.320	bcd
SF83002	0.304	de	0.287	b	0.295	ab	0.259	ef	0.244	cd
SF83008	0.223	e	0.292	b	0.228	b	0.247	f	0.167	d

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 12. Promedio porcentaje imbibición en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0.0		3.0		6.0		9.0		12.0	
A535xR43	133.15	ab	187.28	ab	132.97	ab	146.24	ab	171.39	a
SF83002	202.32	a	211.72	ab	205.53	ab	170.25	ab	162.69	ab
19	183.19	a	205.87	ab	172.11	ab	176.96	ab	160.07	ab
45	200.95	a	251.83	a	220.57	a	189.65	a	159.40	ab
A545xR15	175.30	a	181.15	ab	133.97	ab	177.76	ab	153.54	abc
504x15	151.59	ab	181.50	ab	155.39	ab	172.50	ab	144.15	abc
CHEROKEE	59.26	b	164.66	ab	117.74	ab	158.34	ab	135.36	abc
STABLERO	177.93	a	157.55	ab	106.32	ab	139.00	ab	129.01	abc
SILOMIEL	199.23	a	166.19	ab	168.17	ab	165.94	ab	124.24	abc
A506xR43	139.02	ab	200.82	ab	138.66	ab	104.10	b	122.60	abc
35	183.57	a	182.49	ab	146.18	ab	158.25	ab	105.46	abc
SF83008	104.87	ab	146.22	ab	121.58	ab	121.64	ab	95.81	bc
1	106.78	ab	109.60	b	90.57	b	108.87	b	88.50	c

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 13. Peso fresco total en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0.0		3.0		6.0		9.0		12.0	
STABLERO	1.224	ab	1.131	abc	0.871	abcd	1.176	ab	1.111	a
A545xR15	1.077	bc	1.176	ab	0.911	abc	1.143	ab	0.972	ab
504x15	1.102	abc	1.333	ab	0.656	bcd	1.091	ab	0.930	abc
SILOMIEL	1.508	a	1.440	a	1.343	a	1.448	a	0.926	abc
A535xR43	0.784	cd	0.866	abc	0.654	bcd	0.751	bcd	0.846	bcd
CHEROKEE	0.737	cd	0.861	abc	0.750	bcd	1.046	abc	0.830	bcd
35	1.126	abc	1.240	ab	1.067	ab	1.076	abc	0.816	bcde
45	0.893	bcd	1.244	ab	1.051	ab	1.027	abc	0.816	bcde
1	0.821	bcd	0.816	bc	0.757	bcd	0.794	bcd	0.704	cdef
A506xR43	0.704	cd	0.939	abc	0.728	bcd	0.602	cd	0.670	def
19	0.723	cd	0.767	bc	0.678	bcd	0.726	bcd	0.593	efg
SF83002	0.604	d	0.559	c	0.496	cd	0.522	d	0.518	fg
SF83008	0.467	d	0.529	c	0.432	d	0.492	d	0.390	g

Prueba de Tukey (P≤ 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 14. Peso seco total en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0		3		6		9		12	
STABLERO	0.265	a	0.284	a	0.286	ab	0.292	a	0.307	a
SILOMIEL	0.273	a	0.259	ab	0.266	ab	0.274	ab	0.271	ab
A545xR15	0.248	ab	0.233	abc	0.298	a	0.280	ab	0.251	abc
CHEROKEE	0.232	abc	0.241	abc	0.249	abc	0.234	bc	0.247	abc
1	0.209	bcde	0.248	abc	0.236	bc	0.234	bc	0.244	bc
504x15	0.236	abc	0.216	bcd	0.254	ab	0.266	ab	0.241	bc
35	0.227	abcd	0.231	abc	0.249	abc	0.248	abc	0.226	bc
A506xR43	0.212	bcde	0.209	bcd	0.232	bc	0.219	cd	0.222	bc
45	0.186	cde	0.183	cd	0.174	de	0.188	def	0.206	cd
A535xR43	0.180	def	0.191	bcd	0.197	cd	0.205	cde	0.193	cd
SF83008	0.169	ef	0.157	de	0.149	def	0.167	efg	0.152	de
19	0.134	fg	0.142	de	0.14	ef	0.147	fg	0.149	de
SF83002	0.110	g	0.108	e	0.115	f	0.120	g	0.123	e

