

USO DE BIOACTIVADORES HUMICOS EN DOS
GENOTIPOS DE MAIZ HALOTOLERANTES,
BAJO CONDICIONES DE SALINIDAD

LIBORIO FENECH LARIOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN SUELOS



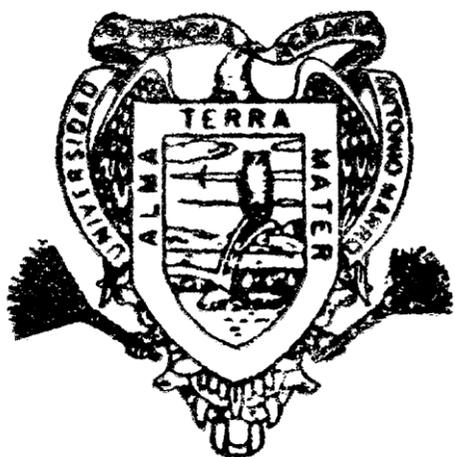
BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista. Saltillo, Coah.

SEPTIEMBRE DE 1999



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRAIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

USO DE BIOACTIVADORES HÚMICOS EN DOS GENOTIPOS DE
MAÍZ HALOTOLERANTES, BAJO CONDICIONES DE SALINIDAD

POR
LIBORIO FENECH LARIOS

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN SUELOS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



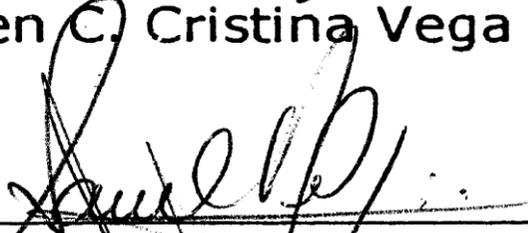
Ph. D. Eduardo Narro Farías

Asesor:



M. en C. Cristina Vega Sánchez

Asesor:



M. en C. Víctor Samuel Peña Olvera

Asesor:

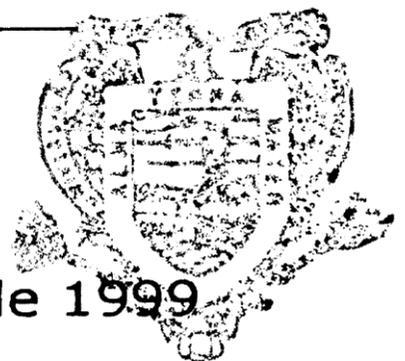


M. en C. José Luis Gutiérrez Esquivel



Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, septiembre de 1999



BIBLIOTECA
EDUARDO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por colmarme de bendiciones desde que nací y darme la oportunidad de completar esta página de mi vida.

Un especial agradecimiento al **Ph. D. Eduardo Narro Farías**, por haber tenido la confianza en mi persona, por el cúmulo de conocimientos y nuevas ideas que me entregó tanto en mi paso por las aulas de Postgrado, en sus visitas a mi entidad, en la elaboración del presente documento y en las conversaciones que me orientaron a mi superación personal. Gracias maestro.

A los Maestros en Ciencias, **Cristina Vega Sánchez, José Luis Gutiérrez Esquivel y Víctor Samuel Peña Olvera**, por su valioso tiempo dedicado en la revisión y corrección del presente trabajo, así como por sus palabras de aliento, consejos y aportaciones para una mejor presentación del mismo.

A mi amigo, colega y exalumno, **Ing. Agr Vicente Verdugo Ojeda**, por su invaluable ayuda, en el establecimiento y conducción del presente trabajo de investigación, especialmente cuando mi salud escaseaba, y a su distinguida esposa **Aidé Marisol Abañez de Verdugo**, quien siempre me tuvo una enorme paciencia, gracias amigos.

A mi exalumna **Ing. Agr. Carmen Romero Geraldo** por su desinteresada colaboración en los trabajos de Laboratorio y campo.

A la **Lab. Consuelo Méndez Garfias**, por su ayuda y colaboración, no sólo en la presente investigación, sino en toda la responsabilidad frente al Laboratorio de Suelos y Aguas de la UABCS.

A la **Universidad Autónoma de Baja California Sur**, por las facilidades para la culminación de mis estudios de Postgrado, a través de la Dirección General de Apoyo Académico y su Programa de Mejoramiento al Profesorado (**PROMEP**).

A mi Alma Mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** y su cuerpo docente, quienes me dieron la oportunidad de ser un profesional orgulloso de su origen, crisol y forja.

A mis maestros de Postgrado del **Departamento de Suelos**, donde no sólo logré cosechar conocimientos, sino además amistades y múltiples consejos para el ejercicio profesional, así como para la vida diaria, por su tolerancia, muchas gracias.

Muy especialmente a mi amigo y colega, **Ing. Agr. Sergio Zamora Salgado**, por el sin número de convivencia en la vida docente, política y administrativa de la UABCS, algunas buenas, otras no tanto, pero todas de gran experiencia. Nuevamente va de reto.

DEDICATORIA

A mi esposa, **Cecilia**, quien me ha dado lo más valioso de su vida, su amor y nuestros hijos, por tu comprensión y paciencia, gracias.

A mis hijos, **Juan Liborio y Tito Guillermo**, mi orgullo y satisfacción, como un reto a superarme, pues ellos son muchos mejores.

A la memoria de mis padres **Juan y María de Jesús Graciela**, quienes me dieron el ser y me legaron los principios inmutables de la rectitud en la conducta para ser un hombre, con su amor y tolerancia, Dios los tenga en su gloria.

A mis segundos padres, **Tito Gerónimo y Cuquita**, quienes me acogieron en su familia como otro más de sus hijos, gracias por su afecto.

A mis hermanos: **Carmelita y Luis Fernando, Aldo Virgilio y Aida, María Cristina y Carlos, Claudina, Tito Gerónimo, Jesús Guillermo y Elizabeth**, por su cariño.

COMPENDIO

**Uso de Bioactivadores Húmicos en dos Genotipos de Maíz
Halotolerantes, bajo condiciones de salinidad.**

POR

LIBORIO FENECH LARIOS

MAESTRIA EN

CIENCIAS DE SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTIEMBRE 1999

DR. EDUARDO NARRO FARIAS

-ASESOR-

**Palabras claves: Bioactivadores húmicos, maíz halotolerante, salinidad,
crecimiento, rendimiento.**

En esta investigación se buscó conocer el efecto de seis bioactivadores húmicos comerciales sobre ciertas variables del crecimiento y rendimiento de dos híbridos de maíz halotolerantes (AN447 y AN430R), propuestos por el Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", establecidos en el Valle de La Paz, B.C.S., México. en un suelo arenoso profundo e irrigado con agua de alta salinidad, a fin de establecer las bases para un programa de investigación en esa región.

Ambos genotipos tuvieron una respuesta superior a la media regional, por lo que se recomienda su uso en esa región. El híbrido AN430R mostró mayor adaptabilidad y respuesta a los efectos de los bioactivadores húmicos, que el híbrido AN447.

Por su parte, los bioactivadores húmicos influenciaron marcadamente precocidad en la floración, el diámetro de mazorca y el rendimiento, especialmente los productos comerciales K-tionic, Humiplex y Salko.

ABSTRACT

Use of Humics Substances in two Corn Genotypes tolerant saline,
under sands soil and saline conditions.

By

LIBORIO FENECH LARIOS

MASTER

SOILS SCIENCE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, AGOSTO DE 1999

DR. EDUARDO NARRO FARIAS

-ADVISOR-

**Key words: Humic substances, corn, tolerant saline, salinity soils waters, soil
sands, growth, yield.**

**In this investigation it was looked to know the effect of six commercial
substances humics on certain variables of the growth and hybrid yield of two of
corn tolerant saline (AN447 and AN430R), proposed by the IMMUAAAN, settled
down in the La Paz Valley of B.C.S., Mexico, in a deep sandy soil and irrigated**

with water of high salinity, in order to establish the bases for an investigation program in that region.

Both hybrids had a superior answer to the regional stocking, because their use is recommended in that region, the hybrid one AN430R showed bigger adaptability and answer to the effects of the substances humics that the hybrid one AN447.

On the other hand, the humics substances influenced precocity markedly in the floración, the ear diameter and the yield, especially the commercial products K-tionic, Humiplex and Salko.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros.....	XIII
Indice de Figuras.....	XVI
INTRODUCCION.....	1
Hipótesis.....	2
Objetivo.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
El Maíz.....	4
Importancia económica del maíz en Baja California Sur.....	4
Origen del Maíz.....	5
Clasificación Botánica y taxonomía.....	5
Ecología del cultivo de maíz.....	6
Fertilización en maíz.....	8
Los ácidos húmicos.....	10
Generalidades de los ácidos húmicos.....	10
Características físicas y químicas de los ácidos húmicos.....	12
Efecto de los ácidos húmicos en el desarrollo de las plantas.....	14
Efecto en la iniciación de raíces y crecimiento.....	15
Efecto en el desarrollo de tallos.....	19
Efectos en el desarrollo de las plantas en general.....	20
Efectos en el rendimiento de plantas cultivadas.....	23
Efecto de los ácidos húmicos en las propiedades del suelo.....	25
Efecto de los ácidos húmicos en el cultivo del maíz ...	27
El ensalitramiento de los suelos agrícolas y aguas de riego..	30
Generalidades del ensalitramiento.....	30
El problema del Ensalitramiento.....	31
Origen de las Sales del Suelo y el Agua de Riego	32
Clasificación de Suelos y Aguas con problemas Ensalitramiento.....	34
El efecto de las sales solubles sobre las plantas cultivadas.....	36
Efecto de las sales sobre la germinación.....	41

Efecto de las sales sobre el desarrollo radical .	44
Efecto de las sales sobre la absorción de Nutrimentos	46
Efecto de las sales sobre el desarrollo vegetativo.....	47
Efecto de las sales sobre los rendimientos.....	52
El problema de ensalitramiento de los suelos de Baja California Sur.....	54
MATERIALES Y METODOS	59
Descripción del sitio experimental.....	59
Localización geográfica.....	59
Hidrografía.....	60
Clima.....	61
Temperatura.....	62
Precipitación.....	65
Humedad relativa.....	66
Evaporación.....	67
Insolación.....	68
Vientos.....	69
Fenómenos meteorológicos regionales (ciclones).....	72
Suelos.....	73
Descripción de tratamientos.....	76
Genotipos de maíz en estudio.....	77
Fuentes comerciales de bioactivadores húmicos.....	77
Preparación de dosis de bioactivadores conforme a tratamientos.....	78
Diseño Experimental y arreglo de tratamientos.....	80
Trabajo de campo.....	81
Preparación del terreno.....	81
Muestreo inicial de suelos y agua de riego.....	82
Siembra y aplicación de tratamientos.....	83
Muestreo periódico de suelos para control de Humedad.....	84
Muestreo y análisis periódico de suelos y del agua de riego.....	85
Análisis de suelos	85
Análisis de agua de riego	86
Riegos.....	87
Control de plagas y malezas.....	87
Cosecha.....	89

