

33
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



Facultad de Estudios Superiores
"CUAUTITLAN"



EFFECTO DE LA CONCENTRACION Y COMPOSICION
CUALITATIVA DE LAS SALES SOBRE LA
LA GERMINACION DE CULTIVOS DE MAIZ,
FRIJOL, ALFALFA, CEBADA, AVENA Y TRIGO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
Que para obtener el Título de :
I N G E N I E R O A G R I C O L A
P r e s e n t a :
MARIA DE LOURDES MARTINEZ ROSALES

Directores de Tesis:

M.C. EDUINO JOSAFAT VEGA ROJAS
DR. MANUEL ORTEGA ESCOBAR

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México 1991



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.

INDICE

	Página
Resumén	XI
I - INTRODUCCION	1
II - OBJETIVOS E HIPOTESIS	2
2.1 Objetivos	2
2.2 Hipótesis	2
III - REVISION DE LITERATURA	3
3.1 Generalidades sobre la salinidad	3
3.2 Efecto de las sales sobre las plantas	5
3.3 Efecto de las sales sobre la germinación	10
IV - MATERIALES Y METODOS	20
4.1 Ubicación del sitio experimental	20
4.2 Diseño de tratamientos	21
4.3 Instalación del experimento	23
4.4 Mediciones realizadas	25
V - RESULTADOS Y ANALISIS	26
5.1 Efecto de las sales sobre la germinación	26
5.1.1 Respuesta del cultivo de maíz a niveles de salinidad.....	26
5.1.2 Respuesta del cultivo de frijol a niveles de salinidad	32
5.1.3 Respuesta del cultivo de alfalfa a niveles de salinidad	35
5.1.4 Respuesta del cultivo de cebada a niveles de salinidad	40
5.1.5 Respuesta del cultivo de avena a niveles de salinidad	47
5.1.6 Respuesta del cultivo de trigo a niveles de salinidad	52
5.2 Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales en la solución	59
5.2.1 Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales en una solución	59

5.2.1 Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales expresado en partes por millón (ppm)	59
5.2.2 Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales expresado en mg/l.	64
5.2.3 Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales expresado en presión osmótica (atm)	64
VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
6.1 Conclusiones	72
6.2 Recomendaciones	73
VII - BIBLIOGRAFIA	74
ANEXO A	78
ANEXO B.....	123
ANEXO C	132

1	Secuencia de extracción de iones durante el intemperismo - (de acuerdo con Fersman)	4
2	Categorías de migración (movilidad de elementos)	5
3	Tolerancia relativa de varios cultivos en la emergencia y - durante la madurez	13
4	Tratamientos probados para los diferentes cultivos	22
5	Conductividad eléctrica (dS/m) en los diferentes niveles y salinidades para maíz	27
6	Disminución relativa (%) en promedio en los diferentes tra- tamientos para maíz	28
7	Número de días en que finalizó la germinación en el cultivo de maíz	30
8	Modelos que relacionan el número de días al 70% de germina- ción con P.O. y C.E. (Presión osmótica y conductividad eléc- trica) en las diferentes salinidades para el cultivo de -- maíz	31
9	Conductividad eléctrica (dS/m) en los diferentes niveles y salinidades para frijol	33
10	Disminución relativa (%) en promedio en los diferentes tra- tamientos para frijol	34
11	Número de días en que finalizó la germinación en el cultivo de frijol	36
12	Modelos que relacionan el número de días al 70% de germina- ción con P.O. y C.E. (Presión osmótica y conductividad eléc- trica) en las diferentes salinidades para el cultivo de -- frijol	37
13	Conductividad eléctrica (dS/m) en los diferentes niveles y salinidades para alfalfa	38
14	Disminución relativa (%) en promedio en los diferentes tra- tamientos para alfalfa	39
15	Número de días en que finalizó la germinación en el cultivo de alfalfa	41

16	Modelos que relacionan el número de días al 70% de germinación con P.O. y C.E. (Presión osmótica y conductividad eléctrica) en las diferentes salinidades para el cultivo de alfalfa	42
17	Conductividad eléctrica (dS/m) en los diferentes niveles y salinidades para cebada	44
18	Disminución relativa (%) en promedio en los diferentes tratamientos para cebada	45
19	Número de días en que finalizó la germinación en el cultivo de cebada	46
20	Modelos que relacionan el número de días al 70% de germinación con P.O. y C.E. (Presión osmótica y conductividad eléctrica) en las diferentes salinidades para el cultivo de cebada	48
21	Conductividad eléctrica (dS/m) en los diferentes niveles y salinidades para avena	49
22	Disminución relativa (%) en promedio en los diferentes tratamientos para avena	50
23	Número de días en que finalizó la germinación en el cultivo de avena	51
24	Modelos que relacionan el número de días al 70% de germinación con P.O. y C.E. (Presión osmótica y conductividad eléctrica) en las diferentes salinidades para el cultivo de avena	53
25	Conductividad eléctrica (dS/m) en los diferentes niveles y salinidades para trigo	54
26	Disminución relativa (%) en promedio en los diferentes tratamientos para trigo	55
27	Número de días en que finalizó la germinación en el cultivo de trigo	57
28	Modelos que relacionan el número de días al 70% de germinación con P.O. y C.E. (Presión osmótica y conductividad eléctrica) en las diferentes salinidades para el cultivo de trigo	58

29	Modelos que relacionan la conductividad eléctrica (C.E. $\times 10^3$) de sales expresado en partes por millón (ppm)	61
30	Modelos que relacionan la conductividad eléctrica (C.E. $\times 10^3$) de sales expresado en meq/L	65
31	Modelos que relacionan la conductividad eléctrica (C.E. $\times 10^3$) de sales expresado en presión osmótica	68

ANEXO

1a	Concentración de las soluciones en miligramos por litro -- (mg/L) o partes por millón (ppm) para el cultivo de maza ..	79
2a	Concentraciones de las soluciones en miliequivalentes por litro (meq/L) para el cultivo de maza	80
3a	Presión osmótica en atmosferas (atm) en los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de maza	81
4a	Concentración de las soluciones en miligramos por litro -- (mg/L) o partes por millón (ppm) para el cultivo de frijol.	82
5a	Concentración de las soluciones en miliequivalentes por litro (meq/L) para el cultivo de frijol	83
6a	Presión osmótica en atmosferas (atm) en los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de frijol	84
7a	Concentración de las soluciones en miligramos por litro -- (mg/L) o partes por millón (ppm) para el cultivo de alfalfa	85
8a	Concentración de las soluciones en miliequivalentes por litro (meq/L) para el cultivo de alfalfa	86
9a	Presión osmótica en atmosferas (atm) en los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de alfalfa	87
10a	Concentración de las soluciones en miligramos por litro -- (mg/L) o partes por millón (ppm) para el cultivo de cebada.	88
11a	Concentraciones de las soluciones en miliequivalentes por litro (meq/L) para el cultivo de cebada	89
12a	Presión osmótica en atmosferas (atm) en los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de cebada	90
13a	Concentración de las soluciones en miligramos por litro -- (mg/L) o partes por millón (ppm) para el cultivo de avena..	91
14a	Concentraciones de las soluciones en miliequivalentes por litro (meq/L) para el cultivo de avena	92

15a	Presión osmótica en atmosferas (atm) en los diferentes niveles y sales para el cultivo de avena	93
16a	Concentración de las soluciones en miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm) para el cultivo de trigo..	94
17a	Concentraciones de las soluciones en miliequivalentes por litro (meq/L) para el cultivo de trigo	95
18a	Presión osmótica en atmosferas (atm) en los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de trigo	96
19a	Valores de pH para los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de maíz	97
20a	Análisis de varianza para maíz	98
21a	Diferencia mínima significativa entre tratamientos para el cultivo de maíz	99
22a	Disminución relativa (%) por repetición en los diferentes tratamientos para el cultivo de maíz	100
23a	Disminución relativa (%) por repetición en los diferentes tratamientos para el cultivo de frijol	101
24a	Análisis de varianza para frijol.....	102
25a	Diferencia mínima significativa entre tratamientos para el cultivo de frijol	103
26a	Valores de pH para los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de frijol	104
27a	Valores de pH para los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de alfalfa	105
28a	Valores de pH para los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de cebada	106
29a	Valores de pH para los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de avena	107
30a	Valores de pH para los diferentes niveles y salinidades para el cultivo de trigo	108
31a	Disminución relativa (%) por repetición en los diferentes tratamientos para el cultivo de alfalfa	109
32a	Análisis de varianza para alfalfa	110
33a	Diferencia mínima significativa entre tratamientos para el cultivo de alfalfa	111

CUADRO

Página

34a	Disminución relativa (%) por repetición en los diferentes - tratamientos para el cultivo de cebada	112
35a	Análisis de varianza para cebada	113
36a	Diferencia mínima significativa entre tratamientos para el cultivo de cebada	114
37a	Disminución relativa(%) por repetición en los diferentes - tratamientos para el cultivo de avena	115
38a	Análisis de varianza para avena	116
39a	Diferencia mínima significativa entre tratamientos para el cultivo de avena	117
40a	Disminución relativa (%) por repetición en los diferentes - tratamientos para el cultivo de trigo	118
41a	Diferencia mínima significativa entre tratamientos para el cultivo de trigo	119
42a	Análisis de varianza para trigo	120
43a	Temperatura máxima y mínima durante el desarrollo de los -- experimentos de germinación	121
44a	Modelos lineales que relacionan la disminución de la germina- ción de los diferentes cultivos con respecto al pH y la con- ductividad eléctrica de la solución	122

B FIGURAS

FIGURA

Página

1	Representación esquemática de la maceta y su contenido	24
2	Relaciones entre la conductividad eléctrica (dS/m), y las partes por millón de las soluciones de las sales puras	62
3	Relaciones entre la conductividad eléctrica (dS/m), y las partes por millón de las soluciones de mezclas de sales ...	63
4	Relación entre la conductividad eléctrica (dS/m) y los mili equivalentes por litro de las soluciones de sales puras ...	66
5	Relación entre la conductividad eléctrica (dS/m) y los mili equivalentes por litro de mezclas	67
6	Relación entre la conductividad eléctrica (dS/m) y la presión osmótica (atm) de las soluciones de sales puras	69
7	Relación entre la conductividad eléctrica (dS/m) y la presión osmótica (atm) de las soluciones de mezclas	71

RESUMEN

En el Centro de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados se desarrolló una investigación para estudiar el efecto de las soluciones salinas de diferente concentración y salinidad cualitativa, sobre la germinación de cultivos de Maíz, Frijol, Cebada, Trigo, Alfalfa y Avena. Además se estudiaron las relaciones entre la conductividad eléctrica de las soluciones con respecto a las partes por millón (ppm), miliequivalentes por litro (meq/L) y presión osmótica (atm). Se obtuvieron las ecuaciones que relacionan la presión osmótica y conductividad eléctrica con los días a germinación de los cultivos.

El experimento se realizó en el invernadero, utilizándose macetas especiales para la germinación, usando agrolita como sustrato en los seis tipos de semillas: Maíz, Frijol, Alfalfa, Cebada, Avena y Trigo; las soluciones fueron sales puras y mezclas de sales, además un tratamiento con agua destilada. Se consideró como un experimento cada cultivo con seis niveles, once tipos de sales y un testigo, en un diseño de bloques al azar, con dos repeticiones.

Los datos se tomaron desde el inicio de la germinación diariamente, hasta el final de ésta, junto con la lectura de temperaturas, se analizaron en porcentajes de disminución relativa de la germinación, es decir, se consideró al testigo como cero por ciento de disminución. Se realizó un análisis de varianza y prueba de medias. Así como la obtención de los modelos de relación de la conductividad con respecto a la concentración de la solución.

Los cultivos mostraron un efecto diferencial de acuerdo al tipo de sales y a la concentración; en algunos de ellos se encontró mayor tolerancia en la germinación con respecto a la etapa de producción. Los modelos de días a germinación estuvieron influenciados por las bajas temperaturas en las que se realizó el experimento. Los modelos de relación de conductividad eléctrica de la solución con otros parámetros como meq/L, ppm y presión osmótica, fueron diferentes de acuerdo al tipo de sales o mezclas de ellas.

I INTRODUCCION

Los suelos salinos se presentan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del mundo, abarcando una extensión aproximada de 40 millones de hectáreas, equivalentes a una tercera parte de la superficie bajo riego. Una de las principales causas de la presencia de estos suelos es el clima, presentandose donde la precipitación no es suficiente para lavar las sales fuera de la zona radical de los cultivos. Sin embargo, existen otros factores que contribuyen a la salinización como son. El material parietal del suelo, el uso de aguas subterráneas con altos contenidos de sales, movimiento de masas de aire marítimo, tolváneras en suelos salinos, actividad volcánica y aun la actividad de microorganismos del suelo.

En México, se presentan los suelos salinos en un 30% de los suelos bajo riego, (Aceves, 1979), originados en cada caso de acuerdo con la predominancia de los factores ya mencionados.

Cuando las sales se acumulan en los suelos producen en los cultivos una disminución de los rendimientos, de acuerdo a la tolerancia relativa de estos a las sales, así como la etapa de desarrollo en la que se encuentran y el tipo de salinidad presente. Este problema de salinidad en muchas áreas de riego y temporal impiden ampliar la frontera agrícola para cumplir con los requerimientos alimenticios de la población, no solo a nivel nacional, sino como alternativa mundial.

El conocer los límites de tolerancia de los cultivos, cualquiera que sea su magnitud de importancia, sobre todo los cultivos básicos, permitirá su explotación bajo circunstancias de suelo que permitan la obtención de los mejores rendimientos. La tolerancia de los cultivos en la etapa de germinación es importante ya que es determinante para la población final por lo que el estudio de esta fase de desarrollo de los cultivos es motivo de estudio en varios países.

2.1 - Objetivos

- 2.1.1 - Estudiar el efecto de la concentración total y cualitativa de sales sobre los cultivos de Maíz, Alfalfa, Frijol, Avena, Cebada y Trigo en la etapa de germinación.
- 2.1.2 - Obtener la relación lineal entre los días a germinación de los cultivos ya mencionados y la presión osmótica de la solución.
- 2.1.3 - Encontrar las relaciones funcionales entre la conductividad eléctrica de una solución y el contenido de sales en meq/L y la presión osmótica (P.O.), con diferente concentración total y composición cualitativa.

2.2 - Hipótesis

- 2.2.1 - La concentración de una solución así como la composición -- cualitativa de la misma, tienen un efecto diferente sobre la germinación de los cultivos de Maíz, Frijol, Alfalfa, Cebada, Avena y Trigo.
- 2.2.2 - Existe relación entre los días a germinación de los cultivos a estudiar y la concentración total, y la composición cualitativa de las soluciones.
- 2.2.3 - Existe una relación funcional entre la conductividad eléctrica y los contenidos en ppm, meq/L, P.O., la cual cambia de acuerdo con la concentración y composición cualitativa de la solución

III - REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades sobre la salinidad.

En el capítulo sobre la química de suelos salinos y sódicos de las zonas áridas, Kovda (1973) menciona que la formación y acumulación de sales en los suelos es debido a un gran número de procesos geoquímicos que se llevan a cabo en la capa superficial de la corteza terrestre. El intemperismo de varias rocas, el rompimiento de enlaces entre elementos minerales, la formación de nuevas combinaciones, las cuales podrían formar arcillas u óxidos, o compuestos simples. Estas podrían incluir las sales simples.

Los principales elementos ó la combinación de ellos que forman los suelos salinos son el Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, N, B y el I. Aparte de estos el Cu, Zn y Br a menudo se acumulan en microcantidades en los suelos salinos.

De acuerdo con la geografía y la geoquímica, los procesos de formación de los suelos salinos pueden agruparse en los siguientes ciclos de acumulación de sales: ciclos continentales, ciclos marinos, ciclos de delta, ciclos atresianos y ciclos antropogénicos (Aceves, 1979).

Considerando las proposiciones de Fersman citado por Kovda (1973), la geoquímica de las sales sobre la tierra está basada en la solución y extracción de iones de los minerales durante el intemperismo, seguido por la precipitación y acumulación bajo ciertas condiciones físico-geográficas específicas. La secuencia de extracción de los iones, su velocidad de migración y la capacidad de algunos iones de acumularse en cuencas endorreicas en forma de sales son inversamente proporcionales al coeficiente de energía de los iones (C.E.), radio iónico, valencia y estabilidad de la red cristalina de los compuestos (Cuadro 1).

CUADRO 1 SECUENCIA DE EXTRACCION DE IONES DURANTE EL INTemperismo
(DE ACUERDO CON PERSMAN)

SECUENCIA DE EXTRACCION	I		II		III		IV	
	IONES	C.E.	IONES	C.E.	IONES	C.E.	IONES	C.E.
	Cl, Br	0.23	Na	0.45	SiO ₃	2.75	Fe	5.15
	NO ₃	0.18	K	0.36			Al	4.25
	SO ₄	0.66	Ca	1.75				
	CO ₃	0.78	Mg	2.10				

La movilidad de los compuestos formados y las cantidades en las que se acumulan en forma de sales se incrementa con la disminuci3n de los coeficientes de energfa de iones y sales, asf como el menor radio y valencia de los mismos.

En base a esto los cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos alcalinos y los alcalinot3rreos son las principales sales que se forman cuando se intemperiza la corteza y salinizan las 3reas endorreicas.

Los procesos de precipitaci3n y acumulaci3n ocurren en forma contraria. Los iones que permanecen en soluci3n (aguas marinas, profundas y subterraneeas), son las de m3s bajo coeficiente (ejemplo: cationes mono valentes, divalentes y aniones monovalentes). Estos son los principales componentes en formaci3n y acumulaci3n de sales y en Solenchaks.

Polinov y Kovda dividieron los elementos de formaci3n de suelos salinos en categorfas, (Cuadro 2) de acuerdo a su movilidad y su capacidad de migraci3n durante el intemperismo. La participaci3n absoluta y relativa de estos elementos en la formaci3n de los suelos salinos y aguas naturales es mayor en las categorfas mayores. Los elementos de cuarta y quinta categorfa constituyen los mayores compuestos que contribuyen a la acumulaci3n de sales: NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄, Na₂CO₃, NaHCO₃, MgCO₃.

En depresiones, lagos de regiones endorreicas con climas secos, áridos, deltas marinos y oceánicos, los elementos de la cuarta y quinta categoría se acumulan en grandes cantidades.

CUADRO 2 CATEGORÍAS DE MIGRACION (MOVILIDAD) DE ELEMENTOS

1.- Virtualmente no lavable	Si del cuarzo.....
2.- Poco lavable	Fe, Al, Si,
3.- Lavable	Si, P, Mn
4.- Altamente lavable	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
5.- Muy altamente lavable	Cl, Br, I, S, C, B

De acuerdo a lo anterior, considerando los procesos en cada área en particular se encontrarán las predominancias de cada una de las sales ó de las mezclas de ellas, lo que hace más complejo el estudio de la respuesta de los cultivos a las sales, ya que existe una variación espacial y temporal con respecto a cantidades y calidades de la salinidad (Epstein y Rains, 1987).

3.2 - Efecto de las sales sobre las plantas.

La acumulación excesiva de sales solubles en la zona radical de los cultivos, es un factor limitante en la producción para la agricultura bajo riego. El ensalitramiento de los suelos produce condiciones extremadamente desfavorables para el desarrollo de las plantas (Aceves, 1979).

Aunque a menudo se hace una clara distinción entre halófitas y las glicofitas en realidad existe un espectro continuo de rangos de tolerancia desde especies sensibles que se afectan con concentraciones de 1/10, partes

del agua de mar (ca. 50 mol.m^{-3}), hasta especies que completan su ciclo biológico con concentraciones como el agua de mar (ca. $500 \text{ mol.m}^{-3} \text{ NaCl}$) (Gorham, et al, 1985)

Las halófitas son plantas que se desarrollan en habitat salinos a los cuales se han adaptado durante su ontogénesis, debido a las características y propiedades desarrolladas durante su proceso evolutivo en respuesta a las condiciones prevalecientes. Las glicófitas son plantas que se desarrollan en habitat no salinos y su desarrollo esta limitado a su habilidad de adaptación a la salinidad durante su crecimiento individual, ya que las condiciones prevalecientes durante su evolución no favorecieron el desarrollo de propiedades para tolerar la salinidad (Aceves 1979).

La importancia económica que reviste el estudio de las plantas cultivadas en relación con su tolerancia a la salinidad, ha sido motivo para -- que los investigadores de todo el mundo busquen en primer termino, las --- plantas más tolerantes a las sales y actualmente se hacen esfuerzos serios en el área del mejoramiento genético para lograr obtener plantas que produzcan cosechas económicamente factibles en suelos con problemas de ensalamiento. De acuerdo con Maas y Grieve (1987) las investigaciones sobre los efectos de las sales sobre las plantas se han incrementado rapidamente en los últimos años. Menciona que la bibliografía compilada por Francois y Maas (1978, 1985), contiene una lista de 2,357 citas para el período de 1900 a 1977 y de 1,001 citas desde 1977 con la respuesta del boro por las plantas. Desafortunadamente existe la tendencia de muchos investigadores - de salinizar los medios con una sola sal que es el NaCl. El resultado se - utiliza con el proposito de describir la respuesta de las plantas al medio salino.

Las plantas que son sensibles ó moderadamente tolerantes cuando crecen bajo condiciones de salinidad muestran disminuciones del crecimiento y en la producción. Cuando la salinidad reduce el crecimiento, algunas partes como las hojas, tallos y frutos son más pequeños que los normales. Las hojas presentan una coloración intensa verde azulosa. En algunas plan--

tas - maíz, alfalfa y frijol, como ejemplo- se reducen las cosechas en mayor proporción que en el crecimiento. Con plantas como cebada, algodón, trigo y pastos tolerantes, las cosechas podrían no reducirse, aún cuando el tamaño de las plantas se reduce en 50%. (Bernstein, 1964).

Para explicar los diferentes aspectos de los efectos dañinos de las sales solubles sobre los cultivos, se han propuesto diferentes teorías de las cuales las más sobresalientes son la teoría de la disponibilidad de agua, la teoría de la inhibición osmótica ó ajuste osmótico y la de toxicidad específica.

a) - Teoría de la disponibilidad de agua.

De acuerdo con esta teoría, las sales del suelo disminuyen la energía libre del agua (hay más solutos), lo que a su vez reduce la disponibilidad de agua, afectando el crecimiento. Las sales aumentan la presión osmótica de la solución del suelo haciendo que la disponibilidad de agua para las plantas disminuya; por lo cual afecta su crecimiento.

b) - Teoría de inhibición osmótica ó ajuste osmótico.

La teoría del ajuste osmótico fue propuesta por Bernstein (1961), apoyada en trabajos experimentales, Bernstein (1963), en la cual estableció que el crecimiento de las plantas bajo condiciones de salinidad es seriamente afectado, debido a que la planta se ve precisada a realizar un ajuste osmótico para mantener un grádiente favorable en sus células, lo que permite extraer agua del suelo. En hacer ese ajuste la planta consume energía, la cual en condiciones de no salinidad se usaría en el crecimiento; por esta razón en condiciones salinas las plantas no crecen. En publicaciones recientes como Munns (1988) realiza un análisis del termino ajuste osmótico.

c) - Teoría de la toxicidad específica.

La teoría considera que los efectos toxicos de las sales sobre las -

plantas, se realiza vía metabolismo, por cambios causados en la actividad metabólica, que producen la acumulación de sustancias intermedias, que no se encuentran en plantas que crecen en condiciones de no salinidad, por lo que el efecto no es directo, sino el resultado de la acumulación de compuestos tóxicos formados debido a cambios en la actividad enzimática que ocasiona la acumulación de sustancias, tales como la putrescina ($C_4H_{12}N_2$), que se presenta supuestamente por la inhibición causada por las sales en la enzima diamina-oxidasa (Acceves, 1979).

En base a estas hipótesis se han realizado una gran cantidad de experimentos para probar ó refutar cada una de ellas, obteniéndose un gran cúmulo de datos con enfoques diferentes así como condiciones, que algunas veces son contradictorias, contrapuestas ó bien con metodologías diferentes. Manns (1988) señala que los procesos para dilucidar por ejemplo la importancia del ajuste osmótico sobre la sequía y salinidad podría ser mayor si se presentan cambios en la naturaleza de las investigaciones, de coleccionar datos repetitivos al de probar hipótesis.

