

A
rey

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

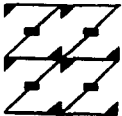
FALLA DE ORIGEN

EFFECTO DE LA SALINIDAD EN SEIS
CULTIVOS HORTÍCOLAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A N:

BERTHA MARÍA GRIJALVA SANDOVAL
ROSARIO CASTILLO SANTOS

DIRIGIDO POR:
M. EN C. RAMIRO RÍOS GÓMEZ
DR. MANUEL ORTEGA ESCOBAR



LO HUMANO
ES
DE NUESTRA REFLEXION

SEPTIEMBRE DE 1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darme fuerza, fé y esperanza.

A MIS PADRES:

Sra. Isabel Santos Amores.

Por su gran apoyo, libertad, comprensión y cariño, de sus buenos consejos para seguir adelante.

Sr. Cesar Castillo Escobar:

Por su apoyo y comprensión.

A MIS HERMANOS:

Armando, Juana, Gabriela y Cesar,
Por formar parte de una familia que lucha por seguir adelante y lograr sus metas.

A MI ESPOSO:

Gabino Trujillo Bazán,

Por su paciencia, comprensión, apoyo, confianza, pero sobre todo por su amor, y compartir la vida juntos.

A MI HIJO:

Israel,

Por su amor e inocencia, y de ser la esperanza.

ROSARIO

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

**Sr. Jesús Grijalva Rodríguez
Sra. Ventura Sandoval Torres
Por brindarme lo más preciado,
la vida, apoyo y comprensión.**

A MIS TIOS :

**Sr. Manuel Grijalva Rodríguez
Sra. Paulina Valdéz Benegas
Por darme su amor, comprensión
y apoyo.**

A MIS HERMANOS:

Por su apoyo.

A MIS AMIGOS:

**Y en especial al Ing. Benito Pantoja Bravo
Por su comprensión e impulso en la elaboración
de este trabajo.**

BERTHA

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Ramiro Ríos Gómez, por su amistad desinteresada, dirección, asesoría, así como su apoyo y dedicación en la elaboración de este trabajo, además por ser una gran persona que todo lo logra.

Al Dr. Manuel Ortega Escobar, Por la asesoría en la elaboración de este trabajo.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval. Por su apoyo en el manejo estadístico de los datos.

A la Bióloga Estela Escobar Rebollar, por su amistad, colaboración y apoyo en el desarrollo de este trabajo

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza a través de la Jefatura de la Carrera de Biología, por propiciarnos las facilidades para utilizar las instalaciones y equipo de computo.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE

	pág.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
5. OBJETIVO	6
5.1. Objetivo general	6
5.2. Objetivo específicos	6
6. HIPÓTESIS	6
7. REVISIÓN DE LITERATURA	7
7.1. Distribución geográfica de los suelos salinos	7
7.2. Geoquímica de los suelos salinos	8
7.3. Salinización de los suelos	9
7.4. Las sales solubles más importantes en los suelos y aguas de zonas áridas y semiáridas	13
7.5. Clasificación de los suelos salinos salinos y salino sódicos	16
7.6. Clasificación Rusa de los suelos	16
7.6.1. <i>Costras salinas</i>	17
7.6.2. <i>Solonchaks</i>	18
7.6.3. <i>Solonetz</i>	21
7.7. Clasificación Americana de los suelos salinos	21
7.8. Clasificación Francesa de los suelos	24
7.9. Problemas de los suelos salinos	24
7.10. Efectos de las sales solubles sobre los cultivos	26
7.11. Adaptación de las plantas a condiciones; de salinidad glicófitas y halófitas	41
7.12. Efecto de las sales solubles en la anatomía de la planta	43
7.13. Tolerancia de los cultivos a la salinidad	44

	pág.
8. MATERIALES Y MÉTODOS	46
8.1. Descripción del experimento	46
8.2. Materiales	46
8.3. Métodos	47
8.3.1. <i>Selección de tratamientos</i>	47
8.3.2. <i>Preparación los tratamientos</i>	48
8.3.2.1. Salinidad clorhídrica	49
8.3.2.2. Salinidad clorhídrico sulfática	50
8.3.2.3. Salinidad sulfático clorhídrica	51
8.3.2.4. Salinidad sulfática	51
8.3.2.5. Salinidad sulfático sódica	51
8.4. Diseño experimental	53
8.5. Observación durante el desarrollo experimental	53
9. RESULTADOS Y DISCUSION	56
9.1. El de pH de las soluciones salinas utilizadas en el experimento	
en la emergencia (sales puras y mezclas de sales)	57
9.2. CE de las soluciones salinas utilizadas en el experimento	
la emergencia (sales puras y mezclas de sales)	65
9.3. Porcentajes de emergencia	72
9.3.1. <i>Porcentajes de emergencia de lechuga (Lactuca sativa L.)</i>	72
9.3.2. <i>Porcentajes de emergencia de brócoli (Brassica oleracea)</i>	74
9.3.3. <i>Porcentajes de emergencia de calabaza (Cucurbita sp.)</i>	75
9.3.4. <i>Porcentajes de emergencia</i>	
<i>de tomate (Lycopersicon esculentum)</i>	76
9.3.5. <i>Porcentajes de emergencia de cilantro (Coriandrun sativun)</i>	77
9.3.6. <i>Porcentajes de emergencia de acelga (Beta vulgaris)</i>	78
9.4. Efectos de las sales puras y mezclas de sales sobre la	
altura de la plántula	91

	pág.
9.5. Efectos de las sales puras y mezclas de sales sobre la longitud de raíz	99
9.6. Efectos de las sales puras y mezclas de sales sobre la biomasa peso fresco de tallos	106
9.7. Efectos de las sales puras y mezclas de sales sobre la biomasa peso seco de tallos	113
9.8. Efectos de las sales puras y mezclas de sales sobre la biomasa peso fresco de raíz	120
9.9. Efectos de las sales puras y mezclas de sales sobre la biomasa peso seco de raíz	127
10. CONCLUSIONES	134
11. RECOMENDACIONES	136
12. LITERATURA CITADA	137

ÍNDICE DE CUADROS

	pág.
1. Conductividad eléctrica teórica para las semillas de los seis cultivos	47
2. pH de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron a la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>)	59
3. pH de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron al brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	59
4. pH de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron a la calabaza (<i>Cucurbita sp</i>)	60
5. pH de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron al tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	60
6. pH de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron al cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	61
7. pH de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron a la acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	61
8. pH de las soluciones de sales puras que se aplicaron a la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>)	62
9. pH de las soluciones de sales puras que se aplicaron al brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	62
10. pH de las soluciones de sales puras que se aplicaron a la calabaza (<i>Cucurbita sp</i>)	63
11. pH de las soluciones de sales puras que se aplicaron al tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	63
12. pH de las soluciones de sales puras que se aplicaron al cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	64
13. pH de las soluciones de sales puras que se aplicaron a la acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	64
14. CE de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron a la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>)	66

	pág.
15. CE de las soluciones de mezclas de sales a que se aplicaron al brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	66
16. CE de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron a la calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>)	67
17. CE de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron al tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	67
18. CE de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron al cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	68
19. CE de las soluciones de mezclas de sales que se aplicaron a la acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	68
20. CE de las soluciones de sales puras que se aplicaron a la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>)	69
21. CE de las soluciones de sales puras que se aplicaron al brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	69
22. CE de las soluciones de sales puras que se aplicaron a la calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>)	70
23. CE de las soluciones de sales puras que se aplicaron al tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	70
24. CE de las soluciones de sales puras que se aplicaron al cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	71
25. CE de las soluciones de sales puras que se aplicaron a la acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
1. Efecto de las mezclas de sales en la emergencia de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	79
2. Efecto de seis tipos de sales puras en la emergencia de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	80
3. Efecto de las mezclas de sales en la emergencia de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	81
4. Efecto de seis tipos de sales puras en la emergencia de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	82
5. Efecto de las mezclas de sales en la emergencia de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>)	83
6. Efecto de seis tipos de sales puras en la emergencia de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>)	84
7. Efecto de las mezclas de sales en la emergencia de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	85
8. Efecto de seis tipos de sales puras en la emergencia de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	86
9. Efecto de las mezclas de sales en la emergencia de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	87
10. Efecto de seis tipos de sales puras en la emergencia de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	88
11. Efecto de las mezclas de sales en la emergencia de acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	89
12. Efecto de seis tipos de sales puras en la emergencia de acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	90

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
1a. Promedio de altura de plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	93
1b. Promedio de altura de plántulas de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	93
2a. Promedio de alturas de plántulas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	94
2b. Promedio de alturas de plántulas de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	94
3a. Promedio de altura de plántulas de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	95
3b. Promedio de altura de plántulas de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	95
4a. Promedio de altura de plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	96
4b. Promedio de altura de plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	96
5a. Promedio de alturas de plántulas de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	97
5b. Promedio de alturas de plántulas de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	97
6a. Promedio de alturas de plántulas de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	98
6b. Promedio de alturas de plántulas de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	98
7a. Longitud de raíz de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	100

	pág.
7b. Longitud de raíz de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	100
8a. Longitud de raíz de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	101
8b. Longitud de raíz de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	101
9a. Longitud de raíz de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha	102
9b. Longitud de raíz de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	102
10a. Longitud de raíz de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	103
10b. Longitud de raíz de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	103
11a. Longitud de raíz de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	104
11b. Longitud de raíz de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	104
12a. Longitud de raíz de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	105
12b. Longitud de raíz de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	105
13a. Biomasa peso fresco de brotes de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	107
13b. Biomasa peso fresco de brotes de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	107
14a. Biomasa peso fresco de brotes de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	108

	pág.
14b. Biomasa peso fresco de brotes de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	108
15a. Biomasa peso fresco de brotes de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	109
15b. Biomasa peso fresco de brotes de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	109
16a. Biomasa peso fresco de brotes de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	110
16b. Biomasa peso fresco de brotes de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	110
17a. Biomasa peso fresco de brotes de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	111
17b. Biomasa peso fresco de brotes de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	111
18a. Biomasa peso fresco de brotes de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	112
18b. Biomasa peso fresco de brotes de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	112
19a. Biomasa peso seco de brotes de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	114
19b. Biomasa peso seco de brotes de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	114
20a. Biomasa peso seco de brotes de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	115
20b. Biomasa peso seco de brotes de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	115
21a. Biomasa peso seco de brotes de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	116

	pág.
21b. Biomasa peso seco de brotes de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	116
22a. Biomasa peso seco de brotes de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	117
22b. Biomasa peso seco de brotes de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	117
23a. Biomasa peso seco de brotes de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	118
23b. Biomasa peso seco de brotes de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	118
24a. Biomasa peso seco de brotes de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	119
24b. Biomasa peso seco de brotes de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	119
25a. Biomasa peso fresco de raíz de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	121
25b. Biomasa peso fresco de raíz de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	121
26a. Biomasa peso fresco de raíz de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	122
26b. Biomasa peso fresco de raíz de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	122
27a. Biomasa peso fresco de raíz de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	123
27b. Biomasa peso fresco de raíz de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	123
28a. Biomasa peso fresco de raíz de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	124

	pág.
28b. Biomasa peso fresco de raíz de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	124
29a. Biomasa peso fresco de raíz de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	125
29b. Biomasa peso fresco de raíz de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	125
30a. Biomasa peso fresco de raíz de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	126
30b. Biomasa peso fresco de raíz de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	126
31a. Biomasa peso seco de raíz de lechuga (<i>Lactuca sativun L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	128
31b. Biomasa peso seco de raíz de lechuga (<i>Lactuca sativun L.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	128
32a. Biomasa peso seco de raíz de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	129
32b. Biomasa peso seco de raíz de brócoli (<i>Brassica oleracea</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	129
33a. Biomasa peso seco de raíz de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	130
33b. Biomasa peso seco de raíz de calabaza (<i>Cucurbita sp.</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	130
34a. Biomasa peso seco de raíz de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	131
34b. Biomasa peso seco de raíz de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	131
35a. Biomasa peso seco de raíz de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	132

pág.

35b. Biomasa peso seco de raíz de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	132
36a. Biomasa peso seco de raíz de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	133
36b. Biomasa peso seco de raíz de acelga (<i>Beta vulgaris</i>) a los quince días post-emergencia, en el momento de la cosecha.	133

1. RESUMEN

Esta investigación se realizó en condiciones de invernadero utilizando semillas certificadas de seis especies hortícolas: lechuga, (*Lactuca sativa* L.), brócoli (*Brassica oleracea*), calabaza (*Cucurbita* sp), tomate (*Lycopersicon esculentum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y acelga (*Beta vulgaris*), expuestas a seis sales puras y cinco tipos de salinidad. Los cultivos fueron sometidos a seis niveles de salinidad que provocan una reducción teórica de 0, 25, 50, 75, 100 y 150% en el rendimiento, utilizando como sustrato inerte agrolita. La parte experimental consistió en un diseño de bloques al azar dividida en dos fases; la primera consta de siete concentraciones por tres repeticiones seis sales puras y el testigo con agua destilada y seis especies haciendo un total de 756 unidades de muestra y la segunda fue de siete concentraciones por tres repeticiones cinco tipos de salinidad y seis especies haciendo un total de 630 unidades de muestra.

El efecto de las sales fue evaluado durante quince días postemergencia, observándose retardo en la emergencia y disminución en altura de plántulas, longitud de raíz y biomasa peso fresco y seco de tallos y raíz estos se ven afectados en mayor proporción a medida que la concentración salina se incrementa en el medio mostrando además enanismo, evasión de raíces, enrollamiento y quemadura de borde, disminución en el área foliar.

Se encontró que el carbonato ácido de sodio y la salinidad sulfático-sódica son las más tóxicas para los cultivos aquí tratados y las menos nocivas la salinidad sulfático-clorhídrica y el cloruro de calcio.

Los cultivos más sensibles son el tomate y el cilantro, y los más resistentes calabaza y lechuga, la acelga y el brócoli son medianamente resistentes. Se aplicó análisis estadístico utilizando el paquete SAS encontrándose diferencias significativas cuando se compararon por especie y por sal en el caso de concentraciones algunas muestran diferencias significativas.

2. INTRODUCCION

El problema de la afectación de suelos por sales ha sido y es uno de los más importantes que limitan el establecimiento y permanencia de agricultura bajo riego en el mundo, afectando el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas. Aunque las condiciones que implican la génesis de dichos suelos, son derivadas fundamentalmente de las características de estos y de las aguas utilizadas para el riego, su manifestación cualitativa y cuantitativa en diferentes climas varia.

Se estima que este problema limita los rendimientos agrícolas en 4×10^7 hectáreas o sea un tercio de la tierra bajo riego en el mundo (Maas y Hoffman, 1977; Pla, 1988).

En México existen aproximadamente 5 millones de hectáreas manejadas en condiciones de irrigación. En estas áreas el 10 % tiene diferentes grados de problemas con sales. De las 500 000 ha afectadas por concentraciones elevadas de sales solubles el 50 % está localizado en la región Noroeste, 16 % en el Norte, 15 % en el Noreste, 18 % en el Centro y 1 % en el Sureste (S.R.H., 1981; Aceves, 1987). Sin embargo uno de los problemas prioritarios en la República Mexicana es la obtención de alimentos de tal forma que los productos hortícolas son sembrados en estas áreas en un elevado porcentaje por los agricultores de nuestro país.

Estos suelos en general contienen más del 2% de sales solubles, dominadas principalmente por sulfatos y cloruros. La elevada concentración de éstas sales en la solución del suelo origina presiones osmóticas que afectan las plantas cultivadas y disminuye o nulifica el transporte de nutrimentos a la misma (Azaizeh y Steudle, 1991).

La mayoría de los suelos afectados por sales se encuentran localizados en regiones

subhúmedas, áridas y semiáridas (Carter, 1975) y en algunas regiones costeras, incluyéndose además cuencas endorréicas en zonas templadas del mundo, en donde la precipitación no es suficiente para lixiviar los excesos de sales que llegan al suelo propiciando su acumulación, En consecuencia, la acumulación de sales se debe a condiciones específicas de intemperización geoquímica y biogeoquímica. Además las condiciones hidrológicas determinan la redistribución de los compuestos salinos en los suelos.

También un mal manejo de los suelos contribuye a la acumulación de sales, la sobrefertilización produce rápidamente síntomas de salinidad empezando con el marchitamiento del follaje y de las puntas, así como quemaduras de los márgenes (Hartman y Kester, 1983; Shannon, 1984).

Estudios realizados para observar los efectos de la salinidad en plantas han incluido una gran variedad de especies y diferentes sales a concentraciones diversas, encontrándose diferencias significativas entre estos. (Zhao *et al.*, 1991; Hever and Shalevet. 1986; Kent y Läuchli. 1985; Hansen y Munns. 1988; Muhammed *et al.*, 1987; Storey *et al.*, 1986).

En virtud al problema de salinización de los suelos cada vez más aguda, la mayor demanda de alimentos, escasez de suelos de buena calidad, a los efectos que las sales producen en las plantas y suelos y a los pocos trabajos sobre los daños que las sales producen en los cultivos, así como los niveles de tolerancia en las diferentes etapas fenológicas, en la presente investigación se propone evaluar los efectos que las principales sales y tipos de salinidad producen en seis cultivos hortícolas.

3. JUSTIFICACION

La salinidad es quizá el problema mundial más importante que limita el desarrollo de los cultivos afectando su crecimiento y desarrollo. Los estudios realizados señalan que la mayoría de los cultivos son más sensibles durante la germinación, que en etapas posteriores a esta, existiendo algunas especies con un rango de tolerancia a las sales solubles (Carter, 1975). La tolerancia de las plantas a las sales varía con la especie variedad, tipo de suelo, clima y condiciones de manejo (Hurkman, 1992).

En México, los estudios acerca de tolerancia y resistencia a las condiciones salinas, para la mayoría de las especies cultivadas (lechuga, brócoli, calabaza y tomate) son muy limitados y en algunos aún no se tienen reportes, como en el caso de cilantro y acelga. Sin embargo, estas son especies que forman parte de la dieta de nuestra población por lo cual es importante conocer los rangos de tolerancia de estos. El presente trabajo tiene como finalidad analizar la respuesta de seis cultivos a las sales más comunes que se encuentran en los suelos así como a los tipos de salinidad encontrados en la naturaleza.

Para ello es necesario asegurar los niveles de concentración a los cuales estarán expuestas las distintas especies durante la etapa de experimentación razón por la cual no será utilizado suelo sino un substrato inerte (agrolita), esto nos permitirá eliminar interferencias por la presencia en el medio de sales diferentes a la que deseamos exponer el cultivo.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Considerando las condiciones climáticas y geográficas existentes en amplias regiones de nuestro país, así como el origen de la agricultura en México, el manejo y la calidad de las aguas que se usan para riego y los factores que intervienen en las propiedades químicas y físicas que pueden origina condiciones de salinidad y/o sodicidad excesiva en los suelos, el área de superficie agrícola con este problema, se incrementa cada vez más reduciendo el rendimiento en la producción agrícola.

En virtud de que no somos un país autosuficiente en la producción de alimentos y siendo uno de los problemas prioritarios la obtención de estos, se ha propiciado la necesidad de desarrollar la agricultura en los suelos improductivos algunos presentan problema de salinidad.

En La República Mexicana los cultivos hortícolas son de gran importancia ya que se practican en zonas de temporal (calabaza) y riego (cilantro, tomate, Brócoli, lechuga y acelga) en las que los rendimientos dependen de las condiciones del suelo en las que crecen dichas plantas. Por lo anterior, es necesario conocer la respuesta causada por el estrés que las distintas sales puras y mezclas, provocan a los cultivos hortícolas a diferentes concentraciones.

5. OBJETIVO

5.1. GENERAL

Evaluar bajo condiciones de invernadero algunos efectos de la salinidad en seis especies hortícolas: lechuga (*Lactuca sativa* L.), brócoli (*Brassica oleracea*), calabaza (*Cucurbita* sp), tomate (*Lycopersicon esculentum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y acelga (*Beta vulgaris*) utilizando distintas soluciones salinas de diferente concentración total equivalente y composición iónica en la etapa de plántula.

5.2. ESPECIFICOS

- 1.- Evaluar la capacidad de emergencia de seis especies hortícolas bajo estrés salino.
- 2.- Determinar la tolerancia específica de los seis cultivos a soluciones salinas.
- 3.- Describir los síntomas presentados por los cultivos frente a los diferentes tratamientos de cada tipo de sal y tipo de salinidad.

6. HIPOTESIS

Cada una de las especies toleran distintos intervalos de salinidad. Sin embargo, el proceso general señala que a mayor concentración la biomasa de cualquier especie se ve reducido al afectarse los procesos fisiológicos.

7. REVISIÓN DE LITERATURA

7.1. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS SUELOS SALINOS

En todos los continentes, hay grandes áreas de suelos alcalinos y salino-sódicos. Los suelos afectados por sales es un problema a nivel mundial y se considera que del área total un 10% tiene problemas de suelos salinos o salino-sódicos, como se muestra a continuación.

Suelos afectados por sales en continentes y subcontinentes /por mil ha.

América del Norte	15,745
México y América Central	1,965
América del Sur	29,163
Africa	80,538
Asia del Sur	87,608
Norte y Asia Central	211,688
Sur Este de Asia	19,983
Australia	357,330
Europa	50,804
<hr/>	
Total:	954,834

De estas se considera que 50,000 ha son las que se encuentran con problemas graves de salinidad en la República Mexicana.

La salinidad y alcalinidad ocurre en todos lo tipos de climas no obstante este proceso es más frecuente en regiones áridas, esta es una razón para que la salinidad y la desertificación estén relacionados (Szabolcs, 1994).

Los suelos salino-sódicos han sido descritos por numerosos científicos en todo el mundo. Se les encuentra en planicies aluviales de la base de Ríos, en delta-aluviales en innumerables valles de otros ríos que desembocan en el Mar, en las terrazas aluviales, en submontañas y con sus afluentes incluyendo montañas y en grandes y pequeños ríos de Mongolia, India, La ex Unión Soviética, Turquía, Ucrania, de la región del Cáucaso, Europa Central y Occidental, Rumania, Bulgaria, Grecia Italia, España etc. (Kovda, 1980; Tamhane *et al.*, 1978).

7.2. GEOQUIMICA DE LOS SUELOS SALINOS

Las sales solubles de los suelos consisten principalmente en varias proporciones de los cationes sodio, calcio y magnesio, y de los aniones cloruro y sulfato; el catión potasio y los aniones carbonato, bicarbonato y nitrato, se encuentran generalmente en cantidades menores. La fuente original y en cierto modo la más directa de la cuál provienen las sales antes mencionadas, son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y en las rocas expuestas de la corteza terrestre. Durante el proceso de intemperización química que comprende hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación, estos compuestos gradualmente son liberados adquiriendo mayor solubilidad.

Los iones bicarbonato se forman como consecuencia de la solubilidad del CO_2 en agua. El CO_2 puede ser de origen atmosférico o biológico y el agua que contiene CO_2 es un activo agente químico intemperizante que libera cantidades apreciables de cationes en forma de bicarbonatos. Los iones carbonato y bicarbonato están relacionados entre sí, y la cantidad que hay de cada uno es una función del pH de la solución. Mayores cantidades de iones carbonato, sólo pueden presentarse para valores de pH de 9.5 o más altos.

Aunque la intemperización de los minerales primarios es la fuente indirecta de casi todas las sales solubles, hay pocos ejemplos en los que se haya acumulado suficiente cantidad de sal de este origen para formar un suelo salino. Los suelos salinos

generalmente se encuentran en áreas que reciben sales de otras localidades, siendo el agua el principal medio de transporte.

El océano puede ser la fuente de sales en aquellos suelos en los que el material original está constituido por depósitos marinos que se asentaron durante períodos geológicos antiguos y que a partir de entonces han emergido. El océano es también la fuente de sales en los suelos bajos que se encuentran a lo largo de las costas.

Sin embargo, es más común que la fuente directa de estas sales sean las aguas superficiales y también las subterráneas, ya que las contienen disueltas y su concentración depende del contenido salino del suelo y de los materiales geológicos que han estado en contacto con éstas.

Las aguas actúan como fuente de sales cuando se usan para riego y pueden también agregar sales al suelo bajo condiciones naturales, cuando inundan las tierras bajas o cuando el agua subterránea sube hasta cerca de la superficie (Richards, 1993).

7.3. SALINIZACION DE LOS SUELOS

La formación y acumulación de las sales en los suelos es el resultado de muchos procesos de intemperismo, que tiene lugar en la capa superior de la corteza terrestre (Noyola, 1975).

En la geografía y geoquímica de los procesos de formación de los suelos salinos hay que mencionar los diferentes ciclos de acumulación de sales (Kovda, 1980).

1.- CICLOS CONTINENTALES, que están relacionados con el movimiento, redistribución y acumulación de sales: carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, en las cuencas interiores y sin drenaje de los continentes. El drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. La baja permeabilidad del suelo es causa del mal drenaje

impidiendo el movimiento descendente del agua. La baja permeabilidad puede deberse a textura o estructura desfavorable o a la presencia de capas endurecidas que pueden estar constituidas por arcilla compacta, por caliche o una capa sílica dura.

2.- CICLOS LIMITROFES A LOS MARES, están relacionados con la acumulación de sales fundamentalmente de NaCl en las partes bajas del continente que limitan con el mar y en las orillas de pequeños golfos.

3.- CICLOS DELTAICOS, que existen en gran cantidad y que tienen una importancia para el hombre ya que desde tiempos muy antiguos los deltas de los ríos se utilizan en el riego. Estos ciclos se caracterizan por una conjugación de procesos que involucran el movimiento, distribución y acumulación de sales que son traídas desde el continente por los ríos con un flujo de aguas freáticas y con sales que ingresan a diferentes tiempos de los mares.

4.- CICLOS ARTESIANOS, que se deben a la evaporación de aguas subterráneas que surgen a la superficie a través de fallas tectónicas y estructuras destruidas.

5.- CICLOS ANTROPOGENICOS, que se deben a los errores del hombre en su actividad productiva originados por el desconocimiento de las leyes que rigen la acumulación de sales, tales como:

- a) Salinización de los suelos bajo riego, debido al ascenso de los niveles freáticos.
- b) Salinización de los pastizales por su mala explotación.
- c) Al riego con aguas de elevada concentración salina sin conocer y observar las concentraciones óptimas de estas aguas y no conocer los procesos que involucran su uso.

Los procesos citados, están asociados con las condiciones climáticas, geomorfológicas, micromorfológicas, hidrogeológicas y biológicas de cada región (López, 1988).

Las condiciones climáticas influyen en la formación de suelos salinos, principalmente en aquellas regiones que poseen clima seco, como las zonas áridas y semiáridas, donde la acumulación de sales solubles en el suelo es consecuencia de la alta evaporación, mantos freáticos elevados y mal drenaje. Este proceso también ocurre en áreas bajas donde las sales son acareadas y depositadas por el agua, (Boletín, Distrito de riego del Río Yaqui, 1965).

Desde el punto de vista hidrológico la acumulación de sales ocurre en regiones de drenaje restringido, cuando el balance de aguas freáticas es regulado por la evaporación y transpiración y no por el ingreso de las aguas freáticas a zonas de acumulación (López, 1988).

La geoquímica de las sales en la corteza, de acuerdo con A. E. Ferman, está basada en la solubilización y extracción de iones de los minerales durante el proceso del intemperismo, con una posterior precipitación y acumulación en determinadas condiciones físico-geográficas. Polinov y Kovda clasifican los elementos en cinco categorías de acuerdo con su capacidad de migración, como se ilustra en el siguiente cuadro: (Aceves, 1979; Pizarro, 1978; Food Agricultural Organization FAO/UNESCO, 1973); Dfaz, 1976).

CATEGORIA DE MIGRACION Y MOVILIDAD DE LOS ELEMENTOS LIBERADOS DE LOS MINERALES Y DE LA CORTEZA TERRESTRE

Número	Categoría	Elemento
1	Prácticamente no móviles	Si (cuarzo)
2	Débilmente móviles	Fe, Al, Si
3	Movibles	Si, P, Mn
4	Fácilmente movibles	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn.
5	Enérgicamente móviles	Cl, Br, I, S, C, B.

Hutchinson /FAO/UNESCO, 1973.

Los elementos de la cuarta y quinta categoría son los constituyentes de las sales que salinizan los suelos: cloruro de sodio, sulfato de sodio, cloruro de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y carbonato de magnesio, las cuales se acumulan en las depresiones o se conducen al mar.

En los suelos alcalinos, los bicarbonatos y carbonatos de los metales alcalinos pueden existir prácticamente en forma pura o en mezclas con cloruros y sulfatos. Por esto es necesario diferenciar suelos sódico-sulfáticos y suelos sódico-clorhídricos (Santana, 1989).

En síntesis, sobre el origen de las sales solubles que salinizan a los suelos y espesores, se debe indicar lo siguiente:

1.- Las fuentes primarias de sales en la corteza terrestre son:

- a) Emanaciones gaseosas volcánicas y plutónicas (lavas, fumarolas y magma), y productos de sus cambios.
- b) Sales y gases, solubilizados en fuentes termales.
- c) Productos de oxidación de algunos elementos de la atmósfera y de algunos de sus gases.
- d) Productos solubles derivados del intemperismo de las rocas cristalinas.