RESULTADOS Y DISCUSION	90
Variables de crecimiento.....	91
Días a la floración	91
Altura de la mazorca.....	95
Altura de la planta.....	97
Porcentajes de acame de raíz y de tallo.....	100
Variables del Rendimiento.....	103
Porcentaje de humedad del grano	103
Longitud de mazorca	106
Diámetro promedio de mazorca	108
Rendimiento neto de grano	111
CONCLUSIONES.....	116
RESUMEN.....	118
LITERATURA CITADA.....	122
APENDICES.....	130

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
2.1	Superficie sembrada de maíz en B.C.S. en miles de hectáreas, de 1987 a 1997	4
2.2	Clasificación taxonómica del maíz	6
2.3	Temperaturas óptimas para el desarrollo del maíz, según Parson <i>et al.</i> (1981)	7
2.4	Absorción de nutrimentos en sus diversos estados de desarrollo, según Desvinger (1979)	9
2.5	Extracción de nutrimentos por el maíz, según Olson y Sanders (1988)	9
2.6	Características estructurales de las sustancias húmicas y sus grupos funcionales, según Choundhry (1984).	14
2.7	Criterios de clasificación de las aguas de riego y sus índices	35
2.8	Calidad de las aguas de riego del DR 66, Valle de Santo Domingo, B.C.S. y su porcentaje de distribución	57
2.9	Distribución y grado de afectación por la salinidad de los suelos del DR 66 del Valle de Santo Domingo, B.C.S	58
3.1	Conductividad Eléctrica del agua del pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S.	63
3.2	Relación de Adsorción de Sodio (RAS) del agua del pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S.	62
3.3	Reacción (pH) del agua del pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S.	63

3.4	Temperaturas medias observadas en La Paz, B.C.S., Durante 1997	65
3.5	Precipitación en mm registradas en La Paz, B.C.S. en 1997.....	66
3.6	Humedad Relativa registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.....	67
3.7	Evaporación en mm registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.....	68
3.8	Insolación registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.....	69
3.9	Dirección y Velocidad del Viento registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.....	72
3.10	Características agronómicas de los genotipos de maíz en estudio	77
3.10	Dosis de bioactivadores húmicos según indicaciones del fabricante	79
3.12	Dosificación de los bioactivadores húmicos comerciales en las unidades experimentales conforme a tratamientos	79
3.13	Análisis granulométrico del suelo	82
3.14	Otras propiedades físicas del en el suelo	82
3.15	Análisis químico inicial del suelo	82
3.16.	Análisis químico inicial del Agua de Riego	83
3.17	Calendario de riegos aplicados y sus láminas	88
4.1	Promedio de días a la floración femenina	91
4.2	Promedio de días a la floración masculina	92
4.3	Promedio de altura de mazorcas	95
4.4	Promedio de altura total de planta.	98

Cuadro No.

Página

4.5	Por ciento promedio de acame de raíz.	101
4.6	Promedio de porcentaje de acame de tallo	102
4.7	Promedio de porcentaje de humedad del grano	104
4.8	Promedio de longitud de mazorcas	107
4.9	Promedio de diámetro de mazorcas.	109
4.10	Rendimiento neto promedio de grano, kg ha ⁻¹	112

INDICE DE FIGURAS

Figura No.

Página

- 2.1 Diagrama de clasificación de suelos
Ensalitrados, propuesto por el U.S.S.L.D.A..... 37
- 2.2 Diagrama de clasificación de aguas de riego,
Propuesto por Wilcox..... 37

INTRODUCCION

En la actualidad, el cultivo del maíz se considera uno de los principales aportadores de granos (cereales) que contribuyen a alimentar la humanidad, ya que después del trigo, es el cereal de mayor importancia social y económica en el mundo.

En el Estado de Baja California Sur la superficie sembrada de maíz se incrementó en los últimos años, pero ahora tiende a disminuir, junto con el rendimiento promedio por hectárea de los genotipos tradicionales, por problemas de salinidad en el agua de riego y en el suelo, a pesar de contar con híbridos de alto potencial de rendimiento, con marcada resistencia a enfermedades y que responden bien a la aplicación de alta tecnología.

Los suelos que eran muy productivos se están degradando, por el efecto negativo de las sales solubles, por el manejo del agua o del suelo, y los rendimientos disminuyen porque muchos productores no cultivan materiales tolerantes a las condiciones críticas mencionadas.

Existen muchos indicadores que señalan que en el futuro, la producción de alimentos dependerá en gran parte de la capacidad de los agricultores para

aprovechar esas regiones de condiciones desfavorables, a través de utilizar el material genético apropiado y la tecnología de producción adecuada para esos ambientes marginales.

Las sustancias húmicas aplicadas a muchas plantas cultivadas, han demostrado que actúan como estimulantes del crecimiento vegetal, especialmente de la raíz, lo que permite una mayor exploración y actividad radical, traducida en una mayor capacidad de absorción de agua y nutrimentos, por lo que representan una buena opción para manejar estos problemas de salinidad. Ya existen disponibles en el mercado, diferentes productos que contienen ácidos húmicos, ácidos fúlvicos o mezclas de ambos.

Asociar estas dos tecnologías (genotipos mejorados tolerantes a sales y aplicación de bioactivadores húmicos) que permitan a los productores obtener rendimientos económicos en el cultivo del maíz, en zonas marginales como el Valle de La Paz, B.C.S., es el objetivo fundamental del presente trabajo.

Hipótesis

En un suelo arenoso, profundo, irrigado con agua de alta salinidad, la aplicación de sustancias húmicas estimulan el crecimiento vegetal y el rendimiento de los híbridos AN430R y AN447, de maíz.

Objetivo

Evaluar el efecto de seis bioactivadores húmicos comerciales aplicados al cultivo de maíz establecido en un suelo arenoso, profundo y regado con agua de alta salinidad, en su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de los híbridos AN430R y AN447 de maíz, tolerantes a sales.

REVISION DE LITERATURA

El Maíz

Importancia económica del maíz en Baja California Sur

El maíz en Baja California Sur, se siembra desde hace mucho tiempo; inicialmente se sembró para autoconsumo, y últimamente llegó a ser el primer cultivo en el estado, por la superficie sembrada, volumen de producción, valor de producción, fertilización, Asistencia técnica, crédito y con cobertura de seguro agrícola. Los datos registrados en los Anuarios Estadísticos del Estado de Baja California Sur, de 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, y 1996 de INEGI, se presentan en resumen en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Superficie sembrada de maíz en B.C.S. en miles de hectáreas, de 1987 a 1997

Año	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Total maíz	2.3	3.1	3.5	9.2	22.2	22.7	18.0	18.9	8.6	22.7	19.9
Total Ciclo	67.2	62.1	57.7	68.8	57.8	55.3	52.7	48.1	56.2	54.3	52.0
por ciento Sup.Total	3.46	4.99	6.06	13.46	38.45	41.24	34.22	39.3	15.4	41.82	38.29

En este Cuadro se observa un incremento en la superficie sembrada de maíz, con ligeras oscilaciones; en el año 1995, la superficie sembrada sufrió un

decremento con relación al total de la superficie sembrada, debido a que en ese año hubo una oferta inusual para el cultivo del trigo, que indujo a los productores a sembrar este cultivo. Posterior a este ciclo, la superficie de maíz sembrada en el estado siguió a la alza, con ligeras oscilaciones.

Origen del Maíz

El origen del maíz se pierde en la historia; descubrimientos en excavaciones arqueológicas y geológicas, y mediciones por desintegración radioactiva en antiguas mazorcas encontradas en cuevas, indican que la planta se originó hace cuando menos 5000 años. El probable lugar de origen es México, Centroamérica o el Suroeste de los Estados Unidos. Las mutaciones, la selección natural y la selección masal por los indios americanos transformaron gradualmente al maíz silvestre en una planta cultivada (Jugenheimer, 1981 y Robles, 1982).

Clasificación Botánica y taxonomía

El maíz es un cereal y tiene múltiples clasificaciones, por ejemplo, es una planta monoica, con flores unisexuales y alógama y su taxonomía es la siguiente, (Reyes, 1990), Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Clasificación taxonómica del maíz

Categoría	Ejemplo	Carácter distintivo
Reino	Vegetal	Planta anual
División o phylum	Tracheophyta	Sistema vascular
Subdivisión	Pterapsidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semilla cubierta
Subclase	Monocotiledóneae	Cotiledón único (Esculentum)
Orden	Graminales	Tallos con nudos prominentes
Familia	Graminae	Grano-cereal
Tribu	Maydeae	Flores unisexuales
Genero	<i>Zea</i>	Unico
Especie	<i>Mays</i>	Maíz común

Ecología del cultivo de maíz

El maíz, por su gran diversidad de tipos y ciclos se cultiva en una amplia gama de climas. La zona principal del cultivo se localiza entre las latitudes 30° y 55°, con una superficie limitada en las latitudes superiores a los 47°. Asimismo el maíz también se cultiva en muchas zonas tropicales, desde las proximidades a nivel del mar a varios miles de metros sobre el mismo (López, 1990).

El maíz se cultiva en la mayoría de los países del mundo ya que por su amplia variabilidad genética se adapta a muy diversas condiciones ecológicas y edáficas. Por selección natural y/o por mejoramiento genético, se le aprovecha en siembras comerciales en diversas regiones agrícolas (Robles, 1982).

El requerimiento de temperatura va de 10 a 40°C, con un óptimo de los 25 a 30°C; temperaturas de 10°C o menos pueden dañar al embrión, retardar o inhibir la germinación; temperaturas de 40°C, son perjudiciales en el período de

polinización (Robles, 1982). La mayoría de las variedades de maíz se cultivan en regiones de temporal, de clima caliente y de clima subtropical húmedo, pero no se adaptan a regiones semiáridas. Para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20° y 30°C La óptima depende del estado de desarrollo y dichas temperaturas son las que se establecen en el Cuadro 2.3.

(Parson *et al.*, 1981):

Cuadro 2.3. Temperaturas óptimas para el desarrollo del maíz, según Parson *et al.* (1981).

Estado de desarrollo	Temperatura, °C		
	Mínima	Optima	Máxima
Germinación	10	20 a 25	40
Crecimiento vegetativo	15	20 a 30	40
Floración	20	21 a 30	30

Respecto a humedad, el requerimiento depende de la precosidad de la variedad, de riego o temporal, mejoradas o criollas, pero en general, bajo riego se recomienda una lámina de 50 cm, repartida en un riego de siembra y tres de auxilio; en temporal se desarrolla bien en regiones con 500 mm de precipitación pluvial (Robles, 1982).