Los trabajos de investigación se enfocan a probar el efecto que producen las sales sobre el rendimiento de los cultivos, efectos fisiológicos en hojas, tallos, raíces, ó bien estudiar cuales son los mecanismos conforme los cuales se presenta el efecto de las sales sobre las plantas, en esta dirección Gorham, et al, (1985), presentan una explicación amplia de los principales mecanismos de la tolerancia de las plantas a las sales en diferentes organos de las plantas, además de presentar una amplia bibliografía sobre los trabajos de apoyo de cada mecanismo ó del conjunto, por lo que se presenta como un anexo B para su consulta y aumentar las posibilidades de estudio en esta dirección.

Es difícil determinar la tolerancia absoluta que refleja la respuesta fisiológica de las plantas a las sales, debido a que existen interacciones muy complejas entre las plantas, suelo, agua, factores medio ambientales y prácticas de manejo del cultivo, que modifican la capacidad de las plantas para tolerar la salinidad.

Para evaluar la tolerancia relativa de los cultivos a las sales, se han hecho numerosos experimentos en suelo, arena, hidróponia, en el invernadero y en cámaras de crecimiento. La respuesta de las plantas a las sales se ha medido en diferentes formas y etapas de desarrollo.

En el manual 60 cuyo editor es Richards (1982) se presentan listas de tolerancia relativa para un gran número de especies vegetales. En estas se clasifican tres grupos de tolerancia; tolerantes, semitolerantes y sensibles, así como niveles en los cuales se espera un 50% de disminución de rendimientos.

Bernstein (1970) presenta otros niveles para la disminución de 10, 15, 25 y 50 % del rendimiento de los cultivos. En tiempos recientes Maas y Hoffman (1977) y Maas (1986), han publicado gráficas sobre el efecto que producen las sales a los cultivos de acuerdo a los niveles de salinidad.

En los experimentos realizados por muchos investigadores de todo el mundo para estudiar el efecto de las sales sobre los cultivos, se observa que el rendimiento disminuye en forma lineal a medida que aumenta la salinidad mostrando algunas disminuciones en niveles altos y bajos de salinidad.

Las ecuaciones que se han utilizado para representar esta respuesta han variado mostrándose algunas como la siguiente:

$$RR = \frac{100 (CE_0 - CE_s)}{(CE_0 - CE_{100})}$$

donde RR es el rendimiento relativo expresado en porcentaje, CE_0 es la conductividad eléctrica del suelo a la cual se obtiene cero rendimiento, CE_{100} es la conductividad eléctrica del suelo abajo de la cual se obtiene un rendimiento de 100% y CE_s es la conductividad eléctrica del suelo, medida en el extracto de saturación, que para unas condiciones dadas tiene

el suelo (Aceves, 1979). En la publicación de Maas y Hoffman (1977), se presenta la siguiente ecuación:

$$Y = 100 - B (EC_e - A)$$

donde A es la salinidad umbral en la cual empiezan a disminuir los rendimientos, (en milimhos por centímetro); B es el porcentaje de disminución por cada unidad de salinidad que se incrementa y EC_e es el valor dado de la conductividad siempre que EC_e sea mayor que A.

En esta dirección de cálculo Van Genchten (1983) muestra diferentes programas para el ajuste de diferentes curvas para explicar el fenómeno de disminución de los rendimientos por el efecto de la salinidad.

En el caso especial de la germinación, los modelos de producción empiezan a utilizarse por Martínez, et al, (1987) en el caso del efecto de la salinidad en la germinación, ó bien los mismos autores en el cultivo de cebada en el mismo período. En el análisis de esta parte de la literatura se muestra la gran variedad de enfoques en el estudio del efecto que produce la salinidad a los cultivos, desde el estudio de las causas ó mecanismos del efecto hasta la medición de los efectos sobre la raíz, tallo, hojas y frutos. Del mismo modo la diversidad de enfoques sobre los medios a utilizar, tipos de sales, condiciones ambientales y metodologías.

3.3. - Efecto de las sales sobre la germinación.

Bajo condiciones de salinidad, uno de los principales problemas es obtener un porcentaje de germinación adecuado. Estas condiciones deben considerarse, ya que si dicho porcentaje disminuye, el cultivo puede fracasar.

En estudios de laboratorio reportados en la literatura científica, se han considerado el brotamiento de la radícula y el coleóptilo de la

epidermis de la semilla, como un criterio para la germinación. Con este criterio se ha considerado que la germinación ha ocurrido después de un día de la plantación. Estas mismas consideraciones se han usado en pruebas de germinación para medir tolerancia a las sales. Esto puede conducir a resultados erróneos ya que desde el punto de vista agronómico la germinación se considera realizada cuando las plantas afloran a la superficie del suelo, lo cual a veces no ocurre en suelos con sales, en los cuales las semillas producen raíces y parte del coleóptilo, pero éste nunca aparece en la superficie del suelo.

La tolerancia de los cultivos a concentraciones de sales durante la germinación, depende de la especie de la planta, de la concentración y tipo de sales.

El proceso de germinación de las semillas considera varias etapas que varían con las especies y con los mecanismos de cada una de ellas. Según Ting (1982), durante la germinación, las reservas almacenadas en el endosperma ó en los cotiledones son movilizadas. En algunos casos las reservas del endosperma son transportados a los cotiledones; En semillas como las de las orquídeas no hay reservas en forma significativa.

El proceso de germinación puede dividirse actualmente en tres estados diferentes: primero; después del rompimiento de dormancia o escarificación (si la semilla es durmiente), la semilla absorbe mediante el proceso físico de imbibición. Segundo, aparecen los procesos metabólicos directamente relacionados con la germinación y finalmente, la emergencia, crecimiento y desarrollo de la germinación. Durante el primer estado, el agua es tomada por imbibición, cuyo componente es función del componente imbibicional (ψ_m) del potencial del agua. Este estado podría presentarse aún en semillas muertas ya que es puramente físico. En el segundo caso, la absorción del agua ocurre por el metabolismo y es una función del potencial osmótico (ψ_p), y en el estado tres se marca la germinación visible y se acompaña de un crecimiento. Las reservas son movilizadas activamente y la semilla emerge, la absorción del agua es función del (ψ_p) potencial osmótico.

Los mecanismos mediante los cuales las sales afectan a las semillas en el proceso de la germinación aún se desconocen, se considera efectos osmóticos ó bien, efectos de toxicidad específica. Existen razones para suponer que las membranas de las células son los sitios donde se presentan los efectos primarios y secundarios de las sales. El cloruro de sodio interfiere una gran variedad de funciones de la membrana, incluyendo la permeabilidad, transporte de solutos inorgánicos u orgánicos, y la secreción. Las sales algunas veces causan alteraciones estructurales. El estrés debido a la salinidad produce cambios en la composición de los lípidos de la membrana y en algunas plantas se presenta una liberación de proteínas a partir de las membranas celulares de la raíz. Estas modificaciones estructurales podrían ser importantes ya que algunas especies bajan su tolerancia, en liberar sales de procesos celulares sensibles a través de la compartimentación de las membranas. La interacción de las sales con las membranas de las células durante la germinación es complicada, ya que se presentan cambios drásticos durante la germinación. Por sus experimentos de Bliss, et al, (1984) deducen que las sales afectan las membranas de las células de semillas en imbibición y que algunas sales pero no todas pueden penetrar las membranas, por lo que la respuesta a las sales podría ser intracelular y en las membranas. Al parecer el efecto de inhibición de las sales sobre la germinación de semillas sería al final detectable en un número de procesos celulares.

En los últimos años se han realizado trabajos de investigación para encontrar cual es efecto de las sales sobre la germinación de los cultivos, aún cuando el efecto sobre los rendimientos ya presentaba un gran desarrollo. En investigaciones realizadas por Maas (1986) éste señala que una comparación de la tolerancia de las plantas a las sales durante la germinación y emergencia, comparada con otros estados de desarrollo es difícil ya que se utilizan diferentes criterios de evaluación. En el Cuadro 3 Maas (1986) muestra una comparación entre el 50% de reducción en rendimiento y la emergencia de varios cultivos. La tolerancia en la emergencia esta basada en la sobrevivencia, mientras que la tolerancia después de la emergencia, se basa en la disminución de crecimiento ó en el rendimiento.

Generalmente los cultivos son iguales ó más tolerantes en la germinación con respecto a etapas posteriores.

Una excepción conocida es la remolacha, la cual es más sensible durante la germinación. En cultivos como por ejemplo, cebada, maíz, garbanzo, arroz, sorgo y trigo son más sensibles durante las primeras partes de la germinación y luego se incrementa su tolerancia durante el crecimiento y desarrollo.

CUADRO 3 TOLERANCIA RELATIVA A LAS SALES DE VARIOS CULTIVOS EN LA EMERGENCIA Y DEL DESARROLLO A LA MADUREZ (Mias, 1956).

C U L T I V O		Conductividad eléctrica del extracto de saturación		Fuente *
Nombre común	Nombre científico ^a	50% Rend. ^b (85°C)	50% emergent ^c	bibliográfica
Cebada	<u><i>Hordeum vulgare</i></u>	18.0	16-24	1, 34, 41, 58
Algodón	<u><i>Gossypium hirsutum</i></u>	17.0	15	50, 58
Remolacha	<u><i>Beta vulgaris</i></u>	15.0	6-12	1, 34
Sorgo	<u><i>Sorghum bicolor</i></u>	15.0	15	24, 34, 44
Cartamo	<u><i>Carthamus tinctorius</i></u>	14.0	12	19
Trigo	<u><i>Triticum aestivum</i></u>	13.0	14-16	34, 41, 49
Betabel	<u><i>Beta vulgaris</i></u>	9.6	13.8	41
Garbanzo	<u><i>Vigna unguiculata</i></u>	9.1	16	59
Alfalfa	<u><i>Medicago sativa</i></u>	8.9	8-15	1, 34, 41
Jitomate	<u><i>Lycopersicon l.</i></u>	7.0	13	41
Col	<u><i>Brassica oleracea capitata</i></u>	7.0	13	50
Maíz	<u><i>Zea mays</i></u>	5.9	1-24	34, 49, 58
Lechuga	<u><i>Lactuca sativa</i></u>	5.2	11	41
Cebolla	<u><i>Allium cepa</i></u>	4.5	5.6-7.5	2, 34
Arroz	<u><i>Oryza sativa</i></u>	3.6	18	52, 58
Frijol	<u><i>Phaseolus vulgaris</i></u>	3.6	8.0	1

a Los nombres comunes y botánicos según Hortus Third (40).

b Los datos de rendimiento de referencias (19, 48, 59).

c Emergencia en tratamientos salinos considerando el de no salinidad como máxima emergencia.

* Número de citas bibliográficas en el artículo.

De los datos presentados en el cuadro anterior se observa que el maíz presenta mayor tolerancia a la salinidad en la etapa de germinación, que en la etapa de producción. En experimentos anteriormente realizados en el Centro de Hidrociencias, se encontró este comportamiento en dicho cultivo. En un experimento realizado por Aceves (1979), se observa ya cierta tendencia para mostrar una alta tolerancia en esta etapa. En un trabajo realizado por Ramírez (1988), se probaron varios tipos de sales, así como concentraciones hasta de 12 milimhos/cm, encontrando que el cultivo no presentó disminuciones en la germinación con ninguna de las sales y mezclas de ellas que se probaron.

En trabajos realizados por Barquie (1990), además de Ramírez y Ortega (1990), con los niveles de salinidad anteriores, se encontraron los mismos resultados, aún cuando, las variedades utilizadas fueron en todos los casos diferentes, así como los medios utilizados como inertes ya que Barquie (1990), realizó un experimento en cajas de petri y los demás en agrolita, encontrando que aún cuando las condiciones ambientales fueron diferentes. En consideración a los resultados de este cultivo, es necesario estudiar la variación entre variedades así como considerar aumentar los niveles de salinidad y no considerar esta etapa para definir la tolerancia a las sales de el cultivo en los rendimientos, ya que en las variedades probadas la germinación es tolerante mucho más que en otras etapas (Ramírez y Ortega, 1990).

En el caso de la cebada existe gran cantidad de investigaciones sobre el estudio de la tolerancia a la salinidad en la germinación, Aceves (1979) muestra que los niveles coinciden con los reportados por Maas (1986), en experimentos de Ramírez (1988), con sales puras y mezclas se encontró que en algunas sales si se presentaron los mismos valores de salinidad para el 50% de germinación pero existe una tolerancia diferencial de acuerdo al tipo de sales, presentandose mayor efecto para el mismo nivel de conductividad en NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y NaHCO_3 , pero no para los demás que se probaron ni para las mezclas de éstas, en las cuales solo se presentaron disminuciones en la salinidad Sulfática-sódica.

En investigaciones con respecto a los modelos que se ajustaron a la respuesta a la salinidad en la germinación, Martínez-Cob, et al, (1987), muestran un análisis de la respuesta de la germinación a la salinidad y ajustes de las funciones que relacionan esta respuesta, también utilizando las mismas funciones se aplican para encontrar cuales son las variedades de cebada que presentan mayor tolerancia a las sales con la finalidad de iniciar trabajos de investigación sobre ésta, en este caso encontrarán que el material probado (38 variedades) muestran una gran variabilidad en cuanto a la tolerancia a las sales, así como diferencias en los parámetros de los modelos utilizados (Martínez-Cob, et al, 1987).

En los aspectos fisiológicos ó en el estudio de los mecanismos de explicación del efecto de las sales sobre la germinación, Mkhliya, et al, -- (1981), señalan que la germinación de cebada se inhibe en concentraciones de 500mM y que la capacidad de absorción de agua se afecta por el contenido de sale. En una concentración de 500mM de NaCl, la cantidad de agua absorbida por 100 semillas en un día fue de 0.93 mg.

En el caso de Bliss, et al, (1986), en estudios de germinación en soluciones salinas, manitol y betanina, encontrarán que los tres solutos inhiben de igual manera la germinación a igualdad de potencial osmótico entre dos variedades de cebada (CM-67 y Brigg), resultando esta última la más sensible. No se presentaron diferencias en la absorción de sales en ambas variedades durante el proceso de imbibición. Cuando se sometieron a un humedecimiento previo las semillas no se presentó mejoría en la tolerancia a las sales, lo que indica que la disminución de la permeabilidad de las membranas por la hidratación no está involucrada en la tolerancia a las sales.

El contenido de calcio de la variedad Briggs fue más alto que en la CM-67. Estos resultados sugieren que las sales inhiben la germinación en cebada por efecto osmótico y que la entrada de sales durante la imbibición no juega un papel importante en el proceso de inhibición. Los autores del artículo mencionan una hipótesis sobre el efecto de las sales en la germinación.

Según Ramagopal (1988), siendo la etapa de germinación importante para el establecimiento de la mayoría de los cultivos, y siendo afectada por la salinidad, menciona las siguientes citas bibliográficas; Hegorty, (1978); Mayer, et al, (1982), Bliss, et al, (1986); Corchete y Guerra, (1986); Kurth, et al, (1986); como una muestra de la cantidad de investigaciones recientes, que ha motivado el interés por entender a través de los procesos fisiológicos la respuesta a la salinidad en esta etapa. El propósito de su trabajo fue mantener ciertos aspectos de la expresión genética, especialmente sobre la regulación de la síntesis de proteínas, durante la germinación en dos variedades de cebada. Los resultados presentados establecen que el genotipo C4-72 es más tolerante que el Prato y demuestra que la salinidad modula la expresión de cierto grupo de proteínas en un tejido específico en raíces, tallos y embriones germinados de las dos variedades.

En el caso del cultivo de trigo los primeros trabajos presentados por Aceves (1979), presentan a este cultivo más tolerante que el de cebada, sin embargo Maas (1986), en su recopilación muestra con menor tolerancia o cuando menos con un rango menor que el anterior. Los resultados presentados por Ramírez, (1988), muestran que el cultivo presenta una respuesta diferencial al tipo de sales presentando una tendencia parecida a la de cebada pero con niveles de respuesta más drásticos. Con esto se corrobora la necesidad en este cultivo de probar otras sales diferentes al NaCl que siempre se utiliza.

En el trabajo presentado por Chilton y Singh (1987), sobre el efecto de la calidad del agua de riego sobre la germinación, estos señalan que éste es controlado por la salinidad efectiva en la zona de la semilla, además de las condiciones climáticas (lluvia y clima), factores del suelo, (profundidad del nivel freático, etc.), junto con la calidad del agua de riego. Además para minimizar los efectos es necesario mejorar las condiciones para la germinación y controlar la acumulación de sales en la zona de la semilla.

El cultivo de alfalfa presenta una tolerancia a las sales que no difiere en la etapa de germinación con respecto a la de producción según los datos presentados por Mias, (1986), y que al analizar los datos de las curvas de Aceves (1979), se encuentran dentro de los mismos valores para las variedades probadas. En el caso de Ramírez (1988), se encontró que sólo en algunas sales se tienen los valores promedio para obtener el 50% de disminución, pero en sales como $MgCl_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4 y $NaHCO_3$, la disminución fue mayor aún a valores bajos de conductividad eléctrica, conservándose la respuesta en $NaCl$ y $CaCl_2$ en donde con aproximadamente 13-16 milimhos/cm se obtiene el 50% de germinación, en el caso de las mezclas, con la sulfática, clorhídrica-sulfática, sulfática-sódica y la clorhídrica, se obtuvieron disminuciones drásticas a niveles bajos de salinidad. Los resultados muestran una gran sensibilidad en la germinación de esta variedad en los tratamientos, a excepción del $NaCl$ y $CaCl_2$ donde coinciden con los datos investigados.

En trabajos desarrollados por Allen, et al, (1986), cuyo objetivo fue identificar parámetros específicos asociados con la tolerancia de la alfalfa a las sales en la etapa de germinación y utilizan diferentes medios de germinación ($NaCl$, $NaNO_3$, KCl , KNO_3 y manitol) y cinco potenciales osmóticos (-1.0, -1.15, -1.30, -1.45 y -1.6 MPa). Los resultados obtenidos señalan que la diferente acumulación de iones entre la germinación y la maduración, muestra que los mecanismos de tolerancia a $NaCl$ son diferentes. Su selección a la tolerancia durante la germinación al $NaCl$ incrementó la tolerancia de efectos tóxicos y a otros agentes osmóticos. Estos resultados indican que la selección para una tolerancia a sales sería mejor si no se prueba sólo $NaCl$, sino también otras sales, particularmente las dominantes en los sitios geográficos donde se cultivan las plantas seleccionadas.

En este cultivo, Robinson, et al, (1986), desarrollaron un trabajo cuyos objetivos fueron los de: Evaluar la efectividad de los gradientes de salinidad con varios tratamientos de sales para describir la respuesta a la salinización; Caracterizar los procesos realizados después de siete ci-

elos de selección recurrente y; Determinar si la selección había incrementado la rapidez de germinación en varios niveles de salinidad. La definición de germinación fue cuando la radícula y el hipocotilo tenían como mínimo 1mm. En el análisis de los resultados los autores señalaron que el método de gradiente osmótico permite evaluar los patrones de respuesta a NaCl. Esta técnica requiere el uso de una gran cantidad de tratamientos que cubra el rango de variación de los potenciales osmóticos con pequeños incrementos, lo que permite concretar los resultados de un programa de tolerancia a la germinación.

Las investigaciones realizadas por Smith y Dobrenz, (1987), cuyo objetivo fue mostrar la importancia de la edad de la semillas que se sometieron a tratamientos de salinidad para definir su tolerancia a las sales. Todos los resultados obtenidos, se menciona que para estar seguro que la germinación se afecta o no por la salinidad los lotes deben: 1) Presentar elevado porcentaje de germinación bajo condiciones de no salinidad; 2) Ser producidos durante la misma estación y bajo condiciones parecidas de manejo. Esto podría aplicarse para otros lotes de alfalfa o bien estudiar el efecto de la edad de la semilla en otros cultivos, en la respuesta a las sales.

En el cultivo de avena las investigaciones de Murty, et al, (1984), en la cual probaron diez variedades de avena, las cuales fueron sometidas a niveles de salinidad de 0, 7500, 15000 y 22500 ppm, cuya correspondencia en conductividad era 0, 7.5, 13.5 y 19.2 mmhos/cm respectivamente. Las sales fueron NaCl y CaCl₂ en partes 1:1. Los resultados mostraron una gran variabilidad en la respuesta a las sales en todos los parámetros estudiados, se observa diferencia en la longitud de las raíces. Estas disminuciones podrían ser importantes para la adaptabilidad de las plantas por la mayor absorción para reducir la pérdidas por transpiración. En el trabajo presentado por Ramirez (1988), se consideraron hasta niveles de 26 mmhos en las diferentes sales y mezclas, encontrándose que los niveles utilizados provocaron disminuciones más pequeñas que las esperadas, es decir que la tolerancia en la germinación es mayor que la que se tiene en la produc-

ción para todas las sales y mezclas.

En el caso de un cultivo de gran importancia como el frijol, generalmente éste se ha considerado como sensible a la salinidad con respecto a la etapa de producción. En la germinación Aceves, (1979), mostró datos que avalan que en esta etapa es igualmente sensible, sin embargo Maas, (1986) presentó que existe un aumento de la tolerancia en la etapa de germinación con respecto a la producción. Ramírez, (1988), utilizó niveles hasta de 9 mmhos/cm, escogidos en base a su tolerancia en la producción, probando para este caso sales puras y mezclas de éstas, en un medio inerte (agrolita). Los resultados mostraron que los niveles fueron pequeños ya que sólo produjeron disminuciones de un 5 a 10% de la germinación cuando se esperaba estudiar todo el rango de tolerancia a las sales. Resultados parecidos se encuentran en Barquie, (1990), para otra variedad y los mismos tratamientos usando como medio cajas de petri; concordando con los resultados de Rivera, (1990) con una variedad diferente y en medio de cultivo agrolita.

En un análisis de la bibliografía presentada se observa que el efecto de las sales sobre los cultivos aún presenta grandes incógnitas en los mecanismos del efecto así como en la gran cantidad de factores que es necesario considerar para realizar generalizaciones, además de la necesidad de intensificar las investigaciones básicas para aumentar el entendimiento de un proceso importante para la explotación de los cultivos en las áreas salinas y que sea una alternativa para la alimentación de la población.

IV - MATERIALES Y METODOS.

4.1 - Ubicación del sitio experimental y materiales.

La investigación se realizó en la estación lisimétrica y el laboratorio de análisis de suelo-planta-agua del Centro de Hidrociencias, perteneciente al Colegio de Postgraduados en Montecillos, Estado de México cuya localización geográfica es en la Latitud $19^{\circ}31'$ N, Longitud $98^{\circ}53'$ E, y 2,247 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 15°C y la precipitación de 926 mm.

Los cultivos que se probaron en este trabajo son parte de los utilizados por Ramírez, (1988), así como las variedades que se mencionan enseguida:

- 1) Maíz (Zea mays) variedad V-155
- 2) Alfalfa (Medicago sativa) variedad Puebla-76
- 3) Trigo (Triticum aestivum) variedad Glennson
- 4) Cebada (Hordeum vulgare) variedad Tlaxcala
- 5) Avena (Avena sativa) variedad Tarahumara
- 6) Frijol (Phaseolus vulgaris) variedad Pinto Americano.

Las sales que se utilizaron son de tipo reactivo analítico y fueron las siguientes:

- a) Cloruro de sodio (NaCl)
- b) Cloruro de calcio dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- c) Cloruro de magnesio hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- d) Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- e) Sulfato de sodio decahidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- f) Bicarbonato de sodio NaHCO_3

Los materiales de laboratorio e invernadero así como los aparatos para realizar mediciones fueron:

- Conductímetro ó Puente de Wheatstone de corriente alterna.
- Osmómetro modelo 5100B, marca WESCOR, INC.

- Potenciómetro marca Beckman.
- Termómetro de máxima y mínima.
- Balanza analítica.
- Invernadero.
- Estantes.
- Agrolita como material inerte.
- Mallas .
- Macetas.

4.2 - Diseño de tratamientos.

Los tratamientos se diseñaron para probar el efecto que tienen las sales sobre la concentración así como la composición cualitativa en los cultivos ya mencionados en la fase de germinación, así que se explica como se escogieron los niveles. Primero mencionaremos para la salinidad total:

- 1) Los resultados obtenidos por Ramírez, (1988), en estos cultivos señalaron que algunos mostraban una tolerancia mayor en la germinación que en las etapas posteriores o bien algunos con mayor sensibilidad.
- 2) Considerando sus resultados se escogieron niveles mayores o menores según el caso, tratando de obtener tratamientos al igual que los mostrados de 0, 50, 75, 100 y 150(100% de disminución de la germinación y además un testigo con agua destilada.
- 3) Una vez definidos los niveles en términos de conductividad eléctrica, (Cuadro 4), se procedió a realizar los cálculos de calidad de sales, utilizando sus ecuaciones para transformar la conductividad eléctrica a partes por millón, miliequivalentes por litro y presión osmótica, (Cuadros 1a-18a).