2.- Durante estos procesos, los productos gaseosos solubles se presentan en forma de:

- a) Elementos (S, Cl) que se oxidan posteriormente o que se solubilizan en las aguas.
- b) Anhídridos (SO_2 , SO, CO_2 , B_2O_3) que se solubilizan en el agua y se transforman posteriormente en ácidos, que reaccionan con las diferentes rocas y debido a esto se asocian con los cationes alcalinos y alcalino-térreos.
- c) Ácidos (HCl, H_2S , HBO_3).

d) Como sales (NaCl , NH_4Cl).

3.- La atmósfera es la fuente primaria de las sales de los ácidos: nítrico, nítrico y carbónico.

4.- La fuente fundamental de todos los tipos actuales de acumulaciones salinas son los procesos del intemperismo de las rocas cristalinas y que forman a los carbonatos, sulfatos, cloruros y boratos (Santana, 1989).

7.4. LAS SALES SOLUBLES MAS IMPORTANTES EN SUELOS Y AGUAS DE LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS

El grado de solubilidad de las sales es una propiedad importante que es necesario tener presente, ya que el efecto dañino sobre los cultivos es proporcional a su concentración, produciendo mayor toxicidad las sales que son más solubles, en cambio las poco solubles se precipitan, antes de alcanzar niveles perjudiciales.

También es importante el aspecto cualitativo y cuantitativo, ya que las diferentes relaciones catiónicas y aniónicas en una solución influyen sobre los procesos que ocurren en los suelos; así por ejemplo, los cloruros y los carbonatos son diametralmente opuestos en sus efectos sobre los suelos. Las sales más importantes en relación con los suelos salinos son:

SALES DEL ACIDO CARBONICO.- Las sales del ácido carbónico se encuentran ampliamente en los suelos y aguas freáticas de los desiertos, semidesiertos y estepas e inclusive estepas boscosas. El efecto de estas sales en grado considerable depende de su composición, cantidad de las sales que se acumulan en los suelos, grado de solubilidad y toxicidad para las plantas así como también de su efecto en el régimen hídrico de las plantas.

CARBONATO DE CALCIO (CaCO₃).- Es de muy baja solubilidad (0.013 g/l), ésta aumenta en presencia del ácido carbónico, gracias a la formación de bicarbonatos de calcio de acuerdo a la reacción:



Debido a la baja solubilidad del carbonato de calcio este no es nocivo para la mayoría de las plantas.

CARBONATO DE MAGNESIO (MgCO₃).- Se caracteriza por ser más soluble de que el carbonato de calcio de (0.85g/l). En presencia del ácido carbónico, gracias a la formación de bicarbonatos de magnesio la solubilidad de MgCO₃ aumenta fuertemente. Como el carbonato de magnesio es una sal formada por una base fuerte y un ácido débil, el carbonato de magnesio en el proceso de hidrólisis le da a la solución valores de alta alcalinidad (hasta pH = 9.0-10.0).

CARBONATO DE SODIO (Na₂CO₃).- Es una sal del ácido carbónico y sodio. Se encuentra ampliamente en la naturaleza tanto en los suelos como en las aguas freáticas, acumulándose en los suelos en cantidades considerables. El carbonato de sodio en los suelos se cristaliza con diferentes cantidades de agua presentándose en distintas modificaciones: Na₂CO₃·10H₂O, Na₂CO₃·H₂O. Al igual que el bicarbonato de sodio tiene una alta solubilidad, la cual varía con la temperatura teniendo a 20°C 213 g/l. Como resultado de la hidrólisis provoca una alta alcalinidad en el medio, generado por un pH alrededor de 12; es tóxico para las plantas y afecta la estructura de los suelos, disminuyendo su permeabilidad.

BICARBONATO DE SODIO (NaHCO₃).- Se caracteriza por una menor alcalinidad de (137 g/l) y toxicidad en comparación con el Na₂CO₃. Durante la evaporación de las aguas freáticas que contienen carbonatos y bicarbonatos de sodio de la solución del suelo, se precipitan y se acumulan en los suelos los cristales de una sal doble:

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ó cristales de NaHCO_3 .

SALES DEL ACIDO SULFURICO.- SULFATOS: Se encuentran en grandes y pequeñas cantidades casi en todos los suelos. En los suelos y aguas freáticas de las estepas y desiertos, los sulfatos a veces se acumulan considerablemente. El valor agronómico o de mejoramiento de los sulfatos cambia fuertemente en función del catión acompañante.

SULFATO DE CALCIO ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).- Conocido también como yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), es una sal que desde el punto de vista fisiológico no es nociva para los vegetales, ya que su solubilidad es de 1.9 g/l.

SULFATO DE MAGNESIO. Conocido también como epsomita $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, con frecuencia se encuentra en los suelos salinos, existiendo también en aguas freáticas, y lagos salinizados. Es una sal perjudicial debido a su alta solubilidad (252 gr/l), se caracteriza por su fuerte toxicidad y es una de las sales más nocivas para las plantas por lo general se encuentra combinada con otras sales.

SULFATO DE SODIO (Na_2SO_4).- Se presenta en suelos salinos en aguas freáticas y lagos salinizados. Su solubilidad de (430 g/l) varía con la temperatura, esto es importante en cuanto a su lavado, ya que en épocas frías precipita y en las cálidas asciende por capilaridad hacia la superficie del suelo, haciendo que su comportamiento sea muy complejo.

SALES DEL ACIDO CLORHIDRICO.- CLORUROS: Los cloruros junto con los sulfatos son los compuestos más importantes que provocan la formación de los suelos salinos. Los cloruros se caracterizan por su alta solubilidad ocasionando fuertes daños a las plantas.

CLORURO DE MAGNESIO (MgCl_2).- Posee una solubilidad elevada (353 g/l), es perjudicial para las plantas. En ocasiones se forma como consecuencia de la

relación entre soluciones que contienen cloruro de sodio (Pizarro, 1978).

CLORURO DE SODIO (NaCl).- Junto con los sulfatos de sodio y de magnesio es la sal más frecuente en los suelos salinos, su solubilidad es de 318 g/l y no varía con la temperatura. Es muy tóxica para las plantas.

CLORURO DE POTASIO (KCl).- En función de sus propiedades químicas está sal en general presenta un comportamiento inverso al cloruro de sodio. Su frecuencia en los suelos no es muy grande, ya que las plantas y organismos consumen el potasio y por otro lado lo absorben las arcillas. En contenidos grandes de cloruro de potasio en los suelos, su toxicidad es muy alta como la del cloruro de sodio.

7.5. CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y SALINO SODICOS

Existen varias clasificaciones de los suelos salinos cada una con ventajas y desventajas. Las más importantes son la Rusa, Americana y Francesa. La Rusa combina los principios de pedogénesis, geoquímica de sales y fisiología vegetal. La Norteamericana utiliza los parámetros de conductividad eléctrica en las soluciones obtenidas del extracto de saturación y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). En la clasificación Rusa existen varios tipos de ella, de acuerdo a la profundidad de los horizontes salinos, la migración acuosa de las sales en suelos bajo irrigación, etc.

7.6. CLASIFICACION RUSA DE LOS SUELOS

Durante la estructuración de una clasificación de los suelos salinos es necesario considerar los principios de la fisiología de las plantas. Solamente bajo este enfoque, se puede entender el origen y forma de los suelos salinos, los niveles de fertilidad natural y los mejoramientos necesarios que hay que realizar para llevar estos suelos

a la explotación agrícola (Díaz, 1986).

Kovda (1980), establece la siguiente clasificación de suelos salinos, que considera los principios de la fisiología vegetal.

A).- **COSTRAS SALINAS.**

B).- **SOLONCHAKS.**

C).- **SOLONETZ.**

7.6.1. COSTRAS SALINAS

En los desiertos de Asia, Africa y América Latina frecuentemente se encuentran acumulaciones de sales prácticamente puras desde el punto de vista químico. El contenido de estas costras alcanza el 100% de su masa y su espesor varía de 3-5 cm alcanzando a veces de 50 a 100 cm. Algunas de las costras salinas son de estructura densa, tienen baja permeabilidad a las soluciones, no son penetradas fácilmente por las raíces y por los instrumentos de labranza y no poseen fertilidad natural.

Desde el punto de vista químico las costras salinas se distinguen en:

1.- **Costras de calizas:** Son las que tienen 60-70% de carbonatos de calcio y desde el punto de vista de toxicidad a las plantas estas no muestran efectos, aunque si poseen carbonato de magnesio, pueden manifestar toxicidad debido a los valores de la alcalinidad de las soluciones cuando se solubiliza el carbonato de magnesio.

2.- **Costras yesíferas:** Se localizan en zonas más secas y sin escurrimiento de las regiones áridas del planeta. Estas son ampliamente conocidas en los Desiertos y

Estepas de Asia Central, del Cáucaso y de América Latina. Se conocen costras yesíferas y horizontes yesíferos actuales que se han formado o acumulado, debido a la evaporación de las aguas freáticas o residuales, que se han formado en el pasado. El espesor de las costras salinas, yesíferas y horizontales es de 10-15 cm y a veces de 1-2 cm.

3.- Costras de sales solubles: Estas se forman en los desiertos y zonas áridas más secas y en los suelos salinos en épocas de sequía.

Estas costras son prácticamente de sales puras en un 90-100% y se forman de una mezcla de sales: cloruro de sodio, mirabilita y otras. El espesor de estas costras salinas es de algunas decenas de centímetros y a veces alcanza algunos metros y se forma en algunas depresiones profundas del relieve debido a las precipitaciones químicas de las sales.

7.6.2. SOLONCHAKS

Los solonchaks son fácilmente distinguibles en condiciones de campo, su superficie está por regla general cubierta con un depósito o capa de sales de fácil solubilidad.

Tanto, los horizontes superficiales como los inferiores son de un color gris claro con tonos amarillo-café. Por su composición física, los solonchaks son frecuentemente arcillosos, debido al hecho de que estos se han formado en tierras bajas, depresiones o valles.

Desde el punto de vista morfológico los suelos salinos pueden diferenciarse como:

- 1.- Solonchaks húmedos
- 2.- Solonchaks esponjosos
- 3.- Solonchaks duros
- 4.- Solonchaks columnares
- 5.- Solonchaks blancos
- 6.- Solonchaks negros

Solonchaks húmedos: Este término es aplicado a los suelos salinos cuyo manto freático es poco profundo y sus poros se mantienen saturados por el agua capilar. Dentro de esta clasificación también se incluyen los suelos que tienen considerables concentraciones de cloruros de magnesio y cloruro de calcio, sales que por su alta

higroscopicidad mantienen al suelo húmedo.

Solonchaks esponjosos: Este término es aplicado a tipos de solonchaks cuyo horizonte superficial es un estrato salino de consistencia pulverolento, blanda y suelta, su composición principal es una mezcla de 10% a 20% de $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ y CaSO_4 y sales solubles tales como NaCl y Na_2SO_4 .

Solonchaks duros: Este término se aplica a tipos de solonchaks en los que las sales a través de períodos de humedecimiento y más particularmente los solonchaks yesíferos que a través de recristalizaciones forman una capa dura de espesores de 2.0-5.0 cm con una alta estabilidad estructural.

Solonchaks columnares: Este término es aplicado a aquellos suelos que en su horizonte superficial presentan una estructura de largas columnas. Estas son comunes en las estepas forestales, de las regiones de Argentina, E.U.A., Siberia y en la Cuenca del Valle de México, en el Ex-Lago de Texcoco.

Solonchaks blancos: Estos suelos presentan en su superficie costras de color blanco debido a la acumulación de cantidades considerables de NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 y Na_2CO_3 .

Solonchaks negros: Este término es usado para describir solonchaks sódicos, con un color oscuro en su superficie, el color oscuro se debe a la falta de cloruros y sulfatos y a la presencia de coloides organominerales.

Con respecto a su composición química o sea por el contenido de sales se dividen en las siguientes categorías:

a).- **Solonchaks nitrados:** Son suelos ricos en NaNO_3 y KNO_3 . Estos suelos se encuentran en los desiertos de Chile y Perú, también en las áreas áridas de Bolivia, Colombia y Argentina.

b).- Solonchaks clorhídricos: En este tipo de suelos la composición de sales predominante es una mezcla de NaCl , MgCl_2 y a veces CaCl_2 . Estos suelos se encuentran usualmente en zonas limítrofes de los mares.

c).- Solonchaks salino sulfato-clorhídrico: Estos suelos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y se caracterizan por una relación variable de cloruros y sulfatos con una preponderancia de cloruros, estos suelos pueden contener de 3.0-5.0% de sales en los horizontes superiores.

d).- Solonchaks salino clorhídrico-sulfático: Suelos que se caracterizan por un contenido superior de sulfatos con respecto a los cloruros, los sulfatos son de Na y Mg. La concentración de sales puede alcanzar 2.0-5.5%. Estos suelos poseen grandes cantidades de CaSO_4 .

e).- Solonchaks salino sodico-sulfáticos: La composición de sales generalmente esta representada por NaSO_4 , MgSO_4 y CaSO_4 . Se encuentra en depresiones continentales (valles).

f).- Solonchaks sulfático-sódicos: En estos suelos predominan los sulfatos, sin embargo existen también una gran cantidad de cloruros, pero su característica primordial es la aparición de bicarbonatos y carbonatos de los metales alcalinos hasta contenidos de 0.1-0.5% de HCO_3^- y valores de $\text{pH} = 8.7-9.5$.

g).- Solonchaks sódicos: Suelos que se distinguen porque poseen cantidades considerables de Na_2CO_3 , NaHCO_3 , con cantidades adicionales de Na_2SO_4 y MgCO_3 . La toxicidad de la soda es alta y esto explica el efecto directo de esta sal con respecto a las propiedades de los suelos, los valores de alcalinidad son de $\text{pH} = 9.5-10.5$ y 11.0.

h).-Solonchaks bóricos: Las sales del ácido bórico de las emanaciones volcánicas que contienen boro se acumulan en climas excesivamente secos, formando en estas

regiones los suelos de salinidad bórica.

7.6.3. SOLONETZ

El termino Ruso solonetz es aplicado en el grupo de suelos alcalinos de las estepas y regiones áridas y semiáridas descansando en rocas salinas o aguas subterráneas salinas, pero influenciados por procesos de salinización. Estos suelos se caracterizan por la presencia de un horizonte superficial húmico de alto contenido de sodio intercambiable, dando lugar a las propiedades alcalinas del suelo: una alta dispersión, gran viscosidad cuando está húmedo y un alto grado de compactación cuando está seco. La formación en el horizonte B de estructuras columnares y prismáticas, como resultado de la solubilidad de la materia orgánica y peptización de los coloides del suelo.

Los solonetz son clasificados de acuerdo a la madurez del desarrollo de sus perfiles salinos, es decir de acuerdo a la profundidad de los estratos salinos y son denominados como:

Solonetz de alta salinidad.

Solonetz salinos.

Solonetz de salinidad profunda.

Solonetz no salinos.

7.7. CLASIFICACION AMERICANA DE LOS SUELOS SALINOS

La clasificación americana utiliza fundamentalmente dos parámetros para caracterizar a los suelos, la CE y el PSI. La CE indica los efectos de la salinidad sobre las plantas. El PSI es un índice de los efectos sobre las propiedades físicas del suelo.

Basado en esos dos factores, el laboratorio de salinidad de Riverside en California, de los U.S.A. clasificó los suelos afectados en tres categorías (Shaniberg, 1975).

- 1.- Suelos salinos
- 2.- Suelos sódicos-salinos
- 3.- Suelos sódicos no salinos

Suelos salinos: El término "salino" se aplica a suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 dS/m a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor de 15. Generalmente el pH es menor de 8.5. Estos suelos son descritos por Richards (1993) como suelos "álcali blanco"; este nombre se debe a la presencia de costras blancas de sal, cuando hay un exceso de sales y hay ausencia de cantidades significativas de sodio intercambiable. Este tipo de suelos corresponde a los "solonchaks" de los autores Rusos.

Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de cantidades significativas de sodio intercambiable.

Suelos sódico-salinos: Son aquellos suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 dS/m a 25°C y el (PSI) es mayor de 15. Este tipo de suelos se forma como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Siempre que contenga un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Cuando hay un exceso de sales, y el pH raramente es mayor de 8.5 y si las sales son lavadas, las partículas se dispersan quedando defloculadas, el suelo se vuelve desfavorable para la entrada de agua y para las labores de labranza. Aunque el retorno de las sales puede hacer que baje el pH y restaure las partículas a una condición floculada, el manejo de los suelos sódico-salinos sigue siendo un problema hasta que se elimina el exceso de sales y de sodio intercambiable de la zona de cultivo y se restablezcan las condiciones físicas del suelo.

Suelos sódico no salinos: son aquellos cuyo PSI es mayor de 15 y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 dS/m a 25°C. El pH generalmente varía entre 8.5 y 10.0 son también conocidos como "álcali negro". La solución del suelo contiene en su mayor parte cloruros, sulfatos, bicarbonatos y el pH elevado. en presencia de carbonatos, el magnesio y calcio precipitan.

Debido a que existen plantas sensibles a las sales, que se afectan hasta con una

conductividad de 2 dS/m, el Comité de Terminología de la Sociedad de la Ciencia del Suelo de América ha recomendado bajar los límites entre suelos salinos y no salinos a 2 dS/m para el extracto de saturación.

La clasificación propuesta es:

Conductividad eléctrica dS/m a 25°C	RAS	Clasificación
Menor de 2	Menor de 15	Suelo normal
Mayor de 2	Menor de 15	Suelo salino
Mayor de 2	Mayor de 15	Suelo Salino-sódico
Menor de 2	Mayor de 15	Suelo Sódico

Suelos salinos (álcali blanco): Son aquellos en los cuales el desarrollo de la planta está limitada por una gran cantidad de sales solubles. Estos suelos pueden recuperarse por lavado de los excesos de sales de la zona radicular. El pH generalmente es menor a 8.5 y están normalmente bien floculados. Las plantas que se desarrollan en dichos suelos aparecen achaparradas y de hojas gruesas de color verde oscuro.

Algunos suelos salino-sódicos contienen altas cantidades de sales solubles que provocan reacciones de hidrólisis, el pH de estos suelos es menor de 8.5. En estos suelos los lavados remueven más rápidamente las sales solubles que el sodio intercambiable, provocando con esto que se vuelvan suelos sódicos.

Los suelos sódicos (álcali negro) tienen un pH mayor a 9.0 ó 9.5 y las arcillas y fracciones orgánicas se encuentran dispersas. La permeabilidad de estos suelos para el agua es baja. La percolación del agua es suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. Además de las bajas concentraciones de sales solubles y altos valores

de pH pueden resultar en toxicidades por Na para las plantas más sensibles.

7.8. CLASIFICACION FRANCESA DE LOS SUELOS

La escuela pedológica Francesa divide a los suelos salinos en dos subclases: (Duchaufor, 1984).

1.- La subclase de los suelos propiamente solonchak.

2.- La subclase de los suelos alcalinos (o con álcali).

La subclase de los suelos salinos (solonchak) se subdivide en:

a). Suelos salinos "*Sensu stricto*" (sin sulfato reducción):

- Suelos salinos con complejo cálcico: solonchak cálcico sin sodización ni alcalinización.
- Suelos salinos con complejo sódico; solonchaks sódico, sodización y alcalinización moderada.

b). Suelos salinos con sulfato reducción:

- Suelo salino reducido (con sulfato de hierro).
- Suelo salino oxidado (con manchas de herrumbre y sulfato).

7.9. PROBLEMAS DE LOS SUELOS SALINOS

La salinidad constituye una de las causas más importantes que reducen el desarrollo y la producción de las plantas cultivadas en los terrenos agrícolas bajo riego de las regiones áridas y semiáridas de todo el mundo. Szabics, (1994) menciona que alrededor de una tercera parte del área terrestre es árida o semiárida, con la mitad de sus suelos altamente salinos.

Las condiciones naturales de cada lugar, así como el uso y manejo inapropiado de los recursos agua, suelo y vegetación, están entre las principales causas del origen y magnitud de los daños por salinidad. En este sentido, en la agricultura actual, la tendencia es hacia un incremento más que a una disminución de la salinidad de los suelos.

En nuestro país se considera que cerca del 12% de la superficie plana, que es del orden de 30 millones de hectáreas, presentan en mayor o menor grado problemas de esta índole, localizados principalmente en los Distritos de Riego, a lo largo de la costa, en cuencas cerradas, en zonas áridas, y en menor escala en zonas húmedas (Fernández, 1982). En las zonas de riego, de 2.5 millones de hectáreas estudiadas, se estima aproximadamente en un 16.8% el área afectada. En México se estima que la superficie con problemas de sales en los distritos de riego exclusivamente corresponde a un 40% de su superficie, (1.7 millones de hectáreas), sin embargo, esta cifra corresponde a una estimación aproximada de las áreas de riego sin considerar los suelos que son de temporal o con riego de auxilio.

Las alternativas para solucionar este problema han sido fundamentalmente de dos tipos: una combinación de acciones destinadas a modificar el substrato mineral para adaptarlo a la planta, y la adaptación genética, de la planta al substrato o medio de crecimiento. No obstante los costos y limitaciones de agua para lavado, los esfuerzos se han concentrado básicamente en la primera alternativa (Szabics, 1994).

Ante la paulatina pérdida de los terrenos agrícolas por causa de la salinidad, en nuestro país algunos distritos de riego como es el caso del Distrito de Riego No. 14 del Rio Colorado en Baja California Norte y San Luis Río Colorado Sonora. , la solución inmediata al problema social que se presenta en el reacomodo del ejidatario a nuevas tierras de mejor calidad, generando esto sin embargo desquicios en las compactaciones de la estructura del distrito de riego y además, aún cuando esto es una alternativa lateral en la solución al problema de la salinidad, es una medida que no puede generalizarse dado que existen zonas agrícolas en donde la tendencia de la

tierra ha adquirido niveles de máxima expresión, de tal modo que ya no existen lugares para reubicaciones y por otro lado esta medida no es siempre la solución a los problemas sociales y de productividad y si puede originar una decadencia en el potencial productivo de la zona bajo riego.

La esencia del problema de la salinidad secundaria proviene del hecho de que prácticamente todas las aguas de riego contienen cierta cantidad de sales disueltas.

El uso de aguas de mala calidad en la irrigación conduce a la acumulación de sales en los suelos y al deterioro de propiedades físico-químicas óptimas para el desarrollo normal de los cultivos. Las causas de la pérdida de propiedades físico-químicas óptimas para el crecimiento normal de las plantas cultivadas, se debe al efecto de las sales de sodio de reacción alcalina sobre los coloides del suelo. De aquí se deriva que un manejo inadecuado del agua de riego, sin tener un conocimiento claro de los balances salinos en los suelos además de un entendimiento profundo del efecto del sodio adsorbido en los suelos, conduce a la acumulación de sales (Díaz, 1986).

Los suelos con altas concentraciones de sales, en general son improductivos desde el punto de vista agrícola, debido a que se generan altas presiones osmóticas que limitan la absorción de agua por las plantas, originando un desequilibrio en el balance nutrimental, además de propiciar el desarrollo de la sequía fisiológica. Los efectos de las sales sobre de las plantas varían con el tipo de cultivo, concentración y composición cualitativa de las sales existentes en las soluciones de los suelos.

7.10. EFECTO DE LAS SALES SOLUBLES SOBRE LOS CULTIVOS

Efecto de la salinidad durante la germinación:

Existe un gran número de factores que prevalecen en el suelo salino y que condicionan el desarrollo de un cultivo. Los estragos de los patógenos, la

temperatura, la aireación, la parte superficial del suelo, el contenido de humedad, la clase y cantidad de sales presentes, son factores que pueden influenciar y limitar la germinación.

La salinidad del suelo puede afectar la germinación de las semillas de dos formas: a) por disminuir la absorción de agua y por consiguiente disminuyendo la velocidad de absorción de la misma; b) por facilitar la entrada de iones en cantidades tales que pueden ser tóxicas (Ayers, 1952).

En general la mayoría de las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación, que en las últimas etapas de su desarrollo existiendo ciertas especies que son muy tolerantes a las sales solubles durante este período.

Investigaciones realizadas en algodón demuestran que el tipo de salinidad puede tener diferentes efectos marcados sobre la germinación. Así los cloruros resultaron ser más inhibidores de la germinación, el crecimiento y el desarrollo que los sulfatos (Strogonov, 1964).

Un incremento efectivo de la salinidad del suelo para un cultivo dado, generalmente provoca un retardo en la germinación y niveles altos agravan el retraso en la emergencia, con la subsecuente disminución del porcentaje final de la germinación (Bernstein, 1958).

Ayers (1952), encontró que la germinación de las semillas de varios cultivos sometidos a condiciones de salinidad, se retardó notablemente con la subsecuente disminución del número de semillas que germinaron, según este mismo autor, si durante la germinación y desarrollo de las plantas se mantiene el contenido de sales en condiciones favorables, algunos cultivos pueden desarrollarse normalmente aún cuando en etapas posteriores sean sometidos a una salinidad moderadamente elevada.

Los experimentos de germinación revelan que niveles moderados de sales en el suelo

generalmente retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo y del tipo de sal presente (Ramírez, 1988).

La sensibilidad de las plantas a la salinidad varía a menudo de una etapa de crecimiento a otra (Maas y Hoffman, 1977). Por ejemplo, cebada, trigo, maíz y arroz son más sensibles durante la emergencia y formación de grano, que durante la germinación y etapas posteriores de crecimiento y desarrollo de grano. En contraste, la remolacha y el cártamo son más sensibles durante la germinación.

Strogonov (1964) menciona que las plantas son más sensitivas a la sal durante los estados iniciales de su desarrollo y durante la floración que en otras fases de su desarrollo.

Los resultados de varios experimentos sobre el efecto de la salinidad en la germinación reportados por Strogonov (1964) indican que los bicarbonatos son mucho más tóxicos que los cloruros y sulfatos, y el efecto de estos últimos son expresados distintamente dependiendo de la tolerancia de las especies y variedades.

Norlyn y Epstein (1984) observaron que el porcentaje de germinación en cuatro líneas de triticale en soluciones de 200 mM de NaCl varió de 88.4 a 13.7, y sugieren que estas diferencias en la germinación podrían ser usadas como criterio de selección en programas de tolerancia de sales (Muhammed *et al.*, 1993).

Abel y Mackenzie., (1964) observaron diferencias en las tasas y en el porcentaje de emergencia de seis variedades de soya en un rango de 3.1 a 13.7 mMhos/cm, Sin embargo no encontraron relación entre tolerancia a sales de una variedad durante la germinación y en etapas posteriores del desarrollo.

Pearson *et al.*, (1966), trabajaron con 14 variedades de arroz en concentraciones

salinas tan altas como 30 a 40 dS/m, encontraron que el peso de plántulas se redujo en un 50% a una conductividad eléctrica promedio de 6.4 mMhos/cm, por lo que consideran que la germinación del arroz a elevadas concentraciones de sales no tiene significado práctico en la tolerancia a la salinidad.

Ramírez, (1988) trabajando con una variedad de frijol a diferentes concentraciones de sales a nivel germinativo (hasta la emergencia de la radícula) encontró que el porcentaje de germinación disminuyó en un 40 % en soluciones de hasta 9 dS/m, demostrando con esto que el frijol puede emerger en soluciones salinas.

Prisco y O'Leary (1970), trabajando con la variedad de frijol "red Kidney" encontró que el efecto del NaCl en la germinación y posterior desarrollo de las plántulas fue principalmente osmótico y tóxico causando inhibición en el crecimiento de la raíz. Esta inhibición fue estadísticamente significativa cuando la presión del agua en el sustrato fue de -4 bares o menos. Considera que la emergencia de la radícula no fue un buen criterio para la germinación de las semillas en soluciones salinas, ya que la mayoría de ellas no llegaron a desarrollarse.

Kent and Laüchini (1985), encontraron que el NaCl retarda y reduce la germinación de las semillas del algodón, la adición de Ca no mejora la germinación pero compensó la reducción del crecimiento causado por la sal.

Allen *et al.* (1985), Trabajando con *Medicago sativa* L. Encontró que después de cinco ciclos de selección masal para tolerancia al NaCl durante la germinación, el potencial osmótico de la solución necesaria para producir 1 % de germinación disminuyó de -1.40 a -2.45 MPa durante los cinco ciclos. La germinación a 1-1.30 MPa se incrementó de 3% a 86%, la tolerancia a la salinidad es heredable pero el mecanismo se desconoce.

Prakash and Prathapasenan (1988), encontraron que los porcentajes y tasa de crecimiento del eje embrionario disminuyeron cuando las semillas de *Oriza sativa*

L. fueron expuestas al estrés salino de NaCl con 150 mM. Se redujo considerablemente la absorción de agua así como el metabolismo de las reservas. El porcentaje de germinación se mejoró cuando se adicionó putresina, una poliamina.