El maíz se cultiva con buenos rendimientos desde el nivel del mar, hasta 2500 msnm; con altitudes mayores a 3000 msnm, el rendimiento disminuye por el efecto de las bajas temperaturas, por lo general se adapta desde 50° latitud norte, hasta alrededor de 40° latitud sur. Las regiones más productoras de maíz se localizan entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio. La planta de maíz se considera insensible al fotoperíodo, y los mayores rendimientos se obtienen

de 11 a 14 horas luz. El maíz prospera bien en diferentes tipos de suelos, respecto a textura y a estructura, pero prefiere los de textura franca (Robles, 1982).

Fertilización en maíz

La necesidad de nutrimentos varía con la región agrícola y aún dentro de una misma región existen diferencias en el contenido de nutrimentos del suelo, además de que no todas las especies cultivadas requieren las mismas cantidades de fertilizante. Es necesario determinar la dosis óptima de fertilizante, bajo las condiciones ecológicas, edáficas y de manejo del cultivo de cada región o localidad productora de maíz.

La extracción de nutrimentos del suelo por el maíz, a lo largo del ciclo, se relaciona con la acumulación de materia seca de la planta. En las primeras fases del crecimiento vegetativo se extraen pequeñas cantidades de N - P - K. Durante el estado vegetativo tardío, la formación del tallo y el llenado del grano, la absorción es muy rápida (López, 1990).

Según Robles (1982), la absorción de nutrimentos en los distintos estados de desarrollo del maíz expresado en por ciento se presenta en el Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Absorción de nutrimentos en sus diversos estados de desarrollo, según Desvinger (1979)

Periodo o estado de desarrollo	Nutrimento		
	N	P	K
Emergencia - 8 hojas	2	1	4
8 a 15 hojas - antes de floración	38	27	66
Floración \pm 15 días	47	46	30
Maduración	13	26	0

Olson y Sanders (1988), presentan los valores de extracción de nutrimentos por la parte aérea del cultivo de maíz referida en Kg de nutrimento por cada 1 000 kg de grano, tal y como se enuncia en el Cuadro 2.5

Cuadro 2.5. Extracción de nutrimentos por el maíz, según Olson y Sanders (1988).

Nutrimento	kg de nutrimento/1000 kg de grano	
	Grano	Resto de la planta
Nitrógeno (N)	14	7
Fósforo (P_2O_5)	7	2
Potasio (K_2O)	5	20
Calcio (CaO)	0.3	6
Magnesio (MgO)	2	6
Azufre (S)	1.3	1

Para definir la dosis de abono nitrogenado se debe considerar la densidad de plantas y el potencial productivo de la variedad. Para un rendimiento medio de $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de grano de maíz se recomiendan $175 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N en suelos ligeros (6-15 por ciento arcilla), $187 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N en suelos medios (15-35 por ciento de arcilla) y $230 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N en suelos pesados (35-55

por ciento de arcilla), considerando que no existen pérdidas de lavado (López, 1990).

Un cultivo de maíz que rinda 4.0 ton.ha^{-1} de grano, requiere aproximadamente 110 kg. de N; 40 kg de P_2O_5 ; 80 kg de K_2O ; 7 kg de CaO; 6 kg de MgO y 6 kg de SO_4 . El maíz forrajero necesita aproximadamente 20 kg más de P_2O_5 y 120 de K_2O (Parson *et al.*, 1981).

El Campo Experimental Valle de Santo Domingo del INIFAP (1992) en su Guía de Paquetes Tecnológicos, sobre maíz, recomienda para Baja California Sur, aplicar 160 kg.ha^{-1} de N usando sulfato de amonio o urea, fraccionando la aplicación en dos partes iguales, una en presiembra y la otra al primer riego de auxilio (40 a 45 días después de la siembra), y no establece recomendaciones para otros elementos esenciales para el desarrollo de las plantas.

Los ácidos húmicos

Generalidades de los ácidos húmicos

Desde hace miles de años se conocen las bondades de la aplicación de materia orgánica en suelos agrícolas, en la producción de cultivos, pero fue hasta el siglo XVII cuando se reconoció la importancia de las sustancias húmicas (Narro, 1996).

Según Soil Science Society of America, la materia orgánica del suelo se define como: “la fracción orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del mismo” (Cepeda, 1991).

De acuerdo a su estado de descomposición, la materia orgánica del suelo se puede clasificar en tres categorías: seres vivos, hojarasca y humus. En la práctica, los límites entre estas categorías no se distinguen con claridad, por lo que esta clasificación se puede catalogar como conceptual (Narro, 1994).

El humus contiene alrededor de una tercera parte de ácidos húmicos y sustancias relacionadas y dos terceras partes de huminas, o restos de materia orgánica poco transformada. Sólo una pequeña parte de las sustancias húmicas se encuentran libres, la mayoría está unida a las partículas de suelo. El nombre de ácidos, o sustancias húmicas es genérico para los materiales que se pueden extraer del humus por varios extractantes y los componentes son: ácido húmico, ácido fúlvico y ácido himatomelánico. Los “ácidos” húmicos comerciales se extraen principalmente de la leonardita, del lignito y de las turbas. El término de bioactivadores húmicos se refiere a que su principal función agrícola es de estimular el metabolismo vegetal (Narro, 1996).

Las sustancias ácidos húmicas poseen grupos funcionales, energía y nutrimentos que al aplicarse a las plantas, estimulan su crecimiento vegetal y a través de ellas, se mejora el suelo. La aplicación de sustancia húmicas permite

reducir las dosis de varios agroquímicos en diferentes cultivos, al incrementar la eficiencia de su asimilación, transporte y metabolismo (Narro, 1997a).

Características físicas y químicas de los ácidos húmicos

Las propiedades de las sustancias húmicas son, según Cepeda (1991):

a). Ácidos húmicos. Incluye las sustancias que se pueden extraer del suelo con soluciones débiles de NaOH, NH_4OH , NaHCO_3 , etc. y precipitan en forma de sustancias oscuras, al acidular el extracto que contiene ácidos inorgánicos (HCl , H_2SO_4). Estos compuestos contienen de 3.5 a 5 por ciento de nitrógeno siendo ésta la parte constitucional de la molécula; los ácidos húmicos no son sustancias compactas sino más bien porosas; constitución gracias a la que poseen alta capacidad de absorción y retención de la humedad.

b). Los ácidos fúlvicos (crénico y apocrénico) tienen menos carbón y más oxígeno que los ácidos húmicos, tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, son similares por su composición química y su contenido de nitrógeno, contienen aminoazúcares y posiblemente sustancias reductoras en mayor cantidad que los ácidos húmicos.

c). Huminas. Son sustancias húmicas que se extraen del suelo decalcinado con soluciones alcalinas. Ocupan una posición intermedia entre los ácidos húmicos y el carbón de hulla. Están compuestas por sustancias vegetales de humificación incompleta.

d). Ácidos himatomelánicos. Son sustancias extraídas con alcohol del gel bruto (precipitado) de ácido húmico. Presentan una coloración chocolate pardo que con el agua forman suspensiones y soluciones coloidales, pero con el alcohol, disoluciones puras.

Los ácidos húmicos (ácido himatomelánico, húmico pardo y húmico gris), se extraen por sosa y se pueden precipitar en ese extracto por ácidos como el clorhídrico. Generalmente son polímeros de alto grado que se presentan entrelazados formando coloides esferoidales. Los ácidos fúlvicos son la fracción del humus extraíble por álcalis, no precipitable por ácidos, de color amarillento-rojo; generalmente son compuestos fenólicos de pequeño peso molecular. La fracción de los ácidos húmicos, soluble en alcohol se denomina ácido himatomelánico y es de color marrón rojizo. Los ácidos húmicos pardos son menos floculables y más pobres en nitrógeno que los ácidos gris húmicos, que son de mayor grado de polimerización, de color obscuro y su proporción en el humus aumenta con el grado de humificación. Las huminas representan la fracción que solamente es soluble en NaOH caliente. Las Huminas > ácido húmico gris > ácido húmico pardo > ácido himatomelánico > ácido fúlvico, en cuanto a: profundidad de color; tamaño de partícula; grado de polimerización; peso equivalente; peso atómico total; pero disminuyen inversamente en solubilidad y el carácter ácido (Fassbender, 1980).

Sifuentes (1995), establece las características estructurales de las sustancias húmicas en el Cuadro 2.6.

Cuadro 2.6. Características estructurales de las sustancias húmicas y sus grupos funcionales.

Elemento por ciento	Acido Húmico	Acido Fúlvico
C	56.2	45.7
H	4.7	5.4
N	3.2	2.1
S	0.8	1.9
O	35.5	44.8
Total	100.4	99.9

Grupos funcionales (meq/g)	Acidos húmicos	Acidos Fúlvicos
Acidez total	6.7	10.3
CO ₂ H	3.6	8.2
Fenólicos OH	3.9	3.0
Alcohólicos OH	2.6	6.1
Quinonoides C=O	2.9	2.7
Ketónicos C=O	2.9	2.7
OH ₃	0.6	0.8

Efecto de los ácidos húmicos en el desarrollo de las plantas

Existen relativamente pocos trabajos sobre la respuesta de la aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos en cultivos bajo condiciones de campo, con relación a rendimiento. La mayoría de los trabajos consultados se refieren a ensayos con plántulas, bajo condiciones de invernadero, en hidroponia, referidos casi en su totalidad a desarrollo vegetativo en longitud y peso.

La aplicación de sustancias húmicas, bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran consistentemente resultados positivos sobre la biomasa de la planta. La estimulación del crecimiento de la raíz es

generalmente más aparente que la estimulación del crecimiento del tallo. La típica respuesta muestra incrementos en el crecimiento a medida que se incrementa la concentración de sustancias húmicas en la solución nutritiva, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas. El tallo muestra generalmente el mismo comportamiento en la respuesta al crecimiento a las sustancias húmicas, sin embargo, la magnitud de la respuesta del crecimiento es menor. Las aplicaciones foliares pueden mejorar tanto el crecimiento de la raíz como el crecimiento del tallo (Chen y Aviad, 1990).

El estímulo de las sustancias húmicas en plantas, favorece la absorción de macronutrientes. Además, las sustancias húmicas pueden formar complejos con cationes metálicos, resultando un mejoramiento en su absorción. Las plantas pueden absorber una pequeña fracción de bajo peso molecular de las sustancias húmicas y al parecer incrementan la permeabilidad de la membrana celular y tiene efectos similares al de las hormonas (Chen y Aviad, 1990).

Efecto en la iniciación de raíces y crecimiento.

Las sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas, además, generalmente hay un estímulo del crecimiento radical y un mejoramiento de la iniciación de raíces (Narro, 1997b).