En el caso de la salinidad cualitativa, se probaron las sales simples ya mencionadas, además de mezclas de ellas definidas por Ramírez, (1988) y

CUADRO 4 TRATAMIENTOS PROBADOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS
(CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS EN dS/m)

CULTIVO/TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
H A I Z	10	20	25	30	35
F R I J O L	4	6	8	12	16
A L F A L F A	1	2	6	8	12
C E B A D A	10	20	25	30	35
Á Y E N A	4	6	8	12	16
T R I G O	6	13	17	20	30

- a) Salinidad clorhídrica $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 2.5$
- b) Salinidad sulfático-clorhídrica $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 1.5$
- c) Salinidad clorhídrico-sulfática $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 0.6$
- d) Salinidad sulfática $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 0.15$
- e) Salinidad sulfático-sódica $\frac{100\%}{\text{Cl} + \text{SO}_4} = 2.0$

Utilizando las relaciones y las sales puras, se realizaron las combinaciones con los cultivos utilizados en este experimento. El diseño experimental fue un bloques al azar con dos repeticiones, cada uno de los cultivos se consideró un experimento separado, donde se probaron seis niveles de salinidad y once tipos de salinidad, dado que se probaron seis cultivos, ésta fue la razón para tener dos repeticiones, con el fin de mejorar el manejo del experimento.

4.3 - Instalación del experimento.

En la instalación se procedió primeramente a preparar las soluciones con los niveles y las sales diseñadas, utilizando las relaciones ya descritas, se pesaron las sales o la sal a utilizar y se prepararon los tratamientos midiendo el pH, la conductividad eléctrica y la presión osmótica de las soluciones. Una vez preparadas las mezclas en el laboratorio y habiendo sido medidas, se llevaron al invernadero (sin control de temperatura), donde se prepararon las macetas en las cuales se colocó agrolita como medio inerte (Fig. 1), después una malla de plástico, las semillas y más agrolita. Una vez que se realizó lo anterior, se aplicaron 250 ml de solución de cada tratamiento, colocándolos en las mesas diseñadas para el trabajo.

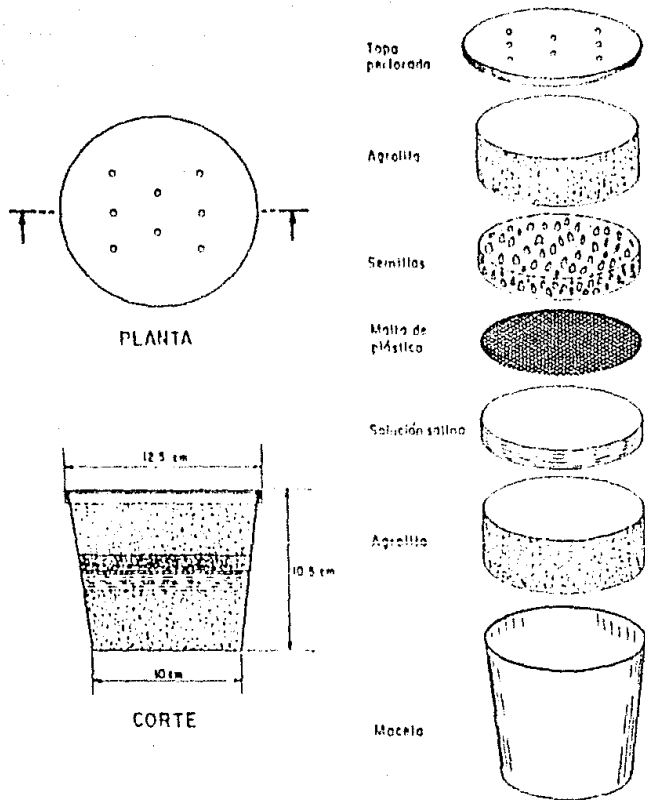


Figura 1 Representación esquemática de la maceta y su contenido.

4.4 - Mediciones realizadas.

Una vez montado el experimento se inició al siguiente día el conteo de la germinación de los cultivos, considerando ésta como la emergencia en la superficie de la agrolita de las plantulas, esto se realizó diariamente, además se leyó la temperatura máxima, mínima y actual a las ocho de la mañana para tener forma de analizar otros factores. Los datos de emergencia se transformaron a porcentajes relativos, considerando la germinación en el testigo como el 100% ó 0% de diseminación relativa.

Se realizaron análisis de varianza para cada cultivo así como su prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, Martínez, 1980), en el Centro de Computo de Hidrociencias.

V - RESULTADOS Y ANALISIS.

5.1 - Efecto de las sales sobre la germinación.

Los resultados de germinación de los cultivos probados se analizaron considerando la disminución relativa de la germinación, es decir se utilizaron los datos absolutos para calcular los relativos, considerando que el testigo no disminuyó la germinación, es decir, presentó un 0% de disminución, y en los cultivos donde no germinó la semilla se consideró un 100% de disminución. Esto con la finalidad de que los datos sean semejantes en los tratamientos diseñados, en los cuales se buscó de un 0 a 150% (100%) de disminución en la germinación. Con lo anterior entonces se esperó que los niveles T_4 y T_5 tuvieran un 100% de disminución, si los tratamientos fueron bien escogidos exoleraren todo el rango de variación de la respuesta de los cultivos probados a las sales utilizadas.

5.1.1 - Respuesta del cultivo de maíz a niveles de salinidad.

Los datos medidos en los diferentes tratamientos probados son los de pH, cuyo Cuadro (19a), se encuentra en el apéndice, observándose la diferencia en esta variable desde 5.9 (agua destilada) hasta 8.1 que corresponde a la sal NaHCO_3 ; los demás se encuentran en los límites, esta variación corresponde al tipo de reacción de cada sal y podría contribuir al efecto de las sales en la germinación. Los valores de conductividad eléctrica de los tratamientos varían desde 0.02 a 59 $\mu\text{S}/\text{m}$, el primero corresponde al agua destilada y el último al tratamiento T_5 (Cuadro 5), se observa que los valores presentan aún variaciones entre el mismo nivel para diferentes sales aún cuando en este trabajo se utilizaron las relaciones obtenidas por Ramírez, (1988), pero estas diferencias son menores que en otros trabajos como el anterior y el de Rivera, (1990), los valores más bajos correspondieron a la sal NaHCO_3 y la mezcla sulfático-sódica.

En el análisis de las disminuciones relativas de germinación de acuerdo a los tratamientos (Cuadro 6), se observa que las disminuciones obteni-

CUADRO 5 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu S/m$) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0,02	12,0	23,2	29,0	33,5	39,2
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0,02	11,8	22,0	26,5	33,0	38,0
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0,02	11,2	23,5	29,0	33,0	39,0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0,02	11,3	20,5	24,0	27,0	31,0
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,02	11,9	21,5	26,0	30,0	35,0
NaKCO ₃	0,02	10,8	19,5	23,0	27,0	31,0
Mezclas						
Clorhídrica	0,02	13,5	24,5	31,5	37,0	41,5
Sulfática clorhídrica	0,02	13,0	24,5	30,5	35,8	41,8
Clorhídrica sulfática	0,02	12,8	23,6	28,7	32,0	39,0
Sulfática	0,02	12,0	21,5	26,0	29,5	35,0
Sulfática sódica	0,02	11,0	20,5	25,0	28,5	32,5

CUADRO 6 DISTRIBUCION RELATIVA (%) EN PROMEDIO EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA MAIZ.

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	\bar{x}
S A L.							
NaCl	0	10	10	15	0	30	19.8
CaCl ₂ .2H ₂ O	0	0	5	5	0	10	3.3
MgCl ₂ .6H ₂ O	0	0	0	15	20	57	15.3
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	10	5	5	20	5	7.5
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	0	0	0	5	5	1.6
NaHCO ₃	0	10	20	65	85	80	43.3
Mezclas							
Clorhídrica	0	0	0	0	5	35	6.6
Sulfática clorhídrica	0	5	5	10	10	10	6.6
Clorhídrica sulfática	0	0	0	0	0	25	4.1
Sulfática	0	0	0	5	5	5	2.6
Sulfática sódica	0	0	6	5	11	18	6.6
\bar{x}	0	3.2	4.6	11.3	14.6	25.4	

das fueron pequeñas con respecto a las esperadas, ya que se partió de los datos obtenidos por Ramírez, (1988), donde encontró que los niveles probados no produjeron disminuciones en la germinación, lo cual fué comprobado por Barquie, (1990), Ramírez y Ortega, (1990), y por los resultados presentados por Maas, (1986). Sin embargo en esta investigación, se realizó un experimento inicial (pequeño) y se definieron nuevos niveles, pero aún así las disminuciones más altas se produjeron con el bicarbonato de sodio (NaHCO_3); en esta sal el efecto fue aproximadamente igual al esperado, pero las demás sales produjeron disminuciones pequeñas.

En el análisis de varianza (Cuadro 20a del apéndice) se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos y las demás variables aún la de repeticiones; en el Cuadro 21a del apéndice, se muestra la prueba de medias por niveles y tipos de sales donde se observa que la sal que mayor disminuciones produce es el NaHCO_3 , presentandose dos conjuntos diferentes de efecto sobre la germinación, con respecto a niveles se tiene que a medida que se aumenta el nivel hay mayor efecto sobre la germinación, aún cuando entre algunos no hay diferencia significativa entre ellos. De los datos obtenidos se concluye que es necesario aumentar los niveles de salinidad para explorar el rango de respuesta, además realizar experimentos donde se prueben estos efectos en otras variedades comerciales, así como el efecto que tiene la temperatura sobre la respuesta a las sales en este cultivo. En el Cuadro 22a del apéndice se encuentran los datos con sus repeticiones, la discusión es sobre los promedios. En el Cuadro 7, se muestran los días a necesarios para la obtención de la germinación en cada tratamiento, se observa que a medida que aumenta el nivel de salinidad, el tiempo de germinación es mayor, y aún cuando no disminuya el total si afecta en su tiempo, este factor, que en esta condición de estudio no es importante, bajo condiciones de campo podría ser crucial, ya que existen factores como la evaporación, y el ascenso de sales que podrían incrementar el efecto, además de cambio en las condiciones climáticas que también afectan la germinación como lo determinaron Chauhan y Sing, (1987), en un experimento de campo. Utilizando datos de germinación al 70% se obtuvieron modelos de relación entre el número de días a germinación y la conductividad eléctrica y la presión

CUADRO 7 NÚMERO DE DÍAS EN QUE FINALIZÓ LA GERMINACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ

TRATAMIENTO REPETICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
S A L												
NaCl	12	14	15	19	20	17	20	17	25	25	25	25
CaCl ₂ ·2H ₂ O	13	13	15	13	18	16	18	16	18	25	20	20
MgCl ₂ ·6H ₂ O	16	13	17	16	17	25	18	17	17	25	20	25
MgSO ₄ ·7H ₂ O	11	9	16	11	16	16	16	17	18	20	17	25
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	13	11	15	16	17	20	16	17	18	25	18	17
NaHCO ₃	13	8	18	16	16	25	20	25	20	-	-	18
Mezclan												
Clorhídrica	10	16	15	17	17	18	17	20	18	25	-	25
Sulfúrica clorhídrica	14	20	14	16	18	17	18	16	17	20	25	25
Clorhídrica sulfúrica	9	14	15	20	25	25	22	18	25	25	19	25
Sulfúrica	9	9	20	17	17	16	17	18	25	16	20	25
Sulfúrica sódica	9	12	16	15	20	20	25	16	25	25	16	17

CUADRO 3. MODELOS QUE RELACIONAN EL NUMERO DE DIAS AL 70% DE GERMINACION CON P.O. Y C.E. (PRESION OSMOTICA Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA) EN LAS DIFERENTES SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE MAIZ

S A L	MODELO	R ²	C.V. (%)
NaCl	ND = 9.95 + 0.63 P.O.	0.72	15.73
	ND = 9.66 + 0.29 C.E.	0.73	15.50
CaCl ₂ · 2H ₂ O	ND = 10.45 + 0.59 P.O.	0.83	8.68
	ND = 10.24 + 0.20 C.E.	0.84	8.45
MgCl ₂ · 6H ₂ O	ND = 9.84 + 0.73 P.O.	0.77	12.78
	ND = 9.61 + 0.25 C.E.	0.80	11.89
MgSO ₄ · 7H ₂ O	ND = 8.00 + 1.02 P.O.	0.81	13.18
	ND = 7.49 + 0.35 C.E.	0.85	11.76
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	ND = 9.17 + 0.79 P.O.	0.62	18.74
	ND = 8.77 + 0.30 C.E.	0.64	18.36
NaHCO ₃	ND = 9.07 + 0.99 P.O.	0.75	22.56
	ND = 8.64 + 0.62 C.E.	0.77	21.62
Mezclas			
Clorhídrica	ND = 10.21 + 0.48 P.O.	0.78	11.95
	ND = 9.71 + 0.22 C.E.	0.82	10.52
Sulfática clorhídrica	ND = 9.54 + 0.61 P.O.	0.77	13.52
	ND = 9.55 + 0.75 C.E.	0.75	14.04
Clorhídrica sulfática	ND = 9.70 + 0.60 P.O.	0.75	14.36
	ND = 9.30 + 0.28 C.E.	0.76	13.86
Sulfática	ND = 9.50 + 0.60 P.O.	0.79	11.49
	ND = 9.17 + 0.26 C.E.	0.81	10.80
Sulfática sódica	ND = 10.58 + 0.58 P.O.	0.58	17.93
	ND = 10.02 + 0.27 C.E.	0.58	17.78

osmótica (Cuadro 8), encontrándose que aún con la poca diferencia de porcentaje de disminución se pueden obtener modelos para la cuantificación de que a medida que aumenta la salinidad, también lo hace el tiempo de germinación y que difiere de acuerdo al tipo de sales presente en la solución. Es necesario considerar el clima ya que en este experimento, las temperaturas fueron bajas (Cuadro 43a del apéndice), que difieren de las reportadas por Ramírez, (1988), Barquie, (1990) y Ramírez y Ortega, (1990), por esto la necesidad de medir la temperatura y si es posible utilizar sitios donde las variaciones de temperatura no sean amplias, tomando en cuenta las condiciones necesarias para la germinación.

5.1.2 Respuesta del cultivo de frijol a niveles de salinidad.

En este cultivo se incrementaron los niveles de salinidad por la tolerancia mostrada en el experimento de Ramírez, (1988), por lo que en el Cuadro 9 se muestran las conductividades que son el doble de las probadas por el autor ya mencionado, en el tratamiento T_5 , se aplicaron hasta 20 dS/m. En los resultados mostrados por Maas, (1986), este señala que para obtener un 50% de disminución de la germinación es necesario tener valores de 10 dS/m por lo que se supone que con el doble la disminución sería de 100%.

En los Cuadros 10 y 23a (del apéndice), se observa que en general las sales no causaron las disminuciones esperadas en la germinación a excepción del NaHCO_3 , que como en otros cultivos sus efectos son drásticos. Los datos son constantes respecto a Ramírez, (1988), donde se encuentra la tolerancia mayor en la germinación que en la producción, pero difieren de Aceves, (1979) que señala tolerancias similares en las dos etapas, en cambio Maas, (1986), considera el aumento de tolerancia en la germinación, por lo que es necesario, para los próximos experimentos reestructurar los niveles en los tratamientos, exceptuando a la sal NaHCO_3 .

Los resultados del análisis de varianza y de la prueba de medias (Cuadros 24a y 25a del apéndice), avalan las conclusiones obtenidas en el párrafo anterior, acerca de los niveles y del tipo de sales utilizados en este experimento.

CUADRO 9 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE FRIJOL.

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.02	5.0	7.0	9.5	14.2	18.7
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.02	5.3	7.3	9.4	13.6	17.5
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.02	5.2	7.6	9.6	14.5	19.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.02	5.5	7.6	9.5	13.7	17.5
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0.02	5.5	8.6	10.0	13.9	18.5
NaHCO ₃	0.02	4.7	6.8	8.7	12.6	16.2
Mezclas						
Clorhídrica	0.02	5.7	8.4	10.8	16.0	20.5
Sulfática clorhídrica	0.02	5.6	8.2	10.6	15.3	20.2
Clorhídrica sulfática	0.02	5.6	8.2	10.2	14.9	18.9
Sulfática	0.02	5.5	7.7	9.2	14.6	18.5
Sulfática sódica	0.02	5.4	7.0	9.4	13.6	17.0

CUADRO 10 DISTRIBUCION RELATIVA (%) EN PROMEDIO EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA FRIJOL.

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	\bar{x}
S A L							
NaCl	0	0	0	0	5	57	10
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0	0	0	0	0	5	.8
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0	0	10	10	10	80	18
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0	10	5	5	15	25	10
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0	0	0	0	20	50	11
NaHCO ₃	0	5	35	85	100	100	54
Mezclas							
Clorhídrica	0	0	5	10	10	20	7
Sulfática clorhídrica	0	5	0	0	5	0	1
Clorhídrica sulfática	0	0	5	0	0	11	2
Sulfática	0	5	10	15	10	25	10
Sulfática sódica	0	5	0	5	20	10	6
\bar{x}	0	2	6	11	17	34	

Los días a germinación en cada tratamiento, muestran que existe una diversidad en la respuesta a los tratamientos sin mostrar alguna tendencia con el nivel o tipo de sales, por lo que en el caso de los modelos (Cuadro 11), que relaciona estas variables, el coeficiente de regresión (R^2) es bajo en la mayoría, lo cual señala la poca relación de las variables consideradas. En este cultivo es necesario cambiar los niveles y estudiar en forma particular el NaHCO_3 , en el caso de nuevos valores de conductividad es probable como se dijo en el cultivo anterior ajustar funciones para extrapolar y analizar la respuesta en todo el rango de variación (Cuadro 12).

5.1.5. - Respuesta del cultivo de alfalfa a niveles de salinidad.

En la preparación de los tratamientos en forma cuantitativa y calitativa se siguió el mismo procedimiento para todos los cultivos, por lo que los datos ó variación de pH de las soluciones es igual para todos los cultivos. En los Cuadros del 26a al 30a del apéndice, se encuentran estos datos que van de 5.8 a 8.2 (como en el caso del maíz).

Los niveles de conductividad eléctrica reales para los tratamientos a que fueron sometidas las semillas, se encuentran en el Cuadro 13 estos valores son entre 0.02 y 15.0 dS/m, los cuales fueron escogidos en función de los resultados de Ramírez.(1988).

En el análisis de los resultados de disminución de la germinación a partir del Cuadro 14 se observa que aún cuando se disminuyó el valor de los niveles de salinidad con respecto a los de Ramírez, (1988), las sales MgCl_2 , MgSO_4 y NaHCO_3 fueron las que más afectaron a este cultivo, pero la sal Na_2SO_4 difiere de los resultados esperados, ya que no disminuyó la germinación en el porcentaje que se esperaba. En cuanto a las mezclas, estas presentaron bajas disminuciones en todos los casos, esto se debe probablemente a la disminución de los niveles de salinidad, por lo consiguiente la respuesta no fue la esperada, dichos resultados pueden deberse también a las bajas temperaturas, factor que no se ha considerado como importante o como una variable controlable para saber la forma en que influye en la respuesta a la salinidad.

CUADRO 11 NÚMERO DE DÍAS EN QUE FINALIZÓ LA GERMINACIÓN EN EL CULTIVO DE FRIJOL.

TRATAMIENTO REPETICION S A L	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11
NaCl	16	26	16	22	26	20	15	15	0	26	15	18
CaCl ₂ ·7H ₂ O	14	15	16	15	6	26	16	19	26	15	16	26
HgCl ₂ ·6H ₂ O	16	26	16	15	26	26	26	20	26	26	26	-
HgSO ₄ ·7H ₂ O	15	26	21	15	20	15	15	26	26	19	20	26
Hn ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	20	26	15	16	16	15	21	26	20	16	21	26
NaHCO ₃	26	26	20	20	26	16	15	-	-	-	-	-
Mezclaa												
Clorhidrico	15	15	21	15	15	16	19	26	26	26	26	16
Sulfatica clorhidrico	15	15	15	16	26	26	26	26	26	26	26	16
Clorhidrico sulfatica	13	16	19	15	26	17	16	15	20	26	26	26
Sulfatica	26	15	22	26	20	26	16	22	17	16	16	16
Sulfatica sodica	16	20	15	16	26	16	26	16	21	22	20	26

CUADRO 12 MODELOS QUE RELACIONAN EL NUMERO DE DIAS AL 70% DE GERMINACION CON P.O. Y C.E. (PRESION OSMOTICA Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA) EN LAS DIFERENTES SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE FRIJOL

S A L	MODELO	R ²	C.V. (%)
NaCl	ND = 13.23 + 0.60 P.O.	0.14	20.19
	ND = 13.15 + 0.27 C.E.	0.14	20.21
CaCl ₂ ·2H ₂ O	ND = 11.90 + 0.95 P.O.	0.59	9.85
	ND = 11.71 + 0.28 C.E.	0.59	9.84
MgCl ₂ ·6H ₂ O	ND = 11.80 + 1.67 P.O.	0.41	19.58
	ND = 12.02 + 0.49 C.E.	0.43	19.50
MgSO ₄ ·7H ₂ O	ND = 14.47 + 1.05 P.O.	0.17	20.20
	ND = 14.51 + 0.28 C.E.	0.18	20.07
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	ND = 12.95 + 1.22 P.O.	0.36	17.17
	ND = 13.00 + 0.35 C.E.	0.37	17.10
Mezclas			
Clorhídrica	ND = 13.34 + 1.00 P.O.	0.44	19.28
	ND = 13.00 + 0.40 C.E.	0.43	19.41
Sulfática clorhídrica	ND = 12.76 + 0.88 P.O.	0.49	15.92
	ND = 12.52 + 0.35 C.E.	0.49	15.93
Clorhídrica sulfática	ND = 12.44 + 1.14 P.O.	0.53	17.46
	ND = 11.82 + 0.46 C.E.	0.54	17.34
Sulfática	ND = 15.19 + 0.37 P.O.	0.37	25.65
	ND = 14.49 + 0.19 C.E.	0.08	25.05
Sulfática sódica	ND = 14.84 + 0.18 P.O.	0.24	4.83
	ND = 14.73 + 0.07 C.E.	0.29	4.66

CUADRO 13 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE ALEALEA.

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.02	1.4	2.7	5.0	9.5	14.2
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.02	1.5	2.7	5.3	9.4	13.6
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.02	1.6	2.8	5.2	9.6	14.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.02	1.7	3.2	5.5	9.5	13.7
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0.02	1.8	3.1	5.5	10.0	13.9
NaHCO ₃	0.02	1.5	2.6	4.7	8.7	12.6
Mezclas						
Clorhídrica	0.02	1.7	3.2	5.7	10.8	13.5
Sulfática clorhídrica	0.02	1.8	3.1	5.6	10.6	15.3
Clorhídrica sulfática	0.02	1.7	3.1	5.6	10.2	14.9
Sulfática	0.02	1.9	3.2	5.5	9.2	14.6
Sulfática sódica	0.02	1.5	2.5	5.4	9.4	13.6

CUADRO 14 DISMINUCION RELATIVA (%) EN PROMEDIO EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA ALFALFA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	\bar{x}
S A L							
NaCl	0	0	20	30.5	61	37	24.7
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0	0	14.5	8.5	3	19.5	7.5
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0	72	65	87.5	85	100	68.2
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0	63.5	94.5	76.5	100	100	72.4
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0	0	28	0	64	85	29.5
NaHCO ₃	0	21.5	52	100	100	83.5	59.5
Mezclas							
Clorhídrica	0	6	9	21	21	24	13.5
Sulfática clorhídrica	0	21	0	3	35.5	50.5	18.3
Clorhídrica sulfática	0	9	15	26.5	18	87.5	26
Sulfática	0	45	37.5	36.5	60	73.5	42
Sulfática sódica	0	27.5	61.5	74.5	68	82	52.2
\bar{x}	0	24.1	36	42.2	57.0	67.5	

En la mayoría de los niveles los datos respondieron a valores de conductividad como los mencionados por Maas, (1986), presentandose un efecto moderado con respecto a las sales aún a niveles de salinidad bajos. En este caso es importante mencionar que Allen, et al, (1986), señalan la necesidad de probar las salinidades que se encuentran en las zonas geográficas de donde se quiere seleccionar cultivos tolerantes a las sales. En la investigación de Smith y Dobrenz, (1987), se denota la importancia de la edad de la semilla para obtener resultados confiables.