Roundy *et al* (1985), estudiando, *Agropyron elongatum* y *Elymus cinereus* en presencia de NaCl, Na₂SO₄ y CaCl₂, demostraron que la germinación total, tasa de germinación y longitud de la radícula varían entre especies y entre potenciales osmóticos. Fue *elongatum* la más tolerante, el NaCl es el menos tóxico y el CaCl₂ el más dañino para las tres variables y las dos especies. Los potenciales mátricos redujeron la emergencia.

El NaCl retardó la movilización de ácidos nucleicos de los cotiledones y el crecimiento de las plántulas de *Vigna unguiculata*. La salinidad retarda la síntesis de nuevas enzimas en los cotiledones, inhibiendo el 45% de la actividad específica de la RNasa en un período de 5 días de experimentación *in vivo* y el 8% *in vitro*.

Filho *et al.* (1983), reporta que el peso seco del eje embrionario de *Phaseolus aureus* Rosxb. disminuyó con la concentración para todas las sales (NaCl, KCl, Na₂SO₄ y K₂SO₄), debido a la disminución en la translocación de las reservas de los cotiledones al retardar la actividad y síntesis de las enzimas hidrolíticas. El estrés inhibió la actividad RNasa en cotiledones y raíz. ADasa se incrementó reduciéndose la actividad proteasa excepto en NaCl (Sheoran y Garg, 1978; Solomon *et al.*, 1994).

Los efectos de las sales sobre las plantas varían con el tipo de cultivo, concentración y composición cualitativa de las sales existentes en las soluciones de los suelos afectados.

La salinidad afecta el crecimiento de las plantas en tres formas diferentes:

- a).- Inhibición osmótica de absorción de agua.
- b).- Efectos tóxicos de iones específicos.
- c).- Desbalances nutrimentales.

a.- Inhibición osmótica de absorción de agua.

La disminución del crecimiento de los cultivos en condiciones de alta presión osmótica en la solución del suelo, generalmente se atribuye a un abatimiento de la disponibilidad de la humedad del suelo, y por consiguiente a un mayor gasto de energía por parte de la planta para obtener agua del suelo para conservar la turgencia de sus células (Greenenway, 1973).

En lo que se refiere a plantas extremadamente sensibles a la sal, el efecto osmótico de la sal es el principal factor que limita su crecimiento como en fresa y cebolla que fueron incapaces de ajustarse osmóticamente a la salinidad del Cl^- , mientras que las plantas de frijol y algodón sí (Gale *et al.*, 1967).

Bernstein (1963), concluyó que los cambios en la composición iónica de las plantas y la absorción de solutos son dos factores importantes para el ajuste osmótico, después de realizar un experimento con plantas de frijol y pimienta en un medio de cultivo bajo condiciones de salinidad, determinó que las plantas de frijol realizaron su ajuste osmótico en un día, a incrementos de presión osmótica de una atmósfera.

El ajuste de raíces ocurrió principalmente en la noche, paralelamente a las adiciones de sal, mientras que las hojas y los tallos hicieron su ajuste osmótico durante el día. Por el contrario, las plantas de pimienta no se ajustaron completamente a 1.5 atmósferas en 48 horas, cuando la presión osmótica fue generada mediante la adición del cloruro de sodio.

Plantas de frijol mostraron un retraso en el ajuste osmótico, debido a una rápida caída en el potencial de agua y turgor de la hoja, seguido por un aumento en la concentración de la savia. El aumento en la concentración fue posiblemente debido a sustancias inorgánicas; las primeras de mayor importancia principalmente por la acumulación de cloruros o de sulfatos de sodio. A medida que la concentración de la savia de la célula aumentó, la presión y turgencia fue gradualmente restaurada (Puscas *et al.*, 1966).

El ajuste osmótico y el balance de las sales de las plantas continuamente cambia en respuesta al medio y a los factores internos, incluyendo potenciales de agua, desarrollo del estado nutricional, metabolismo mineral y hormonal (Percz *et al.*, 1993).

Dentro de las evidencias que pueden ser referidas para sostener el concepto de efectos osmóticos, se encuentran los estudios de adiciones de varias sales a concentraciones isosmóticas a las soluciones nutritivas. Para sostener que diferentes sales producen depresiones equivalentes de crecimiento a presiones osmóticas iguales, la evidencia es consistente con la teoría de la inhibición osmótica. Cualquier desviación en la respuesta del crecimiento para una sal comparada con otra indica la presencia de un efecto de un ión además del efecto osmótico (Bernstein, 1958).

Las soluciones isosmóticas no siempre afectan a la planta igualmente; de ahí que los efectos osmóticos sean bien definidos, para diferentes solutos empleados. Ya que, según Levitt (1976) siempre se tendrá efectos diferentes sobre el desarrollo de las plantas, dependiendo del uso de las sales inorgánicas o de compuestos orgánicos.

La disminución del crecimiento no está directamente relacionado con la concentración de iones en los tejidos: así por ejemplo, el follaje de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Red Kidney, tiende a excluir Na^+ y SO_4^{2-} y acumular Ca^{++} y Cl^- ; sin embargo, su crecimiento es disminuido en el mismo grado por concentraciones isosmóticas de Na_2SO_4 y CaCl_2 (Mass y Nieman, 1978). Según Lagerwerff y Eagle, (1961) encontraron en soluciones isosmóticas de NaCl , Na_2SO_4 , o CaCl_2 igual disminución en crecimiento de frijol Kindey, y que la absorción de agua y el crecimiento estuvieron relacionadas linealmente con las concentraciones de las tres sales.

Strogonov, (1964) considera que el efecto de la salinidad en el crecimiento es debido a la creación de "sequía fisiológica". Dado que el potencial hídrico del suelo es reducido por el potencial osmótico debido a la alta concentración de sales, en estas

condiciones la planta sufre de escasez de agua aún cuando el contenido de humedad del suelo sea alto.

Debido a que la membrana celular es libremente permeable al agua, no es posible para las células que crecen en un medio acuoso evitar la presión osmótica de la solución que los rodea. Su primer respuesta a la salinidad es una pérdida de turgencia y si ésta es bastante severa se afecta su desarrollo. La presión osmótica es un tipo de presión de déficit de agua (Kramer, 1977).

De acuerdo con Levitt (1976) la tolerancia al estrés osmótico puede ser de dos tipos: por evasión de la deshidratación (puede excluir la sal pasivamente, puede arrojarla activamente y puede diluir la sal que entra) y por la tolerancia a la deshidratación. Esta última permite a la célula sobrevivir a la primera respuesta al estrés o sea la disminución del turgor; sin embargo esto mantiene a la planta en estado de no crecimiento. Por otro lado, la evasión de la deshidratación permite la rehidratación, el retorno del turgor y la renovación del crecimiento celular. Esto es posible como resultado de un incremento de solutos de la célula. Este proceso, también llamado osmoregulación, compensación osmótica o ajuste osmótico, debe mantener el turgor celular para compensar el estrés osmótico externo (Bernstein, 1961 y 1963; Hellebust, 1976).

El efecto osmótico ha sido explicado en términos de la teoría osmótica clásica. Existe una relación directa e inseparable entre la sal y el estrés de agua; la adición de una sal al agua disminuye el potencial osmótico de la solución del suelo, con la cual baja la disponibilidad de agua para la planta. Bernstein (1963), menciona que la planta realiza un ajuste osmótico para mantener un gradiente hídrico favorable en sus células, consumiendo con ello energía que desaprovecha para crecer.

b.- Efectos tóxicos de iones específicos:

Los iones tóxicos son aquellos que afectan el crecimiento de los cultivos, aún cuando se encuentran en concentraciones pequeñas y ejercen su influencia independientemente de los efectos debido a las altas concentraciones de sales

solubles. Un primer signo de toxicidad de las sales en la planta, se manifiestan como blanqueado de la clorofila o como manchas cafés en las hojas. Bernstein y Hayward (1958), indican que plantas sensitivas a sales exhiben síntomas característicos de quemaduras de las hojas con incrementos en la acumulación de Na^+ . Altas concentraciones de Cl^- en las hojas expandidas de ciertas especies, son asociadas con la clorosis o muerte (Greenway y Munns, 1980). Strogonov (1964) indica que el efecto tóxico de las sales es debido aparentemente a aniones mas bien que a cationes. A iguales concentraciones de NaCl y Na_2SO_4 , los cloruros fueron mucho más tóxicos y los síntomas de toxicidad de NaCl aparecen muy rápido y son mucho más notorios que los que resultan con Na_2SO_4 .

El mecanismo de daño de las plantas, para el caso de toxicidad de iones específicos, puede involucrar alteraciones a los sistemas regulatorios de la planta. La acumulación de iones cloruro y sodio en las hojas de arbustos, se cree que afecta al cierre estomatal, causando excesivas pérdidas de agua y originando en las hojas síntomas similares a los de daños por sequia. Berenstein (1962), indica que la absorción de cloruros por algunas especies es fuerte por el catión acompañante. En árboles frutales fué observada una acumulación del doble en las hojas, por miliequivalentes de cloruro aplicado en forma de NaCl . Mass y Nieman-(1978), mencionan que la salinidad causada por cloruros incrementa la succulencia de muchas especies de plantas pero no todas, cebada y trigo son las excepciones. Esta succulencia, debida principalmente a un incremento de alargamiento en células de empalizada, tiende a diluir las concentraciones iónicas internas reduce más significativamente la superficie foliar. Estos investigadores mencionan, que Strogonov concluyó que los sulfatos inhiben la expansión celular más que la división celular y estimuló el alargamiento celular.

Helal y Mengel (1978), reportaron que la salinidad de NaCl en plantas jóvenes de cebada afectó la asimilación de N inorgánico y así la síntesis de proteínas decreció. Para explicar esto se ha sugerido que la presión por sales reduce la síntesis de proteínas debido a la acción de las fitohormonas, por carencia de citocinina o por

acumulación de ácido absicico, trabajando con la estructura del cloroplasto aislado de *Phaseolus vulgaris* L. sujeto a una solución de NaCl 25 mM, halló que la planta sufre una considerable pérdida en su estructura. Hubo intercambio de K^+ del cloroplasto por el Na^+ de la solución.

Se menciona que hay una toxicidad de fósforo que es inducida por NaCl en algunas especies con maíz y ajonjolí y aún en ciertas variedades dentro de especies. Las plantas abastecidas diariamente con cantidades mínimas de fosfato tienen la misma reducción en su desarrollo debido a la frecuencia de NaCl o a concentraciones altas de fosfato (Munns y Termaat, 1986).

Lagerwerff y Eagle (1961), encontraron que una alta proporción de Na^+ a una baja acumulación de Ca^{++} , fue observada en la raíz y hoja de frijol y que el Na^+ y K^+ se comportaron antagonicamente en raíces y hojas, bajo condiciones de salinidad (Colmer, *et al.*, 1994).

Hegde y Joshi (1974), encontraron en plantas de arroz que cuando se añadió NaCl el nivel de Mg en raíces descendía y que, sin embargo, en las hojas y en el tallo una acumulación anormal de Mg baja los niveles de Ca esto puede resultar en una toxicidad en frijol. Jacoby (1964), halló que la reducción en el desarrollo de esa planta fue debida al exceso de iones en tejidos, causada principalmente por el aumento de Na^+ absorbido.

Hassan *et al.* (1992), mencionan que el NaCl tiene efectos adversos sobre los parámetros: transporte de agua de las células de la raíz, conductividad hidráulica y coeficiente de reflexión. Mientras que el $CaCl_2$, extra adicionado puede en parte compensar estos efectos. Los datos sugieren un considerable flujo apoplásmico de agua en el cortex de la raíz y el oportuno flujo célula-célula (Manseur y Stadelmann, 1994).

Cramer (1992), trabajando con NaCl encontró que esta sal causa reducción del área

foliar, conductancia hidráulica y de la elongación y turgencia de la hoja. Estos cambios fueron atenuados por la aplicación de Ca al medio. Azaizeh *et al.*, (1992); Colmer *et al.*, (1994), mencionan que en maíz, el transporte de agua a través de células de la raíz se ve afectado adversamente cuando son expuestas al NaCl. Al adicionar Ca al medio se compensa este efecto. Los datos sugieren un considerable transporte apoplásmico del flujo de agua en el cortex de la raíz.

Se evaluó el efecto del Na⁺ y Cl⁻. El sodio no tiene un papel directo en la interacción P inorgánico-salinidad. Los daños se incrementaron al aumentar el Cl⁻ en la hoja. Los daños mostraron un comportamiento que dependió de la concentración de P y Cl⁻ en la hoja (Grattan y Mass, 1988).

El estrés salino por cloruro de sodio, provocó para el frijol, disminución del peso seco y fresco, cantidad de clorofila por unidad de área, concentración de CO₂ intracelular por arriba del 30 %, fijación de CO₂ fotosintético, conductancia estomatal, concentración de Cl⁻ y en menor grado K⁺ en la hoja. Las concentraciones de Cl⁻ estuvieron balanceadas por incrementos de Na⁺ y K⁺. La salinidad tuvo poco efecto sobre el Nt y ribulosa-1,5-bifosfato por unidad de área foliar (Seemann y Critchley 1985).

A mayor concentración de NaCl, mayor succulencia en *Arthrocnemum fruticosum* L., debido principalmente a una acumulación de Na⁺ y agua. La raíz toma cantidades iguales de Na⁺ y Cl⁻, mientras que en los brotes se encontró más Na⁺ que Cl⁻ lo cual sugiere un control de estos iones en el xilema (Maas y Nieman, 1978; Cronquist, 1977).

Estudios con esta misma sal en doce variedades de *Lycopersicon esculentum* Mill. muestran disminución en el rendimiento del fruto en proporciones variables, registrándose incrementos de Na⁺ y Cl⁻ en la hoja relacionados a esta disminución, quizá por efectos tóxicos provocados por estos iones (Caro *et al.*, 1991).

Las raíces de *Cicer arietinum* L. acumulan más K^+ , Na^+ y Cl^- cuando son expresados sobre la base de peso seco, pero no es así cuando se expresan sobre la base del agua del tejido v. gr. para el Cl^- , pero esto sugiere un mecanismo de exclusión para este ion cuya eficiencia varía con el cultivo y salinidad (Sharma y Kumar, 1992).

c.- Desbalances nutrimentales.

La salinidad algunas veces interfiere con la nutrición normal de la planta. Altas concentraciones de iones de calcio en la solución del suelo puede impedir que la planta absorba potasio, o altas concentraciones de otros iones pueden afectar suficientemente la absorción de calcio. Los diferentes cultivos varían notablemente en sus requerimientos de un nutrimento dado y en su habilidad para absorberlo. Por lo que los efectos nutrimentales de la salinidad aparecen solo en ciertos cultivos y bajo condiciones salinas particulares (Bernstein, 1970).

Las concentraciones excesivas de magnesio pueden ser tóxicas por la gran absorción de este nutrimento, la cual es acompañada por una disminución en la absorción de calcio y potasio (Bernstein y Hayward, 1958). Estos autores mencionan que el ion sulfato generalmente afecta la absorción de calcio, mientras que promueve la de sodio, mencionan también que incrementos en la absorción del ion cloro no ejerce efectos marcados en la absorción de otros iones esenciales como fosfatos nitratos y sulfatos.

La disminución del crecimiento de las plantas en los suelos ensalitrados ha sido atribuida a varios factores; uno de los cuales es la no disponibilidad de macro y micronutrientes. Los incrementos en la salinidad disminuyen los contenidos de P, K, Ca, Cu y Fe y aumentaron los de Mg, Mn y Na en las plantas de cebada y maíz Hassan *et al.*, (1970), encontraron en maíz una correlación negativa entre la salinidad del suelo y la absorción de P, K, Ca, Cu, Fe y Mn y positiva para sodio.

Los cultivos parecen más tolerantes a la salinidad cuando se desarrollan en un suelo

salino pero que provee a la planta de un buen abastecimiento nutrimental, que cuando al planta se desarrolla en un suelo salino pero pobre nutrimentalmente. Entonces la fertilización para suelos salinos con una fertilidad adecuada usualmente tiene pocos beneficios y puede agravar el daño por sales (Mass y Hoffman, 1977).

Shimose (1972), encontró que el K, Ca, Mg y Mn en hojas y tallos de cebada y trigo disminuyeron al incrementar la salinidad, particularmente cuando se emplea el Na_2SO_4 . Concluye que los contenidos de aniones en hojas y tallos en trigo y cebada fueron mayores cuando se aplico Na_2SO_4 , que cuando se emplea NaCl.

Munns y Termaat (1986), mencionan que en plantas tratadas con NaCl se puede inducir deficiencia de nitrógeno debido a una interferencia del ion cloro con el ion nitrato en el flujo de la raíz; sin embargo existen reportes donde la concentración de nitrógeno no fue afectada por sales que contienen ion cloro, ya que el NaCl usualmente reduce la concentración del ion nitrato en las hojas.

Los efectos de las sales sobre las plantas y suelos es muy variado, manifestándose de forma muy diferente de acuerdo al cultivo y al tipo de sales, tipo de suelo, clima y las condiciones de manejo, las principales sales que afectan los suelos están formadas principalmente por los elementos: Na, K, Ca, Mg, Cl, S, C, N, e I (Ortega, 1993).

Algunas plantas son especialmente sensibles a la salinidad en la etapa de germinación, cuando la radícula restringida hace a la planta muy vulnerable al esfuerzo osmótico (Carter, 1975). A nivel general se ha observado que la germinación se ve retardada y el porcentaje se disminuye (Francois *et al.*, 1984).

Algunos estudios indican que la emergencia de la radícula es inhibida al reducirse la absorción de agua como resultado de exposición al NaCl (Prakash y Prathapasenan, 1988; Prisco and O'Leary, 1970).

Algunas investigaciones reportan reducción en el crecimiento del eje embrionario

(Prakash *et al.*, 1988), otros indican reducción en el porcentaje de emergencia (Roundy *et al.*, 1985) y otros más señalan disminución en el metabolismo de las reservas de los órganos de almacén (Prisco y Vieira, 1976; Prakash y Prathapasenan, 1988; Filho *et al.*, 1983), así mismo se ha registrado reducción en el contenido de ADN, RNA y proteínas en el endospermo (Prakash *et al.*, 1988).

Algunos otros han reportado que se inhibe la movilización de proteínas y reservas de almidón (Sarin y Narayanan, 1968; Prisco y Vieira, 1976). Esto limita los procesos organogénicos pues la acumulación de almidón en las semillas indica los altos requerimientos energéticos para el buen desarrollo del proceso germinativo.

La inhibición en la movilización de las reservas puede deberse a: a) Efectos de las sales sobre las enzimas responsables de la hidrólisis. b) Efectos sobre la translocación de productos de la hidrólisis de los órganos de almacén hacia el eje del embrión.

Se ha demostrado que la salinización con NaCl inhibe la actividad enzimática *in vitro* e *in vivo* (Filho *et al.*, 1983) mientras que otras (Filho y Prisco, 1978) piensan que la interacción de los iones inorgánicos con las enzimas *in vitro* pueden ser diferentes a la interacción *in vivo*.

Durante el proceso de germinación la tolerancia a la salinidad es heredable, sin embargo el mecanismo de como ocurre este proceso no es conocido (Allen *et al.*, 1985) del mismo modo, el que una planta sea tolerante o resistente a la salinidad durante la germinación no implica que este comportamiento se presente en etapas posteriores del crecimiento, así la tolerancia a la salinidad varía durante el curso del ciclo de vida de la planta (Shannon, 1984).

Generalmente las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación o estado de plántula (Carter, 1975). Se ha encontrado que la tolerancia a una sal dada durante la germinación de la semilla, no siempre esta acompañada por la tolerancia

de las plantas a esa sal particular en las etapas posteriores de su crecimiento, durante la germinación el cultivo de triticale (*X Triticosecale wittmack*) es más susceptible a la salinidad que en etapas posteriores (Francois *et al.*, 1988) éste mismo comportamiento fue obtenido para la cebada (*Hordeum vulgare* L.) de acuerdo con (Ayers, 1953).

Numerosos estudios se han realizado con el cultivo de frijol encontrando que el Na^+ se retiene en la base del tallo (Jacoby, 1964), éste cultivo fue igualmente afectado por el NaCl , Na_2SO_4 y CaCl_2 reduciendo su crecimiento (Gauch y Wadleigh, 1944), el crecimiento del frijol disminuyó y las concentraciones de Na^+ en las hojas se incrementó cuando $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ (mM) fue excedido (Greenway y Munns, 1980).

Debe recordarse que el frijol está clasificado como un cultivo sensible a la salinidad y que es afectado fisiológicamente en diferentes formas, rara vez los daños son visibles, excepto bajo condiciones extremas de salinidad. Esto sugiere que las plantas afectadas por sales parecen normales, sin embargo, la alta concentración de sales detienen el crecimiento, a pesar de que las plantas exhiben hojas verdes más oscuras, gruesas y turgentes (Maas y Hoffman, 1977) y que las especies sensibles incorporan más Na^+ a sus tejidos (Drew y Läuchli, 1987; Maas y Grieve, 1987).

Bernstein, (1970) encontró que el frijol acumula más Na^+ en la partes de la copa y que el Ca^{++} incrementa la tolerancia a la salinidad. Por su parte Jacoby (1964) encontró que el Na^{22} es retenido en los primeros 5 cm de la parte basal de la planta.

Las diferencias en el contenido de Na y Cl entre especies es causado principalmente por la diferencia en la tasa de absorción, retención dentro de la raíz y translocación restringida hacia los renuevos como ha sido demostrado para Na en el frijol (Jacoby, 1964) y maíz (Jhonson y Cheeseman, 1983), y para el cloro en *Arthrocnemum fruticosum* L. o incluso el Na^+ puede ser retransportado de sitios de absorción del xilema y eliminados de las raíces en el frijol (Jacoby, 1979).

Un ejemplo extremo es el frijol, el cual tiene la más alta tasa de retranslocación para el Na^+ pero baja para el Cl^- . Por lo tanto el típicamente bajo contenido de Na^+ y alto de Cl^- en las hojas de frijol crecidas sobre sustratos con altas concentraciones de NaCl (Bernstein y Ayers, 1951) parece ser el resultado no solo en el transporte acropetal de Na^+ y Cl^- en el xilema, sino también diferencias en el transporte basipetal, por ejemplo retranslocación en el floema (Lessani y Marschner, 1978).

Se ha señalado que el estrés salino hace disminuir la biomasa seca y fresca, la cantidad de clorofila por unidad de área foliar y la tasa fotosintética (Seemann y Critcheley, 1985).

Wilson *et al.*, (1992), encontraron disminución del crecimiento de los brotes en un 40% y de las raíces 22%, registrando un incremento en la relación raíz/brotes de 0.7 a 0.9. Ellos encontraron que el conjunto de nucleótidos de las hojas se ve selectivamente afectado por la salinidad y que éste efecto está influenciado por la edad y con el día y la noche.

El crecimiento de las plantas disminuyó en más del 50% para dos variedades de frijol, encontrándose que el peso seco y fresco disminuyeron con el incremento de la salinidad, por su parte el Na, Cl, K, Ca y la relación Na/Ca aumentan al incrementarse la concentración de sal en el medio (Lessani y Marschner, 1978).

7.11. ADAPTACION DE LAS PLANTAS A CONDICIONES DE SALINIDAD GLICOFITAS Y HALOFITAS

De acuerdo a su relación a la salinidad las plantas han sido divididas en dos grupos: halófitas y glicófitas. Strógonov (1964) indica que halófitas son plantas que crecen en hábitats salinos, las cuales se han adaptado durante su ontogenia a altos contenidos de sal en el suelo debido a características y propiedades que se originaron durante su evolución bajo la influencia de condiciones prevalecientes. Las plantas que no pueden crecer en presencia de altos contenidos de sal son llamadas glicófitas

(plantas dulces). La mayoría de las plantas cultivadas son glicófitas, aunque existe un amplio rango de resistencia a la sal entre ellas, desde un máximo por ejemplo en raíces de betabel hasta un mínimo como en las zanahorias.

Las halófitas pueden crecer en contenidos de sales de hasta 20%, sin embargo la mayoría crece en suelos con 2 a 6% de sales. En cambio en algunas glicófitas el límite para el crecimiento puede ser de solo 0.3%. Levitt (1972) indica que el límite de sobrevivencia de plantas creciendo en condiciones salinas puede ser definido, por muerte local de los tejidos en forma de necrosis y quemaduras marginales, seguido por una pérdida de turgencia, caída de hojas y finalmente la muerte de la planta.

Entre las plantas halófitas más resistentes a altas concentraciones de NaCl están los Mangles (*Rhizophora mangle*), el cual sobrevive en salinidades semejantes al agua de mar 55 dS/m y *Avicennia germinans*, la cual prospera en salinidades aún mayores al agua de mar (Morrow y Nickerson, 1973). Entre las plantas de habitats salinos obligadas se tienen aquellas que crecen solamente en presencia de un exceso de sal por ejemplo *Rizophora*. Las halófitas obligadas incluyen el alga verde azul *Aphanothece halophytica* (Tindall *et al.*, 1977) diatomeas (Paasche, 1975), la levadura marina *Rhodotorula glutinis* variedad salinaria (Ito y Takeda, 1976) y las plantas superiores *Suaeda maritima* y *Salicornia europea* (Williams y Ungar, 1972).

Existen algunas halófitas obligadas que son inhibidas en salinidades bajas de NaCl, por ejemplo dos algas laminares requirieron concentraciones arriba de 5 y 9 % respectivamente (Norton y Shouth, 1969). Algunas de las halófitas facultativas por ejemplo *Salicornia rubra* son encontradas a salinidades más altas y aún son capaces de crecer normalmente en ambientes de baja o nula salinidad (Ungar *et al.*, 1969).

Por lo tanto, con la terminología de Walter's para resistencia a presión de agua, las plantas resistentes a la sal pueden ser clasificadas como euryhalinas (rango amplio) y stenohalinas (rango estrecho) (Waisel, 1972).

Entre las halófitas, existen diferentes respuestas en su resistencia a la sal, por ejemplo entre catorce especies de la gramínea *Agropyron* y doce especies de vegetación de playa (Barbour y Dejong, 1977). Las diferencias entre las variedades han sido establecidas también entre ecotipos de resistencia a la sal de la leguminosa *Prosopis farcata* colectadas en diferentes habitats salinos (Bazzaz, 1973).

7.12. EFECTOS DE LAS SALES SOLUBLES EN LA ANATOMIA DE LA PLANTA.

La salinidad en el suelo crea condiciones desfavorables para el crecimiento de las plantas; ocasiona varios efectos en el metabolismo e induce cambios en su anatomía y morfología (Strogonov, 1964; Poljakoff-Mayber, 1975).

La función conjunta de varios órganos en toda la planta permite adaptaciones a diferentes niveles de salinidad. Así, la selectividad del ion es a nivel de la raíz y la reabsorción específica de los iones del xilema durante el transporte hacia el tallo puede modificar el nivel salino y el primer balance iónico de las hojas. La hoja es el órgano más importante de transpiración y fotosíntesis en las plantas superiores.

En las hojas se puede esperar que la estructura y las modificaciones metabólicas en ellas se asocien con la tendencia a minimizar la tasa de transpiración y las vías fotosintéticas con un uso eficiente del agua.

Las glicófitas sensibles a las sales tales como el frijol carecen de capacidad para aligerar la presión salina; el desarrollo laminar es reducido y el volumen del tejido empalizada en la hoja es restringido; sin embargo, algunos tejidos fotosintéticos muestran una respuesta positiva. Al medir los cambios anatómicos en la primera hoja trifoliada de frijol se reportó un incremento en el volumen celular dentro del parénquima esponjoso debido a la salinización (Kriedemann, 1986).

Las hojas de plantas halófitas se adaptan a la presión salina básicamente en dos formas, por succulencia y por la presencia de glándulas de sal. La succulencia es un

término morfológico referente al grosor y carnosidad de los órganos de la planta (Luttge y Smith, 1984), trabajando con frijol a diferentes concentraciones de NaCl, observó que las hojas llegaron a incrementar su succulencia con la salinización. Seemann y Critchley, 1985; Poljokoff-Mayber, 1975) también hallaron en plantas de frijol que al ser expuestas a la salinidad disminuyeron su área foliar en hojas jóvenes en más del 50% e incrementaron su engrosamiento en un 25%.

7.13. TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD

Existen dos criterios para definir la tolerancia a las sales: el biológico y el agronómico, se definen de la siguiente manera: La tolerancia biológica a la salinidad es la habilidad de las plantas a existir bajo condiciones salinas y terminar su ciclo de desarrollo, aunque su velocidad de acumulación de materia orgánica es determinada, en tales plantas el crecimiento y desarrollo son retardados. El criterio agronómico de tolerancia a las sales es la habilidad de las plantas, bajo ciertas condiciones de salinidad, para terminar completamente su ciclo de desarrollo y producir rendimientos que son satisfactorios para la agricultura desde un punto de vista práctico. Dichas plantas presentan una gama de respuestas ante las condiciones de salinidad del suelo y su metabolismo se balancea en relación a las condiciones salinas del suelo (Strogonov, 1964).

La principal diferencia entre las halófitas y glicófitas es más de naturaleza cuantitativa que cualitativa. Las halófitas se caracterizan por una mayor habilidad para acumular altas concentraciones de iones, principalmente en las vacuolas de las hojas, que trae como consecuencia una mayor "tolerancia" de las mismas a las sales. De este modo, se puede definir la tolerancia como la habilidad de las plantas para sobrevivir, crecer o desarrollarse con una alta actividad de un ión específico en sus tejidos (Flowers *et al.*, 1977).