Chen y Aviad (1990) en una revisión de literatura sobre el particular, encontraron los reportes de los varios investigadores, de estos destacan:

- ❖ La longitud de la raíz y del tallo en trigo se incrementó y en los casos óptimos casi se duplicó con aplicaciones de humato de sodio, cuya concentración óptima fue de 60 mg/l (Khristeva, 1949).
- ❖ La aplicación de ácido húmico, ácido fúlvico y un extracto de alcohólico de materia orgánica en concentraciones de 50, 50 y 10 mg/l respectivamente, a plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) desarrolladas en soluciones nutritivas estimularon significativamente la longitud de la raíz y el peso, comparado con una solución nutritiva pura.
- ❖ La aplicación de soluciones nutritivas que contenían 8, 80 y 160 mg/l de ácido húmico, a plantas de chile (*Capsicum annum*) bajo condiciones de invernadero, mejoró el desarrollo vegetal en los tres tratamientos. El máximo incremento en peso de raíz fue de 56.1 por ciento sobre el control (Sánchez *et al.*, 1968).
- ❖ La aplicación de ácido fúlvico en concentraciones de 100 a 300 mg/l en pepino (*Cucumis sativus*) generó una curva de respuesta típica de incremento en peso seco a incrementos en concentración de ácido, pero a mayor concentración, el peso de las plántulas decayó significativamente (Rauthan y Schnitzer, 1981).
- ❖ Las sustancias húmicas de diversas fuentes producen diferentes efectos en la proliferación de raíces y la formación de raíces laterales, en esquejes de geranio (*Pelargonium hortorum* L.), los que se colocaron en soluciones

acuosas que contenía una de las siguientes sustancias orgánicas, todas originadas de la Leonardita (una sustancia aparentemente igual al carbón del grupo de la Lignita): 1) 500 mg/l de ácido fúlvico; 2) 500 mg/l de ácido húmico; 3) 5000 mg de leonardita y 4) 500 mg/l de humato de sodio. La respuesta de la planta se comparó con una solución de ácido indolbutírico a 100 mg/l y con agua corriente (del grifo). Se encontró que las sustancias húmicas afectan no sólo la tasa de crecimiento radical, sino también la proliferación de raíces saludables y fuertes. El mayor número de raíces laterales se observó en la solución de leonardita, la cual también contenía la más alta concentración de sustancias húmicas. Los efectos de las varias sustancias húmicas fueron similares a la respuesta del tratamiento con ácido indolbutírico. Debe notarse que en el estudio las sustancias húmicas fueron añadidas a agua y no a soluciones nutritivas (O'Donell, 1973).

- ❖ Las raíces cortadas de varias plantas, colocadas en una solución de 7 mg/l de ácido húmico produjeron nuevas raíces iniciales, mientras que raíces colocadas en agua no lo hicieron (Kononova y Pankova, 1950).
- ❖ La concentración óptima para elongación radical en raíces cortadas de tomate y para formación de raíces iniciales fue de 25 mg/l de ácido fúlvico aunque se observó mejoría con 50 mg/l. La respuesta fue similar para ácidos fúlvicos extraídos de varios suelos (Linehan, 1976).
- ❖ El ácido fúlvico favorece el crecimiento de raíces y el número de raíces iniciales en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). La concentración óptima encontrada (3000 a casi 6000 mg/l) es muy elevada y difiere significativamente de lo encontrado anteriormente. Esta discrepancia se

explica probablemente por las diferencias en el modo de aplicación. Los cotiledones de plántulas de frijol se sumergieron por 3 a 3.5 horas en soluciones de NaHCO_3 conteniendo ácido fúlvico a varias concentraciones hasta de 6000 mg/l y luego se transfirieron a macetas con perlita previamente tratada con solución nutritiva. Después de 6 días en la perlita, las plantas se removieron y las raíces se cortaron. Cuando el ácido húmico o fúlvico fue añadido directamente a la solución nutritiva, las concentraciones variaron de 25 a 100 mg/l donde fueron óptimos promotores del crecimiento radical (Schnitzer y Poapst, 1967, y Poapst y Schnitzer, 1971).

- ❖ Aplicaciones foliares de materiales húmicos estimulan el crecimiento de la raíz en Begonias (*Begonia semperflorens* L.). Las plantas se desarrollaron en soluciones nutritivas y se aplicó ácido húmico y fúlvico en aspersiones, en concentraciones de 100 mg/l. Resultados similares se obtuvieron en 1965 con Betabel (*Beta vulgaris* L.) desarrollado en agua destilada y asperjada con soluciones que contenían NPK y NPK + 300 mg/l de ácido húmico, en donde la aspersión de NPK + ácido húmico mejoró el crecimiento radical como el del tallo, comparado con el tratamiento de NPK solo.
- ❖ Las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas de sustancias húmicas estimulan crecimiento de raíces y tallos. Plantas de tomate asperjadas con una solución de 300 mg/l de ácido húmico, incrementaron el peso seco de raíces y tallos, pero aplicaciones con altas concentraciones inhiben el desarrollo y causan deformaciones en hojas. La aplicación de ácido fúlvico es ligeramente más efectiva que la de ácido húmico.

Chen y Aviad (1990) anotan en su revisión de literatura las siguientes conclusiones:

- ❖ Las sustancias húmicas de varios orígenes mejoran el crecimiento radical ya sea mezcladas, en soluciones nutritivas o aplicado por vía foliar.
- ❖ Tanto la elongación como la formación de raíces iniciales se estimulan.
- ❖ Los resultados de algunos experimentos indican que los ácidos fúlvicos tienen ligeramente efectos superiores a los ácidos húmicos.
- ❖ La concentración del material húmico es importante, y generalmente la respuesta disminuye a altas concentraciones.

Efecto en el desarrollo de tallos

Los tallos, raíces y nódulos de plantas de frijol soya (*Glicine max* L.), cacahuate (*Arachis hypogea* L.) y trébol (*Trifolium alexandrium* L.), cultivados en arena se estimularon por aplicaciones de ácido húmico y de ácido fúlvico. En general presentaron incrementos en peso seco en respuesta a los tratamientos con 100 a 400 mg de ácido fúlvico o ácido húmico por kg de suelo. La aplicación óptima fue entre los niveles de 400 a 800 mg/kg de suelo. Estas concentraciones no se recomiendan para soluciones nutritivas (Tan y Tantiwiranond, 1983).

El ácido fúlvico y el húmico pueden estimular el desarrollo de tallos de varias plantas cuando se aplican en aspersiones foliares a concentraciones que van de 50 a 300 mg/l o se aplican en soluciones nutritivas en concentraciones

de 25 a 300 mg/l. Los efectos estimulatorios de desarrollo de tallos, usualmente se correlacionan a la respuesta de la raíz independientemente del modo de aplicación (Chen y Aviad, 1990).

Efectos en el desarrollo de las plantas en general.

Kononova (1982) cita que determinadas fracciones de ácidos húmicos tienen una sorprendente capacidad de actuar estimulando los procesos fisiológicos y bioquímicos. El mecanismo de acción de determinadas sustancias húmicas se basa en la estimulación de los procesos energéticos relacionados con la respiración y la síntesis de ácidos nucleicos. Ello produce una elevación en la vitalidad del organismo vegetal bajo la acción de sustancias biológicamente activas, aumentando la asimilación de los elementos nutritivos del suelo.

Sifuentes (1995), menciona que las sustancias húmicas, particularmente el ácido húmico y el ácido fúlvico desde varias fuentes tuvieron efecto positivo en el crecimiento de la planta a través de la aceleración de los procesos respiratorios, por incrementar la permeabilidad de las células y por la estimulación hormonal. Evidencias recientes señalan que las respuestas de los compuestos húmicos afectan la producción de materia seca en la planta y nódulos en plantas leguminosas. Ellos también presentan la influencia en la toma de nutrimentos.

Sifuentes (1995), reportó que las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) con adición de 1 280 mg/l de ácido húmico incrementaron significativamente en retoños la acumulación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, y Zn; en raíces se incrementó la acumulación de N, Ca, Fe, Zn y Cu. Los pesos secos y frescos se incrementaron también, sin embargo, comparando la acumulación de nutrimentos en plantas tratadas con 1 280 mg/l de ácido húmico y aquellas que dieron un suministro adicional de nutrimentos equivalentes a aquellos suministrados por el ácido húmico en el nivel de 1,280 mg/l, los retoños acumularon la mayor cantidad de N, P, K, Fe y Cu, mientras que las raíces acumularon sólo K y Ca. Por lo tanto, estos incrementos no parece ser asociados con contenidos de nutrimentos en ácido húmico. Un cambio en el pH del suelo de 5.8 a 7 no tuvo efectos sobre la acumulación de nutrimentos o crecimiento de plántulas de tomate. La interacción del pH y suministro de ácido húmico no fue significativa.

Reyna (1996), establece que bajo el efecto de las sustancias húmicas se eleva la actividad de los fermentos sintetizantes, en especial la aldolasa y la sacarasa, lo que conduce a la acumulación de carbohidratos solubles en la planta. Con esto está relacionada la elevación de la presión osmótica de la planta, que contribuye a una mayor resistencia al marchitamiento en los períodos de sequedad en el aire. Agrega que la participación activa de las sustancias húmicas en los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta. Con bastante certeza puede decirse que dosis bajas de dichas sustancias contribuyen a la elevación de la intensidad de respiración, metabolismo y

crecimiento del organismo vegetal; la consecuencia de esto es el consumo más enérgico de elementos nutritivos del suelo y fertilizantes.

Narro (1996) cita que los efectos generales de los ácidos húmicos sobre características de muchas plantas cultivadas sin limitaciones importantes de agua, se encuentran:

Favorecen la germinación de semillas y emergencia de plántulas.

Se estimula la división celular y desarrollo de meristemas.

Incrementa la permeabilidad de las membranas vegetales.

Actúa como pseudo regulador de crecimiento.

Incrementa la densidad de raíces.

Incrementa la asimilación de nutrimentos en la planta por la vía radical y foliar.

Mejora el transporte de nutrimentos en la planta.

Acelera la fotosíntesis total y neta, y la respiración.

Activan y estabilizan algunas enzimas.

Estimulan los procesos de utilización de nutrimentos.

Incrementan respiración y actividad oxidativa de las raíces.

Mejora la nutrición vegetal.

El rendimiento se incrementa.

La calidad del producto cosechado se mejora.

Se produce un adelanto de cosecha.

Efectos en el rendimiento de plantas cultivadas

Isaki (1995), al realizar investigaciones en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y rábano (*Raphanus sativus*), para la respuesta a la aplicación de ácidos húmicos comerciales y fertilizantes químicos sintéticos, encontró que la aplicación de las sustancias húmicas favorecieron algunas de las características físicas y químicas del suelo en el cultivo de la papa; el producto comercial Humiplex (60 por ciento de ácido húmico) en la dosis de 120 kg/ha dió una mayor concentración de los nutrimentos en la planta y así también fue el que tuvo mejor desarrollo de planta de papa. El cultivo de rábano los tratamientos que tuvieron mejor rendimiento fueron a los que se les aplicó Humiplex Standard (ácido húmico al 5 por ciento) con dosis de 120 kg/ha y el Humiplex 50G (ácido húmico al 50 por ciento) en dosis de 120 kg/ha, en primera y segunda categoría.