En el Cuadro 31 del apéndice se encuentran los resultados por repetición así como el análisis de varianza (Cuadro 32a), donde se muestra la significancia estadística de las variables, con excepción de las repeticiones. En el caso de la prueba de medias se muestran los tipos de sales con mayor efecto así como los niveles, lo cual apoya la descripción anteriormente realizada. Los días a la germinación se presentan en el Cuadro 15, en donde se observa que no existe una definición sobre el efecto del nivel sobre los días a germinación ya que hay una mezcla en los días, al igual que los modelos presentados en el cuadro 16 donde el parámetro estadístico es bajo (R^2), lo que define que los valores presentan poca o nula relación.

En este cultivo hay un efecto sostenido de ciertas sales aún a bajos niveles, pero en otros la respuesta es contradictoria, por lo que se requiere estudiar más a fondo los factores que tienen influencia para obtener resultados que puedan ser utilizados en forma extensiva. Para encontrar si existen otros elementos además del osmótico en las sales, podrían diseñarse los tratamientos en potencial osmótico (Ψ_p), así los efectos solo serán para otros factores, ya que la misma conductividad en cada sal podría generar valores de potencial osmótico (Ψ_p) diferentes, como se muestra en un apartado adelante.

5.1.4 - Respuesta del cultivo de cebada a niveles de salinidad.

Los niveles de salinidad a los que se sometió el cultivo en los dife-

CUADRO 16 MODELOS QUE RELACIONAN EL NUMERO DE DIAS AL 70% DE GERMINACION CON P.O. Y C.E. (PRESTON OSMOTICA Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA) EN LAS DIFERENTES SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE ALEALFA

S A L	MODELO	R ²	C.V. (%)
CaCl ₂ · 2H ₂ O	ND = 6.63 + 3.45 P.O.	0.59	28.18
	ND = 7.53 + 0.89 C.E.	0.63	26.49
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	ND = 5.55 + 1.64 P.O.	0.71	28.95
	ND = 5.01 + 0.64 C.E.	0.70	29.32
Clorhídrica	ND = 15.13 + 0.04 P.O.	0.0003	31.35
	ND = 15.13 + 0.01 C.E.	0.0004	31.35

rentes tratamientos del experimento (Cuadro 17), muestra poca variación con respecto a los probados por Ramírez, (1988), que presentaron valores más elevados, estos valores de conductividad corresponden aproximadamente a los mencionados por Maas, (1986), para los niveles de disminución que se están buscando.

En el análisis del Cuadro 18, se muestran las disminuciones relativas así como el cuadro 34a del apéndice, en el cual están los valores considerando las repeticiones, se observa en éste, que sólo presentaron disminuciones dos sales con respecto a los datos de Maas, (1986), las cuales son NaHCO_3 y MgCl_2 , en todos los demás valores las disminuciones fueron bajas éstas similares a los resultados obtenidos por Ramírez, (1988), en donde las sales presentaron disminuciones parecidas. En el Cuadro 35a del apéndice, se encuentran los análisis de varianza y prueba de medias donde se observa la significancia de las variables probadas, en donde se constata el efecto que tienen las sales de NaHCO_3 y MgCl_2 sobre la germinación a diferencia de las demás sales, así como la poca diferencia en promedio para los niveles de salinidad. En este cultivo es necesario incrementar los niveles de salinidad excepto en las ya mencionadas, para estudiar todo el rango de respuesta a la salinidad (Cuadro 36a).

En las investigaciones de Bliss, et al, (1986), sobre mecanismos de tolerancia a las sales, éstos señalan la poca respuesta de esta semilla a iguales potenciales osmóticos similares, mostrando algunos resultados sobre el contenido de calcio en las variedades probadas. En base a lo anterior los tratamientos podrían disminuirse en base al potencial osmótico (ψ_p) para estudiar algunas variables que pueden influir en el efecto como podría ser la absorción de sales.

En los datos que se presentaron sobre los días a germinación final en los tratamientos, (Cuadro 19), se presenta un caso que difiere de los cultivos ya analizados, es decir que los días a germinación muestran una amplia variación, desde siete a veintisiete días, por lo que aún cuando no se afectó la germinación en general sí existe un atraso en los días necesi

CUADRO 17 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (dS/m) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE CEBADA.

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A I.						
NaCl	0.02	12.0	23.2	29.0	33.5	39.2
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.02	11.8	22.0	26.5	33.0	38.0
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.02	11.2	23.5	29.0	33.0	39.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.02	11.5	20.5	24.0	27.0	31.0
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0.02	11.9	21.5	26.0	30.0	33.0
NaHCO ₃	0.02	10.8	19.5	23.0	27.0	31.0
Mezclas						
Clorhídrica	0.02	13.5	24.5	31.5	37.0	41.3
Sulfática clorhídrica	0.02	13.0	24.5	30.5	35.8	41.8
Clorhídrica sulfática	0.02	12.8	23.6	28.7	32.0	39.0
Sulfática	0.02	12.0	21.5	26.0	29.5	35.0
Sulfática sódica	0.02	11.0	20.5	25.0	28.5	32.5

CUADRO 18 DISMINUCION RELATIVA (Z) EN PROMEDIO EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA CEBADA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	\bar{x}
S A L							
NaCl	0	5	10	7.5	25	37.5	9.1
CaCl ₂ .2H ₂ O	0	2.5	8	5.5	30.5	29	12.5
MgCl ₂ .6H ₂ O	0	40.5	43.5	77.5	87.5	100	58.1
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	5	10	37	16	31.5	11.5
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	0	8	20	28	14.5	11.7
NaHCO ₃	0	42.5	89	100	100	100	71.9
Mezclas							
Clorhídrica	0	0	15.5	30.5	41.5	51	23
Sulfática clorhídrica	0	3	3	0	6	54	11.0
Clorhídrica sulfática	0	3	8.5	20	3	28.5	10.5
Sulfática	0	12.5	17.5	21	13.5	12.5	12.8
Sulfática sódica	0	5	15.0	42.5	10	64.5	22.8
\bar{x}	0	10.8	20.7	32.8	32.8	42.5	

CUADRO 19 NÚMERO DE DÍAS EN QUE FINALIZO LA GERMINACION EN EL CULTIVO DE CEBADA

TRATAMIENTO REPETICION S A E.	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
NaCl	8	20	8	20	15	27	27	27	27	27	17	21
CaCl ₂ ·2H ₂ O	27	27	27	15	27	27	16	27	27	27	27	27
MgCl ₂ ·6H ₂ O	14	9	27	27	27	27	27	16	-	27	-	-
HgSO ₄ ·7H ₂ O	7	27	27	27	27	27	27	27	27	18	27	27
NH ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	7	15	14	15	27	27	27	27	27	27	27	27
NaHCO ₃	27	15	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-
Mezclas												
Clorhidrico	8	12	8	10	16	27	20	27	27	27	27	27
Sulfatico clorhidrico	12	16	9	27	27	27	19	27	27	27	27	27
Clorhidrico sulfatico	9	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Sulfatico	7	16	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Sulfatico sodico	11	27	27	27	27	7	27	27	27	27	27	25

rios para la germinación, comparados con los datos mostrados por Ramírez, (1988), esto podría deberse a las temperaturas que se presentaron en el momento de realizarse el experimento, ya que fueron bajas, también este factor podría producir diferencias en la respuesta. En el Cuadro 20, se muestran los modelos para predecir los días a germinación al 70% en este cultivo, en función de la conductividad eléctrica y la presión osmótica, mostrando la variación en los días a germinación ya mencionados.

Este factor de días a germinación es necesario investigarlo con más detalle, ya que es importante sobre todo bajo condiciones de campo. Chauhan y Singh, (1987).

5.1.5 - Respuesta del cultivo de avena a niveles de salinidad.

Los niveles de salinidad en este trabajo aumentaron (Cuadro 21), en base a lo que se ha venido señalando a lo largo de este análisis, en donde se encontró que se presentaron pocas diferencias, en el caso de la investigación mencionada su nivel T_3 fue de 20.0 dS/m, y menos en la mayoría; sin embargo, en el análisis de los resultados de las disminuciones de la germinación, de acuerdo a los tratamientos (Cuadros 22 y 37a del apéndice) se muestra que en la mayoría de las sales no fueron lo suficientemente altos los niveles como para disminuir la germinación en forma significativa, con excepción de NaHCO_3 , en la cual sí hubo una disminución significativa.

En los resultados de los Cuadros 38a 39a del apéndice, se muestran el análisis de variancia y la prueba de medias, en las cuales se observa, lo que se ha señalado acerca de los niveles, en los cuales no hay diferencia entre ellos y en el caso de sales la predominancia del NaHCO_3 en su efecto sobre el cultivo. En el caso de los días a germinación (Cuadro 23), se presenta poca definición respecto al efecto que tienen las sales y niveles probados sobre los días a germinación. En los modelos de germinación con respecto a los valores de conductividad eléctrica y presión osmótica, se tiene que los días a germinación de la ordenada al origen son altos, esto se explica con las temperaturas (Cuadro 43a del apéndice).

CUADRO 20 MODELOS QUE RELACIONAN EL NUMERO DE DIAS AL 70% DE GERMINACION CON P.O. Y C.E. (PRESION OSMOTICA Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA) EN LAS DIFERENTES SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE CERADA

S A L	MODELO	R ²	C.V. (%)
NaCl	ND = 4.49 + 1.07 P.O.	0.82	22.15
	ND = 4.15 + 0.48 C.E.	0.80	23.04
CaCl ₂ · 2H ₂ O	ND = 5.06 + 1.12 P.O.	0.58	36.49
	ND = 4.59 + 0.39 C.E.	0.60	35.81
MgSO ₄ · 7H ₂ O	ND = 10.96 + 1.43 P.O.	0.59	36.73
	ND = 10.29 + 0.49 C.E.	0.42	35.64
Mezclas			
Clorhídrica	ND = 4.90 + 1.20 P.O.	0.76	30.07
	ND = 4.22 + 0.54 C.E.	0.75	31.78
Sulfático clorhídrica	ND = 5.09 + 1.23 P.O.	0.61	36.36
	ND = 5.12 + 0.99 C.E.	0.62	35.73
Clorhídrica sulfática	ND = 5.68 + 1.04 P.O.	0.76	24.11
	ND = 5.29 + 0.46 C.E.	0.73	25.39
Sulfática	ND = 13.61 + 0.79 P.O.	0.31	33.11
	ND = 13.08 + 0.34 C.E.	0.33	32.65
Sulfática sódica	ND = 8.13 + 1.40 P.O.	0.67	31.72
	ND = 7.83 + 0.60 C.E.	0.61	34.50

CUADRO 21 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (dS/m) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE AVENA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.02	5.0	9.5	14.2	18.7	23.2
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.02	5.3	9.4	13.6	17.5	22.0
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.02	5.2	9.6	14.5	19.0	23.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.02	5.5	9.7	13.7	17.5	20.5
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0.02	5.5	10.0	13.9	18.5	21.5
NaHCO ₃	0.02	4.7	8.7	12.6	16.2	19.5
Mezclas						
Clorhídrica	0.02	5.7	10.8	16.0	20.5	24.5
Sulfática clorhídrica	0.02	5.6	10.6	15.3	20.2	24.5
Clorhídrica sulfática	0.02	5.6	10.2	14.9	18.9	23.6
Sulfática	0.02	5.5	9.2	14.6	17.5	21.5
Sulfática sódica	0.02	5.4	9.4	13.6	17.0	20.5

CUADRO 22 DISMINUCION RELATIVA (\bar{x}) EN PROMEDIO EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA AVENA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	\bar{x}
S A L							
NaCl	0	8	2.5	2.5	0	17.5	5.0
CnCl ₂ ·2H ₂ O	0	0	8.5	2.5	0	2.5	2.2
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0	0	30	10.5	2.5	37	13.3
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0	0	3	28	26	15.5	12.0
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0	12.5	17.5	12.5	2.5	7.5	8.7
NaHCO ₃	0	10	7.5	64.5	79.5	95	42.7
Mezclas							
Clorhídrica	0	0	0	0	0	3	0.5
Sulfática clorhídrica	0	3	6	5.5	3	8.5	4.3
Clorhídrica sulfática	0	0	5	50	5	10	11.6
Sulfática	0	10	7.5	17.5	10	15	10.0
Sulfática sódica	0	2.5	5	10.5	31	5	9.0
\bar{x}	0	4.1	8.4	18.5	14.5	19.6	

En estos modelos se observa que no existe el de bicarbonato de sodio, ya que en varios niveles no alcanzó a germinar el 70% de las semillas, parámetro que se tomó como límite, en algunos de éstos los valores de los e_g eficientes son bajos, como resultado de la poca diferencia entre tratamientos. En este cultivo es necesario nuevamente aumentar los niveles de variación de los tratamientos aún más, esto podría realizarse ajustando los datos a funciones y extrapolar los resultados para saber hasta que niveles probar (Aranguéz y Royo, 1987) (Cuadro 29).

5.1.6 - Respuesta del cultivo de trigo a niveles de salinidad.

En este cultivo se incrementaron los valores de conductividad con respecto a los probados por Ramírez, (1988); los valores en el T_2 , (Cuadro 25) varían desde 28 a 33 dS/m. De acuerdo con Aceves, (1979), para obtener una disminución del 50%, el valor de la concentración debe ser entre 20 dS/m, que coincide con los datos de Mias, (1986), que señala un valor de 14 a 16 dS/m; en base a lo anterior se deduce que con los niveles probados se tendrían disminuciones hasta del 100% en la mayoría de los tratamientos.

Al realizar el análisis del Cuadro 26, de las disminuciones de germinación promedio, calculadas a partir de dos repeticiones (Cuadro 40a del apéndice); se observa que las disminuciones en general fueron las esperadas, aún cuando la intensidad está en función del tipo de sales, las que produjeron las mayores disminuciones fueron NaHCO_3 , MgCl_2 y MgSO_4 y las demás presentaron una respuesta diferencial pero menor, como se observa en el Cuadro 41a del apéndice, que muestra la prueba de medias, las diferencias estadísticas en los grupos de sales y niveles, en donde se prueba que estos niveles permitieron estudiar el rango de respuesta del cultivo.

En el cuadro 42a del apéndice se encuentra el análisis de varianza, mostrando que existió diferencia significativa entre las variables probadas excepto para bloques. Los resultados presentan concordancia con lo encontrado por Ramírez, (1988), aún cuando sus niveles explorados son menores. En este cultivo existe una tolerancia a los tipos de sales, más marca

CUADRO 24 MODELOS QUE RELACIONAN EL NÚMERO DE DÍAS AL 70% DE GERMINACION CON P.O. Y C.E. (PRESIÓN OSMÓTICA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA) EN LAS DIFERENTES SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE AVENA

S A L	MODELO	R ²	C.V. (%)
NaCl	ND = 9.65 + 0.96 P.O.	0.49	24.35
	ND = 9.38 + 0.41 C.E.	0.59	24.14
CaCl ₂ · 2H ₂ O	ND = 8.50 + 0.66 P.O.	0.59	23.98
	ND = 8.26 + 0.21 C.E.	0.51	23.80
MgCl ₂ · 6H ₂ O	ND = 8.18 + 1.34 P.O.	0.98	3.70
	ND = 8.28 + 0.41 C.E.	0.97	3.87
MgSO ₄ · 7H ₂ O	ND = 7.20 + 2.28 P.O.	0.71	22.99
	ND = 7.18 + 0.62 C.E.	0.73	22.31
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	ND = 8.16 + 1.68 P.O.	0.78	16.13
	ND = 8.25 + 0.51 C.E.	0.69	19.19
Mezclas			
Clorhídrica	ND = 7.93 + 0.85 P.O.	0.48	27.35
	ND = 7.56 + 0.36 C.E.	0.49	27.13
Sulfática clorhídrica	ND = 7.22 + 1.01 P.O.	0.65	23.03
	ND = 6.89 + 0.42 C.E.	0.64	23.45
Clorhídrica sulfática	ND = 9.70 + 0.60 P.O.	0.75	14.36
	ND = 9.50 + 0.28 C.E.	0.70	13.86
Sulfática	ND = 9.95 + 1.57 P.O.	0.47	31.72
	ND = 8.54 + 0.66 C.E.	0.55	29.35
Sulfática sódica	ND = 11.69 + 1.34 P.O.	0.45	28.52
	ND = 10.78 + 0.58 C.E.	0.48	27.35

CUADRO 25 OSMOTIVIDAD ELÉCTRICA (OSZ_m) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE TRUFO

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.02	7.0	15.3	17.2	23.2	33.5
CaCl ₂ . 2H ₂ O	0.02	7.5	15.0	18.5	22.0	33.0
MgCl ₂ . 6H ₂ O	0.02	7.6	15.5	20.0	23.5	33.0
MgSO ₄ . 7H ₂ O	0.02	7.6	14.6	17.5	20.5	27.0
Na ₂ SO ₄ . 10H ₂ O	0.02	8.6	14.0	18.0	21.5	30.0
NaHCO ₃	0.02	6.8	13.6	17.0	19.5	27.0
Mezclas						
Clorhídrica	0.02	8.4	17.3	22.0	24.5	37.0
Sulfúrica clorhídrica	0.02	8.2	16.5	21.0	24.5	35.8
Clorhídrica sulfúrica	0.02	8.2	16.3	20.5	23.6	32.0
Sulfúrica	0.02	7.7	14.9	24.3	21.5	29.5
Sulfúrica sódica	0.02	7.0	14.4	18.0	20.5	28.5

CUADRO 26 DISMINUCION RELATIVA (%) EN PROMEDIO EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA TRIGO

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	\bar{x}
S A L							
NaCl	0	9	17	22	55	99.5	33.7
CaCl ₂ .2H ₂ O	0	10.5	17	12.5	17.5	40.5	16.3
MgCl ₂ .6H ₂ O	0	16	91	96.5	100	100	67.2
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	11	66.5	87.5	79.5	97.5	57.0
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	3	17	41	43.5	89.5	32.3
NaHCO ₃	0	79	88	100	100	100	77.8
Mezclas							
Clorhídrica	0	2.5	17.5	2.5	35.5	83	23.2
Sulfática clorhídrica	0	5.5	5.5	44.5	13	56.5	20.8
Clorhídrica sulfática	0	8.5	14.5	47.5	31	91	32.0
Sulfática	0	11.5	30	54.5	98.5	100	55.7
Sulfática sódica	0	17	39.5	67.5	100	100	54.0
\bar{x}	0	15.7	36.6	56.0	61.2	87	

do que en los otros cultivos. Se presenta al igual que en lo ya mencionados y analizados cultivos, que la sal de NaHCO_3 , como una de las que produjeron mayor disminución de la germinación, así como el MgCl_2 y Na_2SO_4 , además en forma general las mezclas son menos tóxicas que las sales puras.

En la respuesta a los días a germinación total para las diferentes sales y niveles, así como sus repeticiones (Cuadro 27), se tiene que este cultivo muestra una gran heterogeneidad en las sales, aunque con respecto a niveles, a medida que se aumentan estos, aumenta el número de días a germinación sin importar el tipo de sales. Los modelos de relación de días a germinación y la conductividad eléctrica así como la presión osmótica, Cuadro 28, se corrobora lo descrito anteriormente, aquí sólo se presentan, los modelos para tratamientos que alcanzan valores de germinación mayores o iguales al 70% de la germinación absoluta. En esto se puede observar lo mismo que en otros cultivos donde los días a germinación se alargaron con respecto a Ramírez, (1988), que utilizó las mismas variedades pero en condiciones climáticas más favorables para la germinación.

En un análisis global de los resultados, se observa que existen en la mayoría de los cultivos una respuesta diferencial al tipo de sales, destacando el bicarbonato de sodio como una de las más tóxicas, respecto a lo anterior es importante definir que en este trabajo se consideran las sales así como las mezclas, con sus características sin estudiar éstas, como lo sería el pH. Sin embargo se realizó un análisis de regresión entre las disminuciones entre todas las sales con respecto al pH y la conductividad eléctrica de la solución. Los modelos lineales se encuentran en el Cuadro 44a del apéndice, observándose que se presentó un bajo ajuste de la función probada, esto por los coeficientes de regresión (R^2) y los coeficientes de variación. Cuando se analizan los coeficientes de los valores probados, se observa que el factor pH es importante por explicar el resultado en la disminución de la germinación, pero que varía la respuesta dependiendo del cultivo, así mismo el coeficiente de la conductividad eléctrica. Esto implica que la respuesta de pH que está determinada por el tipo del cultivo que se está probando.

CUADRO 27 NUMERO DE DIAS EN QUE FINALIZO LA GERMINACION EN EL CULTIVO DE TRIGO

TRATAMIENTO REPETICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
S A L												
NaCl	22	28	20	15	28	28	28	28	27	28	28	-
CaCl ₂ · 2H ₂ O	15	28	15	28	15	20	22	25	28	26	28	28
HgCl ₂ · 6H ₂ O	28	28	28	28	16	25	28	28	-	-	-	-
H ₂ SO ₄ · 7H ₂ O	15	23	28	28	28	28	28	28	28	28	-	25
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	16	25	28	24	28	20	27	28	28	28	28	28
NaHCO ₃	20	21	25	26	27	24	-	-	-	-	-	-
Mezclas												
Clorhidrico	28	22	20	22	28	26	28	28	28	28	16	28
Sulfatico clorhidrico	15	22	25	26	20	28	26	28	28	28	16	28
Clorhidrico sulfatico	16	28	25	21	28	28	28	28	28	23	28	28
Sulfatico	19	26	16	28	28	28	18	28	28	-	-	-
Sulfatico sodico	14	20	28	28	28	28	28	28	-	-	-	-

CUADRO 28 MODELOS QUE RELACIONAN EL NUMERO DE DIAS AL 70% DE GERMINACION CON P.O. Y C.E. (PRESION OSMOTICA Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA) EN LAS DIFERENTES SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE TRIGO

S A L	MODELO	R ²	C.V. (1)
NaCl	ND = 8.14 + 2.18 P.O.	0.92	13.65
	ND = 7.97 + 0.89 C.E.	0.90	15.95
CaCl ₂ .2H ₂ O	ND = 8.99 + 1.83 P.O.	0.75	20.09
	ND = 9.05 + 0.55 C.E.	0.67	23.16
Mezclas			
Sulfática clorhídrica	ND = 14.66 + 0.61 P.O.	0.28	22.78
	ND = 14.50 + 0.25 C.E.	0.27	22.98
Clorhídrica sulfática	ND = 14.90 + 0.91 P.O.	0.55	18.07
	ND = 14.09 + 0.41 C.E.	0.63	16.47

5.2. - Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales de la solución.

La medición de la conductividad eléctrica de una solución como una estimación de la concentración, fue propuesta por Whitney y Means en 1897 y Briggs en 1899, cuya determinación es rápida y fácil, además requiere de un puente o conductímetro, lo que hace barata la determinación. (Richards, 1982). Sin embargo estas relaciones entre la conductividad varían de acuerdo a la sal predominante en la solución. En este trabajo se utilizaron las relaciones encontradas por Ramírez, (1988), para calcular las ppm de la solución, así como los meq/L, para los niveles escogidos de los tratamientos, aún cuando una vez calculados los valores y preparadas las soluciones se leyeron los valores de conductividad eléctrica, presión osmótica y se calculó los meq/L.

A partir de los datos medidos se utilizó el paquete estadístico SAS que existe en el área de computación del Centro de Hidrociencias para obtener las relaciones entre la conductividad eléctrica y ppm, presión osmótica y meq/L.

El modelo empleado fue el de "sin ordenada al origen", que permite una mejor representación del fenómeno; se utilizaron modelos para cada sal pura y mezclas de sales, general para cada caso y una con todos los datos obtenidos.

5.2.1. - Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales expresado en partes por millón (ppm).