En general, la tolerancia de las plantas a las sales varía en función de las especies y variedades, tipo de suelo, clima y condiciones de manejo.

La tolerancia del frijol a las sales, en un clima frío, es significativamente más alta que cuando se desarrolla en un ambiente cálido (Mass y Hoffman, 1977).

El clima influye de manera preponderante en la respuesta de las plantas a la salinidad, fundamentalmente la temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación. Muchos cultivos parecen ser menos tolerantes a las sales cuando crecen en condiciones calurosas y secas, que en aquellas frías y húmedas. Así se encontró, que los rendimientos relativos en los cultivos de alfalfa, frijol, remolacha, zanahoria, cebolla, tomate y calabaza, disminuyen más en climas calientes que en fríos (Magistad *et al.*, 1943).

8. MATERIALES Y METODOS

8.1. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el invernadero de la FES Zaragoza de septiembre a diciembre de 1993, se utilizaron semillas certificadas de seis especies hortícolas, seis sales puras y cinco mezclas de sales.

8.2. MATERIALES

Potenciómetro y conductímetro Marca conductronic digital pH metler

Balanza analítica Marca Sartorius 2000

Balanza granataria Marca Ohaus

a) Semillas tratadas de los cultivos utilizados.

Lactuca sativa L. (Lechuga variedad Romanita).

Brassica oleracea (Brócoli).

Cucurbita sp (Calabaza variedad italiana).

Lycopersicon esculentum (Jitomate).

Coriandum sativum (Cilantro).

Beta vulgaris (Acelga).

b) Sales puras.

Cloruro de sodio (NaCl)

Cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Cloruro de magnesio (MgCl_2)

Sulfato de magnesio (MgSO_4)

Sulfato de sodio (Na_2SO_4)

Carbonato ácido de sodio (NaHCO_3)

c) Mezclas de sales.

Salinidad Clorhídrica

Salinidad Sulfático-clorhídrica

Salinidad Clorhídrico-sulfática

Salinidad Sulfática

Salinidad Sulfático-sódica

8.3. METODOS

Las semillas fueron sometidas a seis diferentes niveles de salinidad durante la fase de germinación y emergencia. Los niveles de sal fueron seleccionados con base en las gráficas de tolerancia propuestas por Mass y Hoffman (1977), tomadas por extrapolación. Se diseñaron siete niveles de salinidad, los cuales provocan una disminución teórica de 0%(C1), 25%(C2), 50%(C3), 75%(C4), 100%(C5), 150%(C6) y el tratamiento con agua destilada (ver cuadro).

CUADRO No. 1

Conductividad eléctrica teórica para los seis cultivos en cada uno de los tratamientos que va desde 0 a 150 % en la disminución del rendimiento.

ESPECIE	0	25	50	75	100	150
<i>Lactuca sativa L.</i>	1.33	3.22	5.00	6.88	8.77	12.66
<i>Brassica oleracea</i>	2.77	5.44	8.00	10.77	13.55	20.55
<i>Cucurbita sp</i>	2.00	4.90	7.20	9.50	12.00	16.80
<i>Lycopersicon esculentus</i>	2.25	5.00	7.33	9.88	12.00	17.88
<i>Coriandrum sativum</i>	1.00	3.00	4.90	7.00	9.00	12.70
<i>Beta vulgaris</i>	2.00	5.40	8.50	11.80	15.00	22.00

8.3.1. SELECCION DE TRATAMIENTOS

Se utilizó una maceta de un kilogramo de capacidad y como material inerte agrolita, El experimento se realizó en dos fases.

En la primera fase de experimentación se usaron seis sales puras, 3 repeticiones, 7 concentraciones, 6 sales y 6 especies haciendo un total de 756 unidades de muestra.

En la segunda fase se utilizaron 5 mezclas de sales 3 repeticiones, 7 concentraciones, 6 especies teniendo un total de 630 unidades de muestra.

Este experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar.

8.3.2. PREPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

La cantidad requerida de sales puras para preparar los distintos tratamientos, se determino mediante la aplicación de las fórmulas siguientes:

$$\text{mg/l} = \text{ppm} = 640 (\text{CEX}10^3)$$

Donde:

ppm.- es la concentración de sales en la solución, en partes por millón.

(CEX10³).- es la conductividad eléctrica del extracto de saturación, en mmhos/cm o dS/m a 25°C.

$$\text{meq/l} = 10 (\text{CEX}10^3)$$

meq/l.- es la concentración de sales en solución, en miliequivalentes por litro.

De acuerdo a lo anterior, se prepararon soluciones de un litro y de esta se tomaron alícuotas para cada uno de los tratamientos las que fueron aforadas con agua destilada hasta el volumen de un litro, constituyendo de esta manera los tratamientos para cada una de las sales en estudio, los volúmenes calculados se realizaron mediante la fórmula siguiente:

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

En la metodología propuesta por Arinushkina (1977) se establece que para cada tipo de salinidad, las relaciones aniónicas y catiónicas no deben exceder límite. Así para la salinidad clorhídrica, la relación entre el (Cl⁻) y el (SO₄²⁻) debe ser mayor que 2.0 para la sulfático-clorhídrica debe oscilar entre 1.0 y 2.0, para la clorhídrico-sulfática entre 0.2 y 1.0, para la sulfática debe ser menor que 0.2, y en la sulfático-sódica la relación entre el (HCO₃⁻) y el (Cl⁻ + SO₄²⁻) debe ser igual a 2.0.

Tomando en consideración las relaciones anteriores, se escogieron las siguientes:

- a) Salinidad clorhídrica: Cl⁻/SO₄²⁻ = 2.5
- b) Salinidad sulfático-clorhídrica: Cl⁻/SO₄²⁻ = 1.5
- c) Salinidad clorhídrico-sulfática: Cl⁻/SO₄²⁻ = 0.6
- d) Salinidad sulfática: Cl⁻/SO₄²⁻ = 0.15
- e) Salinidad sulfático-sódica: HCO₃⁻/Cl⁻+SO₄²⁻ = 2.0

8.3.2.1. SALINIDAD CLORHIDRICA.

Aporte NaCl y MgSO₄

Concentración total para generar 1.0 dS/m

El peso molecular de NaCl = 58.44 g/mol

El peso molecular del Cl = 35.45 g/mol por tanto el Cl representa un 60.66% del peso molecular del NaCl y 17.11 meq/l en NaCl.

El MgSO₄ -> PM = 120.35 g/mol y el SO₄ -> PM = 96.05 g/mol. El SO₄ = 79.8% del PM de MgSO₄ y 16.61 meq/l en MgSO₄. Representando A a la sal de Cl⁻ y B a la de SO₄²⁻ se tiene que: $17.11/16.61 = 2.5$

Concentración total A + B = 0.64 g/mol

Relación aniónica Cl⁻/SO₄²⁻ = 2.5

A = g de NaCl necesarios para preparar un litro de solución

B = g de MgSO₄ necesarios para preparar un litro de solución

El porcentaje p/p de Cl en el NaCl = 0.6066

El porcentaje p/p de SO₄ en el MgSO₄ = 0.7978

No. de meq de Cl⁻ en A = (0.6066 X A X 1000)/35.45 = 17.1114A

No. de meq de SO₄⁼ en B = (0.7978 X B X 1000)/48.06 = 16.61B Relación

Cl⁻/SO₄⁼ = 2.5 tenemos Cl⁻ = 5 y el SO₄⁼ = 2 por lo tanto 5/2 = 2.5

17.1114A = 5 A = 5/17.1114 = 0.2922.

16.61B = 2 B = 2/16.61 = 0.1204

Por lo tanto:

A + B = 0.2922 + 0.1204 = 0.4126

Luego entonces:

A = (0.64 X 0.2922)/0.4126 = 0.4533 g NaCl/l

B = (0.64 X 0.1204)/0.4126 = 0.1868 g MgSO₄/l

8.3.2.2. SALINIDAD CLORHIDRICO-SULFATICA

Aporte de iones NaCl y MgSO₄

17.1114A/16.61B = 0.6

En este caso la relación aniónica es Cl⁻/SO₄⁼ = 0.6

Concentración total de sales = A + B = 0.64 g/mol

Si el Cl⁻ = 3 y el SO₄⁼ = 5 entonces Cl⁻/SO₄⁼ = 0.6

17.1114A = 3 A = 3/17.1114 = 0.1753

16.61B = 5 B = 5/16.61 = 0.3010

A + B = 0.1753 + 0.3010 = 0.4763

A = (0.64 X 0.1753)/0.4763 = 0.2355 g/l de NaCl

B = (0.64 X 0.3010)/0.4763 = 0.4045 g/l de MgSO₄

8.3.2.3. SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA

Considerando el mismo aporte $17.1114A/16.61B = 1.5$

La concentración total de sales = 0.64 g/l

Si el $Cl^- = 3$ y el $SO_4^{2-} = 2$ entonces $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$

$17.1114A = 3$ $A = 3/17.1114 = 0.1753$

$16.61B = 2$ $B = 2/16.61 = 0.1204$

$A + B = 0.1753 + 0.1204 = 0.2957$

$A = (0.64 \times 0.1753)/0.2957 = 0.3794$ g/l de NaCl

$B = (0.64 \times 0.1204)/0.2957 = 0.2606$ g/l de $MgSO_4$

8.3.2.4. SALINIDAD SULFATICA

Considerando la misma fuente $17.1114A/16.61B = 0.15$

La concentración total de sales = 0.64 g/l

Si el $Cl^- = 3$ y el $SO_4^{2-} = 20$ entonces $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$

$17.1114A = 3$ $A = 3/17.1114 = 0.1753$

$16.62B = 20$ $B = 20/16.62 = 1.2034$

$A + B = 0.1753 + 1.2034 = 1.3787$

$A = (0.64 \times 0.1753)/1.3787 = 0.0814$ g/l de NaCl

$B = (0.64 \times 1.2034)/1.3787 = 0.5586$ g/l de $MgSO_4$

8.3.2.5. SALINIDAD SULFATICO-SODICA

Fuente $MgCl_2$, Na_2SO_4 y $NaHCO_3$

La concentración total de sales = 0.64 g/l

La relación aniónica $HCO_3^-/Cl^- + SO_4^{2-} = 2g$

$A + B + C = 0.64$ g/l

PM $MgCl_2 = 95.22$ g PM $Cl^- = 70.91$ g;

$Cl^-/MgCl_2 = \% (p/p) = 0.7447g$

PM $NaSO_4 = 142.04$ g PM $SO_4^{2-} = 96.06$ g;

$$\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}_2\text{SO}_4 = \% \text{ (p/p)} = 0.6763 \text{ g}$$

$$\text{PM NaHCO}_3 = 84.00 \text{ g} \quad \text{PM HCO}_3^- = 61.0 \text{ g};$$

$$\text{HCO}_3^-/\text{NaHCO}_3 = \% \text{ (p/p)} = 0.7262 \text{ g}$$

$$\text{meq Cl}^- \text{ en MgCl}_2 = (0.7447 \text{ g} \times \text{A} \times 1000)/35.5 \text{ g} = 20.9774\text{A}$$

$$\text{meq SO}_4^{2-} \text{ en Na}_2\text{SO}_4 = (0.6763 \text{ g} \times \text{B} \times 1000)/48.03 \text{ g} = 14.0808\text{B} \text{ meq HCO}_3^- \text{ en}$$

$$\text{NaHCO}_3 = (0.7262 \text{ g} \times \text{C} \times 1000)/61.0 \text{ g} = 11.9049\text{C}$$

$$\text{Si HCO}_3^- \text{ en HCO}_3^-/\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} = 2 \text{ entonces HCO}_3^- = 4;$$

$$\text{Cl}^- = 1 \text{ y SO}_4^{2-} = 1$$

$$20.9774\text{A} = 1; 14.0808\text{B} = 1 \text{ y } 11.9049\text{C}$$

$$\text{A} = 1/20.9774 = 0.0477; \text{B} = 1/14.0808 = 0.0710;$$

$$\text{C} = 1/11.9049 = 0.3360$$

$$\text{A} + \text{B} + \text{C} = 0.0477 + 0.0710 + 0.3360 = 0.4547$$

$$\text{A} = (0.64 \times 0.0477)/0.4547 = 0.0671 \text{ g/l de MgCl}_2$$

$$\text{B} = (0.64 \times 0.0710)/0.4547 = 0.0999 \text{ g/l de Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{C} = (0.64 \times 0.3360)/0.4547 = 0.4729 \text{ g/l de NaHCO}_3$$

8.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Tanto en las sales puras como en las mezclas, los cálculos de las concentraciones para los tratamientos se realizaron considerando sales anhidras, de tal manera que fue necesario aplicar criterios de equivalente de una sustancia química **A** que reacciona con un equivalente de una sustancia química **B**, para calcular las cantidades de solutos de las diferentes sales y tipos de sales cuando estas se encuentran hidratadas.

El número de semillas sembradas fue de 10, en cada unidad experimental.

A la maceta se le adicionaron 7 cm de agrolita emparejando y presionando para uniformizar sembrando encima y adicionando una cantidad de gravilla volcánica que dependió del tamaño de la semilla para evitar al máximo la evaporación esquema No 1.

A cada unidad experimental fue adicionado el volumen de solución salina correspondiente, para llevar el sustrato a la capacidad de campo, siendo este de 300 ml.

Se utilizó como testigo la misma unidad experimental utilizando agua destilada para poner y mantener a capacidad de campo el sustrato durante la etapa experimental.

El tratamiento estadístico se realizó utilizando el paquete SAS aplicándole análisis de varianza y prueba de Tukey a todas las variables.

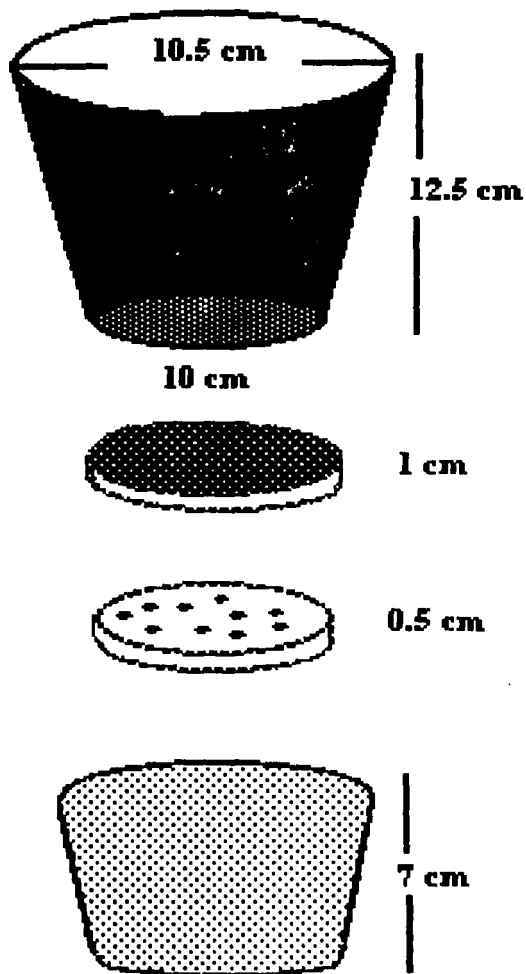
8.5. OBSERVACIÓN DURANTE EL DESARROLLO EXPERIMENTAL

Una vez montado el experimento se llevo un control diario de la emergencia, a lo largo del tiempo que duro el experimento, hasta el momento en que por tres días se mantuvo constante el porcentaje. Observando cualquier cambio que manifestara efectos tóxicos o cambios morfológicos en el genoma de las especies estudiadas.

El nivel hídrico y por ende de salinidad se mantuvo constante, adicionando el volumen necesario de agua destilada para reponer las pérdidas por evapotranspiración cada 48 hs, éste fue calculado por diferencia de peso.

El efecto de la salinidad en la emergencia para cada uno de los cultivos fue evaluado con base a las siguientes variables:

Número de semillas emergidas por día, y en el momento de la cosecha, altura de plántulas, longitud de raíces, biomasa peso fresco y seco de raíces y brotes.



ESQUEMA Nº 1

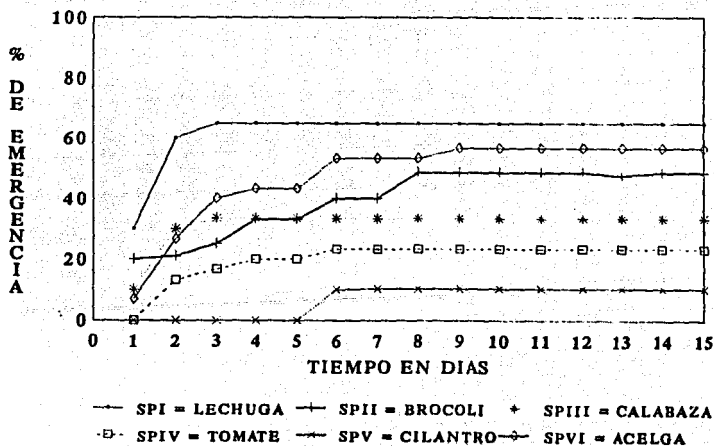
Representación de la
unidad experimental

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro No. 1 se presentan las conductividades eléctricas (CE) que corresponden a las relaciones teóricas del rendimiento para cada cultivo.

Es importante señalar que a lo largo de los experimentos nuestro testigo fue puesto y mantenido a la capacidad de campo con agua destilada misma que presentó un pH de 5.74 y una CE de 0.015 dS/m, se observó que las variables de respuesta estudiadas mostraron valores inferiores respecto a los obtenidos en las concentraciones en las que la reducción en el rendimiento esperado es de 0 y 25 %. Como se muestra en la siguiente gráfica y tabla.

AGUA DESTILADA



RESPUESTA DE LAS DIFERENTES ESPECIES AL TRATAMIENTO CON AGUA DESTILADA (TESTIGO)

VARIABLE	SPI	SPII	SPIII	SPIV	SPV	SPVI
ALTURA	0.50	0.57	1.7	1.0	0.9	1.9
LR	1.0	0.99	1.5	1.2	1.0	1.5
BPFT	0.030	0.003	1.00	0.023	0.021	1.016
BPST	0.016	0.0005	0.04	0.0010	0.0011	0.0007
BPFR	0.011	0.020	0.05	0.0013	0.0012	0.0085
BPSR	0.0005	0.0011	0.006	0.0003	0.0003	0.0005

- LR = LONGITUD DE RAIZ
 BPET = BIOMASA PESO FRESCO DE TALLOS
 BPST = BIOMASA PESO SECO DE TALLOS
 BPFR = BIOMASA PESO FRESCO DE RAIZ
 BPSR = BIOMASA PESO SECO DE RAIZ
- SPI = LECHUGA
 SPII = BROCOLI
 SPIII = CALABAZA
 SPIV = TOMATE
 SPV = CILANTRO
 SPVI = ACELGA

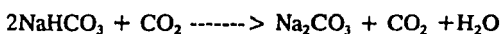
Creemos que este comportamiento se debe al desbalance ionico que produce el agua destilada, la germinación, emergencia y desarrollo se efectúan a base del consumo de las reservas de la semilla.

9.1. EL pH DE LAS SOLUCIONES SALINAS QUE CONSTITUYERON LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS.

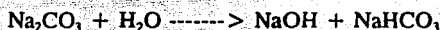
En los cuadros del (2 al 13) se muestran los valores de pH medidos en las soluciones aplicadas a cada tratamiento en sales puras y mezclas de sales.

En relación a las sales puras, existen soluciones con valores cercanos a la neutralidad con tendencia a la alcalinidad como el cloruro de calcio (CaCl_2), en general las sales de calcio son de carácter neutro debido a que el ion Ca^{++} causa una mínima

hidrolización. Otras soluciones mostraron reacción ligeramente ácida, es el caso del cloruro de sodio (NaCl), sulfato de magnesio (MgSO₄), sulfato de sodio (Na₂SO₄) y cloruro de magnesio (MgCl₂), debemos recordar que estas sales son sales neutras y no modifican el pH del medio, excepto el NaCl que a mediano plazo causa la hidrólisis del agua he incrementa el pH en el medio. Las únicas soluciones que mostraron una reacción alcalina fueron las que constituyen los tratamientos con carbonato ácido de sodio debido a que la sal de bicarbonato de sodio y más aún la de carbonato de sodio, son altamente alcalinas, debe recordarse que el bicarbonato pasa a carbonato de acuerdo con la reacción siguiente:

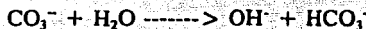


Y el carbonato a su vez tiene la siguiente reacción :



La presencia del ion hidróxilo también propicia los valores de alta alcalinidad.

En cuanto a las mezclas de sales existen algunas soluciones cercanas a la neutralidad como la salinidad clorhídrica, clorhídrico-sulfática y sulfática. Otras soluciones mostraron reacción ligeramente ácida como la sulfático-clorhídrica. Las soluciones que mostraron reacción alcalina son las que constituyen los tratamientos con la salinidad sulfático-sódica debido a la hidrólisis que el ion carbonato provoca de acuerdo con la siguiente reacción.



Estos resultados también concuerdan con los encontrados por Ramírez (1988), aunque existen diferencias en los valores absolutos.

En el caso del agua destilada el pH de 5.74 un valor ligeramente ácido.

CUADRO No. 2 pH DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON A LA LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

CONCENTRACION

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	6.52	6.24	6.48	6.62	6.50	6.80
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	6.12	6.09	6.18	6.16	6.10	6.22
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	6.74	6.76	6.79	6.81	6.80	6.81
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	5.95	5.45	5.85	5.75	5.32	5.81
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	8.87	9.11	9.29	9.41	9.58	9.62

CUADRO No. 3 pH DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON BROCOLI (*Brassica oleracea*)

CONCENTRACION

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	6.54	6.67	6.65	6.83	6.49	7.99
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	6.42	6.46	6.56	6.48	6.45	6.45
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	6.80	6.78	6.82	6.85	6.82	6.85
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	5.85	5.48	5.55	5.57	5.42	5.55
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	8.23	8.42	9.71	9.79	8.39	9.50

CUADRO No. 4 pH DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON A LA CALABAZA (*Cucurbita sp.*)

CONCENTRACION

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	6.70	6.73	6.63	6.63	6.69	6.63
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	6.59	6.67	6.65	6.61	6.69	6.57
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	6.76	6.75	6.89	6.83	6.91	6.85
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	5.08	5.31	5.92	5.05	5.68	5.95
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	10.3	9.38	10.7	9.92	9.30	8.87

CUADRO No. 5 pH DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON AL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*).

CONCENTRACION

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	6.62	6.65	6.59	6.49	6.53	6.58
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	6.68	6.72	6.73	6.77	6.67	6.69
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	6.83	6.83	6.93	6.93	6.63	6.83
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	5.65	5.02	5.70	5.34	4.53	5.41
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	9.23	8.31	8.20	9.17	8.82	8.48

CUADRO No. 6 pH DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON AL CILANTRO (*Coriandrum sativum*).

CONCENTRACION

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	6.62	6.31	6.25	6.26	6.56	6.42
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	6.71	6.75	6.77	6.77	6.67	6.69
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	6.20	6.15	6.01	6.82	5.98	5.60
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	5.83	5.14	5.01	5.26	4.83	5.32
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^- + SO_4^{2-} = 2$	10.8	9.26	10.3	10.3	10.1	10.5

CUADRO No. 7 pH DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON A LA ACELGA (*Beta vulgaris*).

CONCENTRACION

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	6.24	6.30	6.14	6.18	6.16	6.09
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	6.74	6.76	6.79	6.79	6.83	6.83
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	6.04	5.75	6.26	5.95	5.53	5.53
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	5.05	5.06	5.02	5.11	5.12	5.38
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^- + SO_4^{2-} = 2$	9.52	9.59	9.09	9.41	9.05	9.68

CUADRO No. 8 pH DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON A LA LECHUGA (*Lactuca sativa* L.).

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	7.75	7.32	7.35	7.71	8.20	8.55
MgSO ₄	7.01	6.44	5.98	6.07	6.01	6.24
NaHCO ₃	8.49	8.85	9.10	9.17	9.18	9.20
MgCl ₂	5.50	5.23	5.90	5.30	5.39	5.62
Na ₂ SO ₄	5.36	5.36	5.30	5.51	5.38	5.31
NaCl	5.52	5.30	5.28	5.26	5.28	5.33

CUADRO No. 9 pH DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON AL BROCOLI (*Brassica oleracea*).

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	7.99	7.71	7.61	8.57	8.79	8.94
MgSO ₄	5.94	5.71	5.65	5.90	5.69	5.70
NaHCO ₃	8.98	9.07	9.13	9.18	9.22	9.17
MgCl ₂	5.22	5.24	5.30	5.37	5.39	5.41
Na ₂ SO ₄	4.91	5.24	4.49	5.44	5.53	5.64
NaCl	5.97	5.27	5.31	5.25	5.24	5.44

CUADRO No. 10 pH DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON A LA CALABAZA (*Cucurbita sp.*).

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	7.37	7.11	7.57	8.15	8.49	8.69
MgSO ₄	6.30	6.06	5.80	5.90	5.71	5.67
NaHCO ₃	8.91	9.05	9.08	9.14	9.15	9.15
MgCl ₂	5.08	5.24	5.23	5.24	5.23	5.39
Na ₂ SO ₄	4.82	5.17	5.49	5.64	5.56	5.65
NaCl	5.97	5.20	5.12	5.16	5.23	5.22

CUADRO No. 11 pH DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON AL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*).

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	7.23	6.95	7.75	7.50	7.99	8.53
MgSO ₄	5.56	5.43	5.58	5.46	5.80	5.55
NaHCO ₃	8.96	9.05	9.10	9.17	9.17	9.15
MgCl ₂	5.73	5.52	5.48	5.45	5.46	5.35
Na ₂ SO ₄	4.94	5.21	5.40	5.59	5.57	5.72
NaCl	5.36	5.28	5.03	5.05	5.05	5.22

CUADRO No. 12 pH DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON AL CILANTRO (*Coriandrum sativum*).

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	7.23	6.95	7.75	7.50	7.99	8.53
MgSO ₄	5.65	5.44	5.40	5.41	5.45	5.49
NaHCO ₃	8.98	8.96	9.00	9.04	9.08	9.04
MgCl ₂	5.36	5.18	5.28	5.33	5.32	5.36
Na ₂ SO ₄	4.98	4.96	5.14	5.20	5.25	5.12
NaCl	5.56	5.15	5.10	5.09	5.23	5.30

CUADRO No. 13 pH DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON A LA ACELGA (*Beta vulgaris*).

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	7.10	8.17	7.80	7.51	7.18	8.24
MgSO ₄	5.49	5.46	5.47	5.47	5.52	5.80
NaHCO ₃	8.65	9.05	9.13	9.04	9.07	9.10
MgCl ₂	5.34	5.20	5.02	5.24	5.33	5.40
Na ₂ SO ₄	4.93	5.01	5.26	6.43	5.47	5.58
NaCl	5.23	5.12	5.11	5.14	5.17	5.19

9.2. LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LAS SOLUCIONES SALINAS DE SALES PURAS Y MEZCLAS DE SALES A LA QUE FUERON EXPUESTOS LOS CULTIVOS.

En relación a la evaluación de sales solubles en los suelos, y cuando se quieren establecer algunas relaciones sobre el rendimiento relativo de algunas especies cultivadas con respecto al contenido de sales en estos, es común en la práctica agrícola determinar la CE del extracto de saturación de los distintos tipos de suelos salinos para estimar el grado de salinización de estos y poder saber el efecto de la salinidad en el desarrollo de las plantas (Richards, 1993). Por otra parte es necesario tener en cuenta que en los suelos salinos se encuentran sales que poseen diferente solubilidad y en función de esta tiene lugar el efecto perjudicial.

En los cuadros del(14 al 25) se muestran los valores de CE a los que fueron sometidos los cultivos para sales puras y mezclas que se utilizaron en la emergencia de las especies estudiadas, en donde se considera para cada cultivo el 0, 25, 50, 75, 100, y 150% en la disminución en el rendimiento. Se observa que en general a medida que la concentración salina aumenta la CE también aumenta.

Cabe mencionar que la CE en mezclas de sales es menor que en las soluciones para sales puras, esto explica el efecto más perjudicial en las ultimas. Si comparamos los valores de CE obtenidos para distintas sales puras y mezclas encontramos distintos valores ante una misma concentración por lo tanto podemos concluir que la CE es directamente proporcional a la concentración y esta varía de una sal a otra y para los diferentes tipos de salinidad, dependiendo del coeficiente de proporcionalidad del tipo de sal y de los iones que conforman las mezclas de sales. Se supone que estos se deben a la composición ionica (cationes y aniones) pues cada uno posee diferente grado de hidratación, densidad de carga y radio ionico afectando la propiedad de conducir la corriente eléctrica.

La conductividad eléctrica del agua destilada fue de 0.015 dS/m.