Sifuentes (1995) reporta en su trabajo de investigación de aplicaciones de ácidos húmicos y elementos menores en el cultivo de la papa, que el tratamiento al que se le aplicó un alto nivel de ácido húmico (160 kg/ha) y los niveles medios de Fe (7 kg/ha), Zn (10 kg/ha) y Mn (5 kg/ha), presentó un incremento en la retención de humedad del suelo a capacidad de campo, así como las mayores cantidades de nutrimentos extraídos por la planta, principalmente N. Con el mismo, se reportó la mayor producción de tubérculos totales a los 75 días después de la siembra. Por otro lado, la dosis alta de Zn (15 kg/ha) en la primera etapa del cultivo promovió el crecimiento, así como el

contenido de materia orgánica en el suelo. Hubo respuesta positiva al Fe desde el inicio y al Mn la respuesta fue lo contrario.

Andrade (1995), reporta haber trabajado en un suelo calcáreo el cultivo de la papa, con aplicaciones de ácido húmico comercial (Humitrón 50G, con un 50 por ciento de ácido húmico), poliquel de calcio (multiquelato de calcio y magnesio, con boro y molibdeno en concentraciones de 10:1:0.5 por ciento y 10 ppm respectivamente); fertilizante sulfato de potasio (50 por ciento de K_2O) y sulfato de magnesio al 10 por ciento. El mejor tratamiento en rendimiento e papa fue donde se aplicó el nivel alto de ácido húmico (100 kg/ha) y los niveles medios para los demás factores (Poliquel de calcio 6 l/ha; Sulfato de potasio 300 kg/ha y Sulfato de magnesio 25 kg/ha). Con el nivel medio y alto del ácido húmico se presentaron cambios en algunas de las características evaluadas en el suelo, pero no fueron significativas. La relación potasio, calcio y magnesio fue positiva ya que al aumentar la extracción de potasio por el cultivo se incrementó la extracción de calcio más magnesio, así como el rendimiento de tubérculos. Igual comportamiento con la extracción de calcio y magnesio con relación a lo anterior. La concentración de potasio y magnesio se presentan en nivel no suficiente en los tejidos de la planta.

Reyna (1996), al realizar su investigación con el objeto de reducir el fertilizante de fondo en papa, aplicando ácidos húmicos comerciales y fertilizantes foliares, encontró que la variable altura de la planta y el número de tallos por metro lineal, mostraron diferencias significativas, por esta razón es mejor aplicar el 50 por ciento de fertilización y no el 100 por ciento. Además

reporta que la dosis alta de ácido húmico (150 kg/ha) más el 75 por ciento de fertilización de fondo aumentan la materia seca de hojas, raíces, tallos y tubérculos a los 80 días. La materia seca total en las evaluaciones no presentó diferencia estadística. Por cuanto a las propiedades del suelo como densidad aparente, espacio poroso, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, carbonatos totales, nitrógeno total y potasio asimilable, se modifican en forma no significativa al aplicar ácido húmico. Cita que se lograron ciertos cambios significativos en fósforo aprovechable.

Efecto de los ácidos húmicos en las propiedades del suelo

Chen y Aviad (1990), mencionan que dentro de los efectos indirectos de la aplicación de los ácidos húmicos en el suelo se han denotado los siguientes:

- ❖ Solubilización de microelementos (Fe, Zn, Mn) y algunos macroelementos (K, Ca, P).
- ❖ Reducción de niveles activos de elementos tóxicos.
- ❖ Mejoramiento de las poblaciones microbianas.

Advierten además lo siguiente: "Debe hacerse notar que los efectos de los mejoradores orgánicos tales como mejorar la disponibilidad de los elementos, mejorar la estructura del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, incrementar la retención de agua y mejorar la población de microorganismos debido al incremento en las fuentes de C y N deben de diferenciarse de aquellos efectos específicos de las sustancias húmicas. Esta comparación no siempre es fácil de realizar por el considerable traslape entre varias fuentes de

sustancias húmicas (estiércol, composta, materia orgánica del suelo) y sus efectos en el medio ambiente de la planta".

Narro (1996), al referirse a la aplicación de los ácidos húmicos cita que los principales efectos generales directos e indirectos sobre las características de los suelos agrícolas son:

Mejoran la estructura.

Reducen la densidad aparente y de partículas sólidas.

Reducen compactación y facilita el laboreo.

Incrementan la disponibilidad de humedad del suelo.

Reducen la resistencia del suelo a la penetración de raíces.

Reducen la formación de costras y grietas.

Obscurecen el color del suelo.

Acidifican ligeramente y luego incrementan la acción buffer.

Incrementan la capacidad de intercambio catiónico.

Aumentan la disponibilidad de algunos nutrimentos del suelo

Quelatan algunos nutrimentos catiónicos.

Desbloquean compuestos insolubles de fósforo.

Aceleran la mineralización de nutrimentos inmovilizados.

Incrementan la población de microorganismos aeróbicos saprófitos.

Fijan amonio y reducen la desnitrificación.

Afectan la bioactividad, persistencia y biodegradación de muchos pesticidas.

García (1992) cita que los ácidos húmicos al ponerse en contacto con ciertas bases forma sales, aunque la mayoría de dichas sales (cálcicas, magnésicas, férricas, de aluminio y de manganeso), son prácticamente insolubles en agua; otra como los humatos de potasio, amonio y sodio, se disuelven en ella.

Reyna (1996) concluye que las propiedades del suelo como densidad aparente, espacio poroso, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, carbonatos totales, nitrógeno total y potasio asimilable, se modifican en forma no significativa estadísticamente al aplicar bioactivador húmico. También se lograron ciertos cambios significativos en fósforo aprovechable.

Isaki (1995) concluye en su trabajo de investigación que la aplicación de las sustancias húmicas favorecieron algunas de las características físicas y químicas del suelo, aunque su impacto en la mayoría de los casos no alcanzó diferencias estadísticas significativas. La materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y el nitrógeno total del suelo aumentaron, mientras que el contenido de carbonatos totales disminuyó por la aplicación de sustancias húmicas a los diferentes tratamientos que se establecieron, también esto provocó un mejor desarrollo en cuanto al crecimiento del cultivo de papa.

Efecto de los ácidos húmicos en el cultivo del maíz

Son escasos los reportes sobre investigaciones practicadas de ácidos húmicos en el cultivo del maíz, quizá se deba a que la relación costo beneficio

que los investigadores visualicen no es atractiva para este cultivo, o posiblemente los accesos a dichos reportes me fueron limitados. Sin embargo, la fuente principal de información se basa en el trabajo de investigación bibliográfica que presentan Chen y Aviad (1990) en donde se refiere a los siguientes reportes:

Dixit y Kishore (1967) al observar la estimulación de la germinación de varias variedades de semillas de plantas cultivadas inducida por el ácido húmico y el ácido fúlvico, reportan que la germinación de maíz fue estimulada al aplicar una dosis de 60 mg/l de ácido húmico o 30 mg/l de ácido fúlvico.

Fernández (1968) condujo una serie de experimentos en raíces de maíz para probar los efectos de sustancias húmicas originada por la descomposición de dos fuentes de materia orgánica: material humificado de estercolero de 1 año y compostas de residuos vegetales producidos después de varios años de composteo. El ácido húmico del estercolero aumentó el peso de la raíz mientras que la composta humificada de residuos vegetales inhibió el crecimiento. Agrega que la dependencia de los efectos sobre la fuente de humatos es algo inusual en la literatura sobre respuesta de la raíz a las sustancias húmicas, pero puede estar relacionada a la edad joven y a posibles diferencias en la estructura química de los ácidos húmicos evaluados.

Lee y Bartlett (1976) estudiaron los efectos del humato de sodio en raíces de maíz y encontraron que la proliferación de raíces se mejora a una concentración óptima de 8 mg/l.

Tan y Nopamornbodi (1979) extrajeron ácido húmico de un suelo arcilloso y estudiaron su influencia sobre el crecimiento radical de plántulas de maíz después de cinco días de crecimiento en solución Hoagland con y sin ácido húmico. A concentraciones de 640 mg/l de ácido húmico y 1 600 mg/l de ácido húmico las raíces fueron significativamente más largas, mientras que a concentraciones mayores de 3 200 mg/l de ácido húmico fue menos efectiva. El peso seco de las plántulas después de 16 días mostraron un patrón similar.

Fortun y López (1982), en contraste con los resultados de muchos otros investigadores, reportaron que la adición de 100, 250 ó 500 mg/l de ácido húmico no incrementa el peso seco de las raíces de maíz.

Alexandrova (1977) extrajo sustancias húmicas de hojas humificadas de trébol (*Trifolium alexandrium* L.) y las agregó a concentraciones mayores de 85 mg/l a soluciones nutritivas que contenían N,P, y K a varios niveles, y desarrolló mijo (*Pennisetum sp* L.) y maíz en las soluciones. Las raíces fueron mayores en las soluciones que contenían sustancias húmicas. Además las sustancias húmicas redujeron los efectos negativos que fueron observados cuando la concentración de la solución nutritiva excedió del óptimo.

Lee y Bartlett (1976) estudiaron la estimulación del crecimiento de plántulas de maíz y encontraron la óptima respuesta alrededor de 8 mg/l de humato de sodio aplicado con la solución nutritiva. El aumento en el desarrollo de las plántulas fue de 30 a 50 por ciento en la solución nutritiva o baja materia

orgánica del suelo. El óptimo nivel dado en su reporte fue muy bajo, probablemente por el tipo de planta y el corto período de crecimiento.

Jelenic *et al.* (1966) adicionaron superfosfato marcado con P^{32} (isótopo del fósforo), más humato de sodio a dos suelos en los niveles de 2, 4, 8 y 12 mg de humato de sodio por kg de suelo, y encontraron que en ambos suelos mejoró la absorción del superfosfato P^{32} por el maíz. La máxima absorción fue reportada con la adición de 2, 4 y 8 mg de humato de sodio por kg de suelo.

Lee y Bratlett (1976) estudiando la absorción de micronutrientes encontraron que 5 mg/l de humato de sodio en solución nutritiva mejora el rendimiento de las plantas de maíz así como el incremento de la concentración de Fe en las raíces y las hojas.

Prat y Pospisil (1959) usando material con carbono 14 observaron la acumulación de ácido húmico en las raíces de chícharo dulce y maíz, encontraron que sólo una pequeña fracción del material radioactivo fue transportado de las raíces a las hojas. Similares observaciones fueron reportadas por otros investigadores (Furh y Sauerbeck en 1967, Vaughan y Linehan en 1976).