En trabajos iniciales de estas líneas de investigación y con la necesidad de utilizar alguna relación para calcular las diferentes variables (ppm, 5 mg/L), se recurrió a los datos presentados por Richards, (1982), donde se señala que el factor entre ppm y conductividad eléctrica es de 640, pero las diferencias reales se mostraban altas entre tratamientos de salinidad como es el caso de Ramírez, (1988) y Rivera, (1990), presentándose así

una variable difícil de considerar en el análisis comparativo de los tratamientos. En este trabajo se utilizaron las relaciones encontradas por Ramírez, (1988), encontrándose que con éstas la mayoría de los casos, los niveles reales fueron casi siempre mayores que los teóricos, lo anterior se mostró en los resultados de Rivera, (1990), que menciona que en las mezclas que utilizó los factores de regresión resultaron menores que los utilizados en este trabajo. En el cuadro 29 se presentan las relaciones obtenidas así como sus parámetros estadísticos, considerando las sales puras se observa que al igual que en el caso de Ramírez, (1988), se sigue la misma tendencia de variación del coeficiente ya que el de mayor valor resultó ser el sulfato de magnesio y el de menor valor el cloruro de sodio, en ambos casos aún cuando en la mayoría de las relaciones los coeficientes son menores en este trabajo, lo cual concuerda con lo encontrado en los valores reales de los tratamientos. En la Figura 2, se observa la variación de las rectas de predicción en las sales puras así como una general de las sales y una de todos los datos juntos.

En el análisis de las salinidades consideradas como mezclas de sales, presentados en el Cuadro 29 se observa que los coeficientes difieren también de acuerdo con el tipo de salinidad pero conservan una tendencia constante en los trabajos de Ramírez, (1988), y Rivera, (1990). El valor mayor corresponde a la salinidad sulfática y el menor a la clorídrica, en el análisis de las tres investigaciones los menores valores corresponden a Rivera, (1990), el autor y finalmente Ramírez, (1988). En la Figura 3 se encuentra la representación de las líneas de predicción para las mezclas así como la del conjunto de datos de sales y totales.

En los resultados mostrados se puede concluir que existe una gran variación de los coeficientes de relación entre la conductividad eléctrica y las ppm de una solución de acuerdo con el tipo de sal presente, y que además las investigaciones presentadas por otros autores muestran variaciones en estos que pueden ser originados con las operaciones de manejo y de preparación de las soluciones, pero que señalan que para cada sal es mejor utilizar los coeficientes obtenidos por los autores anteriores ó bien Ramírez

CUADRO 29 MODELOS QUE RELACIONAN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($CE \times 10^3$) DE SALES EXPRESADO EN PARTES POR MILLÓN (ppm).

S A L	MODELO	R^2	C.V. (%)
NaCl	ppm = 608.85 ($CE \times 10^3$)	0.99	4.77
CaCl ₂ · 2H ₂ O	ppm = 805.82 ($CE \times 10^3$)	0.99	3.91
MgCl ₂ · 6H ₂ O	ppm = 1164.94 ($CE \times 10^3$)	0.99	4.45
MgSO ₄ · 7H ₂ O	ppm = 2913.25 ($CE \times 10^3$)	0.98	12.83
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	ppm = 1965.78 ($CE \times 10^3$)	0.99	10.71
NaHCO ₃	ppm = 1343.46 ($CE \times 10^3$)	0.99	8.83
General de sales puras	ppm = 1393.02 ($CE \times 10^3$)	0.76	65.96
Clorhídrica	ppm = 767.49 ($CE \times 10^3$)	0.99	5.65
Sulfática clorhídrica	ppm = 882.09 ($CE \times 10^3$)	0.99	4.00
Clorhídrica sulfática	ppm = 1282.79 ($CE \times 10^3$)	0.99	7.39
Sulfática	ppm = 2041.05 ($CE \times 10^3$)	0.98	14.30
Sulfática sódica	ppm = 1417.54 ($CE \times 10^3$)	0.99	9.12
General de mezclas	ppm = 1249.81 ($CE \times 10^3$)	0.89	42.21
General total	ppm = 1317.40 ($CE \times 10^3$)	0.81	52.29

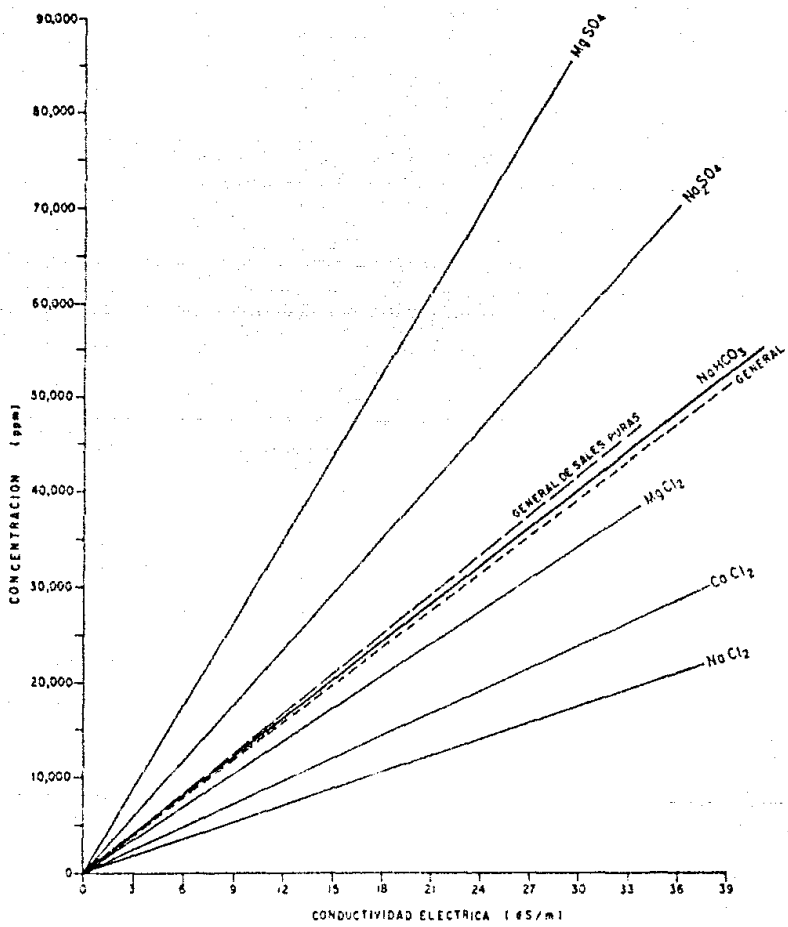


Figura 2: Relaciones entre la conductividad eléctrica (dS/m), y las partes por millón de las soluciones de sales puras.

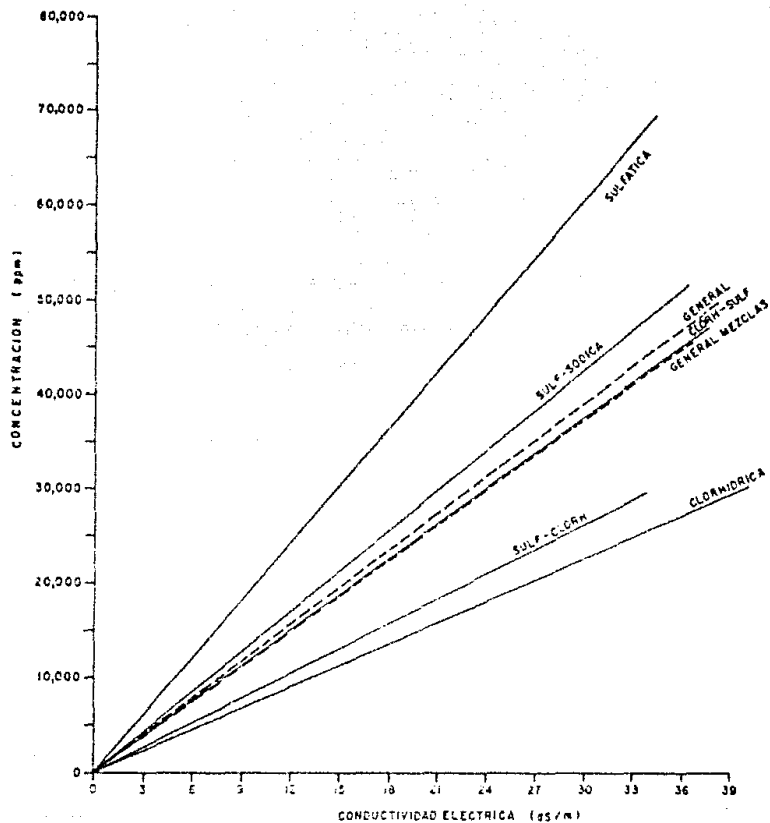


Figura 1 Relaciones entre la conductividad eléctrica (ds/m), y las partes por millón de las soluciones de mezclas de sales

ra, (1990), que podría bajar al nivel teórico ya que con los datos de Ramírez, (1988), resultaron mayores, pero la mayor variación presente cuando cuando el valor que se uso es el de 610, reportado por Richards, (1982).

5.2.2. - Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales expresado en meq/l.

En el caso de esta variable de relación, el dato reportado por Richards (1982), es de 10, en los resultados de los modelos en las sales puras Cuadro 30, se observa que hay una variación en el coeficiente, esto era de esperarse, ya que en este caso se calcularían los meq/l en función de las ppm pesadas y obtenidas a partir de las relaciones obtenidas por Ramírez, (1988), por lo que los resultados coinciden en la mayoría de estos, presentan el valor más alto de 23.68 para la sal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y la menor, de 10.96, para el NaCl; la Figura 4 muestra la variación en las rectas de predicción sin ordenada al origen.

En el análisis de las salinidades o mezclas (Cuadro 30) ocurre lo mismo que en el caso anterior ocupando el valor mayor la salinidad sulfática (15.15) y la menor, la clorhídrica (11.22), siguiendo la misma tendencia que los resultados por Ramírez, (1988); esto es lógico ya que se usaron las relaciones obtenidas por él, pero los menores coeficientes son los obtenidos por Rivera, (1990), en las mezclas, dado que ella no utilizó sales puras y que utilizó el factor 10 para sus relaciones. En la Figura 5 se muestra el comportamiento de las funciones obtenidas, observándose la variación de acuerdo al tipo de salinidad. Es importante que se utilicen las relaciones de Rivera, (1990) y además que se midan los meq/l de las soluciones en vez de calcularlas.

5.2.3. - Relación de la conductividad eléctrica y el contenido de sales expresado en presión osmótica (atm).

En los resultados de esta relación (Cuadro 31), se observa que la sal que presenta un coeficiente menor (0.37) es el $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ y el $MgSO_4 \cdot 7H_2O$,

CUADRO 30 MODELOS QUE RELACIONAN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE x 10³) DE SALES EXPRESADO EN meq/L

S A L	MODELO	R ²	C.V. (%)
NaCl	meq/L. = 10.41 (CE x 10 ³)	0.99	4.77
CaCl ₂ · 2H ₂ O	meq/L. = 10.96 (CE x 10 ³)	0.99	3.90
MgCl ₂ · 6H ₂ O	meq/L. = 11.46 (CE x 10 ³)	0.99	4.45
MgSO ₄ · 7H ₂ O	meq/L. = 23.63 (CE x 10 ³)	0.98	12.82
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	meq/L. = 12.20 (CE x 10 ³)	0.99	10.71
NaHCO ₃	meq/L. = 15.97 (CE x 10 ³)	0.99	8.72
General de sales puras	meq/L. = 13.61 (CE x 10 ³)	0.89	40.34
Clorhídrica	meq/L. = 11.22 (CE x 10 ³)	0.99	5.66
Sulfática clorhídrica	meq/L. = 12.05 (CE x 10 ³)	0.99	4.00
Clorhídrica sulfática	meq/L. = 15.15 (CE x 10 ³)	0.99	8.56
Sulfática	meq/L. = 19.77 (CE x 10 ³)	0.98	14.52
Sulfática sódica	meq/L. = 13.86 (CE x 10 ³)	0.99	9.13
General de mezclas	meq/L. = 14.09 (CE x 10 ³)	0.95	26.04
General total	meq/L. = 13.86 (CE x 10 ³)	0.92	33.38

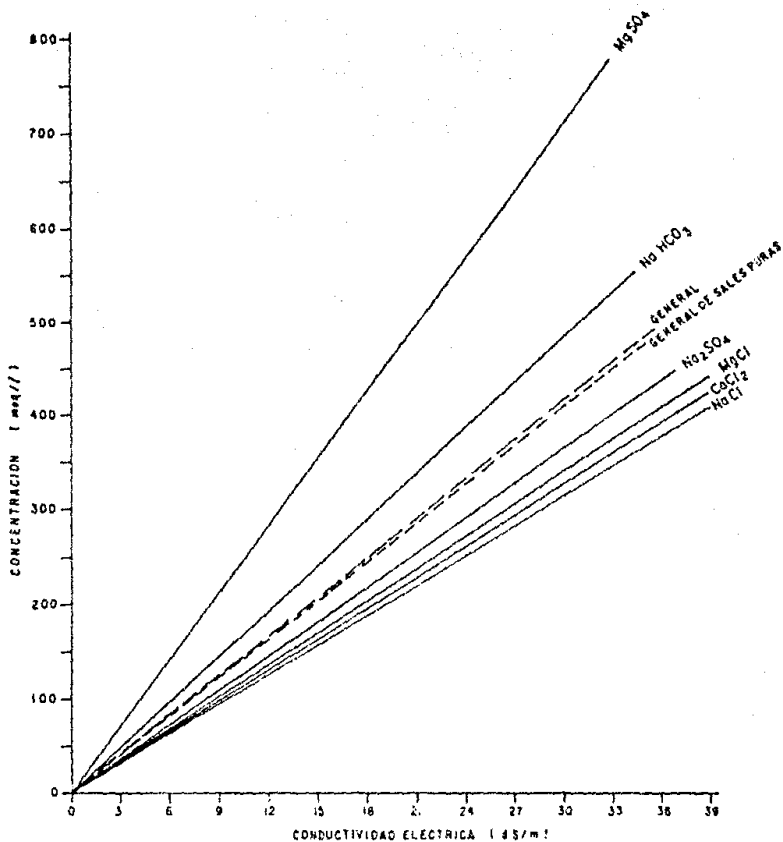


Figura - Relación entre la conductividad eléctrica (dS/m) y los miliequivalentes por litro de las soluciones de sales puras.

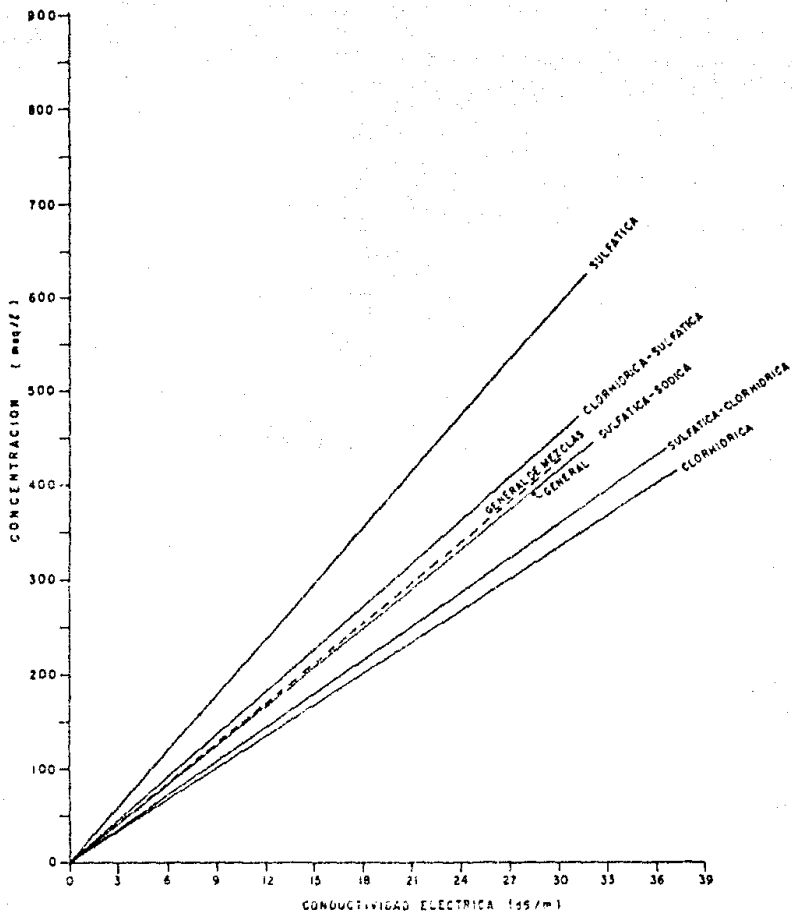


Figura 5. Relación entre la conductividad eléctrica (ds/m), y los miliequivalentes por litro de las soluciones de mezclas.

CUADRO 31 MODELOS QUE RELACIONAN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($CE \times 10^3$) DE SALES EXPRESADO COMO PRESION OSMÓTICA (ATM.)

S A L	MODELO	R^2	C.V. (1)
NaCl	$\pi = 0,43 (CE \times 10^3)$	0,99	4,77
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	$\pi = 0,32 (CE \times 10^3)$	0,99	10,51
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	$\pi = 0,34 (CE \times 10^3)$	0,99	8,92
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	$\pi = 0,30 (CE \times 10^3)$	0,98	12,57
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	$\pi = 0,34 (CE \times 10^3)$	0,99	10,93
$NaHCO_3$	$\pi = 0,65 (CE \times 10^3)$	0,99	9,91
General de sales puras	$\pi = 0,39 (CE \times 10^3)$	0,92	33,34
Clorhídrica	$\pi = 0,42 (CE \times 10^3)$	0,99	5,65
Sulfática clorhídrica	$\pi = 0,42 (CE \times 10^3)$	0,99	6,87
Clorhídrica sulfática	$\pi = 0,42 (CE \times 10^3)$	0,99	11,54
Sulfática	$\pi = 0,38 (CE \times 10^3)$	0,98	15,26
Sulfática sódica	$\pi = 0,41 (CE \times 10^3)$	0,99	12,25
General de mezclas	$\pi = 0,41 (CE \times 10^3)$	0,99	11,90
General total	$\pi = 0,40 (CE \times 10^3)$	0,96	24,41

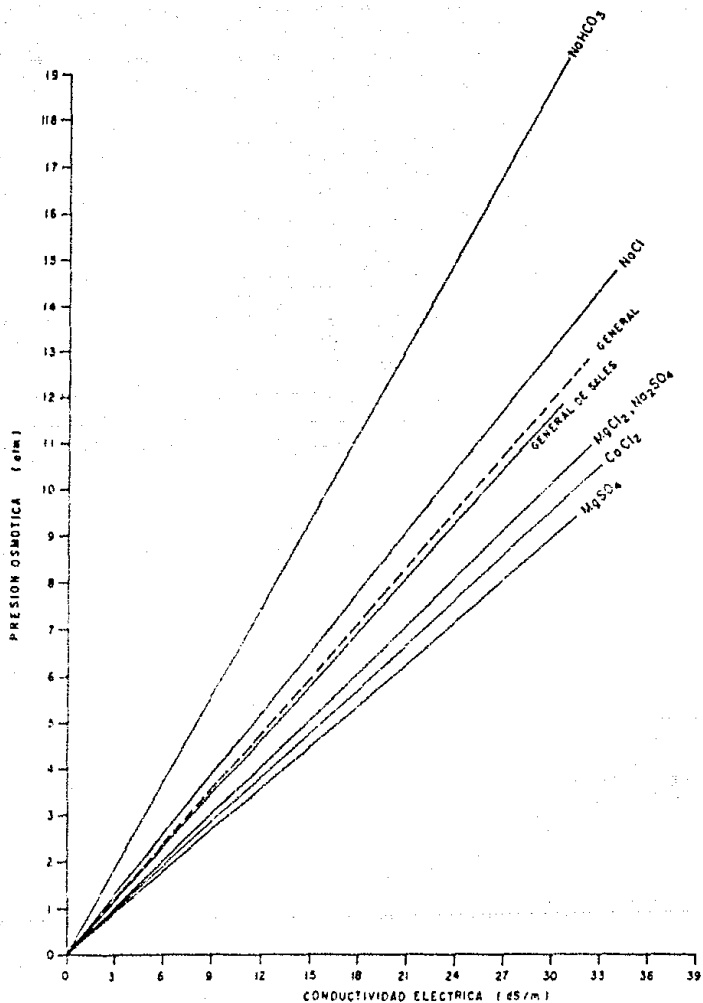


Figura 6. Relación entre la conductividad eléctrica (ds/m), y la presión osmótica (atm) de las soluciones de sales puras

y el valor más alto (0.63) es el NaHCO_3 , esto muestra que cuando las dos variables que se relacionan son medios los coeficientes, varían muy poco, en la Figura 6 se presentan las curvas de variación de las sales puras así como las generales, estos resultados son importantes ya que se considera que las plantas reaccionan a la presión osmótica de la solución en vez de la conductividad, parte de los resultados de germinación podrían deberse a que hay sales que generan mayores presiones osmóticas a la misma conductividad y adicionar un efecto diferente entre las sales como es el caso del bicarbonato de sodio que resultó la más tóxica en algunos cultivos, sobre todo en altas concentraciones.

En las mezclas de sales (Cuadro 31), se observa que existe poca variación entre ellas, presentándose valores iguales en la mayoría, solo la sulfática-sódica (0.58) es mayor, estos valores se presentan en el caso de Ramírez, (1988), y Rivera, (1990), comprobándose también lo que se expresó en sales puras. En la figura 7 se muestra el comportamiento de las rectas de predicción para la variable presión osmótica y conductividad eléctrica. Con estos resultados se concluye que es necesario diseñar los tratamientos en presión osmótica cuando se requieren soluciones iguales, ya que esto podría explicar parte de los resultados, también es necesario medir los parámetros de ppm y meq/l. en vez de calcularlos para encontrar las relaciones de datos experimentales y esto podría atenuar que cada investigación de diferentes resultados.

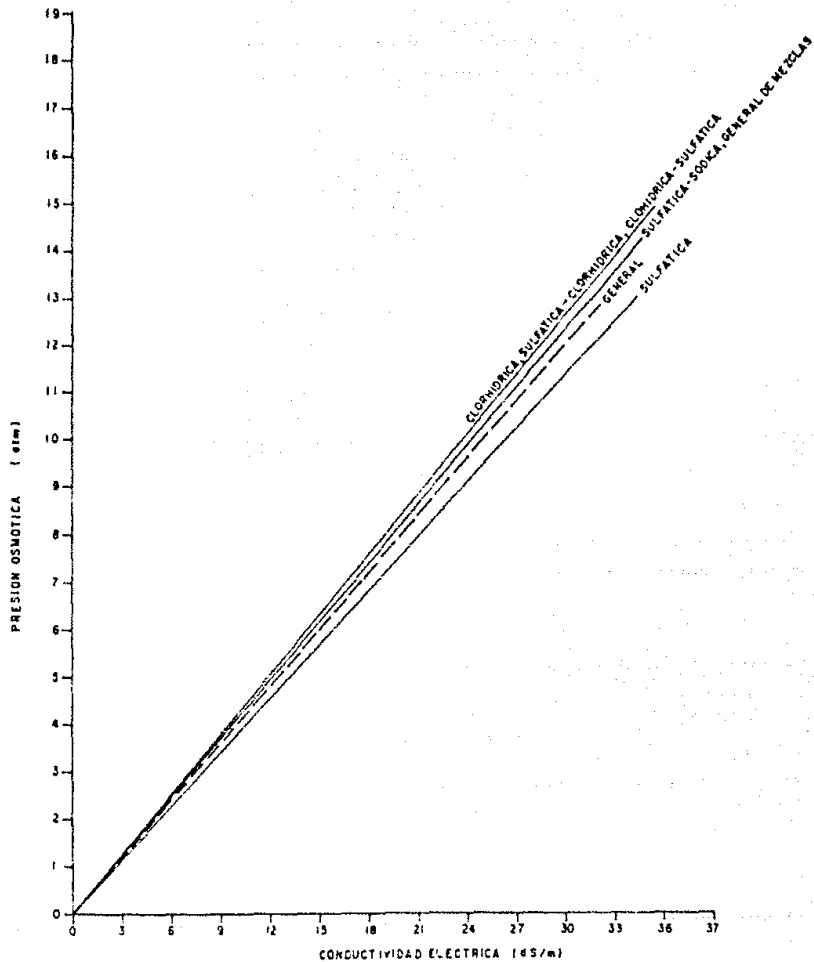


Figura 7 Relación entre la conductividad eléctrica (dS/m), y la presión osmótica (atm) de las soluciones de mezclas

VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. - Conclusiones.