CUADRO No. 14 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON A LA LECHUGA. (*Lactuca sativa* L.) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	1.29	3.02	3.43	3.90	4.70	6.70
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	0.61	0.99	1.74	2.50	3.30	4.86
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	0.69	0.74	1.69	2.34	2.65	2.88
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	1.05	1.41	2.43	2.65	3.12	3.36
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	1.29	1.32	1.54	2.02	2.36	3.10

CUADRO No. 15 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON AL BROCOLI (*Brassica oleracea*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SALINIDAD RELACION ANIONICA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	1.18	2.46	2.93	3.95	4.14	6.71
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	1.06	1.58	2.95	3.75	3.86	4.72
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	1.02	1.32	1.60	2.60	2.70	3.49
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	1.39	1.49	3.33	3.36	4.43	5.03
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	1.09	1.56	2.37	2.72	3.52	3.95

CUADRO No. 16 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON A LA CALABAZA (*Cucurbita sp*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SALINIDAD RELACION ANIONICA	CONCENTRACION					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	1.09	1.85	2.45	3.65	4.38	5.64
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	0.90	1.55	2.25	2.95	3.35	6.24
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	0.92	1.12	1.94	2.25	2.28	2.35
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	1.07	1.36	2.58	3.30	3.76	3.98
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	1.08	1.72	2.22	2.69	3.16	3.59

CUADRO No. 17 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON AL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SALINIDAD RELACION ANIONICA	CONCENTRACION					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	1.03	2.18	2.45	3.31	6.52	6.67
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	0.88	1.70	2.65	2.83	3.13	6.23
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	0.76	1.23	1.75	2.47	3.04	4.05
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	1.10	1.42	2.58	3.54	3.59	5.05
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	1.12	1.94	2.08	3.12	3.25	3.83

CUADRO No. 18 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON AL CILANTRO (*Coriandrum sativum*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SALINIDAD RELACION ANIONICA	CONCENTRACION					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	0.63	1.35	2.88	3.88	4.52	5.32
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	0.53	1.49	2.54	2.94	3.10	6.09
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	0.95	1.10	1.60	1.65	2.66	3.10
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	1.09	1.49	2.85	3.58	3.67	3.75
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	1.06	1.19	1.97	2.22	2.51	3.82

CUADRO No. 19 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE MEZCLAS DE SALES QUE SE APLICARON A LA ACELGA (*Beta vulgaris*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SALINIDAD RELACION ANIONICA	CONCENTRACION					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 2.5$	1.02	2.06	3.25	4.46	5.63	6.63
CLORHIDICO-SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.6$	0.58	1.56	2.71	4.05	3.96	5.48
SULFATICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.15$	0.79	1.64	2.22	2.95	3.39	4.65
SULFATICO-CLORHIDRICA $Cl^-/SO_4^{2-} = 1.5$	1.59	1.60	2.54	3.10	3.50	5.62
SULFATICO-SODICA $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-} = 2$	1.02	1.10	1.93	3.84	3.96	4.06

CUADRO No. 20 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON A LA LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	1.63	3.29	4.88	6.54	7.76	10.82
MgSO ₄	1.02	1.88	2.62	3.28	3.99	5.38
NaHCO ₃	0.80	1.83	2.67	3.68	4.27	6.30
MgCl ₂	1.77	3.82	4.69	7.26	7.68	11.14
Na ₂ SO ₄	1.23	2.57	3.86	4.59	5.34	8.37
NaCl	1.13	3.42	4.95	6.90	7.84	8.03

CUADRO No. 21 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON AL BROCOLI (*Brassica oleracea*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	3.06	5.21	7.29	9.55	11.50	15.42
MgSO ₄	1.35	3.15	4.26	5.41	6.30	8.68
NaHCO ₃	1.60	2.92	4.02	5.61	6.53	9.49
MgCl ₂	3.25	5.72	8.33	10.11	11.67	16.95
Na ₂ SO ₄	2.12	3.29	5.04	6.06	7.11	7.81
NaCl	2.86	4.60	7.56	9.59	9.83	9.65

CUADRO No. 22 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON A LA CALABAZA (*Cucurbita sp*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	2.25	4.79	6.70	8.75	10.09	13.95
MgSO ₄	1.49	2.92	3.95	4.92	5.88	6.27
NaHCO ₃	1.18	2.65	3.78	4.88	6.08	7.95
MgCl ₂	2.57	5.27	7.49	8.14	11.53	13.14
Na ₂ SO ₄	1.61	3.48	4.94	6.96	7.12	9.33
NaCl	2.02	4.32	7.47	8.95	9.64	10.57

CUADRO No. 23 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN dS/m DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON AL TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	2.35	4.79	6.82	8.70	9.54	14.42
MgSO ₄	1.75	2.30	4.03	5.08	5.74	8.00
NaHCO ₃	1.26	2.71	3.82	5.02	5.80	8.70
MgCl ₂	2.57	5.23	7.40	9.51	10.05	14.10
Na ₂ SO ₄	1.69	3.12	3.83	6.25	7.30	9.64
NaCl	2.54	4.04	7.30	8.23	8.72	12.09

CUADRO No. 24 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN $\mu\text{S}/\text{m}$ DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON AL CILANTRO (*Coriandrum sativum*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	1.06	3.00	4.87	6.41	7.79	10.64
MgSO_4	0.85	1.96	2.95	3.86	4.64	6.36
NaHCO_3	0.64	1.78	2.85	3.89	4.88	6.60
MgCl_2	1.35	3.76	5.41	7.35	8.07	10.35
Na_2SO_4	1.78	2.10	2.92	2.96	3.42	6.27
NaCl	1.24	3.42	5.52	5.62	6.29	7.79

CUADRO No. 25 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN $\mu\text{S}/\text{m}$ DE LAS SOLUCIONES DE SALES PURAS QUE SE APLICARON A LA ACELGA (*Beta vulgaris*) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	2.40	5.18	7.79	10.40	11.60	17.60
MgSO_4	1.43	3.14	4.53	5.85	6.96	9.08
NaHCO_3	1.07	2.88	4.55	5.80	7.21	10.06
MgCl_2	2.16	5.32	6.52	10.61	11.50	17.64
Na_2SO_4	1.79	3.80	5.34	6.08	6.16	7.94
NaCl	2.24	5.39	8.68	10.18	9.91	12.93

9.3. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE LECHUGA (*Lactuca sativa*), BROCOLI (*Brassica oleracea*), CALABAZA (*Cucurbita sp*), TOMATE (*Lycopersicon esculentum*), CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y ACELGA (*Beta vulgaris*) EN CONDICIONES DE SALINIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA.

9.3.1. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE LECHUGA.

En la figura No. 1 se presentan los porcentajes de emergencia para el cultivo de lechuga para las diferentes concentraciones de los tipos de salinidad (sulfático-sódica, sulfática, clorhídrica, sulfático-clorhídrica y clorhídrico-sulfática).

El cultivo expuesto a mezclas de sales en general experimenta una respuesta a la emergencia favorable (> al 70%) para las primeras cuatro concentraciones, por otra parte puede observarse que al tercer día de iniciada la emergencia, para la salinidad clorhídrica las cuatro concentraciones más bajas alcanzaron un porcentaje de emergencia superior al 80, una respuesta similar se observa para la clorhídrico-sulfática ambos tipos de salinidad a las 72 horas postemergencia permitieron para las cuatro concentraciones más bajas y con fines prácticos su máxima emergencia encontrándose para la clorhídrica un menor tiempo por lo que se ubica como la más favorable.

En relación a esta variable, se encontró que la salinidad sulfático-clorhídrica, resultó para este cultivo la que más retarda el proceso pues al tercer día, ninguna concentración superó el 80%.

Es oportuno señalar que la salinidad sulfático-clorhídrica fue la más adversa para este cultivo seguida de la salinidad sulfático-sódica.

Cuando las concentraciones salinas se incrementan, el tiempo para la emergencia varían en un día o incluso horas, estos períodos de tiempo son importantes para garantizar el éxito del cultivo en suelos salinos en este estadio de desarrollo pues la semilla puede morir por anaerobiosis y/o ataque de organismos (hongos y bacterias) reduciéndose

considerablemente el número de plántulas y con esto un menor rendimiento en el cultivo.

En la figura No. 2 se presentan los porcentajes de emergencia para lechuga en los distintos tratamientos de sales de una única composición total; (sulfato de sodio, carbonato ácido de sodio, cloruro de sodio, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio). Las sales puras son más perjudiciales que las mezclas como puede observarse el porcentaje de emergencia se reduce y retarda considerablemente para todas las concentraciones y todas las sales incluso muy pocas alcanzan el 70 % que se considera aceptable y cuando se logra es en las concentraciones más bajas.

Analizando los casos específicos encontramos que la respuesta más favorable para este cultivo fue obtenida para el cloruro de sodio en donde las tres concentraciones más bajas logran un 70% o más de emergencia en un período de tiempo que oscila entre 2 y 8 días de iniciado el proceso. Esta es la sal más benéfica para este cultivo, le sigue el sulfato de magnesio.

Se encontró como sal pura más perjudicial el carbonato ácido de sodio.

En general el efecto nocivo para esta variable de las seis sales aquí estudiadas, tienen el siguiente orden decreciente $\text{NaHCO}_3 > \text{MgCl}_2 > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgSO}_4 > \text{NaCl}$.

El análisis de varianza y prueba de Tukey en relación al porcentaje de emergencia revela diferencias significativas para ambas sales puras y mezclas en los distintos tratamientos con un nivel de confianza de 95 % excepto para la concentración seis de la salinidad sulfático-sódica y la sulfático-clorhídrica.

A lo largo del experimento se observó que a medida que la concentración salina aumenta la apariencia fenotípica en color de hojas cambio de un verde claro a un verde más oscuro además de un estrangulamiento de tallos y posterior muerte por necrosis, esto mismo fue observado por Ríos *et al.* (1994) trabajando con semillas de frijol siendo este efecto mucho más evidente en sales de composición total equivalente.

Aún cuando se dio la emergencia a concentraciones más elevadas en el caso de sales puras su desarrollo posterior fue muy precario observándose enanismo de plántulas

9.3.2. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE BROCOLI.

En la figura No. 3 se presentan las gráficas donde se pueden apreciar los porcentajes de emergencia para los distintos tratamientos de mezclas de sales de diferente composición iónica. El cultivo expuesto a mezclas de sales muestra el siguiente comportamiento, para la salinidad clorhídrica tenemos un nivel de tolerancia mayor ya que a la concentración de 2.93 dS/m alcanza un porcentaje de 70 o más, sin embargo el proceso de emergencia es lento alcanzando un máximo al séptimo día.

Para la salinidad sulfático-clorhídrica se observa una emergencia rápida para las dos primeras concentraciones de manera que para el cuarto día se alcanza más del 80 %.

Puede observarse que para el resto de las salinidades se tiene un comportamiento similar, en particular en las dos concentraciones más bajas es donde se ve una respuesta aún cuando es retardada se obtiene un porcentaje aceptable.

El brocoli tiene una respuesta muy variable a las sales puras (fig. 4) respondiendo mejor al cloruro de sodio y sulfato de sodio, alcanzando una emergencia máxima de 91 y 92 % respectivamente para la concentración más baja y del 80 % para la C2 en el caso del cloruro de sodio, muestran que para el resto de los tratamientos en ninguno de los casos se logro superar el 60 % de emergencia. Una respuesta muy incipiente fue obtenida para las sales NaHCO_3 , Na_2SO_4 , MgCl_2 en C1 mientras que para el resto de los tratamientos la respuesta fue nula. En CaCl_2 la resultados para esta variable fueron intermedios.

Comparando el comportamiento de este cultivo en presencia de sales puras y mezclas para el porcentaje de emergencia las primeras resultan ser mucho más tóxicas que las segundas, este mismo comportamiento fue encontrado por Escobar, (1994), trabajando con variedades de maíz y frijol.

Haciendo algunas observaciones durante el desarrollo del experimento se pudieron observar diferencias para los distintos tratamientos a medida que la concentración salina aumenta, el color cambio haciéndose más oscuro sobre todo en las sales de cloro siendo muy evidentes en el cloruro de calcio y sodio y en la salinidad clorhídrica, además se registró estrangulamiento de tallos y posterior muerte por necrosis.

El análisis de varianza y prueba de Tukey para sales puras y mezclas revela diferencias significativas con un nivel de confianza de 95% para todos los tratamientos, excepto entre la salinidad sulfático-sódica a 1.09 dS/m, sulfática a 1.02 dS/m la sulfático-clorhídrica entre las conductividades eléctricas de 1.39 y 1.49 dS/m.

9.3.3. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE CALABAZA.

En la figura No. 5 se presentan los porcentajes de emergencia para los distintos tratamientos de los diferentes tipos de salinidad.

La calabaza es sensible a la salinidad clorhídrica, se encontró que ninguna concentración supera el 70 % de emergencia, en cambio respondió más favorablemente a la salinidad sulfático-sódica en donde las cuatro concentraciones más bajas superan a dicho porcentaje.

Los restantes tipos de salinidad tienen una respuesta intermedia lográndose en las tres concentraciones más bajas un 70%, debe señalarse que en general en todos los tipos de salinidad se observó para este cultivo una lenta emergencia alcanzando los máximos a los siete días o más después de iniciado el proceso.

En relación a las sales de una única composición total. Para esta misma variable, la calabaza respondió mucho mejor al CaCl_2 , en donde las cinco primeras concentraciones alcanzaron el 80 % o más de emergencia. Se encontró que las sales, carbonato ácido de sodio y cloruro de magnesio perjudican a este cultivo.

La observación para este cultivo durante el experimento, para la salinidad sulfático-sódica revela cambios leves en el color pasando de un verde claro a un verde oscuro,

enanismo de plántulas, disminución del área foliar con el incremento en la concentración de sales, este mismo comportamiento fue observado por Grijalva, (1995), trabajando con semillas de frijol.

En el momento de la cosecha se pudo ver enrollamiento de las raíces dentro de la cubierta de la semilla esto al parecer para evadir las sales, siendo estos cambios mucho más evidentes frente a las sales puras donde además de esto también se observó estrangulamiento de tallos y muerte generalizada de la plántula.

El análisis de varianza y prueba de Tukey muestra diferencias significativas para todos los tratamientos tanto para sales puras como para mezclas de sales con un nivel de confianza de 95 % excepto para la C1 y C2.

9.3.4. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE TOMATE.

En la figura No. 7 se presentan los porcentajes de emergencia para este cultivo, expuesto a los diferentes tipos de salinidad.

Para el tomate se alcanzó un 70% de emergencia sólo en las salinidades sulfática a 0.76 y 1.23 dS/m, sulfático-clorhídrica a 1.10 dS/m y la clorhídrico-sulfática a 0.88 dS/m, siendo la sulfática la más benéfica, la clorhídrico-sulfática y sulfático-clorhídrica presentan un comportamiento similar quizá debido al efecto del ion específico, en tanto la sulfático-sódica y la clorhídrica resultan ser las más dañinas en donde no se alcanza para ninguno de los tratamientos el 70%. Se observa un gradiente de disminución en el porcentaje a medida que la concentración salina se eleva en todos los casos.

En la figura No. 8 se presentan las gráficas que muestran el porcentaje de emergencia de las diferentes concentraciones para las sales de una única composición total. Puede observarse que sólo se alcanza el 70% en el cloruro de calcio a una conductividad eléctrica de 2.35 dS/m siendo esta la sal más benéfica, en todas las demás sales resulto muy por debajo del 70%.

A lo largo del experimento se observó un desarrollo muy precario ya que aunque se dió

la emergencia en la mayoría de las plántulas no fueron capaces de tirar la testa de la semilla y muy pronto se observó estrangulamiento y muerte.

El análisis de varianza y prueba de Tukey muestra diferencias significativas para esta variable en todos los tratamientos en sales puras y mezclas de sales con un nivel de confianza de 95%.

9.3.5. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE CILANTRO.

En la figura No. 9 se presentan los porcentajes de emergencia para este cultivo de las diferentes concentraciones de los diferentes tipos de salinidad.

El cultivo de cilantro expuesto a mezclas de sales en ningún caso se alcanzó un 70% de emergencia; luego entonces todos los tratamientos en todas las salinidades resultan ser muy tóxicas.

En la figura No. 10 se presentan las gráficas que muestran el porcentaje de emergencia de las diferentes concentraciones para las sales de una única composición total. Se observa que todas afectan severamente la germinación y emergencia del cilantro no alcanzando un porcentaje superior al 40 excepto para el cloruro de calcio (CaCl_2) en donde las dos concentraciones más bajas superan ligeramente el 60 % de acuerdo con estos resultados el cilantro es un cultivo muy sensible.

Durante el tiempo que duró el experimento se observó que aunque algunas plántulas lograron emerger esta se retrasó hasta 8 días en las últimas concentraciones y muy pronto se observó estrangulamiento en los tallos y como consecuencia muerte de la plántula.

El análisis de varianza y prueba de Tukey para este cultivo revela diferencias significativas en todas las concentraciones tanto para sales puras y mezclas de sales con un nivel de confianza de 95%.

9.3.6. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE ACELGA.

En la figura No. 11 se presentan los porcentajes de emergencia de la acelga para los diferentes tipos de salinidad.

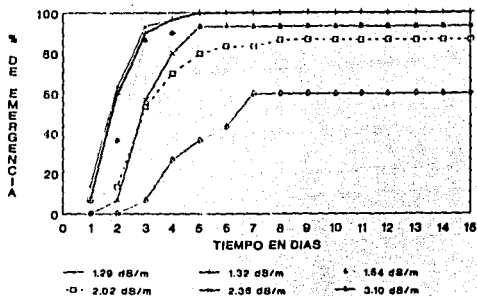
El cultivo de acelga es moderadamente tolerante a la salinidad sulfática y a la sulfático-clorhídrica siempre y cuando no se rebase una conductividad eléctrica de 2.22 y 3.10 dS/m respectivamente, bajo estas condiciones se supera un 70 % de emergencia aproximadamente a los seis días de iniciado el proceso. Este cultivo es más afectado por la salinidad sulfático-sódica.

Cuando fue expuesto a las diferentes concentraciones para las sales de una única composición total. Se encontró la mejor respuesta en cloruro de sodio (NaCl) y sulfato de sodio (Na₂Cl) figura No.12.

Durante el experimento se observó arrugamiento y quemaduras en los márgenes de las hojas en la acelga haciéndose más evidente a medida que la concentración salina aumenta (Hartman y Kester, 1987).

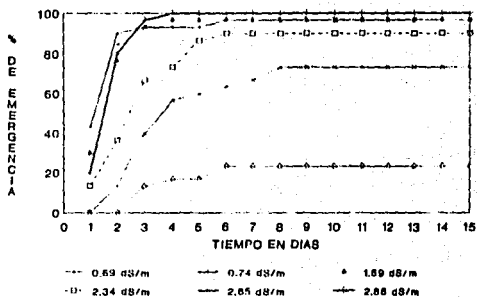
El análisis de varianza y prueba de Tukey para la acelga muestra diferencias significativas en todas las concentraciones tanto para sales puras y mezclas de sales con un nivel de confianza de 95% excepto entre la salinidad sulfático-clorhídrica y la sulfática.

SALINIDAD SULFATICO-SODICA

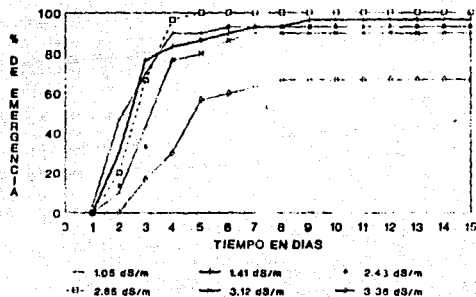


LECHUGA

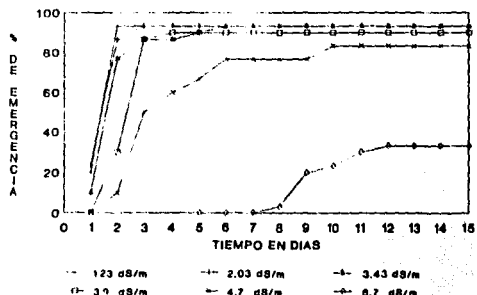
SALINIDAD SULFATICA



SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICO-SULFATICA

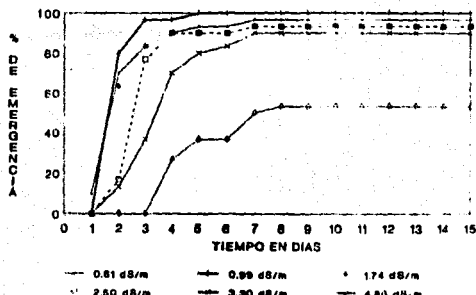
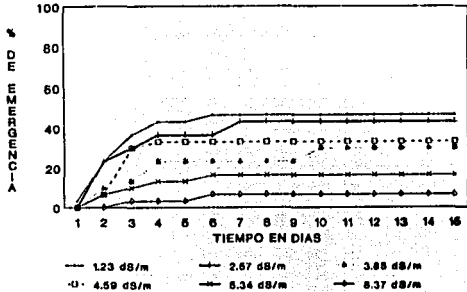


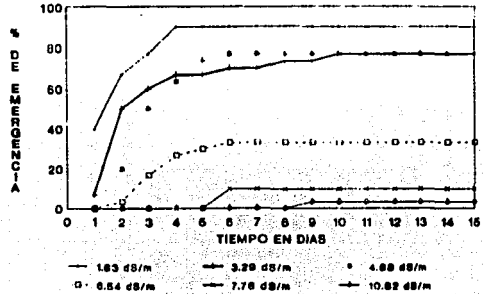
FIG. 1 EFECTO DE LAS MEZCLAS DE SALES EN LA EMERGENCIA

LECHUGA

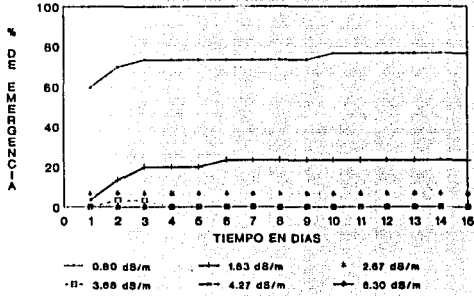
SULFATO DE SODIO



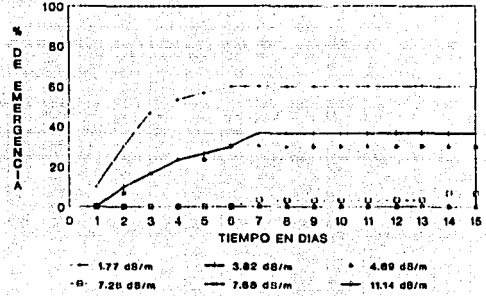
CORURO DE SODIO



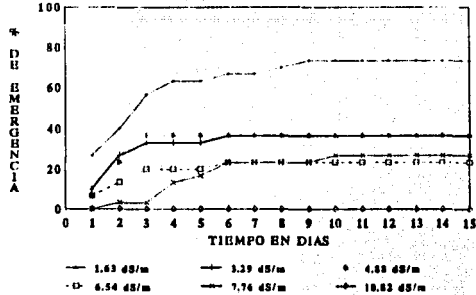
CORONATO ACIDO DE SODIO



CORURO DE MAGNESIO



CORURO DE CALCIO



SULFATO DE MAGNESIO

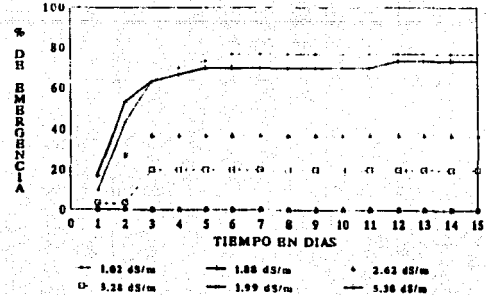
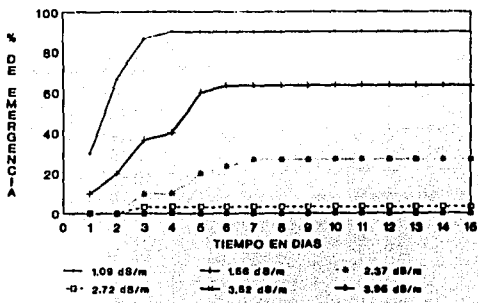


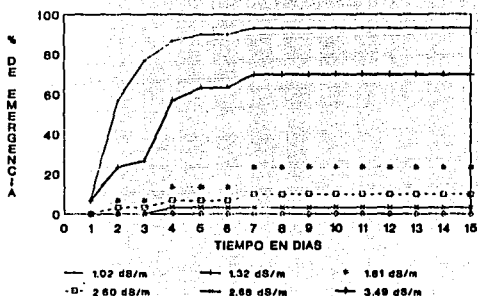
FIG. 2 EFECTO DE SEIS TIPOS DE SALES PURAS EN LA EMERGENCIA

SALINIDAD SULFATICO-SODICA

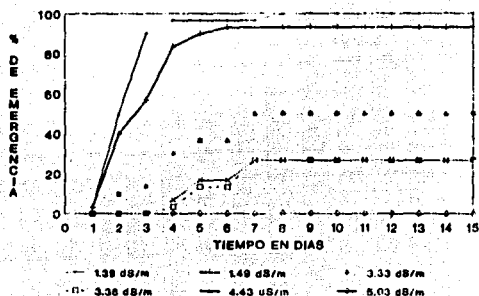


BROCOLI

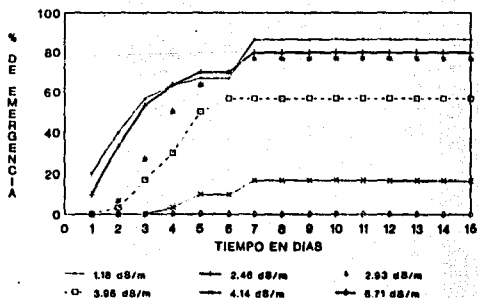
SALINIDAD SULFATICA



SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICO-SULFATICA

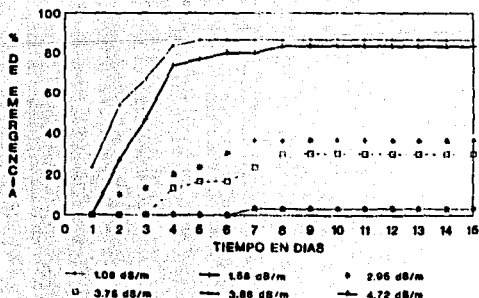
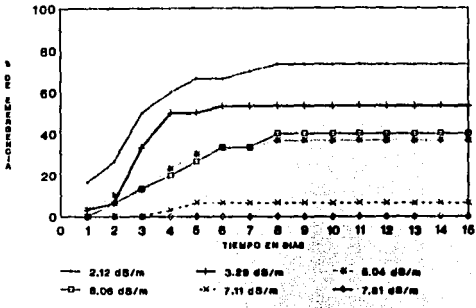


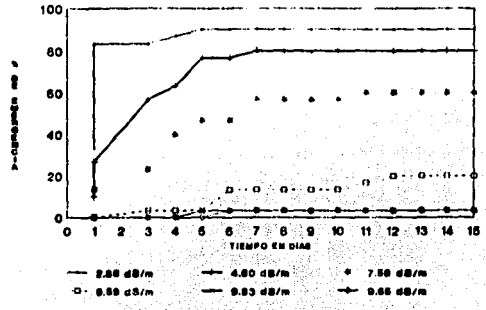
FIG. 3 EFECTO DE LAS MEZCLAS DE SALES EN LA EMERGENCIA

BROCOLI

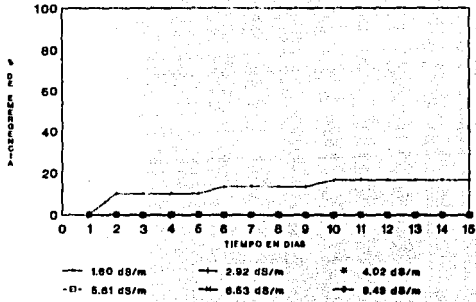
SULFATO DE SODIO



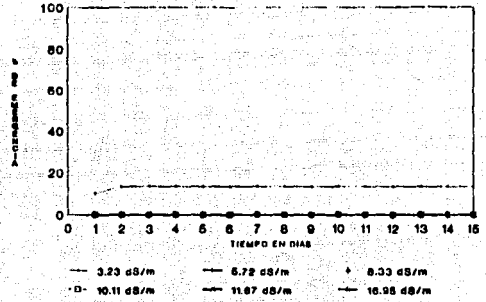
CLORURO DE SODIO



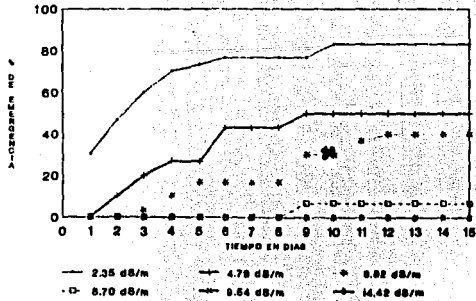
CARBONATO ACIDO DE SODIO



CLORURO DE MAGNESIO



CLORURO DE CALCIO



SULFATO DE MAGNESIO

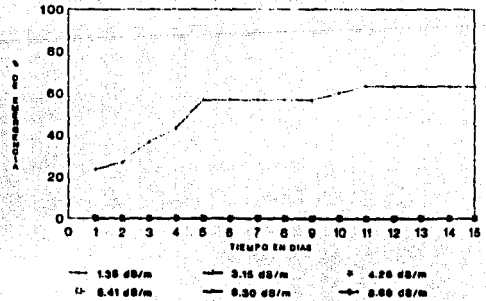
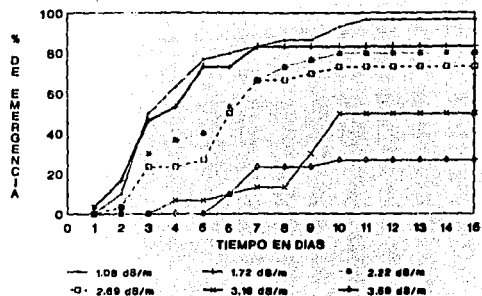