El ensalitramiento de los suelos agrícolas y aguas de riego.

Generalidades del ensalitramiento

En forma natural todos los suelos y aguas agrícolas contienen sales, que se utilizan nutrientes vegetales, aún cuando su uso sea selectivo y

preferente. Sin embargo, cuando exceden ciertos límites de contenido y/o forma en que se encuentran, pueden dañar a plantas y animales. Estos daños se manifiestan en el desarrollo de las plantas y en sus rendimientos (De la Peña, 1981).

Los suelos afectados por sales son aquellos que contienen una elevada concentración de sales solubles (suelos salinos) y/o sodio intercambiable en las arcillas (suelos alcalinos o sódicos). Entre los diferentes tipos de suelos salinos o alcalinos existe toda una gradación cuyos efectos sobre el desarrollo de las plantas pueden ser variables (Richards, 1982).

El problema de salinidad en el suelo y el uso de agua con alta concentración salina en el riego, se destaca como uno de los rubros de primer orden que debe de estudiarse para evitar decrementos en la producción de los cultivos, ya que por esta razón, en diversas zonas del mundo importantes superficies de terreno cultivable se restringe para el cultivo (Navejas, 1995).

El problema del Ensalitramiento

Existen varias referencias que dan una magnitud sobre el problema de ensalitramiento en el ámbito mundial, de estas se mencionan:

La salinidad es quizá el problema mundial más importante que afecta a la agricultura bajo riego. La salinidad limita el rendimiento agrícola en $4(10)^7$ ha, o sea un tercio de la tierra de regadío del mundo. Además, millones de hectáreas de tierra potencialmente regable, se pueden salinizar si se ponen en

producción (Maas y Hoffman, 1976).

En los 145 millones de kilómetros cuadrados de la superficie terrestre, los problemas de ensalitramiento se presentan generalmente en las regiones con climas áridos y semiáridos, que comprenden de un 20 por ciento de los continentes, donde la precipitación no es suficiente para lavar las sales del suelo fuera de la zona radical, causando decrementos considerables en la productividad de los suelos en diferentes países del mundo (Aceves, 1979).

En México, con el desarrollo de la irrigación y aún contando con aguas de buena calidad química se ha presentado el ensalitramiento de los suelos bajo riego, en las zonas áridas y semiáridas, donde el recurso agua es limitado y se tiene condiciones muy favorables para la acumulación de sales en el suelo. Esto ha ocurrido debido a que, las causas y efectos de este proceso no fueron bien entendidos; por lo que se dió poca importancia al manejo del agua, los suelos y los cultivos; originando que en la actualidad se tengan problemas de ensalitramiento en diferentes grados en aproximadamente un 30 por ciento de la superficie bajo riego, con todas las consecuencias que sobre la productividad de estas áreas esto trae consigo (Aceves, 1979).

Origen de las Sales del Suelo y el Agua de Riego

Aunque la totalidad de los autores revisados coinciden en señalar que el origen de las sales del suelo y las aguas provienen de la descomposición de los minerales primarios contenidos en las rocas de la corteza terrestre, cada uno

expone ligeras variantes como se señalan a continuación:

Los minerales que forman las rocas son la fuente original de donde provienen las sales del suelo y del agua. La formación de las sales se realiza mediante procesos de intemperización (hidrólisis - solución - oxidación y carbonatación, a veces precipitación), de las rocas donde se liberan los minerales que a la postre constituyen los suelos (De la Peña, 1981).

De igual forma Aceves (1981), sostiene el principio de los autores anteriores, cita que los minerales primarios de la corteza terrestre son la fuente principal de sales en los suelos y agrega que en orden de importancia, le siguen los océanos, donde se generan las llamadas "sales cíclicas". Otras fuentes son los volcanes, los microorganismos capaces de fijar o liberar nitrógeno y dióxido de carbono y por último los desechos industriales.

Richards (1982), cita que la fuente original y en cierto modo la más directa de la cual provienen las sales, son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y en las rocas expuestas de la corteza terrestre. Más adelante agrega: Los suelos salinos generalmente se encuentran en áreas que reciben sales de otras localidades, siendo el agua el principal factor de acarreo. El océano puede ser la fuente de sales en aquellos suelos en los que el material original está constituido por depósitos marinos que se asentaron durante períodos geológicos antiguos y que a partir de entonces han emergido.

Clasificación de Suelos y Aguas ensalitradas

Algunos autores consultados como Richards (1982), Aceves (1979), De la Peña (1981), Aceves (1981), Navejas (1995) mencionan que Hilgard presentó en 1906 la primera clasificación de suelos salinos, dividiendo a estos en dos clases: suelos álcali blanco y suelos álcali negro; quien consideró dentro de los primeros a los suelos salinos y dentro de los segundos a los suelos sódicos. Posteriormente Gedroiz en 1917 utilizó los lineamientos de los rusos Solonchak y Solonetz, equivalentes a álcali blanco y álcali negro.

Posteriormente, en 1954, el personal del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos propuso una clasificación basada en la Conductividad Eléctrica (C.E.) del extracto de saturación y en el valor del Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), clasificación que ha sido adoptada ampliamente por su carácter totalizador y es la que se utiliza en nuestro país.

De acuerdo con Richards (1982), basado en la clasificación del U.S.S.L.D.A. (Personal del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), los suelos salinos son aquellos que tienen una Conductividad Eléctrica (C.E.) mayor a 4 dS/m, un Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI) menor a 15 y un pH menor a 8.5; los suelos sódicos son aquellos que tienen una C.E. menor a 4 mmhos/cm a 25 °C, un PSI mayor a 15 y un pH mayor de 8.5; y los suelos salino-sódicos son aquellos que tienen una C.E. mayor a 4 mmhos/cm a 25 °C, un PSI mayor de 15 y un pH menor de 8.5.

Para el caso de la clasificación de las aguas de riego, se establecieron una serie de criterios e índices o parámetros, los más usuales en nuestro país y a los que hacen referencia Palacios y Aceves (1970); Aceves (1979); Aguilera y Martínez (1980); y Richards (1982); y que se muestran en el Cuadro 2.7.

El uso de los anteriores criterios y sus índices son solamente los parámetros químicos que permiten orientar sobre el uso o restricción del agua de riego, para poder determinar la viabilidad de aplicación deben considerarse otros valores como el cultivo al que se le va aplicar, el tipo de suelo por regar, las condiciones climatológicas, el método de riego a emplear, las condiciones de drenaje y las prácticas de manejo, es decir conjuntar y establecer un criterio agronómico.

Cuadro 2. 7. Criterios de clasificación de las aguas de riego y sus índices.

Criterios	Indices	Abreviaturas
Contenido de sales Solubles	Conductividad Eléctrica Salinidad Efectiva Salinidad Potencial	C E S E S P
Efecto probable del Sodio sobre las características físicas del suelo	Relación de adsorción de Sodio Carbonato de Sodio residual Porcentaje de Sodio posible	R A S C S R P S P
Contenido de elementos tóxicos para las plantas	Contenido de Boro Contenido de Cloruros	B Cl

Para ambos casos (suelos y aguas), desde hace algunos años a la fecha, se viene utilizando como unidad de la Conductividad Eléctrica el deciSiemen por metro (dS/m) en lugar de mmhos/cm y de acuerdo a la tabla de

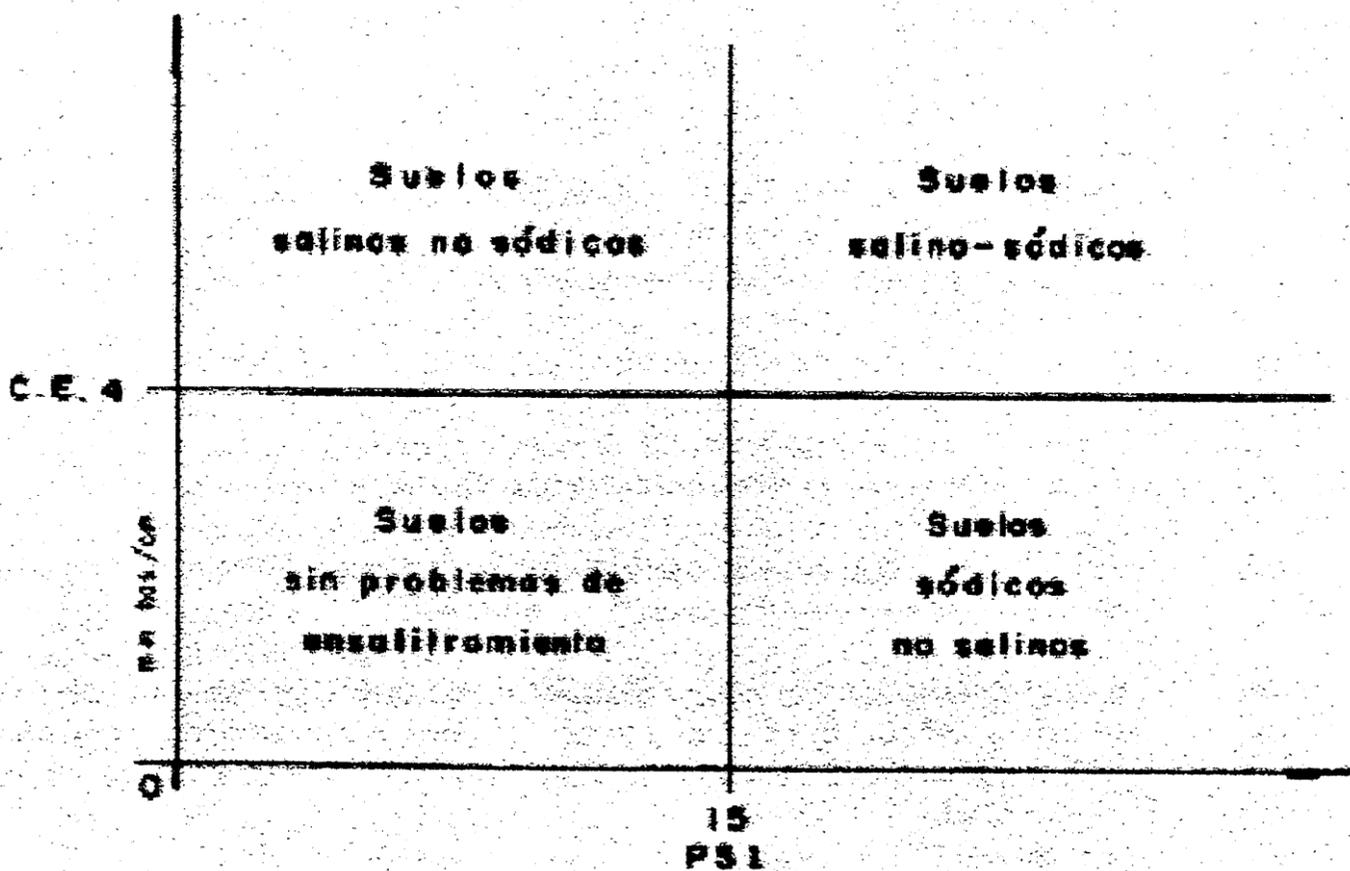


Figura 2.1 Diagrama de clasificación de suelos ensalitrados propuesto por el U.S.S.L.D.A.