- 1 - En los cultivos de Maíz, Frijol, Alfalfa y Avena, se presentó una mayor tolerancia de éstos a las sales durante la germinación con respecto a la etapa de producción.
- 2 - En el caso de Trigo y Cebada, la respuesta en la germinación fué igual que en la producción.
- 3 - Los cultivos mostraron el efecto sobre la germinación con respecto a las sales probadas, aunque varió en cada uno de ellos la intensidad del mismo.
- 4 - La sal que originó la mayor disminución fué el bicarbonato de sodio (NaHCO_3), siguiendo el cloruro de magnesio (MgCl_2) y el sulfato de magnesio (MgSO_4).
- 5 - En general fueron más afectados los cultivos en la germinación por las sales puras que por las mezclas.
- 6 - Los días a germinación fueron en todos los tratamientos largos, pero en general la temperatura baja fué la que ocasionó el alargamiento del tiempo de germinación.
- 7 - Las relaciones de la conductividad eléctrica con otros parámetros como la concentración en meq/L, ppa, y P.Q, presentaron variaciones respecto a las obtenidas por otros investigadores.

6.2. - Recomendaciones.

a) Para el experimento.

- 1 - Es necesario diseñar los tratamientos de concentración en presión osmótica y no en conductividad eléctrica, para uniformizar la respuesta.
- 2 - En cultivos en los cuales la respuesta no fué diseñada, utilizar estos datos para otros experimentos subsecuentes.
- 3 - El estudio del efecto de la temperatura sobre la respuesta de los cultivos a la salinidad requiere un experimento diseñado con esta finalidad.
- 4 - Es importante tomar en cuenta el efecto de pH en relación a la presión osmótica, para obtener resultados más acordes con la realidad del campo.

b) En la práctica agronómica.

- 1 - En los cultivos sensibles a las sales es necesario las prácticas agronómicas para evitar la salinización de la parte donde esta la semilla.
- 2 - Es necesario en suelos salinos considerar el aumento de la cantidad de semilla para tener una buena población final.
- 3 - La etapa de germinación no debe usarse para seleccionar cultivos tolerantes a las sales.

VII - BIBLIOGRAFIA.

- 1 - Aceves N.E. (1979). El ensalitramiento de los suelos bajo riego. (Identificación, control, combate y adaptación). Colegio de Postgraduados. Rama de Riego y Drenaje. Chapingo, México. pp. 382.
- 2 - Allen S.E., Dobrenz A.K. and Bartels (1986). Physiological response of salt tolerant and nontolerant alfalfa to salinity during germinación. *Crop Science* Vol. 26, pp.1004-1008.
- 3 - Barquie P.O. (1990). Datos de germinación y salinidad en cultivos de maíz, frijol, sorgo y kochia. Reporte interno. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp. 30.
- 4 - Berstein L. (1961). Osmotic adjustment of plant to saline media. I. Steady State. *American Journal of Botany*. Vol. 48, pp. 909-917.
- 5 - Berstein L. (1965). Osmotic adjustment of plant to saline media. II. Dynamic Phase. *American Journal of Botany*. Vol. 50, pp. 360-370.
- 6 - Berstein L. (1964). Salt tolerance of plants. *Agriculture information Bulletin* No. 283 U.S. Department of Agriculture. pp. 1-24.
- 7 - Bliss R.D., Platt-Aloia K.A. and Thompson W.W. (1984). Effects of salt on cell membranes of germinating seeds. Especial tissue: Salinity in California. *California Agriculture*. Vol. 38 No. 10, pp 24-25.
- 8 - Bliss R.D., Platt-Aloia K.A. and Thompson W.W. (1986). Osmotic sensitivity in relation to salt sensitivity in germination barley seeds. *Plant, Cell and environment*. Vol. 9, pp 721-725.
- 9 - Chauhán C.P.S. and Sing S.P. (1987). Effect of saline water irrigation on germination and its impact on crop growth. *J Indian Soc. Sci*. Vol. 35. pp. 166-168.

- 10 - Epstein E. and Rains D. W. (1987). Advances in salt tolerance. Plant and soil, Vol 99, pp 17-29.
- 11 - Gorham J., Wyn Jones R.G. and Mc Donnell E. (1985). Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant and soil. Vol. 89, pp15-40.
- 12 - Kovda, U.A., Berg Van Den and Hagan M.R. (1973). Irrigation, Drainage and salinity. An International Source Book. Hitchinson-FAO-UNESCO, London. pp. 510.
- 13 - Maas E.V. and Hoffman T.J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division. ASCE, Vol. 103, No. IR2, Proc. paper 12993, pp. 115-134.
- 14 - Maas E.V. (1980). Salt tolerance of plants. Applied Agricultural Research. Vol.1, pp. 12-26.
- 15 - Maas E.V. and Grieve C.M. (1987). Sodium-induced calcium deficiency in salt stressed corn. Plant, Cell and Environmet. Vol. 10 pp. 559-564.
- 16 - Martínez G.A.(1980). Introducción al SAS. Sistema para análisis estadístico. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. pp.150
- 17 - Martínez-COB, A. Arangues y Royo A. (1987). Evaluación y cribado de cultivares de cebada (Hordeum vulgare L.) por su tolerancia a la salinidad en la fase de germinación-emergencia. Inv. Agrar. Prod. Prot. Veg., Vol. 2, No. 2, pp. 121-131.
- 18 - Martínez-COB., A. Arangues y Royo A. (1987). Salt tolerance of barley (Hordeum vulgare L.) cultivars at the germination stage: Analysis of response functions. Plant and soil, Vol. 104, pp. 53-56.

- 19 - Mukhiya Y.K., Shrotria N., and Singh V.P. (1981). Salt tolerance of wheat, barley and soyben in respect of germination and pigment concentration. *Indian J. Agric.* Vol. 51(12), pp. 881-885.
- 20 - Munns R. (1988). Why measure osmotic adjustment. *Austr. J. Plant Physiol.*, Vol. 15, pp 717-726.
- 21 - Murty A.S., and Haider M.M. (1984). Effect of different salt concentrations on seed germination and seedling development in few oat cultivars. *Indian J. Agric. Res.* Vol.18(3), pp.129-132.
- 22 - Ramagopal S. (1988). Regulation of protein synthesis in root, shoot and embryonic tissues of germinating barley during salinity stress. *Plant, Cell and Environment.* Vol. 11, pp 501-515.
- 23 - Ramirez 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. Colegio de Postgraduados, Centro de Hidrociencias, Montecillo México. pp. 217.
- 24 - Ramirez A.C. y Ortega E.M. (1990). La respuesta del cultivo de maíz (Zea mays) a la concentración de sales y la composición cualitativa en la etapa de germinación. Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Comarca Lagunera, México. pp. 128.
- 25 - Richards L.A. (1974). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. LIMUSA. pp. 172.
- 26 - Rivera L.R. (1990). Determinación experimental de la capacidad germinativa de algunos cultivos hortícolas en soluciones salinas de diferente concentración total y composición cualitativa. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlan Izcalli, México. pp.169.

- 27 - Robinson D.L., Dobrenz A.K. and Smith S.E. (1986). Evaluating the genetic grains for germination salt tolerance in alfalfa using a Sodium-Chloride gradient. *Agron. J.* Vol.78. pp 1099-1105.
- 28 - Smith S.E. and Dobrenz A.K. (1987). Seed age and salt tolerance at germination in alfalfa. *Crop Sci.* Vol. 27, pp. 1053-1056.
- 29 - Ting P.I. (1982). *Plant Physiology*. Riverside C.A.E.U. pp.642.
- 30 - Van Genuchten Th. H. (1983). Analyzing crop salt tolerance data: Model description and user's manual. Research report No. 120, United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, U.S. Salinity, U.S. Salinity Laboratory Riverside, California. pp. 50.

ANEXO A

CUADRO 1a. CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES EN MILLONAVOS POR LITRO (mg/L) O PARTES POR MILLON (ppm) PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	6909.0	13818.0	17272.5	20727.0	24181.5
CaCl ₂ · 2H ₂ O	8852.5	17705.0	22131.2	26557.5	30983.7
MgCl ₂ · 6H ₂ O	13326.7	26653.4	33316.7	39980.1	46643.4
MgSO ₄ · 7H ₂ O	28545.0	57090.0	71362.5	85635.0	99907.5
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	20452.3	40850.6	51063.2	61275.9	71448.5
NaHCO ₃	12705.5	25411.0	31763.7	38116.5	44469.2
Mezclas					
Clorhídrica					
NaCl	6767.2	13548.5	16918.2	20301.8	23685.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	2788.4	5576.8	6971.0	8365.2	9759.4
T	9555.7	19111.4	23889.2	28667.1	33444.9
Sulfática-clorhídrica					
NaCl	6390.0	12780.0	15975.0	19170.1	22364.1
MgSO ₄ · 7H ₂ O	4388.2	8776.5	10970.6	13164.6	15358.9
T	10778.3	21556.6	26945.7	32334.9	37724.0
Clorhídrica-sulfática					
NaCl	5428.8	10857.7	13572.2	17286.6	19001.1
MgSO ₄ · 7H ₂ O	9320.5	18641.0	23301.2	27961.5	32647.0
T	14749.4	29489.8	36873.5	44248.2	51622.9
Sulfática					
NaCl	2810.4	5620.9	7026.1	8431.2	9836.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	19300.5	38600.6	48250.8	57901.0	67551.2
T	22110.8	44221.6	55277.0	66332.4	77387.8
Sulfática-sódica					
MgCl ₂ · 6H ₂ O	10487.7	20975.5	26219.4	31463.3	36707.1
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	1486.2	2972.4	3715.5	4458.6	5201.7
NaHCO ₃	2216.8	4433.6	5542.0	6650.4	7758.8
T	14190.8	28381.6	35477.0	42572.4	49667.8

CUADRO 2H CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO
(meq/l.) PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	118.2	236.4	295.5	354.6	413.7
CaCl ₂ · 2H ₂ O	120.4	240.8	301.1	361.3	421.5
MgCl ₂ · 6H ₂ O	131.1	262.2	327.8	393.4	459.9
MgSO ₄ · 7H ₂ O	231.7	463.4	579.2	695.1	811.0
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	126.8	253.6	317.1	380.5	443.9
NaHCO ₃	151.2	302.4	378.0	453.7	527.4
Mezclas					
Clorhídrica	139.7	279.7	349.4	419.3	489.2
Sulfática clorhídrica	147.0	294.1	367.7	441.2	514.8
Clorhídrica sulfática	173.0	346.1	432.7	536.4	606.0
Sulfática	214.1	428.3	535.4	642.5	749.6
Sulfática sódica	138.8	277.6	347.0	416.4	485.8

CUADRO 3^{II} PRESION OSMOTICA EN ATMOSFERAS (atm) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE MAIZ

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.5	4.7	9.9	12.5	15.1	17.9
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.5	3.1	7.2	9.2	3.8	5.1
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.5	3.4	7.8	9.9	11.5	6.1
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5	3.2	6.0	7.8	8.4	10.6
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0.5	3.6	7.4	9.3	10.7	12.2
NaHCO ₃	0.5	5.7	12.1	15.0	17.5	21.1
Mezclas						
Clorhídrica	0.5	4.6	10.3	13.5	16.1	19.1
Sulfática clorhídrica	0.5	5.3	10.5	13.1	15.9	18.2
Clorhídrica sulfática	0.5	4.6	10.2	12.5	14.1	17.9
Sulfática	0.5	4.2	8.6	10.3	12.3	14.7
Sulfática sódica	0.5	3.8	8.5	11.0	12.8	14.5

CUADRO 4a CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES EN MILEGRAMOS POR LITRO (mg/L) O PARTES POR MILLON (ppm) PARA EL CULTIVO DE FRIJOL

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	2763.6	4145.4	5527.2	8299.8	11054.4
CaCl ₂ · 2H ₂ O	5541.0	5511.5	7082.0	10623.0	14164.0
MgCl ₂ · 6H ₂ O	5330.6	7995.9	10661.2	15991.9	21322.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	11418.0	17127.0	22836.0	34254.0	45672.0
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	8170.1	12255.1	16340.2	24510.3	32680.4
NaHCO ₃	5082.2	7623.3	10164.4	15246.6	16517.1
Mezclas					
Clorhídrica					
NaCl	2706.9	4060.3	5415.8	8120.7	10827.6
MgSO ₄ · 7H ₂ O	1115.3	1673.0	2230.7	3346.0	4461.4
T	3822.2	5733.4	7644.5	11466.8	15289.1
Sulfática-clorhídrica					
NaCl	2556.0	3834.0	5112.0	7668.0	10224.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	1755.3	2632.9	3510.6	5265.9	7021.2
T	4311.3	6466.9	8622.6	12933.9	17245.2
Clorhídrica-sulfática					
NaCl	2171.5	3257.3	4345.1	6514.6	8686.2
MgSO ₄ · 7H ₂ O	3728.0	5592.3	7456.4	11194.6	14912.9
T	5899.7	8849.6	11799.5	17699.2	23599.0
Sulfática					
NaCl	1124.1	1686.4	2248.5	3372.5	4496.7
MgSO ₄ · 7H ₂ O	7720.1	11580.2	15449.2	23169.4	30880.5
T	8844.3	13266.4	17688.6	26532.9	35377.2
Sulfática-sódica					
MgCl ₂ · 6H ₂ O	4195.8	6292.6	8390.2	12585.3	16780.4
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	594.4	891.7	1188.9	1783.4	2377.9
NaHCO ₃	886.7	1330.0	1773.4	2660.1	3546.9
T	5676.3	8514.4	11352.6	17028.9	22705.2

CUADRO 5a CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO (meq/l.) PARA EL CULTIVO DE FRIJOL

TREATAMIENTO	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
S A L					
NaCl	47.2	70.9	94.5	141.8	189.1
CaCl ₂ · 2H ₂ O	48.1	72.2	96.3	144.5	192.7
MgCl ₂ · 6H ₂ O	52.4	78.6	104.9	157.3	209.8
MgSO ₄ · 7H ₂ O	92.6	139.0	185.3	278.0	370.7
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	50.7	76.1	101.4	152.2	202.9
NaHCO ₃	60.4	90.7	120.9	181.4	241.9
Mezclas					
Clorhídrica	55.9	83.8	111.8	167.7	223.6
Sulfática clorhídrica	58.8	88.2	117.6	176.5	235.3
Clorhídrica sulfática	69.2	103.8	138.4	207.7	276.9
Sulfática	85.6	128.5	171.3	257.0	342.7
Sulfática sódica	55.5	83.2	111.0	166.5	222.1

CUADRO 6a PRESION OSMOTICA EN ATMOSFERAS (atm) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE FRIJOL.

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.5	1.8	2.6	3.6	5.6	7.8
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.5	1.4	1.9	2.5	3.8	5.1
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.5	1.9	2.4	2.8	4.4	6.1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5	1.6	2.1	2.5	3.6	4.6
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0.5	1.8	2.5	2.8	4.2	5.4
NaHCO ₃	0.5	2.6	3.5	4.5	6.8	9.5
Mezclas						
Clorhídrica	0.5	2.1	2.6	3.7	5.8	8.4
Sulfática clorhídrica	0.5	1.8	2.7	4.0	5.9	7.9
Clorhídrica sulfática	0.5	1.6	2.2	3.6	5.4	7.5
Sulfática	0.5	1.5	1.8	2.8	4.5	6.1
Sulfática sódica	0.5	1.7	2.1	3.0	4.8	6.4

CUADRO 7a CONCENTRACION DE LAS SOLUBILIDADES EN MILIGRAMOS POR LITRO (mg/L) O PARTES POR MILLON (ppm) PARA EL CULTIVO DE ALFALFA

TREATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
SAL					
NaCl	690.9	1381.8	2763.6	5527.2	8290.8
CaCl ₂ · 2H ₂ O	885.2	1770.5	3541.0	7082.0	10623.0
MgCl ₂ · 6H ₂ O	1332.6	2665.3	5330.6	10661.2	15991.9
MgSO ₄ · 7H ₂ O	2854.5	5709.0	11418.0	22836.0	34254.0
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	2042.5	4085.0	8170.1	16340.2	24510.3
NaHCO ₃	1270.5	2541.1	5082.2	10164.4	15246.6
Mezclas					
Clorhidrica					
NaCl	676.7	1353.4	2706.9	5413.8	8120.7
MgSO ₄ · 7H ₂ O	278.8	557.6	1115.3	2230.7	3346.0
T	955.5	1911.1	3822.2	7644.5	11466.8
Sulfatica-clorhidrica					
NaCl	639.0	1278.0	2556.0	5112.0	7668.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	438.2	877.6	1755.3	3510.6	5265.9
T	1077.8	2155.6	4311.3	8622.6	12933.9
Clorhidrica-sulfatica					
NaCl	542.8	1085.7	2171.5	4343.1	6514.6
MgSO ₄ · 7H ₂ O	932.0	1864.1	3728.0	7456.4	11184.6
T	1474.9	2949.8	5899.7	11799.5	17699.2
Sulfatica					
NaCl	281.0	562.1	1124.2	2248.4	3372.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	1930.0	3860.1	7720.1	15440.3	23160.4
T	2211.6	4422.6	8844.3	17688.6	26532.9
Sulfatica-sodica					
MgCl ₂ · 6H ₂ O	1048.8	2097.5	4195.1	8390.2	12585.3
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	148.6	297.2	594.4	1188.9	1783.4
NaHCO ₃	221.7	443.3	886.7	1773.4	2660.1
T	1419.0	2838.1	5676.3	11352.6	17028.9

CUADRO 8a CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO
(meq/l.) PARA EL OBJETIVO DE ALEALEA

TRATAMIENTO	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
S A L					
NaCl	11.8	23.6	47.2	94.5	141.8
CaCl ₂ .2H ₂ O	12.0	24.0	48.1	96.3	144.5
MgCl ₂ .6H ₂ O	13.1	26.2	52.4	104.9	157.3
MgSO ₄ .7H ₂ O	23.1	46.3	92.6	185.3	278.3
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	12.6	25.3	50.7	101.4	152.2
NaHCO ₃	15.1	30.2	60.4	120.9	181.4
Mezclas					
Clorhídrica	13.9	27.9	55.9	111.8	167.7
Sulfática clorhídrica	14.7	29.4	58.8	117.6	176.5
Clorhídrica sulfática	17.3	34.6	69.2	138.4	207.7
Sulfática	21.4	41.8	85.6	171.3	257.0
Sulfática sódica	13.8	27.7	55.5	111.0	166.5

CUADRO 9^o PRESTION OSMOTICA EN ATMOSFERAS (atm) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE ALFALFA

TREATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.5	1.1	1.2	1.8	3.6	4.7
CaCl ₂ .2H ₂ O	0.5	1.1	1.1	1.4	2.5	3.8
MgCl ₂ .6H ₂ O	0.5	1.3	1.4	1.9	2.8	4.4
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.5	1.3	1.4	1.6	2.5	3.6
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0.5	1.4	1.5	1.8	2.8	4.2
NaHCO ₃	0.5	1.8	2.0	2.6	4.5	6.8
Mezclas						
Clorhídrica	0.5	1.4	1.6	2.1	3.7	5.8
Sulfática clorhídrica	0.5	0.8	1.1	1.8	4.0	5.9
Clorhídrica sulfática	0.5	0.4	1.2	1.6	3.6	5.4
Sulfática	0.5	0.5	0.9	1.5	2.8	4.5
Sulfática sódica	0.5	0.5	1.0	1.7	5.0	4.8

CUADRO 10a CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES EN MILIGRAMOS POR LITRO (mg/L) O PARTES POR MILLON (ppm) PARA EL CULTIVO DE CEBADA

TREATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	6909.9	13818.0	17272.0	20727.0	24181.5
CaCl ₂ ·2H ₂ O	8852.5	17105.0	22131.2	26557.5	30983.7
MgCl ₂ ·6H ₂ O	13326.7	26653.4	33316.7	39980.1	46643.4
MgSO ₄ ·7H ₂ O	28545.0	57090.0	71362.5	85635.0	99907.5
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	20452.3	40850.6	51063.2	61275.9	71488.5
NaHCO ₃	12705.5	25411.0	31763.7	38116.5	44469.2
Mezclas					
Clorhídrica					
NaCl	6767.2	13548.5	16918.2	20301.8	23685.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2788.4	5576.8	6971.0	8365.2	9759.4
T	9555.7	19111.4	23889.2	28667.1	33111.9
Sulfática-clorhídrica					
NaCl	6390.0	12780.0	15975.0	19170.1	22564.1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	4388.2	8776.5	10970.6	13164.6	15358.9
T	10778.3	21556.6	26945.7	32224.9	37724.1
Clorhídrica-sulfática					
NaCl	5428.8	10857.7	13572.2	17286.6	19001.1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	9320.5	18641.0	23301.2	27961.5	32647.0
T	14749.4	29489.8	36873.5	44248.2	51622.9
Sulfática					
NaCl	2910.1	5820.9	7026.1	8431.2	9936.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	19300.3	38600.6	48250.8	57901.0	67551.2
T	22110.8	44221.6	55277.0	66332.4	77387.8
Sulfática-sódica					
MgCl ₂ ·6H ₂ O	10487.7	20975.5	26219.4	31463.3	36707.1
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	1486.2	2972.4	3715.5	4458.6	5201.7
NaHCO ₃	2216.8	4433.6	5542.0	6650.4	7758.8
T	14190.8	28381.6	35477.0	42572.4	49667.8

CUADRO 14 CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES EN MILLIEQUIVALENTES POR LITRO
(meq/L.) PARA EL CULTIVO DE CUBAMA

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	118.2	236.4	295.5	354.6	413.7
CaCl ₂ · 2H ₂ O	120.4	240.8	301.1	361.3	421.5
MgCl ₂ · 6H ₂ O	131.1	262.2	327.8	393.4	458.9
MgSO ₄ · 7H ₂ O	231.7	463.4	579.2	695.1	811.0
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	126.8	253.6	317.1	380.5	443.9
NaHCO ₃	151.2	302.4	378.0	453.7	527.4
Mezclas					
Clorhídrica	139.7	279.7	349.7	419.3	489.2
Sulfática clorhídrica	147.0	294.1	367.7	441.2	514.8
Clorhídrica sulfática	173.0	346.1	432.7	536.7	606.0
Sulfática	214.1	428.3	535.4	642.5	749.6
Sulfática sódica	138.8	277.6	347.0	416.4	485.8

CUADRO 12a PRESTÓN OSMÓTICA EN ATMÓSFERAS (atm) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE CEBADA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.5	4.7	9.9	12.5	15.1	17.9
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.5	3.1	7.2	9.2	10.3	12.7
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.5	3.4	7.8	9.9	11.5	14.4
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5	3.2	6.0	7.8	8.4	10.6
Ni ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0.5	3.6	7.4	9.3	10.7	12.2
NaHCO ₃	0.5	5.7	12.1	15.0	17.5	21.1
Mezclas						
Clorhídrica	0.5	4.6	10.3	13.3	16.1	19.1
Sulfática clorhídrica	0.5	5.3	10.2	12.5	14.1	17.9
Clorhídrica sulfática	0.5	4.6	10.2	12.5	14.1	17.9
Sulfática	0.5	4.2	8.6	10.3	12.3	14.7
Sulfática sódica	0.5	3.8	8.5	11.0	12.8	14.5

CUADRO 13a - CONCENTRACION DE LAS SOLTURAS EN MILEGRAMOS POR LITRO (mg/L) O PARTES POR MILLÓN (ppm) PARA EL CULTIVO DE AVINA

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	2763.6	5527.2	8290.8	11054.4	13818.0
CaCl ₂ ·2H ₂ O	3541.0	7082.0	10623.0	14164.0	17705.0
MgCl ₂ ·6H ₂ O	5330.6	10661.2	15991.0	21322.5	26653.4
MgSO ₄ ·7H ₂ O	11418.0	22836.0	34254.0	45672.0	57090.0
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	8170.1	16340.2	24510.3	32680.4	40850.6
NaHCO ₃	5082.2	10164.4	15246.6	20328.8	25411.0
Mezclas					
Clorhídrica	2706.9	5413.8	8120.7	10827.6	13548.5
NaCl					
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1115.3	2230.7	3346.0	4461.4	5576.8
T	3822.2	7644.5	11466.8	15289.1	19111.4
Sulfática-clorhídrica					
NaCl	2556.0	5112.0	7668.0	10224.0	12780.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1755.3	3510.6	5265.9	7021.2	8776.5
T	4311.3	8622.6	12933.9	17245.2	21556.6
Clorhídrica-sulfática					
NaCl	2171.5	4343.1	6514.6	8686.2	10857.7
MgSO ₄ ·7H ₂ O	3728.0	7456.4	11181.6	14912.9	18641.0
T	5899.7	11799.5	17699.2	23599.0	29489.8
Sulfática					
NaCl	1124.1	2248.3	3372.5	4496.7	5620.9
MgSO ₄ ·7H ₂ O	7720.1	15440.2	23160.4	30880.5	38600.6
T	8844.3	17688.6	26532.9	35377.2	44221.6
Sulfática-sódica					
MgCl ₂ ·6H ₂ O	4195.1	8390.2	12585.3	16780.4	20975.5
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	594.4	1188.9	1783.4	2377.9	2972.4
MgSO ₄	886.7	1773.4	2660.1	3546.9	4433.6
T	5676.3	11352.6	17028.9	22705.2	28381.6

CUADRO 14a CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO
(meq/l.) PARA EL CULTIVO DE AVENA

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	47.2	94.5	141.8	189.1	236.4
CaCl ₂ . 2H ₂ O	48.1	96.3	144.5	192.7	240.8
MgCl ₂ . 6H ₂ O	52.4	104.9	157.3	209.8	262.2
MgSO ₄ . 7H ₂ O	92.6	185.3	278.0	370.7	463.4
Na ₂ SO ₄ . 10H ₂ O	50.7	101.4	152.2	202.9	253.6
NaHCO ₃	60.4	120.9	181.4	241.9	302.4
Mezclas					
Clorhídrica	55.9	111.8	167.7	223.6	279.7
Sulfática clorhídrica	58.8	117.6	176.5	235.2	294.1
Clorhídrica sulfática	69.2	138.4	207.7	276.9	346.1
Sulfática	85.6	171.3	257.0	342.7	428.3
Sulfática sódica	55.5	111.0	166.5	222.1	277.6

CUADRO 15^a PRESION OSMOTICA EN ATMOSFERAS (atm) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALES PARA EL CULTIVO DE AVENA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.5	1.8	3.6	5.6	7.8	9.9
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.5	1.4	2.5	3.8	5.1	7.2
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.5	1.9	2.8	4.4	6.1	7.8
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5	1.6	2.5	3.6	4.6	6.0
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0.5	1.8	2.8	4.2	5.4	7.4
NaHCO ₃	0.5	2.6	4.5	6.8	9.5	12.1
Mezclas						
Clorhídrica	0.5	2.1	3.7	5.8	8.4	10.3
Sulfática clorhídrica	0.5	1.8	4.0	5.9	7.9	10.5
Clorhídrica sulfática	0.5	1.6	3.6	5.4	7.5	10.2
Sulfática	0.5	1.5	2.8	4.5	6.1	8.6
Sulfática sódica	0.5	1.7	3.0	4.8	6.4	8.5

CUADRO 16a CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES EN MILIGRAMOS POR LITRO (mg/L) O PARTES POR MILLON (ppm) PARA EL CULTIVO DE TRIGO

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	1145.4	8981.7	11745.3	13818.0	20727.0
CaCl ₂ ·7H ₂ O	5311.5	11508.2	15040.2	17705.0	26557.5
MgCl ₂ ·6H ₂ O	7995.9	17324.5	22655.2	26655.4	39980.1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	17127.0	37108.5	48526.5	57090.0	85635.0
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	12255.1	26552.8	34723.0	40850.6	61275.9
NaHCO ₃	7623.3	16517.1	21599.3	25411.0	38116.5
Mezclas					
Clorhídrica	4060.3	8797.4	11504.4	13548.5	20301.8
NaCl					
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1675.0	3624.7	4740.2	5576.8	8365.2
T	5735.4	12422.4	16244.6	19111.4	28667.1
Sulfática-clorhídrica					
NaCl	3834.0	8307.0	10813.0	12780.0	19170.1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2632.9	5704.7	7460.0	8776.5	13164.6
T	6466.9	14011.7	18323.1	21556.6	32334.9
Clorhídrica-sulfática					
NaCl	3257.3	7057.5	9229.1	10957.7	18641.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	5592.3	12116.6	15844.8	18641.0	27961.5
T	8849.6	19174.2	25073.9	29489.8	44248.2
Sulfática					
NaCl	1686.3	3653.6	4777.8	5620.9	8431.4
MgSO ₄ ·7H ₂ O	11580.2	25090.5	32810.6	38600.7	57901.0
T	13266.4	28744.0	37588.3	44221.6	66352.4
Sulfática-sódica					
MgCl ₂ ·6H ₂ O	6292.6	13634.0	17823.8	20975.5	31463.3
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	891.7	1932.0	2526.5	2972.4	4458.6
NaHCO ₃	1350.0	2881.8	3768.6	4453.6	6650.4
T	8514.4	18448.0	24124.3	28381.6	42572.4

CUADRO 17a CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO
(meq/l.) PARA EL OBJETIVO DE TRICCO

TRATAMIENTO	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L					
NaCl	70.9	153.6	200.9	236.4	354.6
CaCl ₂ . 2H ₂ O	72.2	156.5	204.7	240.8	361.3
MgCl ₂ . 6H ₂ O	78.6	170.4	222.9	262.2	393.4
MgSO ₄ . 7H ₂ O	139.0	301.2	393.9	463.4	695.1
Na ₂ SO ₄ . 10H ₂ O	76.1	164.8	215.6	253.6	380.5
NaHCO ₃	90.7	196.6	257.1	302.4	453.7
Mezclas					
Clorhídrica	83.8	181.7	237.6	279.7	419.3
Sulfática clorhídrica	88.2	191.2	249.9	294.1	441.2
Clorhídrica sulfática	103.8	225.0	294.2	346.1	536.4
Sulfática	128.5	278.4	364.1	428.3	642.5
Sulfática sódica	83.2	180.4	235.9	277.6	416.4

CUADRO 18a. PRESION OSMOTICA EN ATMOSFERAS (atm) EN LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE TRIGO

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	0.5	2.6	6.0	7.4	9.9	15.1
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.5	1.9	4.2	5.4	7.2	10.8
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0.5	2.4	4.9	6.6	7.8	11.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5	2.1	3.9	4.8	6.0	8.4
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0.5	2.5	4.2	5.8	7.4	10.7
NaHCO ₃	0.5	3.5	7.6	10.3	12.1	17.5
Mezclas						
Clorhídrica	0.5	2.6	6.5	8.8	10.3	16.1
Sulfática clorhídrica	0.5	2.7	6.2	8.5	10.5	15.9
Clorhídrica sulfática	0.5	2.2	6.0	8.1	10.2	14.1
Sulfática	0.5	1.8	4.8	7.7	8.6	12.3
Sulfática sódica	0.5	2.1	5.1	7.0	8.5	12.8

CUADRO 196 VALORES DE pH PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	5.9	6.4	6.3	6.3	6.3	6.4
CaCl ₂ ·2H ₂ O	5.9	6.0	6.2	6.2	6.1	6.2
MgCl ₂ ·6H ₂ O	5.9	5.5	5.5	5.4	5.3	5.2
MgSO ₄ ·7H ₂ O	5.9	5.7	5.7	5.7	5.8	6.1
K ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	5.9	6.1	6.4	6.4	6.5	6.5
NaHCO ₃	5.9	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1
Mezclas						
Clorhídrica	5.9	6.0	5.8	5.8	5.7	5.8
Sulfática clorhídrica	5.9	5.9	6.0	5.9	5.9	5.9
Clorhídrica sulfática	5.9	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8
Sulfática	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Sulfática sódica	5.9	8.3	7.3	7.4	7.3	7.4

CUADRO 20a ANALISIS DE VARIANZA PARA MAIZ

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	F, prob.
Bloques	1	663.7	663.7	6.7	0.0113
Tratamientos	65	41710.7	641.7	6.5	0.0001
Salas	10	16698.5	1669.8	17.1	0.0001
C. E.	5	9405.7	1881.1	19.2	0.0001
Sal X C. E.	50	15606.6	312.1	3.9	0.0001
Error	65	6347.2	97.6		
Total	131	48721.7			

C.V. = 98.37%

 $R^2 = 0.869725$

CUADRO 21a DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS PARA EL
CULTIVO DE MAIZ

SALES	\bar{x}	DMS ₀₁	NIVELES	\bar{x}	DMS ₀₁
NaHCO ₃	43.3	a	5	25.1	a
HgCl ₂ .2H ₂ O	15.4	b	4	15.1	a
NaCl	11.6	b	3	11.8	a
Sulfática sódica	8.4	b	2	5.3	b
MgSO ₄ .7H ₂ O	7.5	b	1	3.1	b
Clorhídrica	6.6	b	0	0.0	b
Sulfática clorhídrica	6.6	b			
Clorhídrica sulfática	4.1	c			
CaCl ₂ .2H ₂ O	2.2	c			
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	1.6	c			
Sulfática	1.6	c			

DMS₀₁ = 11.2 %

DMS₀₁ = 15.1 %

Nota: las sales y niveles con letras iguales tienen un comportamiento estadístico igual.

CUADRO 22a DISMINUCION RELATIVA (%) POR REPETICION EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE MAIZ.

TRATAMIENTO REPETICION S A L	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
NaCl	0	0	20	0	20	10	0	0	20	40	0	0
CaCl ₂ .2H ₂ O	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	20
MgCl ₂ .6H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	30	0	40	55	60
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	10	10	0	10	10	0	10	30	10	0	0
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0
NaHCO ₃	0	10	10	30	10	50	80	70	100	100	60	
Mezclas												
Clorhídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	50
Sulfática clorhídrica	0	0	10	10	0	0	20	10	10	0	0	20
Clorhídrica sulfática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Sulfática	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	10
Sulfática sódica	0	0	0	0	20	10	0	10	12	10	27	

CUADRO 23a DISTRIBUCION RELATIVA (X) POR REPETICION EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE FRIJOL

TRATAMIENTO REPETICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
S A L												
NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	40	75
CuCl ₂ .2H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
MgCl ₂ .6H ₂ O	0	0	0	10	10	0	20	0	0	20	60	100
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	20	0	10	0	10	0	0	30	0	50
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	20	80
NaHCO ₃	0	10	0	40	30	70	100	100	100	100	100	100
Mezclas												
Clorhídrica	0	0	0	10	0	0	20	10	10	20	20	20
Sulfática clorhídrica	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Clorhídrica sulfática	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	12
Sulfática	0	0	10	10	10	20	10	20	0	30	20	20
Sulfática sódica	0	10	0	0	0	10	0	40	0	20	0	0

CUADRO 24a ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FRIJOL.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	F. prob.
Bloques	1	462.1	462.1	3.8	0.0555
Tratamientos	65	70202.3	1080.0	8.8	0.0001
Salas	10	26976.8	2697.8	22.1	0.0001
C. E.	5	16112.7	3222.5	26.5	0.0001
Sal X C. E.	50	27112.6	542.2	4.4	0.0001
Error	65	7902.3	121.5		
Total	131	78566.8			

C.V. = 92.8%

 $R^2 = 0.899$

CUADRO 25a DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS PARA EL
CULTIVO DE FRIJOL.

SALES	\bar{x}	DMS ₀₁	NIVELES	\bar{x}	DMS ₀₁
NaHCO ₃	54.1	a	5	16.5	a
HgCl ₂ .6H ₂ O	18.3	b	4	15.8	b
HnCl	11.2	b	3	11.8	b
Sulfática	10.8	b	2	3.0	b
Sulfática rodica	6.6	b	1	2.6	b
HgSO ₄ .7H ₂ O	6.0	b	0	0.0	b
Hn ₂ SO ₄ .10H ₂ O	6.0	b			
Clorhídrica	3.2	c			
Clorhídrica sulfática	2.6	c			
Sulfática clorhídrica	1.6	c			
CaCl ₂ .2H ₂ O	0.8	c			

DMS₀₁ = 12.5%

DMS₀₁ = 16.91%

CUADRO 26a VALORES DE pH PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE FRIJOL

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	5.9	6.4	6.3	6.5	6.4	6.3
CaCl ₂ .2H ₂ O	5.9	6.2	6.1	6.0	6.0	6.0
MgCl ₂ .6H ₂ O	5.9	5.8	5.6	5.7	5.5	5.5
MgSO ₄ .7H ₂ O	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
NH ₂ SO ₄ .10H ₂ O	5.9	6.0	6.0	6.1	6.1	6.2
NH ₄ NO ₃	5.9	8.1	8.1	8.1	8.2	8.1
Mezclas						
Clorhídrica	5.9	5.5	6.0	6.1	6.0	5.9
Sulfática clorhídrica	5.9	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9
Clorhídrica sulfática	5.9	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8
Sulfática	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	5.9
Sulfática sódica	5.9	7.9	8.0	8.5	8.1	7.8

CUADRO 27a VALORES DE pH PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL
CULTIVO DE ALFALFA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	5.9	6.4	6.3	6.4	6.5	6.4
CaCl ₂ · 2H ₂ O	5.9	5.9	6.1	6.2	6.0	6.0
MgCl ₂ · 6H ₂ O	5.9	5.9	5.9	5.8	5.7	5.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	5.9	6.2	6.1	5.8	5.8	5.8
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	5.9	6.0	6.1	6.0	6.1	6.1
NaHCO ₃	5.9	8.1	8.2	8.1	8.1	8.2
Mezclas						
Clorhídrica	5.9	7.1	6.5	5.5	6.1	6.0
Sulfática clorhídrica	5.9	6.1	6.1	6.0	5.9	5.9
Clorhídrica sulfática	5.9	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Sulfática	5.9	6.2	6.0	5.9	5.9	6.0
Sulfática sódica	5.9	7.5	7.5	7.9	8.3	8.1

CUADRO 28a VALORES DE pH PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE CEREA

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	5,9	6,4	6,3	6,5	6,5	6,4
CaCl ₂ · 2H ₂ O	5,9	6,0	6,2	6,2	6,1	6,2
MgCl ₂ · 6H ₂ O	5,9	5,5	5,5	5,4	5,3	5,2
MgSO ₄ · 7H ₂ O	5,9	5,7	5,7	5,7	5,8	6,1
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	5,9	6,1	6,4	6,4	6,5	6,5
KaHCO ₃	5,9	8,2	8,1	8,1	8,1	8,1
Mezclas						
Clorhídrica	5,9	6,0	5,8	5,8	5,7	5,8
Sulfática clorhídrica	5,9	5,9	6,0	5,9	5,9	5,9
Clorhídrica sulfática	5,9	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8
Sulfática	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Sulfática sódica	5,9	8,3	7,3	7,4	7,3	7,4

CUADRO 2^{oa} VALORES DE pH PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE AVENA

TRATAMIENTO	I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	T ₅
S A L						
NaCl	5.9	6.4	6.3	6.5	6.4	6.3
CaCl ₂ · 2H ₂ O	5.9	6.2	6.1	6.0	6.0	6.0
MgCl ₂ · 6H ₂ O	5.9	5.8	5.7	5.5	5.5	5.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8	5.7
Ni ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.4
NaHCO ₃	5.9	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Mecclas						
Clorhídrica	5.9	5.5	6.1	6.0	5.9	5.8
Sulfática clorhídrica	5.9	6.0	5.9	5.9	5.9	6.0
Clorhídrica sulfática	5.9	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8
Sulfática	5.9	5.9	5.9	6.0	5.9	6.0
Sulfática sódica	5.9	7.9	8.3	8.1	7.8	7.3

CUADRO 30a VALORES DE pH PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y SALINIDADES PARA EL CULTIVO DE TRIGO

TRATAMIENTO	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
S A L						
NaCl	5.9	6.3	6.3	6.2	6.3	6.5
CaCl ₂ · 2H ₂ O	5.9	6.1	6.1	6.5	6.2	6.1
MgCl ₂ · 6H ₂ O	5.9	5.6	5.5	5.6	5.5	5.3
MgSO ₄ · 7H ₂ O	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.8
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	5.9	6.0	6.2	6.4	6.4	6.5
NaHCO ₃	5.9	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Mezclas						
Clorhídrica	5.9	6.0	6.0	5.8	5.8	5.7
Sulfática clorhídrica	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	5.9
Clorhídrica sulfática	5.9	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8
Sulfática	5.9	5.9	6.1	6.1	6.0	6.0
Sulfática sódica	5.9	8.0	7.7	7.7	7.5	7.3

CUADRO 31a DISTRIBUCION RELATIVA (X) POR REPEFICION EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE ALFALEA

TRATAMIENTO REPEFICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11
S A L												
NaCl	0	0	0	40	0	17	44	40	82	74	0	
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0	0	0	12	17	0	17	0	0	0	39	
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0	50	94	55	75	75	100	70	100	100	100	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0	42	85	89	100	83	70	100	100	100	100	
Mg ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0	0	0	56	0	0	0	78	50	100	70	
NaHCO ₃	0	0	43	46	58	100	100	100	100	93	74	
Mezclas												
Clorhídrica	0	12	0	6	12	36	6	42	0	42	6	
Sulfática clorhídrica	0	30	12	0	0	6	0	71	0	71	30	
Clorhídrica sulfática	0	18	0	30	0	53	0	36	0	100	75	
Sulfática	0	40	50	47	28	0	73	47	73	74	73	
Sulfática sódica	0	11	44	85	38	74	75	79	57	64	100	

CUADRO 32a ANALISIS DE VARIANZA PARA ALFALFA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	F. prob.
Bloques	1	360,0	360,0	0,8	0,3691
Tratamientos	65	157805,9	2427,7	6,0	0,0001
Salas	10	64010,8	6401,0	15,0	0,0001
C. E.	5	62641,2	12538,2	30,9	0,0001
Sal X C. E.	50	36103,9	682,0	1,6	0,0241
Error	65	26307,9	404,7		
Total	131	186673,9			

C.V. = 53,4%

 $R^2 = 0,857$

CUADRO 33. DIFERENCIA MUY SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE ALFALFA

SALES	\bar{x}	DMS ₀₁	REPLICAS	\bar{x}	DMS ₀₁
H ₂ SO ₄ .7H ₂ O	72.4	a	5	67.5	a
HgCl ₂ .6H ₂ O	68.2	a	4	55.9	a
NaHCO ₃	59.4	a	2	47.8	a
Sulfato sódico	52.3	a	3	38.5	b
Sulfato	37.8	b	1	23.5	b
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	29.4	b	0	0.0	b
Clorhidrato sulfático	26.0	b			
NaCl	24.6	b			
Sulfato clorhidrico	18.5	b			
Clorhidrico	13.5	c			
CuCl ₂ .2H ₂ O	7.5	c			

DMS₀₁ = 22.85

DMS₀₁ = 10.02

CUADRO 34a DISTRIBUCION RELATIVA (%) POR REPETICION EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE CEBADA

TRATAMIENTO REPETICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
CaCl	0	0	10	0	20	5	10	30	20	45	30	
CaCl ₂ .2H ₂ O	0	5	0	10	6	5	6	45	16	15	43	
MgCl ₂ .6H ₂ O	0	16	65	32	55	85	70	100	75	100	100	
H ₂ SO ₄ .7H ₂ O	0	10	0	20	0	15	59	20	12	45	68	
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	0	0	0	16	23	17	39	17	23	6	
NaHCO ₃	0	43	42	95	83	100	100	100	100	100	100	
Mezclas												
Clorhídrica	0	0	0	6	25	6	50	53	30	77	25	
Sulfática clorhídrica	0	6	0	6	0	0	0	0	12	84	24	
Clorhídrica sulfática	0	6	0	17	0	17	23	0	6	23	34	
Sulfática	0	25	0	35	0	30	12	10	17	25	0	
Sulfática sódica	0	10	0	30	0	45	40	20	0	75	54	

CUADRO 35a ANALISIS DE VARIANZA PARA CEBADA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	F. prob.
Bloques	1	835,0	835,0	3,5	0,0625
Tratamientos	65	108684,9	1672,0	7,1	0,0001
Salas	10	52750,8	5275,0	22,6	0,0001
C. E.	5	31883,2	6375,6	27,4	0,0001
Sal X C. E.	50	24050,9	481,0	2,0	0,0030
Error	65	15110,9	232,4		
Total	131	124630,9			

C.V. = 62,2%

 $R^2 = 0,8787$

CUADRO 36a DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS PARA EL
CULTIVO DE CEBADA

SALES	\bar{x}	DMS ₀₁	BEVELES	\bar{x}	DMS ₀₁
NaHCO_3	71.9	a	5	47.3	a
$\text{HgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	58.1	a	3	32.8	a
Sulfato de sodio	27.4	b	4	32.7	a
Clorhidrico	23.0	b	2	23.0	b
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	16.5	b	1	11.0	b
NaCl	13.7	b	0	0.0	b
Sulfato	12.8	b			
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12.5	b			
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11.5	b			
Sulfato de sodio	11.0	b			
Clorhidrico sulfato	11.0	b			

DMS₀₁ = 17.2%

DMS₀₁ = 23.6%

CUADRO 37a DISMINUCION RELATIVA (Z) POR REPETICION EN LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE AVENA

TRATAMIENTO REPETICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11
S A L												
NaCl	0	0	10	0	5	0	5	0	0	30	5	
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0	0	0	12	5	0	5	0	0	0	5	
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0	0	0	60	0	5	16	5	0	35	39	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0	0	0	6	0	6	50	32	20	16	15	
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	0	5	20	20	15	20	5	5	0	15	0	
NaHCO ₃	0	0	20	0	15	64	65	74	85	90	100	
Mezclas												
Clorhídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	
Sulfática clorhídrica	0	0	0	6	6	0	11	6	0	6	11	
Clorhídrica sulfática	0	0	0	0	10	0	100	0	10	0	20	
Sulfática	0	10	10	0	15	5	30	10	10	0	30	
Sulfática sódica	0	5	0	10	0	10	11	25	37	10	0	

CUADRO 38a ANALISIS DE VARIANZA PARA AVENA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	f, prob.
Bloques	1	91,6	91,6	0,44	0,5097
Tratamientos	65	45049,9	693,7	3,33	0,0001
Salas	10	14513,5	1451,3	6,9	0,0001
C. E.	5	8367,8	1669,5	8,0	0,0001
Sal X C. E.	50	22233,5	444,6	2,1	0,0021
Error	65	13557,9	208,5		
Total	131	58734,9			

C.V. = 126.5%

 $R^2 = 0,7692$

CUADRO 30a DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS PARA EL
CULTIVO DE AVENA

SALES	\bar{x}	DMS ₀₁	HIVELES	\bar{x}	DMS ₀₁
NaHCO_3	12.7	a	5	11.3	a
$\text{HgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	13.5	b	5	19.2	a
$\text{HgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	12.5	b	4	14.6	a
Clorhidrico sulfático	11.6	b	2	8.5	a
Sulfático sódico	10.2	b	1	4.0	a
Sulfático	10.0	b	0	0.0	b
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	8.7	b			
Clorhidrico	6.7	b			
NaCl	5.0	b			
Sulfático clorhidrico	3.3	b			
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.2	b			

DMS₀₁ = 16.3%

DMS₀₁ = 22.1%

CUADRO 40a. DISMULCION RELATIVA (%) POR REPETICION EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE TRIGO

TRATAMIENTO REPETICION	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅	
	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11	1	11
S A L												
NaCl	0	6	12	0	34	32	12	43	67	99.5	100	
CaCl ₂ .2H ₂ O	0	6	15	27	7	6	19	22	13	37	44	
HgCl ₂ .6H ₂ O	0	32	0	98.5	84	99	95	100	100	100	100	
H ₂ SO ₄ .7H ₂ O	0	0	22	54	79	80	95	80	79	100	95	
Mn ₂ SO ₄ .10H ₂ O	0	0	6	28	6	50	32	50	37	89	90	
NaHCO ₃	0	36	95	77	99	100	100	100	100	100	100	
Mecclas												
Clorhídrica	0	0	5	0	35	0	50	36	35	96	70	
Sulfática clorhídrica	0	11	0	11	0	22	67	6	20	53	60	
Clorhídrica sulfática	0	17	0	12	17	45	50	45	17	98	84	
Sulfática	0	8	15	0	60	99	90	97	100	100	100	
Sulfática sulfica	0	28	6	17	62	62	73	100	100	100	100	

CUADRO 41a DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA ENTRE TRATAMIENTOS PARA EL
CULTIVO DE TRIGO

SALES	\bar{x}	DMS ₀₁	HIVELES	\bar{x}	DMS ₁₁₁
NaHCO_3	75.5	a	5	87.0	a
$\text{HgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	67.3	a	4	58.5	b
$\text{HgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	57.0	b	3	58.0	b
Sulfático	55.7	b	2	40.4	b
Sulfático sódico	54.0	b	1	14.8	c
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	36.8	c	0	0.0	c
NaCl	33.6	c			
Clorhídrico sulfático	32.0	c			
Clorhídrico	27.2	c			
Sulfático clorhídrico	20.8	d			
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	19.1	d			

DMS₀₁ = 15.4%

DMS₀₁ = 20.9%

CUADRO 42a ANALISIS DE VARIANZA PARA TRIGO

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC	CM	F	F. prob.
Bloques	1	425.5	425.5	2.2	0.1346
Tratamientos	65	191902.1	2952.3	15.9	0.0001
Salas	10	45904.4	4590.4	24.7	0.0001
C. E.	5	113311.1	22702.2	122.4	0.0001
Sal X C. E.	50	32486.5	649.7	3.5	0.0001
Error	65	12051.9	185.4		
Total	131	204379.6			

C.V. = 31.41%

 $R^2 = 0.941$

CUADRO 43a TEMPERATURAS MAXIMA Y MINIMA DURANTE EL DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS DE GERMINACION

ARO	MES	DIA	T. MIN. EN °C	T. MAX. EN °C	T. ACTUAL °C
1989	12	15	3.3	28.0	17.5
		16	2.3	26.0	20.0
		17	2.8	27.5	27.0
		18	8.3	25.7	25.0
		19	4.5	29.0	24.0
		20	4.7	29.3	19.0
		21	4.0	25.0	18.0
		22	4.0	25.5	14.5
		23	4.0	28.0	7.0
		24	-1.8	18.0	1.0
		25	-5.5	22.4	7.0
		26	-6.3	22.2	10.5
		27	-6.0	23.0	13.0
		28	-2.5	23.2	16.0
		29	-2.0	24.5	20.5
		30	-0.5	24.8	22.0
		31	0.5	23.8	16.0
1990	01	1	0.2	25.2	10.5
		2	1.0	23.0	-
		3	-0.2	23.2	11.0
		4	-0.2	25.0	18.0
		5	1.2	27.2	-

CUADRO 44a MODELOS LINEALES QUE RELACIONAN LA DISMINUCION DE LA GERMINACION DE LOS DIFERENTES CULTIVOS CON RESPECTO AL pH Y LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LA SOLUCION

CULTIVO	MODELO	R ²	C.V. %
MAIZ	DR = -66.4 + 10.5RpH + 0.49CE	0.279	167.3
FRIJOL	DR = -76.4 + 11.9RpH + 1.54CE	0.514	166.4
ALFALFA	DR = -57.3 + 11.4RpH + 4.02CE	0.338	82.7
CERADA	DR = -85.7 + 13.5RpH + 1.09CE	0.352	101.1
AVENA	DR = -58.8 + 9.87RpH + 0.68CE	0.218	167.7
TRIGO	DR = -91.9 + 14.9RpH + 2.60CE	0.561	61.2

ANEXO B

BIBLIOGRAFIA CIADA.