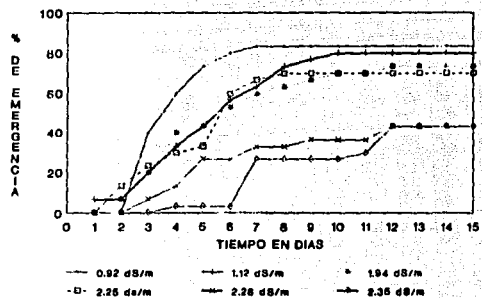
FIG. 4 EFECTO DE 6 TIPOS DE SALES PURAS EN LA EMERGENCIA

SALINIDAD SULFATICO-SODICA

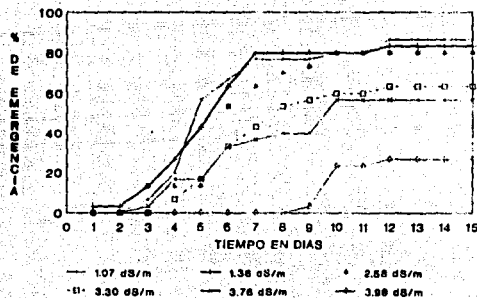


CALABAZA

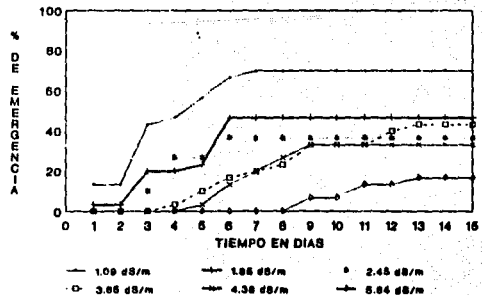
SALINIDAD SULFATICA



SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICO-SULFATICA

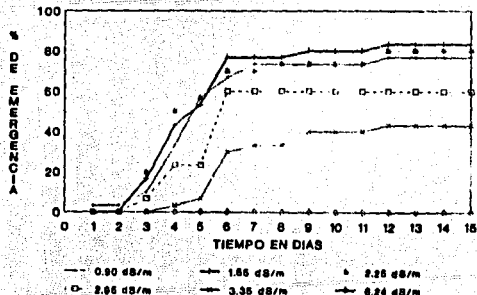
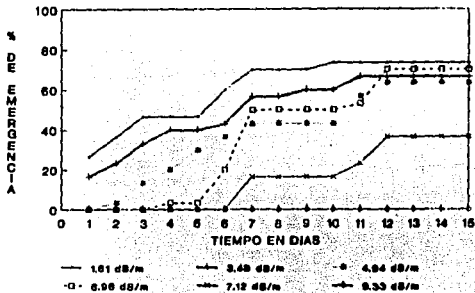


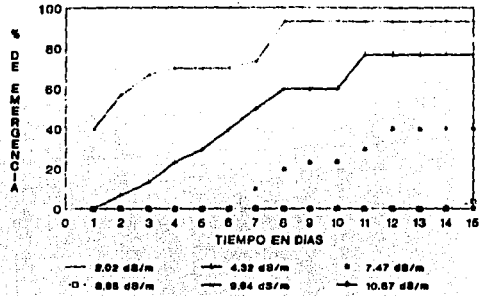
FIG. 5 EFECTO DE LAS MEZCLAS DE SALES EN LA EMERGENCIA

CALABAZA

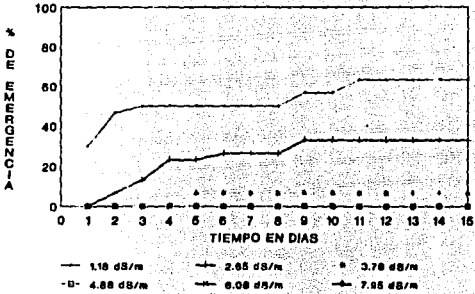
SULFATO DE SODIO



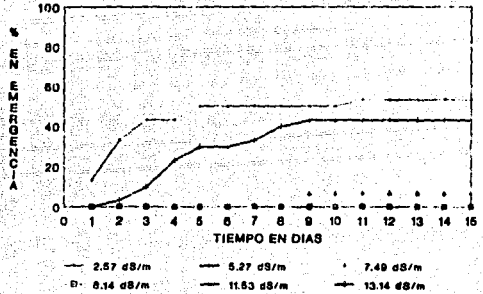
CLORURO DE SODIO



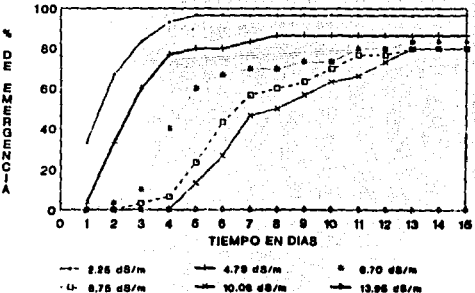
CARBONATO ACIDO DE SODIO



CLORURO DE MAGNESIO



CLORURO DE CALCIO



SULFATO DE MAGNESIO

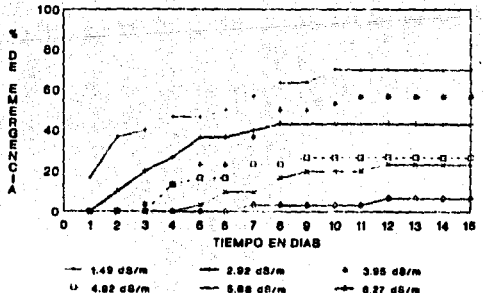
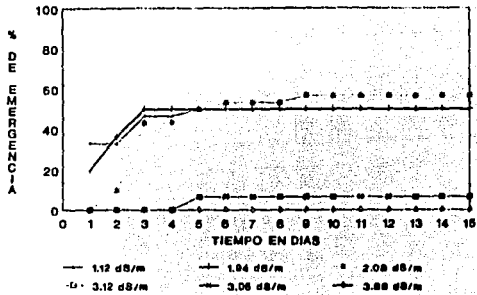


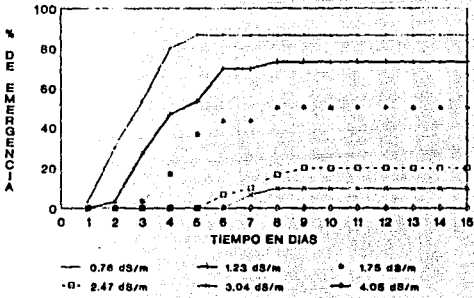
FIG. 6 EFECTO DE 6 TIPOS DE SALES PURAS EN LA EMERGENCIA

SALINIDAD SULFATICO-SODICA

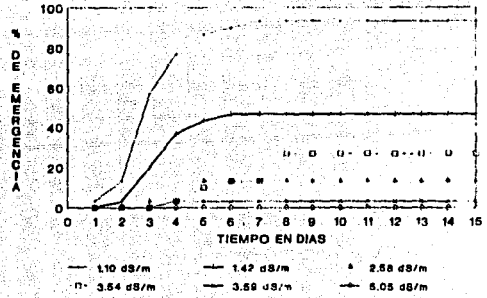


TOMATE

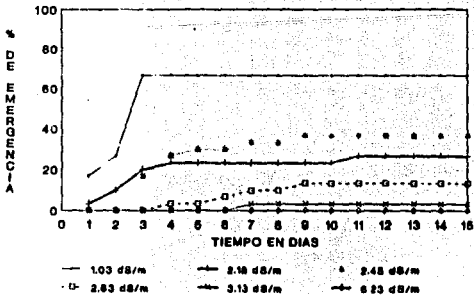
SALINIDAD SULFATICA



SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICO-SULFATICO

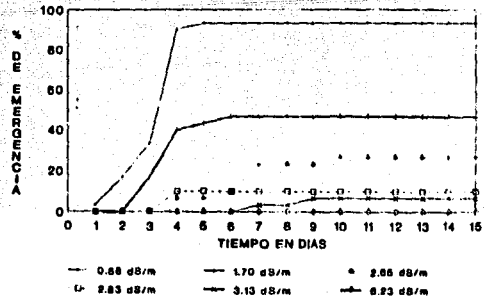
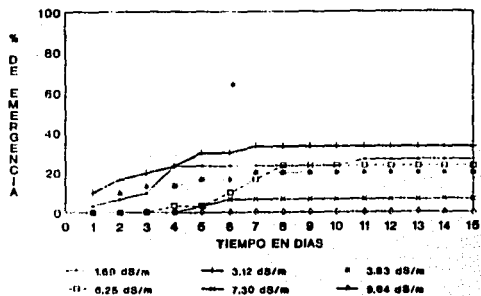


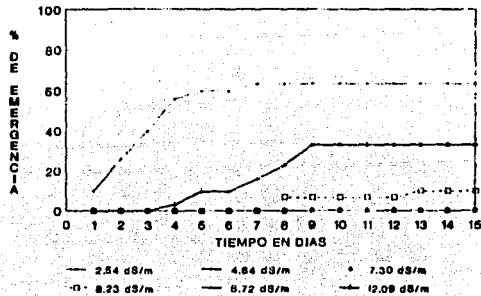
FIG. 7 EFECTO DE LAS MEZCLAS DE SALES EN LA EMERGENCIA

SULFATO DE SODIO

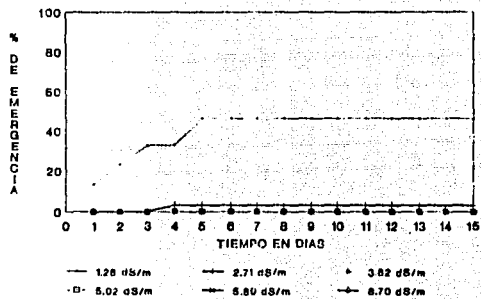


TOMATE

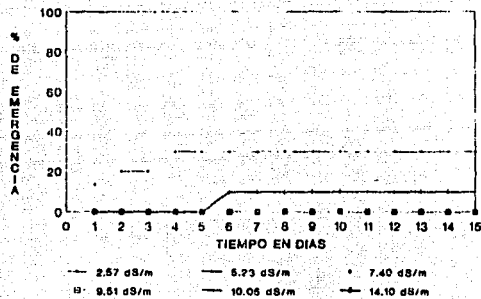
CLORURO DE SODIO



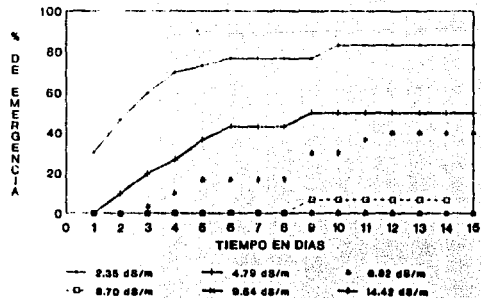
CARBONATO ACIDO DE SODIO



CLORURO DE MAGNESIO



CLORURO DE CALCIO



SULFATO DE MAGNESIO

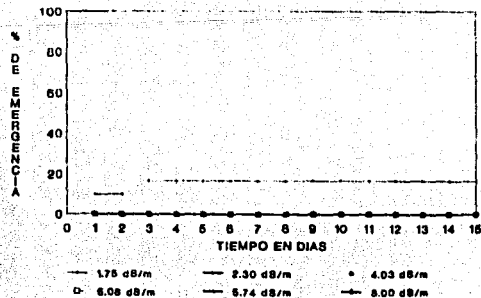
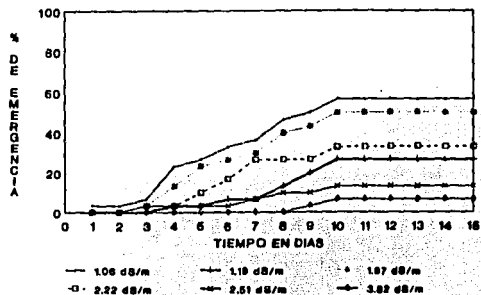


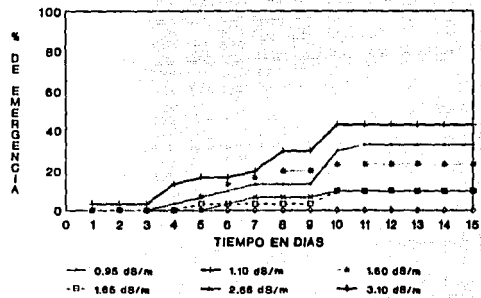
FIG. 8 EFECTO DE 6 TIPOS DE SALES PURAS EN LA EMERGENCIA

SALINIDAD SULFATICO-SODICA

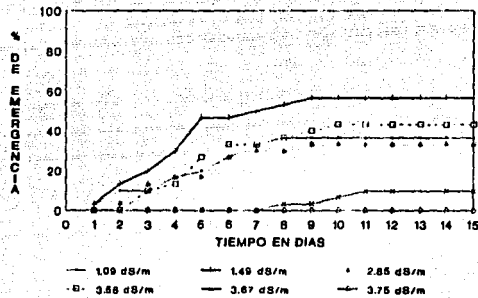


CILANTRO

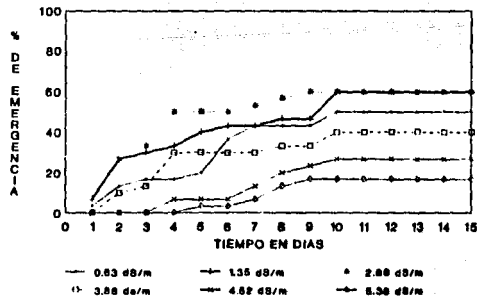
SALINIDAD SULFATICA



SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICO-SULFATICA

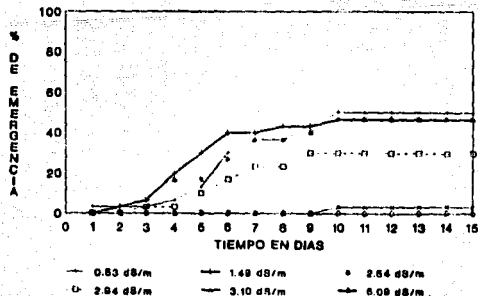
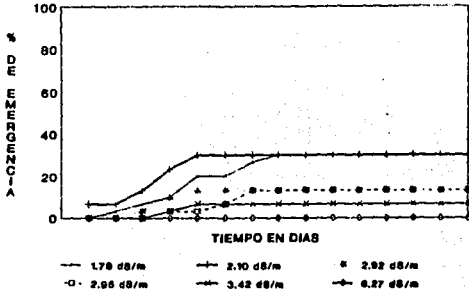


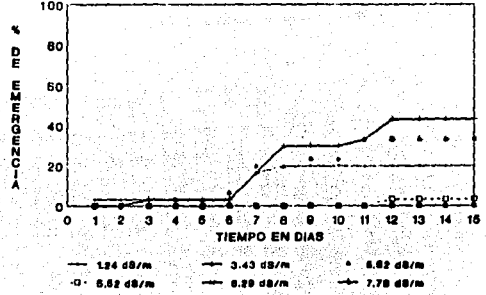
FIG. 9 EFECTO DE LAS MEZCLAS DE SALES EN LA EMERGENCIA

CILANTRO

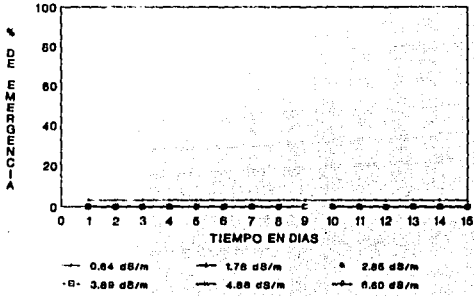
SULFATO DE SODIO



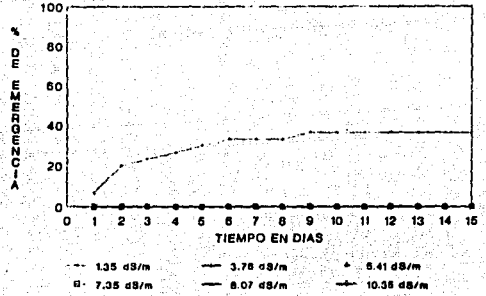
CLORURO DE SODIO



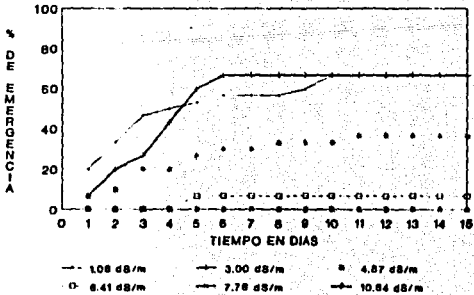
CARBONATO ACIDO DE SODIO



CLORURO DE MAGNESIO



CLORURO DE CALCIO



SULFATO DE MAGNESIO

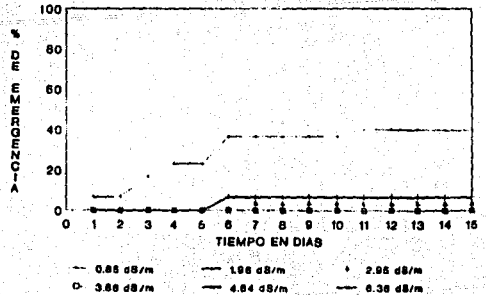
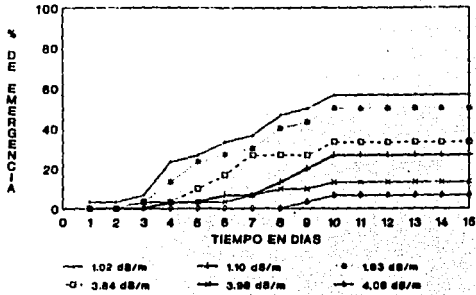


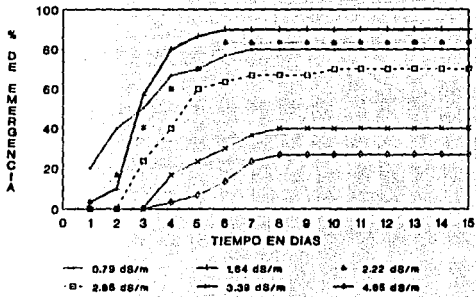
FIG. 10 EFECTO DE 6 TIPOS DE SALES PURAS EN LA EMERGENCIA

SALINIDAD SULFATICO-SODICA

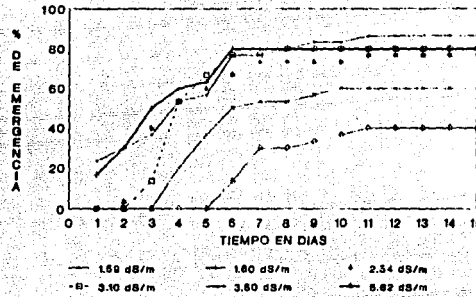


ACELGA

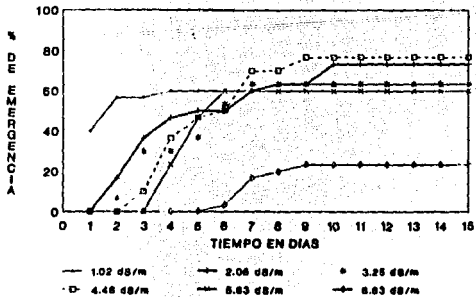
SALINIDAD SULFATICA



SALINIDAD SULFATICO-CLORHIDRICA



SALINIDAD CLORHIDRICA



EFFECTO DE LA SALINIDAD CLORH-SULFATICA EN LA EMERGENCIA DE ACELGA

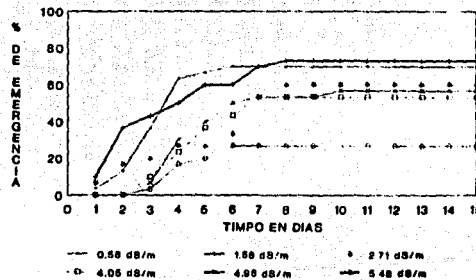
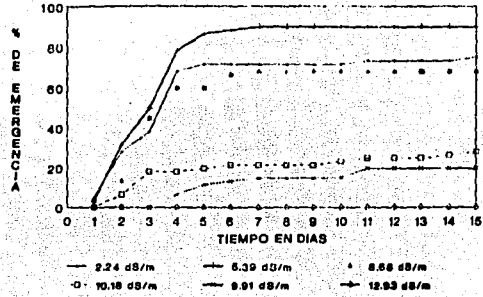
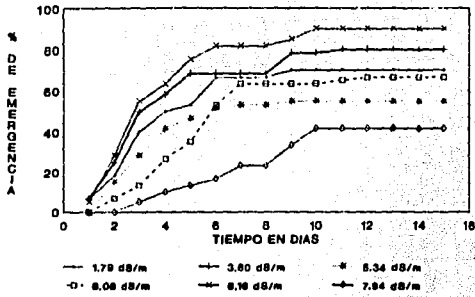


FIG. 11 EFECTO DE LAS MEZCLAS DE SALES EN LA EMERGENCIA

SULFATO DE SODIO

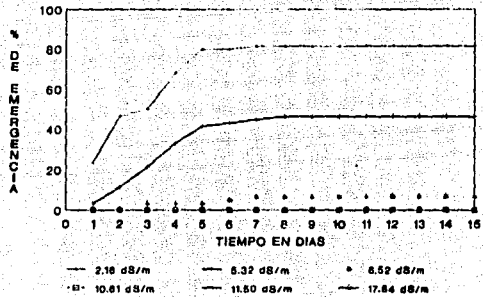
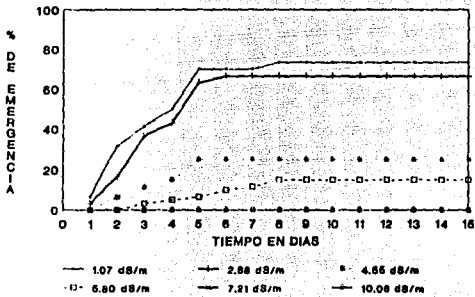
ACELGA

CLORURO DE SODIO



CARBONATO ACIDO DE SODIO

CLORURO DE MAGNESIO



CLORURO DE CALCIO

SULFATO DE MAGNESIO

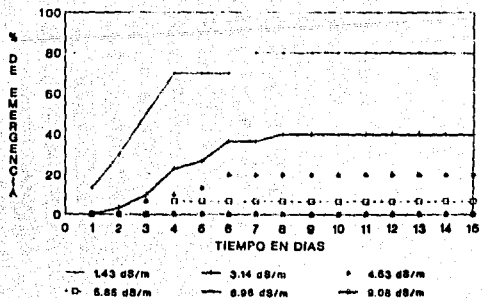
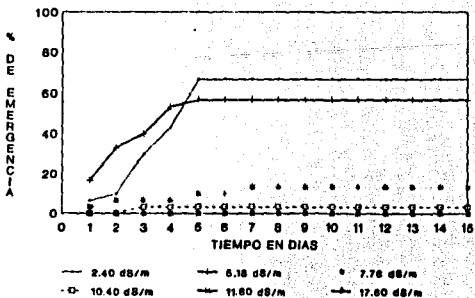


FIG. 12 EFECTO DE 6 TIPOS DE SALES PURAS EN LA EMERGENCIA

9.4. EFECTO DE LAS SALES PURAS Y TIPOS DE SALINIDAD SOBRE ALTURA DE PLANTULAS DE LOS SEIS CULTIVOS ESTUDIADOS.

Se observa para la variable altura, los distintos cultivos resultaron menos dañadas en presencia de mezclas con respecto a las sales puras.

En las tablas (1a.- 6a.) se muestran los promedios de tres repeticiones para la altura de plántulas tratadas con los diferentes tipos de salinidad observándose que con la salinidad sulfático-clorhídrica los cultivos lechuga, brócoli, calabaza y acelga aumentaron su tamaño de la parte aérea a niveles bajos de concentración de sales siendo esta una de las menos tóxicas, la sulfática afectó en menor proporción al cultivo de tomate, mientras que el cilantro es poco dañado por la clorhídrica esta misma sal es muy perjudicial para la lechuga. La calabaza, brócoli y tomate son sumamente sensibles a la salinidad sulfático-sódica, siendo el tomate el más afectado. La salinidad clorhídrico-sulfática daña profundamente a cilantro y acelga.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para la variable altura a ($p > 0.05$) y la prueba de Tukey solo muestra diferencias no significativas entre algunas concentraciones, en el cilantro entre C1 y C2 y en la acelga en C1 y C3; C5 y C6. Los cultivos e lo que se refiere a la altura de plántulas respondieron de forma muy diversa frente a cada tipo de salinidad en el caso de la salinidad clorhídrica es la menos tóxica para cilantro y más tóxica para la lechuga.

En el caso de las sales de una única composición total, en las tablas (1b.-6b.) se muestra la altura promedio de tres repeticiones, se observa que el carbonato ácido de sodio afecta severamente a lechuga, brócoli calabaza y acelga, indudablemente por que esta sal eleva el pH . El cloruro de sodio afectó de manera intermedia a los cultivos tratados. El cloruro de calcio daña en un menor grado a brócoli, calabaza, tomate y cilantro el CaCl_2 es una sal neutra y el Ca^{2+} causa una mínima hidrolización además de ser un macronutrimiento que regula la función de la pared celular, el sulfato de magnesio afecta poco a lechuga, en tanto que el cultivo de acelga fue levemente perjudicado por el sulfato de magnesio.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para la variable altura ($p > 0.05$) la prueba de Tukey solo muestra diferencias no significativas en presencia de sales puras entre algunas concentraciones, en el cilantro entre C1 y C2 y en la acelga en C1 y C3; C5 y C6. Y en sales puras en tomate entre C2 y C3; C3 y C4; C5 y C6, en acelga en las concentraciones C1 y C3; C5 y C6.

Para esta variable a medida que la cantidad de sales se eleva en el medio la altura disminuye.

Los cultivos de mayor a menor tolerancia a los tipos de salinidad para la altura de plántulas quedaron ordenados de la siguiente manera: acelga > calabaza > lechuga > brócoli > tomate > cilantro.

En resumen existe una heterogeneidad en la respuesta de los cultivos a las distintas mezclas y sales puras, considerando la altura de plántulas.