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 15. Peso seco semilla en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0		3		6		9		12	
STABLERO	0.177	ab	0.195	ab	0.239	a	0.209	a	0.223	a
1	0.170	abc	0.211	a	0.210	ab	0.191	ab	0.218	a
SILOMIEL	0.153	abc	0.174	ab	0.181	abc	0.166	ab	0.212	a
CHEROKEE	0.200	a	0.171	ab	0.202	ab	0.164	abc	0.192	ab
A506xR43	0.173	ab	0.138	abc	0.184	abc	0.189	ab	0.179	ab
35	0.147	abc	0.136	abc	0.178	abc	0.168	ab	0.179	ab
A545xR15	0.165	abc	0.147	abc	0.228	ab	0.188	ab	0.174	ab
504x15	0.170	abc	0.119	bc	0.184	abc	0.177	ab	0.171	ab
45	0.115	cde	0.086	c	0.081	de	0.100	cd	0.136	bc
A535xR43	0.141	bcd	0.134	abc	0.154	bcd	0.162	abc	0.134	bc
SF83008	0.143	bc	0.123	bc	0.124	cde	0.140	bcd	0.133	bc
19	0.087	de	0.083	c	0.096	de	0.094	d	0.110	c
SF83002	0.061	e	0.070	c	0.069	e	0.080	d	0.082	c

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 16. Peso seco raíz en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0		3		6		9		12	
STABLERO	0.043	ab	0.043	ab	0.021	ab	0.040	abc	0.038	a
A545xR15	0.045	ab	0.046	a	0.042	a	0.043	ab	0.036	ab
A535xR43	0.022	de	0.029	abcd	0.026	ab	0.022	abcd	0.036	ab
504x15	0.040	abcd	0.051	a	0.032	ab	0.044	a	0.031	abc
CHEROKEE	0.015	e	0.034	abcd	0.023	ab	0.034	abcd	0.031	abc
45	0.033	bcde	0.045	ab	0.038	ab	0.041	ab	0.027	abcd
A506xR43	0.022	de	0.033	abcd	0.026	ab	0.021	abcd	0.023	abcde
SF83002	0.027	bcde	0.018	bcd	0.025	ab	0.019	bcd	0.020	bcde
35	0.038	abcd	0.042	abc	0.032	ab	0.032	abcd	0.019	bcde
SILOMIEL	0.055	a	0.038	abcd	0.036	ab	0.039	abc	0.018	cde
19	0.024	cde	0.027	abcd	0.018	ab	0.024	abcd	0.014	cde
1	0.016	e	0.012	d	0.008	b	0.016	cd	0.010	de
SF83008	0.013	e	0.015	cd	0.011	ab	0.012	d	0.007	e

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 17. Peso seco de parte aérea en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0		3		6		9		12	
STABLERO	0.045	ab	0.046	ab	0.027	abc	0.042	bcd	0.045	a
45	0.038	ab	0.051	a	0.055	a	0.047	abc	0.043	ab
SILOMIEL	0.065	a	0.047	ab	0.049	ab	0.069	a	0.041	ab
A545xR15	0.038	ab	0.039	ab	0.028	abc	0.049	ab	0.040	abc
504x15	0.025	b	0.046	ab	0.038	abc	0.045	abcd	0.039	abcd
35	0.043	ab	0.053	a	0.039	abc	0.047	abc	0.028	bcde
19	0.023	b	0.032	ab	0.025	abc	0.029	bcdef	0.025	bcde
CHEROKEE	0.017	b	0.036	ab	0.023	bc	0.036	bcde	0.024	bcde
A535xR43	0.017	b	0.028	ab	0.017	c	0.020	def	0.023	bcde
SF83002	0.021	b	0.020	b	0.020	bc	0.023	cdef	0.021	cde
A506xR43	0.016	b	0.037	ab	0.022	bc	0.009	f	0.020	de
1	0.023	b	0.025	ab	0.018	c	0.028	bcdef	0.016	e
SF83008	0.013	b	0.019	b	0.014	c	0.016	ef	0.012	e

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

Apéndice 18. Porcentaje de materia seca en híbridos de sorgo por cada nivel de salinidad.

HÍBRIDO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m ⁻¹)									
	0		3		6		9		12	
SF83008	37.117	a	29.744	a	35.029	ab	34.074	ab	39.437	a
1	25.980	abc	30.715	a	31.349	ab	29.694	abc	35.452	ab
A506xR43	30.441	abc	22.912	a	32.054	ab	37.514	a	33.550	ab
CHEROKEE	31.515	ab	27.973	a	34.609	ab	23.208	bc	29.958	ab
SILOMIEL	18.102	c	18.017	a	20.083	b	19.769	c	29.399	ab
35	20.466	bc	18.716	a	24.044	ab	23.263	bc	27.690	ab
STABLERO	22.386	bc	25.842	a	33.013	ab	25.084	abc	27.622	ab
504x15	21.525	bc	16.290	a	42.215	a	24.388	abc	25.962	b
A545xR15	22.950	bc	21.621	a	33.735	ab	24.555	abc	25.736	b
19	18.631	bc	19.154	a	22.042	ab	20.274	c	25.468	b
45	21.834	bc	15.496	a	17.091	b	18.848	c	25.203	b
SF83002	18.165	c	20.758	a	23.785	ab	23.465	bc	23.788	b
A535xR43	23.837	bc	23.509	a	30.248	ab	28.530	abc	23.138	b

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales