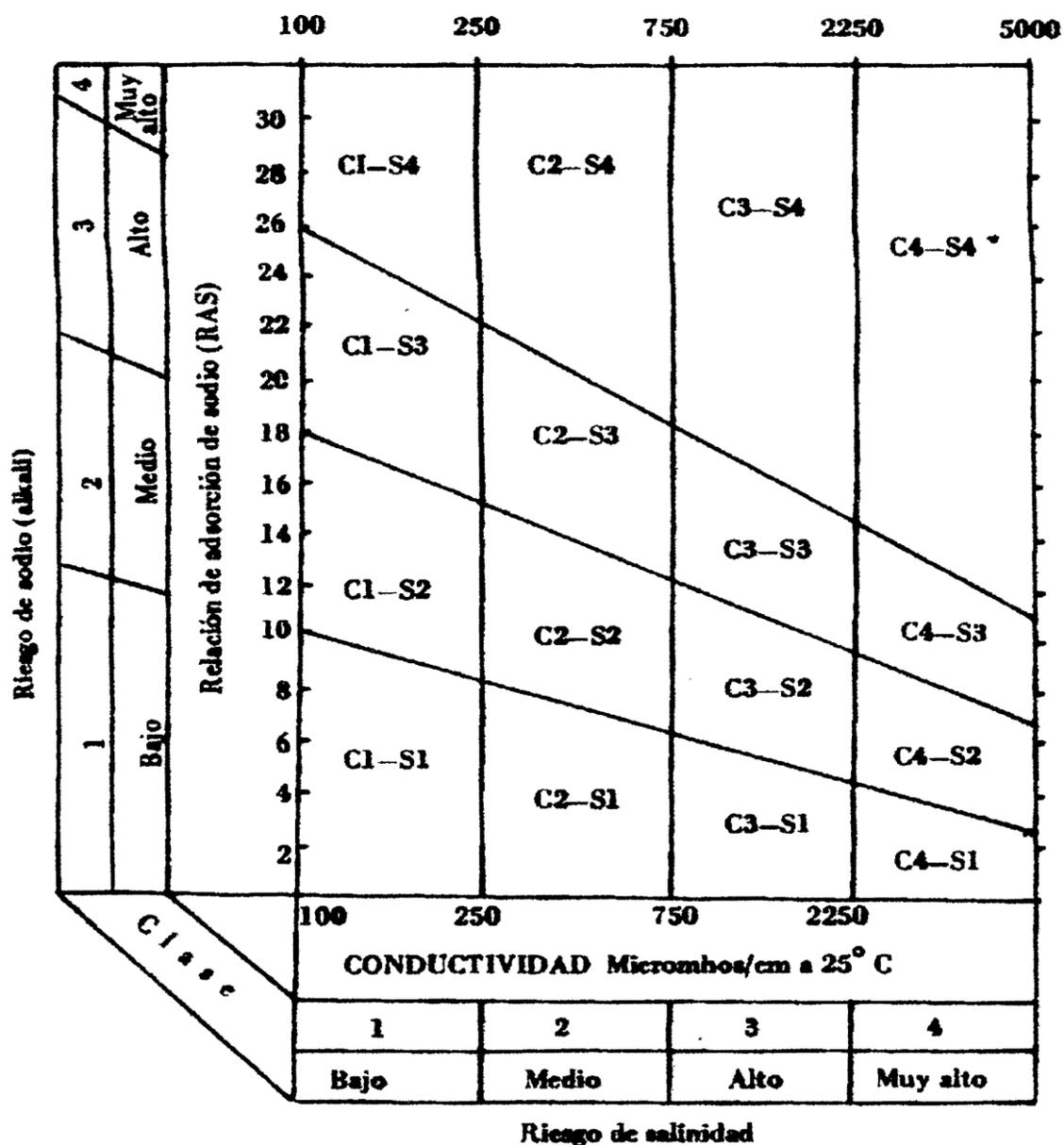


Figura 2.2. Diagrama de clasificación de aguas riego propuesto por Wilcox

sales solubles en el agua de riego, de tal suerte que todos investigadores inducen a pensar que el efecto negativo en el desarrollo, es debido a la baja del potencial hídrico, de forma tal, que éste impide que el agua del suelo pueda ser absorbida por la planta, pudiendo de esta manera, producir un retraimiento en el desarrollo de la etapa o bien la suspensión total de la misma con la pérdida o muerte de la planta.

El citado efecto negativo es decreciente, es decir, que a medida que la concentración salina aumenta, el potencial hídrico aumenta negativamente, de igual forma sucede con el desarrollo de la planta, o sea, que a medida que la concentración salina aumenta, el desarrollo vegetal decrece.

De acuerdo a Aceves (1979), las plantas pueden dividirse en dos grupos de acuerdo a su reacción a la salinidad: halófitas y glicófitas. Las halófitas son plantas que se desarrollan en habitats salino, a los cuales se han adaptado durante su ontogénesis, debido a las características y propiedades desarrolladas durante su proceso de evolución en respuesta a las condiciones prevalecientes. Las glicófitas son plantas que se desarrollan en habitats no salinos y su desarrollo está 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. Agrega que entre las plantas superiores e inferiores existen halófitas y glicófitas, no encontrándose entre ellas una división estrecha en la naturaleza.

Existen plantas con propiedades intermedias y halófitas facultativas.

Estudios de las formas de adaptación de las halófitas a los suelos salinos, han hecho posible distinguir cuatro grupos diferentes de plantas: euhalófitas, crinohalófitas, glicohalófitas y locahalófitas.

Las euhalófitas son plantas que acumulan sales en sus tejidos y son las más tolerantes a las sales. Las crinohalófitas tienen glándulas excretoras que les permiten eliminar sales. Las glicohalófitas son plantas con raíces selectivas a las sales, que dejan pasar sólo ciertas cantidades y tipos de iones. Por último las locahalófitas son plantas que localizan sales en estructuras especiales controlando su distribución dentro de los tejidos.

Para De la Peña (1981), los efectos de los altos contenidos de sales en el suelo y/o en el agua de riego sobre el desarrollo de las plantas son: Efectos directos fuera de la planta y los efectos de los iones dentro de la planta: (1) Efectos tóxicos; (2) Efectos antagónicos; (3) Efectos iónicos; (4) Efectos osmóticos y (5) Efectos Fisiológicos

Richards (1982), cita que cuando un cultivo se desarrolla en suelos salinos, las plantas usualmente presentan achaparramiento con una variabilidad considerable en su tamaño, el follaje es de color verde-azul profundo y se ven manchones sin plantas; sin embargo, estas características no son indicaciones infalibles de salinidad. Por ejemplo, los manchones sin plantas pueden presentarse en terrenos no salinos debido a su nivelación deficiente, lo cual resulta en riego inadecuado; por otra parte, el desarrollo retardado y el color

anormal pueden ser debidos a deficiencias nutritivas.

Agrega más delante que deben tenerse precauciones para evitar la confusión entre los efectos debidos a la baja fertilidad del suelo y aquellos causados por la salinidad. Las plantas achaparradas debido a la baja fertilidad, son comúnmente verde-amarillentas, mientras que las achaparradas por efecto de salinidad, son característicamente verde-azulosas.

Rowell (1989), expone que las sales solubles pueden tener dos tipos de efectos sobre las plantas en crecimiento: efectos específicos debidos a que iones concretos que contienen sean perjudiciales para el cultivo, y un efecto general debido a la elevación de la presión osmótica de la solución alrededor de las raíces. Agrega que el efecto general de un alto contenido de sal en el suelo es dar una planta enana, achaparrada. Los efectos del daño por sales se han resumido como sigue: (1) Sequía fisiológica, que es un efecto osmótico directo. (2) mayor resistencia hidráulica de raíces y hojas. (3) Alteración del contenido de hormonas, influyendo así en los ritmos de crecimiento. (4) Daño directo, particularmente a los mecanismos fotosintéticos. Y (5) Competencia iónica, creciente uso de energía para mantener el equilibrio K:Na.

Navejas (1995), afirma que la fisiología de la tolerancia a la salinidad se ha investigado menos que los efectos de temperatura o déficit de agua. Agrega que un prerrequisito para el mejoramiento de un cultivo con tolerancia a las sales, es el crecimiento de plantas halófitas, las cuales se definen como la flora

nativa de los habitats salinos. Además, hay que considerar que las plantas pueden responder en forma diferente al contenido de sales del medio en que se desarrollan.

Efecto de las sales sobre la germinación

Aceves (1979), cita que la tolerancia de los cultivos durante la germinación, depende de la especie de planta, de la concentración y tipo de sales. Existen tres etapas en el proceso de germinación en las cuales las sales pueden tener influencia. Estas etapas son: etapa heterotrófica, etapa de transición y etapa autotrófica.

Las etapas en la que las semillas son más sensibles a la salinidad son la heterotrófica y la autotrófica, ya que en la primera puede inhibirse la imbibición de agua por las sales. Si esto ocurre, no hay germinación. En la segunda, es cuando la planta consumió todas las reservas del endospermo y tiene que obtener nutrimentos del suelo conjuntamente con sales, las que pueden ocasionar su muerte.

Kramer (1969), cita que la germinación de semillas es particularmente sensible a elevadas concentraciones salinas, y los vástagos son más susceptibles a daños que las plantas establecidas. Además señala que en zonas áridas e irrigadas el potencial osmótico de la disolución del suelo baja a menudo hasta un punto tal que el crecimiento de los cultivos se encuentra retrasado o impedido y, en situaciones extremas, toda la vegetación queda

eliminada excepto algunas especies halófitas.

En un experimento conducido por Aceves *et al.*, (1975a), usando trigo (*Triticum aestivum*) var. Inia 66, obtuvieron diferentes porcentajes de germinación para diferentes potenciales osmóticos, encontrando que las nuevas variedades de trigo mexicano toleran concentraciones de sales mucho más elevadas durante la germinación que las antes reportadas en la literatura. Iniciando el decremento del porcentaje de germinación a los menos 6 bars de tensión del potencial osmótico, hasta llegar a menos 16 bars de tensión en donde se suspende la germinación.

En este mismo trabajo se encontró una ecuación para predecir los días necesarios para la germinación de trigo, en función del potencial osmótico de la solución del suelo. La ecuación es la siguiente:

$$DG = 3.3 - 1.1 Fp$$

De donde: DG es días necesarios para la germinación y Fp es el potencial osmótico expresado en bars.