PROMEDIOS DE ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 1a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.77	0.54	0.52	0.51	0.48	0.39
CLORH-SULFA	1.03	0.97	0.77	0.60	0.50	0.37
SULFATICA	1.27	1.03	0.77	0.63	0.50	0.13
SULFA-CLORH	1.47	1.27	0.93	0.90	0.83	0.43
SULFA-SODICA	1.50	1.07	0.76	0.47	0.40	0.40

PROMEDIO DE ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 1b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	1.00	0.66	0.96	1.00	0.96	0.00
MgSO ₄	1.10	1.50	1.00	1.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	0.60	0.56	0.16	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	0.66	0.50	0.60	0.17	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	1.00	0.83	1.00	0.53	0.63	0.60
NaCl	0.56	0.56	0.46	0.33	0.12	0.00

PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTULAS (cm) DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 2a. CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	1.50	1.47	1.10	0.77	0.17	0.00
CLORH-SULFA	1.03	0.57	0.37	0.13	0.00	0.00
SULFATICA	0.87	0.53	0.20	0.00	0.00	0.00
SULFA-CLORH	2.30	1.47	0.50	0.13	0.13	0.00
SULFA-SODICA	1.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00

PROMEDIO DE ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 2b. CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	1.93	2.20	2.00	2.30	1.83	0.00
MgSO ₄	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	1.36	1.50	1.00	1.06	0.83	0.00
NaCl	1.50	1.13	0.86	0.50	0.16	0.13

PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTULAS (cm) DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA

TABLA 3a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	6.17	4.63	2.07	2.57	1.90	0.63
CLORH-SULFA	3.60	3.13	2.80	2.97	2.07	0.00
SULFATICA	5.60	4.33	2.87	2.40	2.34	1.57
SULFA-CLORH	5.80	7.17	4.16	3.47	2.16	1.04
SULFA-SODICA	5.80	2.90	2.50	1.10	0.77	0.40

PROMEDIO DE ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 3b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	6.50	4.16	3.36	2.56	2.40	0.00
MgSO ₄	3.00	2.36	1.13	0.80	0.90	0.00
NaHCO ₃	1.10	0.66	0.16	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	2.10	1.60	0.46	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	2.60	2.00	1.90	1.40	0.043	0.00
NaCl	2.40	2.06	0.63	0.23	0.00	0.00

PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTULAS (cm) DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 4a. CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	1.50	1.27	1.40	0.47	0.30	0.00
CLORH-SULFA	2.07	1.80	0.53	0.13	0.33	0.00
SULFATICA	1.85	1.50	1.27	0.50	0.50	0.00
SULFA-CLORH	2.40	2.00	0.60	0.67	0.00	0.00
SULFA-SODICA	1.57	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00

PROMEDIO ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 4b. CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	3.10	2.80	1.96	1.30	0.00	0.00
MgSO ₄	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	0.90	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	1.56	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	1.00	1.63	2.00	1.06	0.43	0.00
NaCl	2.60	2.26	1.66	1.40	0.00	0.00

PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTULAS (cm) DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 5a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	1.80	1.70	1.80	0.43	0.77	0.57
CLORH-SULFA	1.57	1.80	1.32	0.73	0.00	0.00
SULFATICA	1.47	1.41	1.20	0.37	0.17	0.00
SULFA-CLORH	2.23	2.17	1.97	1.47	0.13	0.00
SULFA-SODICA	1.80	1.37	1.50	1.40	0.77	0.00

PROMEDIO ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 5b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	2.66	2.66	2.36	0.66	0.00	0.00
MgSO ₄	1.66	0.50	0.33	0.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	0.80	0.66	0.66	1.96	0.33	0.00
NaCl	2.50	2.00	2.33	0.66	0.00	0.00

PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTULAS (cm) DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 6a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	1.33	1.27	1.20	1.30	1.13	0.95
CLORH-SULFA	1.30	1.20	1.20	1.17	0.87	0.83
SULFATICA	1.87	1.57	1.27	1.30	1.03	0.53
SULFA-CLORH	1.87	1.55	1.36	1.24	1.13	0.97
SULFA-SODICA	1.63	1.52	1.57	1.31	1.07	0.50

PROMEDIO ALTURA (cm) DE PLANTULAS DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 6b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	1.80	2.00	1.30	0.66	0.00	0.00
MgSO ₄	1.80	0.83	0.66	0.43	0.00	0.00
NaHCO ₃	1.70	1.56	0.90	0.56	0.00	0.00
MgCl ₂	2.30	1.60	0.83	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	1.70	2.00	1.16	1.56	1.80	1.33
NaCl	2.50	2.70	2.50	2.16	2.00	0.00

9.5. EFECTO DE LAS SALES DE COMPOSICIÓN TOTAL Y TIPOS DE SALES EN EL DESARROLLO RADICULAR DE LOS SEIS CULTIVOS ESTUDIADOS

Los cultivos tratados fueron menos afectados para los tipos de salinidad que en sales de una única composición total donde las especies se vieron severamente dañadas. Se observa Tablas (7a.-12a.) que las diferentes mezclas afectan de forma muy diversa a cada una de las especies donde la salinidad sulfático-sódica afecta profundamente el desarrollo radicular de lechuga, brócoli, calabaza, tomate y acelga. La salinidad sulfático-clorhídrica resultó menos tóxica en el crecimiento de raíz de lechuga, calabaza y acelga en tanto que la salinidad clorhídrica resultó poco dañina para brócoli y cilantro y la salinidad sulfática fue poco perjudicial para tomate. Se presenta necrosis en raíz por anaerobiosis, a medida que la concentración salina se eleva, siendo el tomate y cilantro los más perjudicados resultando más acentuados por las sales puras.

En las tablas (7b.-12b.) se observa que el cloruro de calcio afecta en una menor proporción a la lechuga, calabaza, brócoli y cilantro en tanto que el carbonato ácido de sodio daña severamente a estas mismas especies. El sulfato de magnesio resulta sumamente perjudicial en tomate en tanto que este mismo cultivo fue poco afectado por el sulfato de sodio siendo esta misma sal poco tóxica para la acelga, y el cloruro de magnesio es muy dañino para la acelga.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para la variable longitud de raíz con una ($P > 0.05$). La prueba de tukey para esta variable solo para sales puras en calabaza, tomate, cilantro y acelga en las concentraciones C3 y C4.

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 7a. CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	3.80	3.28	2.50	2.40	1.20	0.50
CLORH-SULFA	4.00	2.70	1.17	1.13	0.37	0.37
SULFATICA	2.50	1.73	0.90	0.96	0.80	0.13
SULFA-CLORH	3.00	2.70	1.83	1.83	1.47	1.17
SULFA-SODICA	2.00	1.57	1.23	0.40	0.40	0.15

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 7b. CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	3.30	1.60	2.20	2.00	3.00	0.00
MgSO_4	2.00	2.03	1.70	1.50	0.00	0.00
NaHCO_3	1.30	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00
MgCl_2	1.70	1.06	0.50	0.13	0.00	0.00
Na_2SO_4	2.33	1.00	1.43	0.66	0.96	0.66
NaCl	3.13	2.10	2.03	1.06	0.40	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA,
EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 8a. CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	1.87	1.00	0.55	0.53	0.10	0.00
CLORH-SULFA	0.53	0.33	0.27	0.03	0.00	0.00
SULFATICA	0.83	0.36	0.33	0.00	0.00	0.00
SULFA-CLORH	2.93	1.66	0.43	0.03	0.10	0.00
SULFA-SODICA	1.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA,
EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 8b. CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	5.40	5.00	5.16	3.66	5.33	0.00
MgSO ₄	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	2.00	1.86	1.66	1.66	0.33	0.00
NaCl	2.90	1.53	0.46	0.23	0.06	0.06

LONGITUD DE RAIZ (cm) EN CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DÍAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 9a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	6.57	6.16	3.33	5.23	4.49	2.00
CLORH-SULFA	7.05	6.81	6.33	5.19	3.23	0.00
SULFATICA	8.33	6.46	4.83	5.43	4.76	3.13
SULFA-CLORH	9.56	8.16	6.50	6.08	4.40	3.60
SULFA-SODICA	5.50	4.96	4.54	2.93	2.60	1.03

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DÍAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 9b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	12.50	11.00	10.90	9.80	10.30	0.00
MgSO ₄	7.20	6.40	3.70	2.90	3.70	0.66
NaHCO ₃	4.16	0.70	0.33	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	4.56	2.86	3.16	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	5.86	5.50	4.53	2.33	2.10	0.00
NaCl	5.63	4.26	3.06	4.00	0.00	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 10a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	1.26	0.77	1.16	0.33	0.30	0.00
CLORH-SULFA	1.95	0.61	0.23	0.13	0.15	0.00
SULFATICA	1.87	1.28	0.57	0.33	0.45	0.00
SULFA-CLORH	2.43	1.03	0.37	0.53	0.00	0.00
SULFA-SODICA	1.50	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 10b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	3.23	1.70	1.10	1.00	0.00	0.00
MgSO ₄	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	1.50	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	1.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	2.53	1.00	1.40	2.10	0.40	0.00
NaCl	1.36	1.16	0.46	0.70	0.00	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA,
EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 11a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	2.20	2.40	1.96	1.16	0.90	0.40
CLORH-SULFA	2.50	1.13	0.83	0.30	0.00	0.00
SULFATICA	1.46	1.47	0.53	0.26	0.10	0.00
SULFA-CLORH	2.20	2.29	1.62	1.13	0.13	0.00
SULFA-SODICA	3.16	2.43	1.70	0.85	0.17	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA,
EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 11b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	3.16	3.50	2.33	0.66	0.00	0.00
MgSO ₄	3.10	0.66	0.33	0.00	0.00	0.00
NaHCO ₃	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgCl ₂	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	1.53	0.66	0.66	1.16	0.33	0.00
NaCl	2.33	2.16	2.00	0.50	0.00	0.00

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 12a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.36	3.50	3.06	2.26	1.83	1.66
CLORH-SULFA	2.60	2.23	2.36	1.63	1.20	0.83
SULFATICA	4.16	2.33	1.33	1.36	0.46	0.40
SULFA-CLORH	3.13	2.40	2.06	2.50	2.43	1.00
SULFA-SODICA	4.23	4.06	3.20	0.53	0.40	0.26

LONGITUD DE RAIZ (cm) DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 12b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	3.70	3.37	1.90	1.16	0.00	0.00
MgSO ₄	1.58	1.60	1.00	0.50	0.00	0.00
NaHCO ₃	3.60	1.00	1.30	1.00	0.00	0.00
MgCl ₂	2.20	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Na ₂ SO ₄	4.30	3.60	3.16	1.50	3.30	0.86
NaCl	3.70	3.50	3.33	3.00	1.66	0.00

9.6. EFECTO DE LAS SALES DE COMPOSICIÓN TOTAL Y TIPOS DE SALINIDAD EN LA BIOMASA PESO FRESCO DE BROTES

En las tablas (13a.-18a.) se muestra la biomasa peso fresco de la parte aérea de los seis cultivos, tratados con distintas concentraciones de los diferentes tipos de salinidad.

La lechuga, brócoli, tomate y acelga resultaron muy afectadas con la salinidad sulfático-sódica mientras que el cilantro y la calabaza fueron muy dañadas por la salinidad clorhídrico-sulfática y la salinidad clorhídrica respectivamente, la calabaza registro una disminución en la biomasa fresca aérea desde la concentración dos (C2) en todos los tipos de salinidad excepto en la salinidad sulfático-sódica donde a partir de la cuarta concentración (C4) empieza a incrementarse (tabla 15a.) esto es por que esta sal afecta más a este cultivo debido principalmente a que se incrementa el pH haciendo que el metabolismo intracelular disminuya y por tanto aparentemente se da un incremento de la biomasa debido a que las reservas de la semilla no se han consumido aún. La salinidad sulfático-clorhídrica fue la que menos afectó a los cultivos (lechuga, brócoli y calabaza) y la salinidad sulfática dañó menos a tomate y acelga en tanto que la sulfático-sódica fue la que menos afectó al cilantro.

En las tablas (13b.-18b.) se muestra que el cloruro de calcio fue menos nocivo para cinco de estos cultivos, lechuga, brócoli, calabaza, tomate y cilantro y el cloruro de sodio fue menos perjudicial para acelga. La sal que afecto más a los cultivos fue el carbonato ácido de sodio excepto para brócoli que es muy dañado por el cloruro de magnesio.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para la variable biomasa peso fresco de tallos con una ($P > 0.05$). La prueba de Tukey muestra diferencias no significativas en el cultivo de lechuga en presencia de sales puras y de mezclas para todas las concentraciones, en el tomate en presencia de sales puras en las C2 con C3 y C4 y entre C5 y C6, en cilantro en presencia de sales puras entre C4 y C5 y entre C5 y C6, en acelga en prescencia de sales puras entre C1 entre C2 y C3.

BIOMASA PESO FRESCO DE BROTES (cm) DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 13a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0130	0.0150	0.0150	0.0160	0.0140	0.0140
CLORH-SULFA	0.0170	0.0180	0.0137	0.0180	0.0110	0.0240
SULFATICA	0.0210	0.0140	0.0130	0.0176	0.0220	0.0087
SULFA-CLORH	0.0216	0.0263	0.0187	0.0250	0.0220	0.0212
SULFA-SODICA	0.0125	0.0120	0.0080	0.0153	0.0133	0.0133

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA.

TABLA 13b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	0.036	0.023	0.041	0.041	0.088	0.000
MgSO_4	0.020	0.041	0.055	0.051	0.000	0.000
NaHCO_3	0.029	0.032	0.017	0.000	0.000	0.000
MgCl_2	0.036	0.030	0.020	0.003	0.000	0.000
Na_2SO_4	0.029	0.020	0.036	0.012	0.015	0.033
NaCl	0.026	0.026	0.030	0.036	0.011	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 14a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0320	0.0376	0.0280	0.0310	0.0113	0.0000
CLORH-SULFA	0.0260	0.0230	0.0250	0.0097	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0270	0.0230	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000
SULFA-CLORH	0.0570	0.0500	0.0520	0.0300	0.0260	0.0000
SULFA-SODICA	0.0410	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES EN DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 14b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.072	0.066	1.070	0.051	0.078	0.000
MgSO ₄	0.035	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.003	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.002	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.062	0.054	0.036	0.044	0.050	0.000
NaCl	0.056	0.056	0.052	0.052	0.016	0.015

BIOMASA PESO FRESCO DE BROTES (gr) DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS DE POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 15a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.460	0.440	0.400	0.330	0.300	0.210
CLORH-SULFA	0.510	0.410	0.400	0.490	0.342	0.000
SULFATICA	0.809	0.645	0.487	0.387	0.392	0.240
SULFA-CLORH	0.725	0.740	0.600	0.488	0.413	0.300
SULFA-SODICA	0.584	0.583	0.450	0.263	0.266	0.276

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 15b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	0.835	0.970	0.723	0.750	0.800	0.000
MgSO_4	0.600	0.500	0.430	0.330	0.400	0.090
NaHCO_3	0.263	0.203	0.050	0.000	0.000	0.000
MgCl_2	0.370	0.032	0.153	0.000	0.000	0.000
Na_2SO_4	0.383	0.286	0.383	0.336	0.273	0.000
NaCl	0.400	0.380	0.363	0.226	0.226	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 16a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0240	0.0210	0.0280	0.0050	0.0030	0.0000
CLORH-SULFA	0.0245	0.0050	0.0090	0.0016	0.0050	0.0000
SULFATICA	0.0210	0.0200	0.0180	0.0100	0.0100	0.0000
SULFA-CLORH	0.0250	0.0250	0.0130	0.0080	0.0000	0.0000
SULFA-SODICA	0.0620	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 16b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.046	0.039	0.030	0.030	0.000	0.000
MgSO ₄	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.024	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.065	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.025	0.033	0.040	0.039	0.016	0.000
NaCl	0.038	0.033	0.013	0.026	0.000	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 17a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0100	0.0090	0.0110	0.0140	0.0120	0.0130
CLORH-SULFA	0.0115	0.0140	0.0082	0.0079	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0105	0.0153	0.0160	0.0160	0.0033	0.0000
SULFA-CLORH	0.0155	0.0195	0.0200	0.0268	0.0033	0.0000
SULFA-SODICA	0.0210	0.0210	0.0150	0.0120	0.0050	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 17b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.039	0.038	0.050	0.013	0.000	0.000
MgSO ₄	0.024	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.015	0.013	0.012	0.016	0.005	0.000
NaCl	0.033	0.038	0.030	0.006	0.000	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 17a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0100	0.0090	0.0110	0.0140	0.0120	0.0130
CLORH-SULFA	0.0115	0.0140	0.0082	0.0079	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0105	0.0153	0.0160	0.0160	0.0033	0.0000
SULFA-CLORH	0.0155	0.0195	0.0200	0.0268	0.0033	0.0000
SULFA-SODICA	0.0210	0.0210	0.0150	0.0120	0.0050	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 17b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.039	0.038	0.050	0.013	0.000	0.000
MgSO ₄	0.024	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.015	0.013	0.012	0.016	0.005	0.000
NaCl	0.033	0.038	0.030	0.006	0.000	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 18a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.019	0.027	0.023	0.022	0.023	0.012
CLORH-SULFA	0.035	0.040	0.027	0.031	0.036	0.016
SULFATICA	0.040	0.032	0.024	0.026	0.035	0.019
SULFA-CLORH	0.020	0.030	0.025	0.027	0.025	0.013
SULFA-SODICA	0.025	0.015	0.025	0.018	0.017	0.010

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE BROTES DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 18b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.059	0.078	0.050	0.019	0.000	0.000
MgSO ₄	0.043	0.017	0.018	0.008	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.048	0.025	0.020	0.010	0.000	0.000
MgCl ₂	0.068	0.060	0.084	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.036	0.027	0.036	0.035	0.040	0.022
NaCl	0.057	0.075	0.078	0.053	0.070	0.000

9.7. EFECTO DE LAS SALES DE COMPOSICIÓN TOTAL Y TIPOS DE SALINIDAD EN LA BIOMASA PESO SECO DE BROTES.

En las tablas (19a.-24a.) se muestran los valores en promedio de la biomasa peso seco de la parte aérea observándose una respuesta muy heterogénea de los cultivos al daño causado por los tipos de salinidad. La salinidad sulfática causó menos efectos tóxicos a calabaza, tomate y acelga, la salinidad clorhídrico-sulfática causa un menor daño a cilantro y lechuga, la salinidad clorhídrica afectó menos a brócoli, en general la sal que resulto más tóxica para los cultivos fue la salinidad sulfático-sódica.

Las tablas (19b.-24b.) muestran la biomasa peso seco de la parte aérea en donde se ve que el cloruro de sodio causa menos daño a lechuga, brócoli y acelga en tanto que el cloruro de calcio afecta en menor proporción a calabaza, tomate y cilantro. Las sales que causaron un mayor efecto tóxico son carbonato ácido de sodio en las especies, lechuga, brócoli, calabaza y cilantro. El sulfato de magnesio afecto severamente a tomate en tanto que la acelga resulto fuertemente dañada por el cloruro de magnesio.

El análisis de varianza para la variable biomasa peso seco de tallos muestra diferencias significativas con un nivel de confianza de 95%. La prueba de Tukey en los cultivos de tomate en presencia de mezclas de sales y lechuga expuesto a sales puras para esta variable muestra diferencias no significativas en todas las concentraciones, en el cilantro expuesto a mezclas de sales se encontraron diferencias no significativas entre C1 y C2; C1 y C3, en el cultivo de acelga en presencia de sales puras se encontraron diferencias no significativas en todos los tratamientos y frente a mezclas de sales entre C1 y C2 y entre C2 y C3.

BIOMASA PESO SECO DE BROTES (gr) DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 19a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0021	0.0022	0.0020	0.0017	0.0013	0.0010
CLORH-SULFA	0.0055	0.0048	0.0047	0.0045	0.0073	0.0062
SULFATICA	0.0023	0.0018	0.0014	0.0011	0.0010	0.0006
SULFA-CLORH	0.0021	0.0020	0.0018	0.0017	0.0016	0.0014
SULFA-SODICA	0.0023	0.0019	0.0016	0.0010	0.0008	0.0005

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 19b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0018	0.0011	0.0012	0.0010	0.0010	0.0000
MgSO ₄	0.0018	0.0015	0.0011	0.0010	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0018	0.0010	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0023	0.0011	0.0030	0.0006	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0045	0.0010	0.0009	0.0008	0.0013	0.0006
NaCl	0.0017	0.0015	0.0017	0.0040	0.0004	0.0000

BIOMASA PESO SECO DE BROTES (cm) DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 20a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0050	0.0050	0.0040	0.0040	0.0010	0.0000
CLORH-SULFA	0.0050	0.0042	0.0057	0.0016	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0084	0.0080	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000
SULFA-CLORH	0.0048	0.0050	0.0040	0.0006	0.0003	0.0000
SULFA-SODICA	0.0040	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 20b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0046	0.0050	0.0050	0.0040	0.0046	0.0000
MgSO ₄	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0027	0.0024	0.0018	0.0018	0.0007	0.0000
NaCl	0.0048	0.0048	0.0056	0.0080	0.0017	0.0030

BIOMASA PESO SECO DE BROTES (gr) DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 21a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0500	0.0500	0.0400	0.0530	0.0500	0.0330
CLORH-SULFA	0.0500	0.0430	0.0500	0.0530	0.0500	0.0000
SULFATICA	0.0470	0.0470	0.0530	0.0470	0.0430	0.0470
SULFA-CLORH	0.0470	0.0500	0.0460	0.0460	0.0430	0.0460
SULFA-SODICA	0.0400	0.0440	0.0460	0.0400	0.0430	0.0460

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 21b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.050	0.061	0.050	0.058	0.053	0.000
MgSO ₄	0.041	0.044	0.046	0.050	0.054	0.014
NaHCO ₃	0.032	0.031	0.015	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.045	0.045	0.030	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.036	0.036	0.045	0.045	0.037	0.000
NaCl	0.040	0.046	0.052	0.038	0.000	0.000

BIOMASA PESO SECO DE BROTES (gr) DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 22a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0022	0.0016	0.0019	0.0003	0.0003	0.0000
CLORH-SULFA	0.0030	0.0014	0.0019	0.0007	0.0007	0.0000
SULFATICA	0.0021	0.0024	0.0023	0.0014	0.0013	0.0000
SULFA-CLORH	0.0040	0.0012	0.0035	0.0010	0.0000	0.0000
SULFA-SODICA	0.0019	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 22b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0026	0.0250	0.0017	0.0020	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0005	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0015	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0010	0.0010	0.0065	0.0005	0.0003	0.0000
NaCl	0.0020	0.0019	0.0020	0.0004	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 23a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0033	0.0030	0.0026	0.0040	0.0050	0.0030
CLORH-SULFA	0.0022	0.0030	0.0018	0.0017	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0019	0.0014	0.0016	0.0015	0.0006	0.0000
SULFA-CLORH	0.0020	0.0019	0.0017	0.0018	0.0006	0.0000
SULFA-SODICA	0.0079	0.0030	0.0054	0.0064	0.0020	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 23b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0045	0.0042	0.0018	0.0009	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0014	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0006	0.0004	0.0001	0.0008	0.0001	0.0000
NaCl	0.0013	0.0014	0.0018	0.0003	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 24a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0020	0.0021	0.0011	0.0010	0.0012	0.0013
CLORH-SULFA	0.0035	0.0026	0.0033	0.0025	0.0028	0.0026
SULFATICA	0.0038	0.0032	0.0021	0.0021	0.0029	0.0019
SULFA-CLORH	0.0024	0.0025	0.0030	0.0030	0.0020	0.0020
SULFA-SODICA	0.0024	0.0018	0.0029	0.0025	0.0026	0.0011

BIOMASA PESO SECO (gr) DE BROTES DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 24b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0017	0.0020	0.0013	0.0086	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0013	0.0012	0.0005	0.0003	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0020	0.0018	0.0010	0.0005	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0030	0.0030	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0019	0.0014	0.0020	0.0017	0.0019	0.0018
NaCl	0.0023	0.0030	0.0028	0.0020	0.0020	0.0000

9.8. EFECTO DE LAS SALES DE COMPOSICIÓN TOTAL Y TIPOS DE SALINIDAD EN LA BIOMASA PESO FRESCO DE RAÍZ

En las tablas (25a.-30a.) se muestra el peso fresco de la zona radicular de las especies tratadas con **tipos de salinidad**, donde se observa que la salinidad clorhídrica daña en menor proporción a lechuga y cilantro en tanto que la sulfático-clorhídrica resulta poco perjudicial en calabaza y brócoli. La acelga y el tomate resultaron poco dañadas por la salinidad sulfática.

La salinidad sulfático sódica es sumamente tóxica para lechuga, brócoli, tomate y acelga mientras que la calabaza y cilantro fueron muy dañadas por la clorhídrico-sulfática, la biomasa radicular registro disminución a medida que los niveles de sal de elevan en el medio sin embargo en algunos casos se da aumento brusco, por ejemplo en brócoli en la salinidad clorhídrica se da incremento en el tratamiento cuatro, estos incrementos que se registran son debidos a que el metabolismo es muy lento y las reservas de la semilla no se han agotado (Rfos, 1994).

En el caso de las sales de **composición total** (tablas 25b.-30b.) con los distintos tratamientos se puede observar que el sulfato de sodio afectó en menor proporción a lechuga y tomate, en tanto que el cloruro de calcio daña poco al cilantro y calabaza pero esta misma sal afecta severamente a *Lactuca sativa* L.. El cloruro de magnesio afecta poco a *Beta vulgaris*.

El carbonato ácido de sodio afecta profundamente a brócoli, cilantro, acelga y calabaza, mientras que el tomate resulto muy dañado frente a al sulfato de magnesio.

El análisis de varianza para la variable biomasa peso fresco de raíz muestra diferencias significativas con ($p > 0.05$). La prueba de Tukey para esta variable muestra diferencias no significativas en: calabaza en presencia de mezclas entre las concentraciones C5 y C6, en el cultivo de tomate expuesto a sales puras entre C3 y C4 en el cultivo de cilantro frente a mezclas de sales entre C1 y C2, en el cultivo de acelga frente a sales puras se encontraron diferencias no significativas en todos los tratamientos.

BIOMASA PESO FRESCO DE RAIZ (gr) DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 25a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0106	0.0103	0.0090	0.0070	0.0070	0.0057
CLORH-SULFA	0.0120	0.0043	0.0025	0.0028	0.0020	0.0023
SULFATICA	0.0050	0.0035	0.0013	0.0040	0.0060	0.0023
SULFA-CLORH	0.0067	0.0040	0.0055	0.0047	0.0028	0.0051
SULFA-SODICA	0.0031	0.0026	0.0026	0.0026	0.0020	0.0020

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAIZ DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 25b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	0.0173	0.0116	0.0173	0.0280	0.0130	0.0000
MgSO_4	0.0140	0.0143	0.0183	0.0180	0.0000	0.0000
NaHCO_3	0.0130	0.0150	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl_2	0.0200	0.0083	0.0200	0.0070	0.0000	0.0000
Na_2SO_4	0.0146	0.0130	0.0350	0.0083	0.0150	0.0166
NaCl	0.0176	0.0196	0.0146	0.0260	0.0050	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO DE RAIZ (cm) DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 26a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0210	0.0153	0.0156	0.0180	0.0060	0.0000
CLORH-SULFA	0.0037	0.0050	0.0050	0.0003	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0070	0.0070	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000
SULFA-CLORH	0.0350	0.0150	0.0072	0.0030	0.0070	0.0000
SULFA-SODICA	0.0092	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAIZ DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 26b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.025	0.023	0.019	0.016	0.018	0.000
MgSO ₄	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.022	0.026	0.013	0.008	0.010	0.000
NaCl	0.031	0.016	0.009	0.008	0.010	0.002

BIOMASA PESO FRESCO DE RAIZ (gr) DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 27a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.2700	0.2550	0.2030	0.1610	0.1630	0.0900
CLORH-SULFA	0.2600	0.2430	0.2530	0.2400	0.1370	0.0000
SULFATICA	0.5740	0.5000	0.3370	0.1950	0.3020	0.1310
SULFA-CLORH	0.4900	0.5230	0.4500	0.3470	0.2300	0.1530
SULFA-SODICA	0.4730	0.3800	0.3430	0.1560	0.1360	0.1000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAIZ DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 27b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	0.800	0.613	0.590	0.530	0.500	0.000
MgSO_4	0.623	0.540	0.276	0.200	0.193	0.043
NaHCO_3	0.200	0.100	0.050	0.000	0.000	0.000
MgCl_2	0.080	0.106	0.030	0.000	0.000	0.000
Na_2SO_4	0.180	0.153	0.206	0.200	0.173	0.000
NaCl	0.156	0.156	0.103	0.090	0.000	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAIZ DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 28a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0045	0.0070	0.0100	0.0033	0.0017	0.0000
CLORH-SULFA	0.0060	0.0080	0.0040	0.0016	0.0017	0.0000
SULFATICA	0.0080	0.0052	0.0027	0.0010	0.0040	0.0000
SULFA-CLORH	0.0060	0.0100	0.0056	0.0023	0.0000	0.0000
SULFA-SODICA	0.0043	0.0080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAIZ DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 28b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0050	0.0040	0.0080	0.0056	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0100	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0450	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0140	0.0230	0.0270	0.0210	0.0083	0.0000
NaCl	0.0255	0.0200	0.0100	0.0140	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO DE RAIZ (gr) DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 29a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0050	0.0060	0.0093	0.0060	0.0030	0.0036
CLORH-SULFA	0.0047	0.0065	0.0043	0.0026	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0056	0.0036	0.0060	0.0066	0.0020	0.0000
SULFA-CLORH	0.0074	0.0078	0.0080	0.0053	0.0033	0.0000
SULFA-SODICA	0.0100	0.0038	0.0070	0.0060	0.0030	0.0000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAIZ DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 29b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.023	0.026	0.036	0.015	0.000	0.000
MgSO ₄	0.014	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.008	0.006	0.006	0.005	0.005	0.000
NaCl	0.040	0.018	0.020	0.002	0.000	0.000

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAZ DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 30a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0186	0.0160	0.0170	0.0160	0.0163	0.0153
CLORH-SULFA	0.0200	0.0220	0.0195	0.0208	0.0113	0.0100
SULFATICA	0.0240	0.0230	0.0140	0.0170	0.0130	0.0100
SULFA-CLORH	0.0200	0.0169	0.0216	0.0200	0.0136	0.0100
SULFA-SODICA	0.0100	0.0060	0.0090	0.0250	0.0080	0.0030

BIOMASA PESO FRESCO (gr) DE RAZ DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 30b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.030	0.043	0.015	0.010	0.000	0.000
MgSO ₄	0.030	0.020	0.015	0.003	0.000	0.000
NaHCO ₃	0.032	0.007	0.005	0.003	0.000	0.000
MgCl ₂	0.026	0.022	0.013	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.022	0.020	0.022	0.028	0.025	0.011
NaCl	0.030	0.036	0.032	0.019	0.023	0.000

9.9. EFECTO DE LAS SALES DE COMPOSICIÓN TOTAL Y TIPOS DE SALINIDAD EN LA BIOMASA PESO SECO DE RAÍZ.

En las tablas (31a.-36a.) se muestran el peso seco de raíz tratadas con tipos de sales donde se observa que las sales que afectaron en una menor proporción fueron: la salinidad sulfático-clorhídrica esta fue menos perjudicial para lechuga, brócoli y tomate mientras que la sulfática y clorídrica son poco tóxicas para tomate y cilantro en cambio la clorhídrico-sulfática afecto poco a acelga. La salinidad clorhídrico-sulfática afecta en mayor proporción a lechuga y cilantro en cambio la sulfático-sódica afecta severamente a brócoli, calabaza y tomate . La salinidad clorhídrica es muy tóxica en acelga.