- 1 - Ahmad I. and Wainwright S.J. (1976). Ecotype differences in leaf surface properties of Agrostis stolonifera from salt marsh, spray zone and inland habitats. *New Phytol* 76, 361-366.
- 4 - Ball M.C. and Farquhar G.D. (1984). Photosynthetic and stomatal responses of two mangrove species, Avicennia marina and Sonneratia caseolaris to long term salinity and humidity conditions. *Plant Physiol* 74, 1-6.
- 5 - Barthurs N.O. (1954). The amino-acids of grass pollen. *J. Exp. Bot.* 5, pp. 253-256.
- 6 - Blum A. (1982). Breeding programs for improving crop resistance to water stress. In crop reactions to water and temperature stresses in humid temperature climates. C.D. Raper Jr. and P.J. Kramer. pp.263-275. Westview Press, Boulder.
- 8 - Bradford K.J. and Hsiao T.C. Physiological responses to moderate water stress. In *Enciclop. Plant Physiol. New Series. Vol. 12B.* Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H Ziegler. pp.295-324. (1982) Springer-Verlag, Berlin.
- 10 - Clarkson D.T. and Robars A.W.(1975).The endodermis, its structural development and physiological role. In *root structure and function.* Eds. J. Torrey and D.T. Clarkson. pp 415-436. Academic Press, London.
- 11 - Cooil B.J., De la Fuente R.K. and De la Pena R.S. (1965). Absorption and transport of sodium and potassium in squash. *Plant Physol* Vol. 40, 625-633.

- 12 - Cowan I.R. (1982). Regulation of water use in relation to carbon gain in higher plants. In Encyclopedia of Plants Physiology. New Series Vol. 12B Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler. pp. 589-613. Springer-Verlag, Berlin.
- 17 - Fischer R.A. (1981). Optimizing the use of water and nitrogen through breeding of crops. Plant and Soil 58, pp 249-278.
- 16 - Eshel A. and Kaisel Y. (1984). Effects of salt and soil water stress on transpiration of Salsola Kali L. Plant, Cell and Environment. 7 pp. 133-137.
- 18 - Flowers T.J. and Lauchli A. (1983). Sodium versus potassium: Substitution and compartation. In Encyclopedia of Plant Physiology, Vol. 15B Eds. A. Lauchli and R.L. Bielski PP. 651-681, Springer-Verlag, Berlin.
- 20 - Gale J. and Zerani M. (1985). The cost plant of different strategies of adaptation to stress and alleviation of stress by increasing assimilation. Plant and Soil. 89, 57-67.
- 22 - Gorham J. and Wyn Jones R.G. (1985). Solute distribution in Suaeda maritima; Planta 157, 344-349.
- 26 - Gorham J. Mc Donnell E. and Wyn Jones R.G. (In preparation)
- 27 - Gorham J. Mc. Donnell E. and Wyn Jones R.G. (1984). Pinitol and other solutes in salt-stressed Sesbania acutata L. Pflanzenphysiol 114, 173-178.
- 28 Greenway H. and Munns R. (1983). Interaction between growth uptake of Cl^- and Na^+ and water relations of plants in saline environments II. Highly vacuolated cells. Plant, Cell and Environment. 6, 575-589.

- 29 - Hajibagheri M.A., Hall J.L. and Flowers T.J. (1983). The structure of the cutical in relation to cuticular transpiration in leaves of halophyte Suaeda maritima (L.) Des. New Phytol 94, 125-131.
- 30 - Manson A.D. and Hitz W.D. (1982). Metabolic responses of mesophytes to plant water stress. Annu. Rev. Plant Physiol 33, 165-203.
- 31 - Harvey D.M.R., Hall J.L., Flowers T.J. and Kent B. (1981). Quantitative ion localization within Suaeda maritima leaf mesophyll cell. Planta 151, 55-560.
- 32 - Hill A.E. Hill B.S. (1976). Elimination processes by glands: Mineral ions. In Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 2B. Eds. U Juttge and M.G. Pitman pp. 225-243. Springer, Berlin.
- 33 - Jeschke W.D. (1983). Cation fluxes in excised and intact roots in relation to specific and varietal differences. In Genetic Aspects of Plant Nutrition. Eds. M.R. Saric and Loughman. pp.71-86. Martinus Nijhoff the Hague.
- 34 - Jeschke W.D. (1984). K Na exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations and salt tolerance. In salinity tolerance in plants-strategies for crop improvement. Eds. R.C. Staples and D.H. Toenniessen. pp.37-66. Wiley and Sons, New York.
- 35 - Jeschke W.D. and Stelter W. (1976). Measurement of longitudinal profiles in single roots of Hordeum and Atriplex by use of flameless atomic absorption spectroscopy. Planta 128, 107-112.
- 36 - Jeschke W.D. and Stelter W. (1983). Ionic relation of garden orache, Artiplex hortensis L: growth and ion distribution at moderate salinity and function of bladder hairs. J. Exp. Bot. 34, 796-810.

- 39 - Jeschke W.D., Stelter W., Reising B. and Behl R. (1983). Vacuolar Na/K exchange, its occurrence in root cells of Hordeum, Atriplex and Zea and its significance for K/Na discrimination in roots. J. Exp. Bot. 34, 964-979.
- 40 - Johanson J.G. and Cheeseman J.M. (1983). Uptake and distribution of sodium and potassium by corn seedling I. Role of mesocotyl in sodium exclusion. Plant Physiol. 73, 153-158.
- 41 - Johanson J.G., Cheeseman J.M. and Enkoji C. (1983). Uptake and distribution of sodium and potassium by corn seedling II. ion transport within the mesocotyl. Plant Physiol. 73, 159-164.
- 42 - Kaiser W.M., Weber H. and Sauer M. (1983). Photosynthetic capacity, osmotic response and solute content of leaves and chloroplast from Spinacia oleracea under salt stress. 2 Pflanzenphysiol. 113, 15-27.
- 43 - Kramer D. (1983). The possible role of transfer cell in the adaptation of plant to salinity. Physiol Plant. 58, 549-555.
- 46 - Lessani H. and Marschner H. (1978). Relation between salt tolerance and long-distance transport of sodium and chloride in various crop species. Aust. J. Plant Physiol. 5, 27-37.
- 47 - Longstreth D.J. and Nobel P.S. (1979). Salinity effects on leaf anatomy. Plant Physiol. 63, 700-705.
- 49 - Lutge U. (1975). Salt glands. In ion transport in plant cell and tissues. Eds. D.A. Baker and J.L. Hall, pp. 335-376. North Holland Publishing Co. Amsterdam.
- 50 - Lutge U. (1983). Import and export of minerals nutrients in plant root. In Encyclopedia of Plant Physiology Vol. 15A. Eds. A. Lauchli and R.L. Berleski, pp. 181-211. Springer-Verlag, Berlin.

- 52 - Munns R., Brady C.J. and Barlow E.W.R. (1979). Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 6, 379-389.
- 53 - Munns R., Greenway H., Felane R. and Gibbs J. (1982). Ion concentration and carbohydrate status of the elongation leaf tissue of Hordeum vulgare growing at high external NaCl. II. Cause of the growth reduction. *J. Exp. Bot.* 33, 574-583.
- 54 - Munns R., Greenway H. and Kirst G.O. (1983). Halotolerant eukaryotes. In *Encyclopedia of Plant physiology, New Series Vol. 12C*. Eds. O. L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler, pp 59-155. Springer-Verlag.
- 55 - Osmond C.B. (1980). Integration of photosynthetic carbon metabolism during stress. In *genetic engineering of osmoregulation*. Eds. D.W. Rains and R.C. Valentine. pp. 171-186. Plenum Press, New York.
- 56 - Osmond C.B., Bjorkman O. and Anderson D.J. (1980). *Physiological processes in plant ecology towards a synthesis with Atriplex*. Springer, Berlin.
- 57 - Osmond C.B., Winter K. and Ziegler H (1982). Functional significance of difference path ways of CO₂ fixation in photosynthesis. In *Encyclopedia of plant physiology. New Series, Vol. 12B*. Eds. O.P. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler. pp. 479-547 Springer-Verlag, Berlin.
- 58 - Papp J.C., Ball M.C. and Terry N. (1983). A comparative study of the effects of NaCl salinity on respiration, photosynthesis and leaf extension growth in Beta vulgaris L. (sugar beet). *Plant, Cell and Environment.* 6, 675-677.

- 59 - Passioura J.B. (1982). Water in the soil-plant atmosphere continuum. In Encyclopedia of plant physiology, Vol. 12B. Eds. O.L. Lange P. S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler. pp. 5-33. Springer-Verlag, Berlin.
- 62 - Robinson S.P., Downton W.J.S. and Millhouse J.A. (1983). Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt stressed spinach. Plant Physiol. 75, 238-242.
- 63 - Rozema J., Van Munen Y, Vuyts H.F. and Leusink A. (1985). Airborne and soilborne salinity and the distribution of coastal and inland species of the genus *Elytrigia*. Acta Bot. Neerl 32, 447-456.
- 64 - Schleiff U. (1984) The effects of soil osmotic and soil matric water potential of the rhizosphere on the water uptake by wheat roots. Poster presented at the third intern. Workshop on biosaline Research, March 19-25. Beer-Sheva, Israel.
- 65 - Schonherr J. (1982). resistance of plant surface to water loss: Transport properties of cutin, suberin and associated lipids. In Encyclopedia of plant physiology, New Series, Vol. 12B, Eds. O Lange P.S. Nobel, C.B. Osmond and H Ziegler, pp.153-179. Springer, Berlin.
- 66 - Schulze E.D. and Hall A.E. (1982). Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rates of plant in contrasting environment. In Encyclopedia of plant physiology Vol. 12B Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler. pp.181-250. Springer, Berlin.
- 68 - Stelzer R. and Lauchli A. (1978). Salt and flooding tolerance of Puccinellia pennis. III. Distribution and localization of ion in the plant. Pflanzenphysiol 88, 437-448.

- 69 - Stelzer R. (1981). Ion localization in the leaves of Puccinellia per-
sonis. Z. Pflanzenphysiol. 103, 27-36.
- 72 - Storey R., Pitman M.G., Stelzer R. and Carter C. (1983). X-ray micro-
analysis of cell and cell compartments of Atriplex spongiosa. I.
Leaves. J. Exp. Bot. 34, 778-749.
- 73 - Turner N.C. (1979). Drought resistance and adaptation to water deficits
in crop plants. In stress physiology in crop plants. Edss. H. Mus-
sell and R.C. Staples. pp. 343-372. Wiley-Interscience, New York.
- 74 - Turner N.C. and Jones M.M. (1980). Turgor maintenance by osmotic ad-
justment: A review evaluation. In adaptation of plants to water
and high temperature stress. Eds. N.C. Turner and P.J. Kramer.
pp. 87-103. John Wiley and Sons, New York.
- 75 - Tyree M.T. and Jarvis P.G. (1982). Water in tissues and cells. In Ency-
clopedia of Plant Physiology Vol. 12B. Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel,
C.B. Osmond and Ziegler. pp. 35-77. Springer-Verlag, Berlin.
- 77 - Weatherley P.E. (1983). Water uptake and flow roots. In Encyclopedia
of Plant Physiology, Vol. 12B, Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B.
Osmond and H. Ziegler. pp. 35-77. Springer-Verlag, Berlin.
- 80 - Wyn Jones R.G., Storey R., Leigh R.A., Ahmad N. and Pollard A. (1977).
A hypothesis on cytoplasmatic osmoregulation. In regulation of
cell membrane activities in plants. Eds. E. Marre and O. Ciferri
pp. 121-135. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam.
- 81 - Wyn Jones R.G. and Gorham J. (1983). Osmoregulation. In Encyclopdia
of Plant Physiology, Vol. 12C Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B.
Osmond and Ziegler. pp. 35-38. Springer-Verlag, Berlin.

- 82 - Wyn Jones R.G. (1981). Salt tolerance. In physiological processes limiting plant productivity. Ed. C.B. Johnson pp. 271-292. Butterworth, London.
- 83 - Yeo A.R. (1981). Salt tolerance in halophyte Suaeda maritima L. Dum: Intracellular compartmentation of ions. J Exp. Bot. 32, 487-497.
- 84 - Yeo A.R. (1983). Salinity resistance: Physiology and picees. Physiol Plant 58, 214-222.

ANEXO C

EJEMPLO DE CALCULO DE SALINIDAD TOTAL.

PROCEDIMIENTO: Para calcular los meq/L o bien las partes por millón totales de un tratamiento; por ejemplo, de una conductividad de 10 $\frac{m\mu}{cm}$ limbos/cm se procedió utilizando las relaciones obtenidas por Ramírez (1988) para cada una de las salinidades y sales puras:

Ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{Salinidad clorhídrica} & \quad \text{ppm} = 955.57 \quad (\text{CE} \times 10^3) \\ \text{Salinidad sulfático - clorhídrica} & \quad \text{meq/L} = 12.41 \quad (\text{CE} \times 10^3) \end{aligned}$$

Por lo que los cálculos substituyendo:

$$\begin{aligned} \text{ppm} = 955.5 (10) & = 9,555 \text{ mg/L para clorhídrica} \\ \text{meq/L} = 12.41 (10) & = 124.1 \text{ meq/L por sulfático-clorhídrica} \end{aligned}$$

Así se procedió para todos los niveles y salinidades cualitativas.

EJEMPLO DE CALCULO DE SALINIDAD CUALITATIVA

1. SALINIDAD CLORHIDRICA

- a) Si el (NaCl) tiene un pesos molecular de 58.44 g y el Cl un peso atómico de 35.45 g, por lo que de el compuesto representa el -- 60.66 % de p/p ¿Cuántos meq/L representara en una solución de - cloruro de sodio, NaCl = A = 58.44

a.1) % $\left(\frac{P}{P}\right)$ de Cl^- en el NaCl = 0.6066 decimal

$$\begin{array}{r} 58.44 \text{ ----- } 100 \\ 35.45 \text{ ----- } X \\ \hline 60.66 = 0.6066 \end{array}$$

a.2) # meq/L Cl^- en A = $\frac{100}{0.6066 \times A \times 1000} = 17.087 \text{ meq/L}$
Peso equivalente 35.5

- b) Para el HgSO_4 cuyo pesos molecular = 120.37 g cuanto representa el SO_4 del compuesto total si el SO_4 pesa 96.06 g. $B = \text{HgSO}_4 = 120.37$

$$\frac{120.37}{96.06} = \frac{100\%}{X}$$

$$X = 79.803 = 0.798 \text{ decimal}$$

- b.2) En una solución de 1 litro cuantos meq/l. hay en la solución.

$$\# \text{ meq/L } \text{SO}_4 \text{ hay en B} = \frac{0.798 \times B \times 1000}{\text{meq } 96.06} = \frac{798 \text{ g}}{96.06} = 8.3073 \text{ como}$$

- c) Si se quiere preparar una solución que guarde una relación en $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 2.5$ con las dos sales y que además la solución tenga -- (0.64 g/l.

$$\text{Primera: } \frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 2.5 = \frac{17.11 \text{ A}}{16.61 \text{ B}} = 2.5$$

$$\text{Segunda: } A + B = 0.64 \text{ g/l.}$$

La incognita es saber cuántos gramos de cada sal hay que utilizar para llevar las dos condiciones; Se parte de las ecuaciones siguientes:

$$\frac{17.11 \text{ A}}{16.61 \text{ B}} = 2.5 \quad \text{y} \quad A + B = 0.64 \text{ g/l.}$$

$$B = 0.64 - A$$

Substituyendo en la ecuación:

$$\frac{17.11 \text{ A}}{16.61 (0.64 - A)} = 2.5$$

$$\frac{17.11 \text{ A}}{10.6304 - 16.61A} = 2.5$$

$$17.11A = 2.5 (10.6304 - 16.61A)$$

$$17.11A = 26.576 - 41.525A$$

$$17.11A + 41.525A = 26.576$$

$$58.635A = 26.576$$

$$A = \frac{26.576}{58.635}$$

$$A = 0.453 \text{ g/L de NaCl}$$

$$A = 453 \text{ mg/L}$$

$$B = 0.64 - 0.453$$

$$B = 0.187 \text{ g/L}$$

$$B = 187 \text{ mg/L}$$

Salinidad sulfato - Sódica:

$$\text{Relación Aniónica: } \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}} = 2.0$$

Salas a utilizar:

SAL	PESO MOLECULAR	IONES
MgCl ₂	95.22 g	Cl ⁻ = 70.91 g
Na ₂ SO ₄	142.04 g	SO ₄ ²⁻ = 96.06
NaHCO ₃	84.01	HCO ₃ ⁻ = 61.01 g

- a) El % $\frac{P}{P}$ de Cl⁻ en MgCl₂ = 0.7447 decimal
- b) El % $\frac{P}{P}$ de SO₄²⁻ en el Na₂SO₄ = 0.6763 decimal
- c) El % $\frac{P}{P}$ de HCO₃⁻ en el NaHCO₃ = 0.7263 decimal
- d) # meq/L Cl⁻ en A = $\frac{0.7447 \times A \times 1000}{\text{peq Cl}} = \frac{7.447}{70.91} \times 2 = 21.00 \text{ meq/L}$
- e) # meq/L SO₄²⁻ en B = $\frac{0.6763 \times B \times 1000}{\text{peq SO}_4} = \frac{676.3}{96.06} \times 2 = 14.08 \text{ meq/L}$
- f) # meq/L HCO₃⁻ en C = $\frac{0.7263 \times C \times 1000}{\text{peq HCO}_3} = \frac{726.3}{61.01} = 11.91 \text{ meq/L}$

Para realizar las operaciones que conduzcan a las siguientes condiciones:

$$A + B + C = 0.64 \text{ g/l.} \quad \frac{C}{A + B} = 2$$

$C = 4$ $a = 1$ y $B = 1$ se cumple la condición

$$21.0 \quad A = a = 1$$

$$14.01 \quad B = b = 1$$

$$11.91 \quad C = c = 4$$

A B C son las cantidades en gramos de $HgCl_2$, Mn_2SO_4 y $NaHCO_3$ necesarios para preparar 1 l de solución que tenga 4 meq/l. de HCO_3^- , 1 meq/l. Cl^- y 1 meq/L de SO_4

Despejando:

$$A_o = \frac{1}{21.0} = 0.0476$$

$$B_o = \frac{1}{14.01} = 0.0710$$

$$C_o = \frac{4}{11.91} = 0.3359$$

$$A_o + B_o + C_o = 0.0476 + 0.0710 + 0.3359 = 0.4545$$

$$A = \frac{(A + B + C) \cdot C_o}{A_o + B_o + C_o} = \frac{0.64 \times 0.3359}{0.4545} = 0.4730 \text{ g/l. } HgCl_2$$

$$B = \frac{(Conc) \times A_o}{A_o + B_o + C_o} = \frac{0.64 \times 0.0476}{0.4545} = 0.1000 \text{ g/L } NaHCO_3$$

Comprobación:

$$A + B + C = 0.100 + 0.0670 + 0.473 = 0.64 \text{ g}$$

$$\text{meq/L } Cl^- = 21.0 \quad A = 21(0.0670) = 1.407$$

$$\text{meq/L } SO_4^{2-} = 14.08 \quad B = 14.08 (0.1000) = 1.408$$

$$\text{meq/L } HCO_3^- = 11.91 \quad C = 11.91 (0.473) = 5.63$$

La relación molar es:

$$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}} = \frac{5.63}{1.407 + 1.408} = \frac{5.63}{2.815} = 2$$

Cálculo de las cantidades en gramos de las sales cuando estas son hidratadas:

	PESO MOLECULAR	PESOS EQUIVALENTES
NaCl	58.44	58.44 g = 1 g.eq
HgSO ₄ ·7H ₂ O	246.498	123.249 g = 1.0 g.eq
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	322.208	161.104 g = 1.0 g.eq
NaHCO ₃	84.01	84.01 g = 1.0 g.eq
HgCl ₂ ·6H ₂ O	201.37	101.665 g = 1.0 g.eq

SALES HIDRATADAS	1.0 eq	1.0 meq	1.0 meq
NaCl	58.44 g	0.0584 g	58.44 mg
HgSO ₄ ·7H ₂ O	123.249 g	0.123249 g	123.249 mg
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	161.104 g	0.161104 g	161.104 mg
NaHCO ₃	84.01 g	0.8401 g	84.01 mg
HgCl ₂ ·6H ₂ O	101.665 g	0.101665 g	101.665 mg

Para calcular la cantidad de HgSO₄·7H₂O, tenemos a la sal como se muestra a continuación:

$$\text{HgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = P_1 = 123.249$$

$$\text{HgSO}_4 = p_1 = 120.37$$

Cantidad a usar = 0.4855 g de HgSO₄

$$\frac{0.4855 \times 1000}{120.37} \times 2 = 8.0668 \text{ meq/l.}$$

SI: 1.0 meq/l. ————— 123.249 mg

8.0668 ————— X

$$X = 994.2250 \text{ HgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

Para $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Pe = 161.104

Na_2SO_4 = pm = 142.04

Cantidad de Na_2SO_4 = 0.350

$$\frac{0.350 \times 1000}{142.04} \times 2 = 4.9282 \text{ meq/l.}$$

1.0 meq/l. ————— 161.104

4.0282 ————— X

$$X = 793.950$$

$\text{HgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ = 101.665 g

HgCl_2 = 95.22 g

Cantidad = 0.325 g

$$\frac{0.325 \times 1000}{95.22} \times 2 = 6.8263$$

1.0 meq ————— 101.665

6.8263 ————— X

$$X = 693.9954 \text{ g}$$