En el caso de sales puras se observa Tablas (31b.-36b.) que el cloruro de calcio afecta en menor proporción a calabaza, tomate y cilantro. El carbonato ácido de sodio afecta severamente a calabaza y cilantro mientras que el tomate es muy sensible al sulfato de magnesio. El brócoli y acelga fueron poco dañados por el cloruro de sodio y muy perjudicados frente al cloruro de magnesio y carbonato ácido de sodio respectivamente en cambio la lechuga es más resistente al sulfato de sodio y muy sensible al cloruro de calcio.

El análisis de varianza para la variable biomasa peso fresco de raíz muestra diferencias significativas con ($p > 0.05$). La prueba de Tukey para esta variable muestra diferencias no significativas en: calabaza en presencia de mezclas entre las concentraciones C5 y C6, en el cultivo de tomate expuesto a sales puras entre C3 y C4 en el cultivo de cilantro frente a mezclas de sales entre C1 y C2, en el cultivo de acelga frente a sales puras se encontraron diferencias no significativas en todos los tratamientos.

BIOMASA PESO SECO DE RAIZ (gr) DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 31a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0012	0.0015	0.0014	0.0011	0.0005	0.0004
CLORH-SULFA	0.0049	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004	0.0005
SULFATICA	0.0013	0.0030	0.0007	0.0008	0.0006	0.0003
SULFA-CLORH	0.0013	0.0009	0.0007	0.0006	0.0006	0.0005
SULFA-SODICA	0.0012	0.0011	0.0009	0.0005	0.0005	0.0002

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 31b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0056	0.0014	0.0035	0.0008	0.0007	0.0000
MgSO ₄	0.0009	0.0029	0.0009	0.0009	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0007	0.0016	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0018	0.0001	0.0010	0.0006	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0013	0.0006	0.0004	0.0004	0.0006	0.0006
NaCl	0.0010	0.0009	0.0010	0.0004	0.0002	0.0000

BIOMASA PESO SECO DE RAIZ (gr) DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 32a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0020	0.0020	0.0010	0.0016	0.0002	0.0000
CLORH-SULF	0.0027	0.0010	0.0015	0.0001	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0070	0.0053	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000
SULFA-CLORH	0.0029	0.0018	0.0013	0.0003	0.0001	0.0000
SULFA-SODICA	0.0063	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE BROCOLI (*Brassica oleracea*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 32b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl_2	0.0012	0.0011	0.0009	0.0011	0.0009	0.0000
MgSO_4	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO_3	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl_2	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na_2SO_4	0.0012	0.0009	0.0009	0.0046	0.0006	0.0000
NaCl	0.0030	0.0025	0.0040	0.0052	0.0010	0.0005

BIOMASA PESO SECO DE RAIZ EN (gr) DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 33a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0360	0.0530	0.0160	0.0300	0.0230	0.0210
CLORH-SULFA	0.0330	0.0223	0.0360	0.0530	0.0430	0.0000
SULFATICA	0.0300	0.0300	0.0300	0.0260	0.0200	0.0130
SULFA-CLORH	0.0300	0.0300	0.0330	0.0230	0.0330	0.0190
SULFA-SODICA	0.0342	0.0234	0.0250	0.0123	0.0096	0.0153

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE CALABAZA (*Cucurbita sp*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 33b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.040	0.034	0.034	0.030	0.023	0.000
MgSO ₄	0.036	0.017	0.020	0.020	0.021	0.005
NaHCO ₃	0.036	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000
MgCl ₂	0.016	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
Na ₂ SO ₄	0.023	0.018	0.062	0.011	0.009	0.000
NaCl	0.020	0.018	0.016	0.016	0.000	0.000

BIOMASA PESO SECO DE RAIZ (gr) DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 34a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0006	0.0008	0.0009	0.0002	0.0001	0.0000
CLORH-SULFA	0.0010	0.0006	0.0011	0.0002	0.0001	0.0000
SULFATICA	0.0020	0.0020	0.0017	0.0012	0.0006	0.0000
SULFA-CLORH	0.0030	0.0030	0.0027	0.0003	0.0000	0.0000
SULFA-SODICA	0.0019	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 34b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0017	0.0006	0.0008	0.0006	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0003	0.0005	0.0005	0.0004	0.0001	0.0000
NaCl	0.0009	0.0007	0.0002	0.0002	0.0000	0,00

BIOMASA PESO SECO DE RAIZ (cm) DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 35A.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0043	0.0019	0.0024	0.0036	0.0025	0.0030
CLORH-SULFA	0.0017	0.0016	0.0007	0.0016	0.0000	0.0000
SULFATICA	0.0024	0.0012	0.0009	0.0006	0.0003	0.0000
SULFA-CLORH	0.0011	0.0015	0.0010	0.0007	0.0003	0.0000
SULFA-SODICA	0.0066	0.0060	0.0050	0.0013	0.0003	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 35b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0038	0.0023	0.0016	0.0004	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0008	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0004	0.0003	0.0002	0.0004	0.0001	0.0000
NaCl	0.0010	0.0006	0.0010	0.0002	0.0000	0.0000

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 36a.

CONCENTRACION

SALINIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLORHIDRICA	0.0009	0.0009	0.0006	0.0005	0.0009	0.0006
CLORH-SULFA	0.0035	0.0020	0.0013	0.0020	0.0010	0.0034
SULFATICA	0.0023	0.0020	0.0011	0.0014	0.0009	0.0005
SULFA-CLORH	0.0019	0.0018	0.0010	0.0013	0.0014	0.0016
SULFA-SODICA	0.0021	0.0020	0.0020	0.0013	0.0013	0.0006

BIOMASA PESO SECO (gr) DE RAIZ DE ACELGA (*Beta vulgaris*) A LOS 15 DIAS POST-EMERGENCIA, EN EL MOMENTO DE LA COSECHA.

TABLA 36b.

CONCENTRACION

SAL	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CaCl ₂	0.0005	0.0010	0.0002	0.0005	0.0000	0.0000
MgSO ₄	0.0009	0.0001	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000
NaHCO ₃	0.0008	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MgCl ₂	0.0012	0.0008	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000
Na ₂ SO ₄	0.0008	0.0007	0.0005	0.0006	0.0009	0.0006
NaCl	0.0010	0.0010	0.0009	0.0009	0.0010	0.0000

10. CONCLUSIONES

La variación de pH de las soluciones de composición cualitativa y cuantitativa depende de la presencia de CO_3^{2-} y HCO_3^- de sodio y a las reacciones de hidrólisis que estas promueven.

Las sales de sodio afectan en una mayor proporción a los cultivos, son el carbonato ácido de sodio y la salinidad sulfático-sódica las que perjudican más, la altura de plántulas, longitud de raíz, biomasa peso fresco y seco de tallos y raíz, lo que se atribuye al efecto del ion específico Na^+ .

El cloruro de calcio (CaCl_2) es la sal que daña menos los cultivos, incluso en los dos primeros tratamientos donde se considera el 0 y 25% en la disminución del rendimiento, se estimulo el desarrollo de la plántula.

El cloruro de sodio (NaCl) y sulfato de sodio (Na_2SO_4) afectaron de forma intermedia a todas las especies cultivadas .

La salinidad menos tóxica para los cultivos es la sulfático-clorhídrica seguida de la sulfática.

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) son las especies más sensibles a las sales puras y mezclas de sales.

La calabaza (*Cucurbita sp*) y lechuga (*Lactuca sativa L.*) son más resistentes a la salinidad, en tanto que el brócoli y acelga son medianamente tolerantes.

Las sales puras en todos los cultivos para las variables biomasa peso fresco y seco de tallos y raíz señalan un mayor daño que con las mezclas de sales.

Se encontró una respuesta diferente para cada especie en la variable emergencia misma que dependió de la concentración total y composición iónica de las sales.

A medida que se incrementa la salinidad en el medio se observó mayor daño, sin embargo se encontró variabilidad en la respuesta la que depende del tipo de sal pura, tipo de salinidad y especie vegetal.

Se observó necrosis en ápices y bordes de las hojas, arrocetamiento de las mismas lo cual redujo el área foliar efectiva también clorosis intervenal, sin embargo, estas respuestas varían en intensidad de una especie a otra y con el incremento de la concentración salina dentro de una misma especie.

11. RECOMENDACIONES

1.- En trabajos posteriores se recomienda usar una sola especie, para realizar estudios más específicos sobre tolerancia y susceptibilidad así como cambios morfológicos y fisiológicos producidos por la salinidad ya que en este experimento por la gran cantidad de unidades experimentales resulta difícil evaluar dichos procesos.

2.- Es recomendable diseñar experimentos en los que se asocien las diferentes concentraciones salinas para los tipos de sales puras y tipos de mezclas a las concentraciones para el tejido vegetal en los diferentes órganos de la planta a fin de conocer cuales de estos funcionan como reguladores o acumuladores de estos iones.

3.- Se recomienda realizar análisis de tejidos vegetales en los que se cuantifiquen nutrientes a fin de conocer los efectos antagónicos y/o sinérgicos entre estos y las concentraciones de iones adicionados como salinidad.

4.- En virtud, de que la tolerancia a la salinidad varía con la etapa fenológica se recomienda hacer estudios que incluyan todo el ciclo de vida de la planta bajo condiciones salinas. Por ello es necesario trabajar con una sola especie.

5.- Estudios realizados señalan que existe herencia a la tolerancia a la salinidad. Se recomienda trabajar con variedades o especies que han sido cultivadas por varias generaciones en terrenos con problemas de salinidad y compararlas con especies de la misma variedad que se cultivan en ambientes no salinos.

6.- En el futuro se recomienda iniciar estudios similares incluyendo tratamientos en suelo debido a que la dinámica de las sales cambia en concentraciones y calidades.

12. LITERATURA CITADA

Abel, G.H. and A. J. Mackenzie 1964. Salt tolerance of soybean varieties during germination and later growth. *Crop Sci.* 4: 157-160.

Allen S. G., A. K. Dobrenz, M. H. Schonhorst, and J. E. Stoner. 1985. Heritability of NaCl tolerance in germination alfalfa seeds. *Agronomy Journal.* 77:99-101.

Aceves N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. México. Colegio de Posgraduados, Chapingo. pp. 382.

Aceves, N. E. 1987. Salinity Problems in Food Production of the Mexican Irrigation Districts. In Proceeding of International Salinity Conference. Texas A & M University. 5 p.

Arinushkina E. V. 1970, Manual de análisis químico de suelos. Parte II, cap. 7 y 8 que corresponde al análisis del extracto acuoso 1:5 de suelos salinos (7), y forma gráfica de presentar los resultados (8), Ed. Universidad de Moscú. Moscú. ex-URSS.

Ayers A. D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agronomy Journal.* 44:82-84.

Ayers, A. D. 1953. Germination and emergence of several varieties of barley in salinized soil cultures. *Agronomy Journal* 45:68-71

Azaizeh H. and E. Steudle. 1991. Effects of salinity of water transport of excised maize (*Zea mays* L.) root. *Plant Physiology.* 97:1136-1145.

Azaizeh H., B. Gunse and E. Stedle 1992. Effects of NaCl and CaCl₂ on water

transport across root cell of maize. (*Zea mays* L.) Seedlings. *Plant Physiology*. **99**:886-894.

Barbour M. G. and T. M. Dejong 1977. Response of west coast beach taxa to salt spray, seawater inundation, and soil salinity. *Bull. Torrey, Bot. Club*. **104**:29-34

Bazzaz F. A. 1973. Seed germination in relation to salt concentration in three populations of *Prosopis farcata*. *Oecologia* **13**:73-80.

Bernstein, L. and H.E. Hayward. 1958. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **9**:25-46.

Bernstein, L. 1962. Salt affected soils and plants. In the problems of the Arid Zones, Proc. UNESCO, Symp. (París, France) **18**:139-174.

Bernstein L. 1970. Calcium and salt tolerance of plants. *Science*. **167**:1387.

Bernstein L. and A. D. Ayres. 1951. Salt tolerance of six varieties of green beans. *Journal American Society of Horticulture Science*. **57**:243-249.

Bernstein, L. 1961. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady-State. *Amer. Jour.Bot.* **48**:909-918.

Bernstein, L. 1963. Osmotic adjustment of plants to saline media. II. Dynamic phase. *Amer. Jour.Bot.* **50**(4):360-370.

Boletín 1965. Distrito de riego del Río Yaqui, Sonora **16**:7-17.

Borquez, O. R. 1976. Efecto de tres sales solubles sobre el comportamiento de dos variedades de trigo (*Triticum* spp) con diferente respuesta a salinidad. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx. Tesis de M. en C.

Cabrera D., J.M. 1989. Acumulación catiónica relacionada con la adaptación del cultivo de maíz (*Zea mays* L) a la salinidad. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 119.

Caro M., V. Cruz, J. Cuartero, M. T. Estañ and M. C. Bolarin. 1991. Salinity tolerance of normal-fruited and cherry tomato cultivars. *Plant and Soil*. 136:249-255.

Carter D. L. 1975. Problems of salinity in agriculture. In: plant in saline environments. by A. Polijakoff-Marber and J. Gale. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin. p 25-35.

Colmer T. D., Fan T. W-M., Higashi R. M., Läuchli A. 1994. Interactions of Ca⁺² and NaCl stress on the ion relations and intracellular pH of Sorghum bicolor root tips: An in vivo P-NMR study. 45(277):1037-1044.

Cronquist A. 1977. Introducción a la Botánica. Segunda Edición Ed. CECSA pp 848.

Díaz, E. L. F. 1986. Descripción de las regularidades del proceso de lavado de los suelos salinos. Chapingo Méx., Hidrociencias, 346 pp.

Drew M. C. and A. Lauchli. 1987. The role of mesocotyl in sodium exclusion from the shoot of *Zea mays* L. (ev. Pioneer 3906). *Journal of Experimental Botany* 38:409-418.

Duchaufour, P. H. 1984. Edafología. Bajo la dirección de Philippe Duchaufour y Bernard Souchier, Parte II, Cap. XIII, Ed. Masson España.

Epstein E. and D. W. Rains. 1987. Advances in salt tolerance. *Plant and Soil*. 99:17-29

Escobar R.E. 1994. Efecto de diversas soluciones salinas de composición total cualitativa sobre la emergencia de variedades criollas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), y maíz (*Zea mays* L.), bajo condiciones de invernadero. Tesis. FES Zaragoza UNAM.

Fernandez, F.G., M. Caro. y A. Cerda. 1982. Interacción salinidad-fertilización nitrogenada en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*). *Anal. Edaf* 40:1799-1806.

Filho E. G., J. T. Prisco, F. A. P. Campos and J. E. Filho. 1983. Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* on ribonucleasa activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Physiologia Plantarum*. 59:183-188.

Filho, E. G. and J. T. Prisco. 1978. Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* on the proteolytic activity of *Vigna sinensis* L. Savi cotyledons during germination. *Revista Brasileira de Botanica* 1:83-88.

Flowers T. J., P. F. Troke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*. 28:89-121.

Food Agricultural Organization. 1973. FAO/UNESCO. Irrigation, drainage and salinity. HUTCHINSON/FAO/UNESCO. Paris. An International source book. London. Great Britain.

Francois L. E., T. J. Donovan, E.V. Mass. 1988. Salinity effects on seed yield, growth, and germination of grain sorghum. *Agronomy Journal*. 76:741-744.

Gale J., Kohl H. C. and Hagan R.M. 1967. Changes in the water balance and photosynthesis onion, beans y cotton plants under saline conditions. *Physiol Plant*. 20:408-420

Gauch H. G. and C. H. Wadleigh. 1944. Effects of high salt concentration on growth

of bean plants. *Botanical gazette*. **105**:379-387.

Grattan S.R. and E.V. Maas. 1988. Effect of salinity on phosphate accumulation and injury in soybean I. Influence of $\text{CaCl}_2/\text{NaCl}$ ratios. *Plant and Soil*. **105**:25-32.

Greenway H. 1973. Salinity, plant grow, y metabolism. *J. of Aust. Institute of Agriculture Sci.* **39**:24-34

Greenway H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of plant physiology*. **31**:149-190.

Grijalva S. B., y Ríos G. R. 1995. Algunos efectos del NaCl en la germinación y emergencia del cultivo *Phaseolus vulgaris* L. *Temas de investigación y Posgrado*. En prensa.

Hansed E.H. and D. N. Munns 1988. Effects of CaSO_4 and NaCl on growth and nitrogen fixation of *Leucaena leucocephala*. *Plant and soil* **107**:95-99.

Hartmann y Kester. 1987. Propagación de plantas Ed. CECSA México 750pp.

Hassan N. A. K., J. V. Drew, D. Knudsen and R. A. Olson. 1970. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: II. corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*. **62**:43-45.

Hassan, A., B. Gunse, and E. Steudle, 1992. Effects of NaCl and CaCl_2 on water transport across root cell of maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Plant Physiol*. **99**:886-894.

Hegde B. A. and Joshi G. V. 1974 Mineral salt absorption in saline rice variety, Kal Rata. *Plant Soil*. **14**:421-424.

Helal, H. M. and K. Mengel, 1986. Nitrogen metabolism of young barley plants as

affected by NaCl salinity and potassium. *Plant and Soil* 51:547-562.

Hellebust, J. A. 1976. Osmoregulation Ann. Rev. *Plant Physiol* 27:485-505.

Hever B., A. Mieri and J. Shalhevet 1986. Salt tolerance of eggplant. *Plant and soil* 95:9-13.

Hurkuman W. J., 1992. Effect of stress on plant gene expression. A review. *Plant and Soil*. 146:145-151.

Ito N. and H. Takeda 1976. Latent period for obligate halophilic growth of a marine yeast, *Rhodotorula*. *Trans. Mycol. Soc. Jpn.* 17:144-148.

Jacoby B. 1964. The function of beans root and stem in sodium retention. *Plant physiology*. 39:445-449.

Jacoby B. 1979. Sodium recirculation and loss from *Phaseolus vulgaris* L. *Annals of Botany*. 43:741-744.

Johanson J. G. and J. M. Cheesema. 1983. Uptake and distribution of sodium and potassium by corn seedlings. I. Role of the mesocotil in sodium exclusion. *Plant Physiology*. 73:153-158.

Kent L.M. and A. Lauchli 1985. Germination and seedling growth of cotton salinity-calcium interactions. *Plant Cell and enviroment* 8:155-159.

Kramer P. J. 1977. *Plant and soil water relationships a modern synthesis*. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc New York, pp. 489.

Kriedemann P. E., 1976. Stomatal and photosynthetic limitation to leaf growth. *Aust.*

J. Plant Physiol. **13**:15-31.

Kovda V. A. 1980. Problem of combating salinization of irrigated soils: Moscu. URSS. Center for International Projects. pp. 260.

Layerwerff J. V. and H. E. Eagle. 1961. Osmotic and specific effects of excess salts on beans. *Plant Physiology*. **36**:472-477.

Lessani H. and H. Marschner. 1978. Relation between salt tolerance and long- distance transport of sodium and chloride in various crop species. *Australian Journal Plant Physiology*. **5**:27-37.

Levitt J. 1972. Response of plants to environmental stress. Academic Press New York. pp 697.

Levitt J., 1976. Responses of plants to environmental stress, Chap. 10, II Academic Press, New York.

López A. J. G. 1988. El proceso de lavado de un suelo salino sulfático-clorhídrico del área de influencia del Ingenio Azucarero de Calipan, Estado de Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. Hidrociencias. Colegio de Posgraduados. Montecillos Mex.

Magistad O. C., A. D. Ayres, C. H. Wadleigh and H. G. Gauch. 1943. Effects of salt and climate on plant growth in sand cultures. *Plant physiology*. **18**:151-166.

Mansour M. M. F. and Stadelmann E. J. 1994. NaCl-induced changes in protoplasmic characteristics of *Hordeum vulgare* cultivars differing in salt tolerance. *Physiologic Plantarum*. **91**:389-394.

Mass E. V. and C. M. Grieve. 1987. Sodium-induced calcium deficiency in

salt-stressed corn. *Plant Cell and Environment*. **10**:559-564

Mass E. V. and G. J. Hoffman 1977. Crop tolerance-current assessment. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Division*. **103**:115-134.

Mass E. V. and R. H. Nieman 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. In "Corp Tolerance to Suboptimal Land Conditions". Ed. G. A. Jung. *American Society of Agronomy Special publication Madison*. **32**:277-299.

Morrow L. and J. R. Nickerson 1973. Salt concentrations in ground waters beneath *Rhizophora mangle* and *Avicennia germinans*. *Rhodora* **75**:102-106.

Muhammed S. Akbar M. and Neue H.U. 1987. Effect of Na/Ca and Na/K ratios in saline culture solution of the growth response of wheat by the genome of *Elytrigia elongatum*. *Plant. and Soil* **83**:327-330.

Muhammed A.; Qureshi R. H. and Ahmed N. 1993. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*. **150**:99-107.

Munns R. and Termaant. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Aust J. Plant Physiol*. **13**:143-160.

Norlyn, D.E., and Epstein. 1984. Variability in salt tolerance of four triticali lines of germination and emergence. *Agron. J.* **24**:1090-1092.

Norton T. A. and G. R. Shouth 1969. Influence of reduced salinity on the distribution of two laminarian algae. *Oikos* **20**:320-326.

Ortega E. M. 1993. Causas del ensalitramiento y su efecto sobre los suelos. Traducción inedita. Centro de Hidrociencias, Colegio de Posgraduados Chapingo Edo. de México.

Paasche E. 1975. The influence of salinity on the growth of some plankton diatoms from brackish water. *Norw J. Bot.* **22**:209-215.

Pearson, G.A., A.D. Ayers and D.L. Eberherd 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil Sci.* **102**:151-156.

Perez F. A., Estañ M. T., Caro M. and Guerrier G. 1993. Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii* under NaCl and polyethylene glycol 6000 iso-osmotic stresses. *Physiologic Plantarum.* **87**:493-498.

Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid. España. pp 521.

Pla S. I. 1988. Riego y desarrollo de suelos afectados por sales en condiciones tropicales. *Soil Technology* **1**:13-35.

Poljakoff-Mayber, A. 1975. Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In A. Poljakoff-Mayber and J. Gale (eds.) *Plants in Saline Environments*. Springer-Verlag, Berlin. p. 97-117.

Prakash L. and G. Prathapasenan. 1988. Putrescine reduces NaCl-induced inhibition of germination and early seedling growth of rice. (*Oryza sativa* L.) *Australian Journal of Plant physiology.* **15**:761-767.

Prakash L., M. Dutt and G. Prathapasenan. 1988. NaCl alters contents of nucleic acids, protein, polyamines and the activity of agmatine diaminase during germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) *Australian Journal of plant Physiology.* **15**:769-776.

Prisco J. T. and J. W. O'leary. 1970. Osmotic and "toxic" effects of salinity on

germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Turrialba* 20:177-184.

Prisco J. T. and G. H. F. Vieira. 1976. Effects of NaCl salinity on nitrogenous compounds and proteases during germination of *Vigna sinensis* seeds. *Physiologia Plantarum*. 36:317-320.

Puscas M., T. Stoiciu, and V. O. Baia. 1966. Characteristics of some Physiological processes in bean under the toxic action of some salts. *Inst. Agron. Timisoara Lucr. Stiint. Ser. Agron.* 9:295-309.

Ramírez M., O.M. 1988. Determinación experimental de la capacidad germinativa de algunos cultivos agrícolas en soluciones salinas de diferente concentración total y composición cualitativa. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Hidrociencias. C.P.

Richards, L.A. 1993. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Personal del Laboratorio de Salinidad de los E.U.A. Ed. LIMUSA. sexta edición. Séptima reimpresión.

Ríos G. R., Ortega E. M., Velázquez M. J., and Rodríguez L. O. 1994. Effects of salinity on corn and beans germination. 15^a World Congress of Soil Science. Acapulco México. 3:330-331.

Roundy B. A., J. A. Young and R. A. Evans. 1985. Germination of basin wildrye and tal wheatgrass in relation to osmotic and matric potential. *Agronomy Journal*. 77:129-135.

Saad, E. and H. Doddema 1986. Effects of NaCl on the nitrogen metabolism of the halophyte *Arthrocnemum frutescens* L. Moq., grown in a greenhouse. *Plant and Soil* 92:373-385.

Solomon A.; Beer S.; Waisel ; Iones G. P. and Paleg L. G. 1994. Effects of NaCl on carboxylating activity of Rubisco from *Tamarix jordanis* in the presence and absence of proline-related compatible solutes. *Journal of experimental Botany*. **90**:198-204.

Santana, S. E. 1989. Determinación experimental de la formación de soda (Na_2CO_3 y NaHCO_3 mediante el camino biológico en espesores subyacentes de tres cuencas endorreicas: Cuitzeo, Texcoco y el Carmen. Colegio de Posgraduados, Centro de Hidrociencias. Tesis M. en C. Montecillos, Méx.

Sarin M.N. and A Narayanan. 1968. Effects of soil salinity and growth regulators on germination and seedling metabolism of wheat. *Physiologia Plantarum*. **21**:1201-1209.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1981. Plan Nacional Hidráulico. México D.F.

Seemann J. R. and Critchley C. 1985. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, (*Phaseolus vulgaris* L.) *Planta*. **164**:151-162.

Shainberg, I. 1975. Salinity of soils-affects of salinity on the physics and chemistry of soils. In: plants in saline environments. Ed. by a Poljakoff Mayber and J. Gale. Springer Verlay New york, Heidelberg, Berlin.

Sharma, S. K. and S. Kumar 1990. Effects of salinity on growth and distribution of Na^+ , K^+ an Cl^- in two genotypes of chickpea. *Indian J. Plant Physiol*. **33**:269-274.

Sharma, P. and D. Hall 1992. Changes in carotenoid composition and photosynthesis in sorghum under high light ond salt stresses. *Plant Physiol* **140**:661-666.

Shannon M. C. 1984. Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance. In: Salinity Tolerance in Plants. Strategies for Crop Impronevement. Eds R.C. Staples and

G.H. Toeniessen. Jhon Wiley and Sons, New York, pp 2

Shainberg I., 1975. Salinity of soil-effects of salinity on the physics and chemistry of soil. In: *Plants in Saline Environments* Ed. A. Poljakoff-Mayber and J. Gale. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin. pp. 39-55.

Sharma S.K. and S. Kumar. 1992. Effect of salinity on Na, K and Cl content in different organs of chickpea and the basis of ion expression. *Biologka Plantarum* 34:311-317.

Shimose, N 1972. Physiology of salt injury in crops. IX. Salt tolerance of barley, wheat and asparagus. Scientific reports. Faculty of agriculture. Ikayama Univ.

Shukla U. C. and A. K. Mukhi. 1985. Ameliorative role of zinc on maize growth (*Zea mays* L.) under salt-affected soil conditions. *Plant and Soil*. 87:423-432.

Sheoran I. S. and O. P. Garg. 1978. Effect of salinity on the activities of RNase, ADase y protease during germination and early seedling growth of mung bean. *Physiology Plantarum*. 44:171-174.

Storey R., R. D. Graham and K. W. Shepherd. 1986. Modification of the salinity response of wheat by the genome of *Elytrigia elongatum*. *Plant and Soil*. 83:327-330

Strogonov, B.P. 1964. Physiological basis of the salt tolerance of plants (with different types of soil salinity). USSR. Academy of Sciences. Moscou.

Szabolcs, 1994. Soil and Water Salinization and Desertification. IV Conference Internacional sobre desarrollo del desierto. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Comición Nacional de Zonas Aridas, pp 85-94.

Tamhane R. V, Motiramani D. P. y Bali Y. P. 1978. Suelos su química y fertilidad

en zonas tropicales. Ed. Diana, pp 483.

Tindall D. R., J. H. Yopp, W. E. Schmid and D. M Miller 1977. Protein and amino acid composition of the obligate halophile *Aphanothece halothytica* (Cynophyta). *J. Physiol.* **13**:127-133.

Ungar I. A., W. Hogan and M. McDlelland. 1969. Plant Communities of saline soils at Lincoln, Nebraska. *Amer. Midl. Natur.* **82**:564-577.

Waisel Y. 1972. Biology of halophytes. Academic Press. New York. pp 395.

Wilson C., R. A. Clark and R. H. Nieman. 1992. Effects of salinity, diurnal cycle and age on nucleotide pools of bean leaves. *Journal of Experimental Botany.* **43**:1009-1014.

Williams M. D. and I. A. Ungar 1972. The effect of enviromental parameters on the germination, growth, development of *Suaeda depressa* (Pursh), Wats. *Am. J. Bot.* **59**:912-918.

Zhao K., R. Munns and W. K. Rod 1991. Abscisic acid levels in NaCl-treated Barley, cotton and saltbush. *Aust. J. plant. physiol* **18**:17-24.