Lombardo y Saladino (1997), condujeron un experimento para probar la influencia del agua salina en la germinación de semillas de cuatro cultivos hortícolas: escarola (*Cichorium endivia* L.), achicoria (*Chicorium intybus* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.) y perejil chino (*Petroselinum crispum* L.); cuatro cultivos forrajeros: berseem (*Trifolium alexandrinum* L.), almorta (*Vicia sativa* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y sulla (*Hedysarum coronarium* L.) y lenteja (*Lens culinaris* L.). Los resultados exhibieron que a medida que la conductividad

eléctrica del agua de riego se incrementó, la germinación de las diferentes semillas decreció significativamente, teniendo diferentes valores de respuestas en cada especie para el inicio del decremento, así como para la suspensión total de la germinación.

En un experimento realizado por Giustiniani *et al.* (1977), sobre la germinación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), y varios niveles de salinidad basándose en soluciones de NaCl, encontraron que el porcentaje de emergencia decrece a medida que la concentración salina de la solución del suelo aumenta, dicho decremento se inicia cuando se tiene una solución del suelo equivalente a 34 mM (microMoles), con una dramática reducción de emergencia al llegar a los 130 mM, y aunque el reporte no especifica si se llegó a anular totalmente la emergencia, sí hace énfasis en la existencia de una curva decreciente a medida que se incrementa la concentración salina.

Waissman y Miyamoto (1987), condujeron un experimento con semillas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) de dos variedades (Moapa y Mesilla) ya que consideraron a éste un cultivo de una tolerancia moderada a la salinidad, pero susceptible a los daños en condiciones de excesos de sales solubles en el agua de riego, por lo que dicha especie se utilizó para evaluar la reducción de la emergencia al ser irrigada con aguas salinas. Sus resultados indicaron que el rango final de emergencia declinó cuando la C.E. del agua de irrigación excedió de 4.3 dSm^{-1} hasta llegar a 28 dSm^{-1} . La curva de emergencia de las semillas decreció a medida que la concentración salina se incrementó, en la misma se

observa que las semillas de la variedad Moapa tienen una ligera mayor tolerancia a la salinidad, sin embargo, no establecen una diferencia significativa en este caso.

Siendo el hecho de obtener una germinación adecuada, un problema muy serio bajo condiciones de salinidad, es necesario establecer que para lograr esto, las prácticas de manejo deben ser diferentes a las usadas para suelos sin problemas de sales.

Las prácticas recomendadas para asegurar un alto porcentaje de germinación bajo condiciones de ensalitramiento son: (1) aumentar la dosis de semilla por hectárea; (2) sembrar en seco y después regar; (3) si se usan surcos, sembrar en el talud; (4) seleccionar cultivos o variedades tolerantes a la salinidad, se señala además que debe de tomarse en cuenta el tipo de suelo, método de riego, clima, condiciones de drenaje y todos los factores que contribuyen a la acumulación de sales en la capa superficial del suelo (Aceves, 1979).

Efecto de las sales sobre el desarrollo radical

Richards (1959), en una serie de experimentos realizados con trigo, algodón y chile dulce, encontró que a medida que se incrementaba la concentración de sales en el suelo, el desarrollo radical se hace menor, independientemente de la especie de que se trate, sin embargo, en este ensayo se encontró que el desarrollo radical del trigo se ve menos afectado que en el

caso del algodón, y éste menos que el del Chile pimiento dulce.

Aceves *et al.*, (1975b), condujeron una serie de experimentos, entre los cuales uno de ellos se utilizó para evaluar el desarrollo radicular en medio salino, variando las concentraciones de dos tipos de sales solubles (NaCl y KCl), reportaron que el efecto de las sales sobre el crecimiento radical, aumenta a medida que aumenta la concentración, siguiendo el mismo tipo de función que el que se produce por la parte aérea de las plantas cuando son sometidas a salinidad.

Kramer (1969), expone que Eaton realizó una serie de experimentos a largo plazo con seis especies diferentes de plantas cultivadas en arena con potenciales osmóticos ajustados entre límites de -0.07 a -0.6 MPa encontrando que la diferencia entre el potencial osmótico del sustrato y el de la savia de la planta era, en promedio, de más de 1.1 MPa en todas las concentraciones del sustrato. De ese modo, las plantas que estaban en la disolución más concentrada conservaban la misma diferencia de potencial hídrico, desde el sustrato hasta las raíces, a pesar de lo cual el crecimiento y la transpiración estaban materialmente reducidos en las concentradas. Afirma de ello que el crecimiento reducido de las plantas no puede atribuirse exclusivamente a la absorción reducida de agua causada por la fuerza impulsora reducida desde el sustrato hasta el xilema de la raíz. Más adelante el mismo autor sostiene que hay cierta reducción en la absorción de agua a través de las raíces, en disoluciones concentradas, ya que en un experimento en maíz se encontró que la absorción de agua por las raíces, en una disolución con un potencial de solutos de menos

0.48 MPa era sólo el 12 por ciento de la absorción en una solución de un potencial de solutos de 0.08 MPa.

Efecto de las sales sobre la absorción de nutrimentos

Se conoce que los fertilizantes químicos sintéticos son sales solubles, mismas que de alguna forma se sumaran a las sales ya existentes en los suelos salinos, y de que los cultivos responde de diferente forma a la fertilización bajo condiciones de salinidad, de que la respuesta depende de la especie de cultivo, del nivel de sales en el suelo, de la cantidad, tipo y forma de aplicación de los fertilizantes, del sistema de riego, de las condiciones climáticas y de las propiedades del suelo, la duda surge al tratar de decidir si se deben aplicar fertilizantes en suelos salinos o no, y qué efectos pueden producir a los cultivos el fertilizar o no fertilizar.

Existen numerosos trabajos de investigación al respecto, sin embargo, no es posible desprender un patrón de comportamiento y norma a seguir para el manejo de fertilización en suelos salinos, en la presente revisión de literatura se encontró lo siguiente:

De acuerdo a Aceves (1979), para cuando se tienen condiciones de salinidad, se pueden presentar diferentes respuestas a la fertilización a medida que se aumenta la concentración de sales en el suelo. Agrega que en forma muy general puede decirse que se presentan cuatro casos: (1) cuando la aplicación de fertilizantes aumenta la tolerancia del cultivo a las sales; (2)

pimiento (*Capsicum annuum* L.) y encontraron que el análisis de los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, revelan que en las plantas sometidas a estrés salino durante tres días sólo se observa pequeños incrementos en la concentración de potasio. Estos resultados inducen a pensar que en medios salinos la absorción de nitrógeno y fósforo es más lenta que la del potasio.

Hu y Scmidhalter (1997), condujeron una serie de experimentos para evaluar los efectos interactivos de la salinidad y el nivel de macronutrientes en trigo, los resultados de varios estudios muestran un efecto interactivo entre la salinidad y la absorción de macronutrientes en el desarrollo de las plantas. Los adiciones de Ca, Mg, K y NO_3 aumentaron la concentración de los elementos en las hojas y espigas, pero no infirieron en el rendimiento. La concentración mineral en hojas, espigas y grano de Ca, y Mg se incrementó a medida que la concentración de NaCl de la solución nutritiva bajó; en el caso del K, la absorción no fue afectada, sólo ligeramente en condiciones de niveles muy altos de salinidad y bajos niveles de macronutrientes. Las concentraciones de N y P en el grano no fueron afectadas por la salinidad. Las concentraciones de Na y Cl se incrementaron significativamente en los tejidos y en las espigas.

Al Karaki (1997), cita que en un experimento en cebada (*Hordeum vulgare*) para observar la respuesta del estrés salino a varios niveles de fósforo (P), encontró que al incrementarse los niveles de P se aprovechó mejor la tolerancia de la cebada al Cloruro de Sodio (NaCl). A 3, 30 y 60 mM de P, el

NaCl se redujo en los brotes en un 50 por ciento medido en materia seca. Pero los incrementos del NaCl redujeron significativamente el P en los brotes. Las plantas desarrolladas en altas concentraciones de NaCl, manifestaron deficiencias de P. Posteriormente se observó que al incrementarse la concentración de P de 3 a 30 mM se redujo la absorción de sodio y aumentó la absorción de potasio en los brotes.

Aceves (1979), sostiene que en muy pocos casos la salinidad como tal, induce deficiencias de nutrimentos para la planta, aún en el caso de micronutrimentos, específicamente se ha encontrado que las sales no afectan la absorción de Fe, Mn y Zn en tomate, soya y calabaza. Mientras las sales por sí solas no reduzcan los rendimientos más de un 50 por ciento para un cultivo dado, se pueden seguir las recomendaciones de fertilización hechas para condiciones de no salinidad. No se recomienda aplicar más o menos fertilizante en estos casos.

Efecto de las sales sobre el desarrollo vegetativo

Cuando las plantas se desarrollan bajo condiciones de salinidad, uno de los síntomas más característicos es la inhibición del crecimiento producido por las sales, el cual se manifiesta por una reducción en su talla y en la producción de materia seca, con una variabilidad considerable en su tamaño, el follaje es de color verde-azul profundo y la presencia de manchones en el terreno sin plantas.

Kramer (1969), señala que se ha discutido mucho acerca de las causas del crecimiento reducido de las plantas en presencia de concentraciones de sal, aunque sean moderadas. La reducción del crecimiento según el potencial osmótico de la disolución del suelo o del cultivo ha sido señalada por varios autores. Los trabajos de estos investigadores indicaron que reducciones similares se producen en el crecimiento de plantas sometidas a una tensión similar, ya fuera que la tensión se hubiera causado al dejar que el suelo se secase (reduciendo el potencial mátrico), agregando sal al suelo o a la solución de nutrimentos (reduciendo el potencial osmótico) o mediante combinaciones de ambos tratamientos.

Rodríguez y Aceves (1977), exponen que para explicar los diferentes aspectos de los efectos dañinos de las sales solubles del suelo sobre los cultivos, se han propuesto diferentes teorías, de las cuales las más sobresalientes son (1) la teoría de la disponibilidad del agua, (2) la teoría de la inhibición osmótica o ajuste osmótico y (3) la teoría de la toxicidad específica. Posteriormente hacen un análisis de las teorías antes mencionadas presenta los pros y contras sobre la aceptación o rechazo de las mismas y concluyen el acápite al proponer una nueva teoría, la de la división y crecimiento celular.

Para probar su teoría, realizaron una serie de experimentos y sobre la base de los resultados obtenidos concluyen que: "Las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen debido a que las sales afectan la división celular y producen un engrosamiento prematuro de las paredes de las células, lo que impide el crecimiento de las mismas; o sea que las sales afectan los dos

mecanismos mediante el cual crecen las plantas, la división y el crecimiento celular. El grado del daño, el cual se ha comprobado es irreversible, depende del tiempo que la planta está expuesta a las sales y su tolerancia, que en este caso, se puede definir como el grado al cual las plantas pueden desarrollar bajo condiciones de salinidad sin que se afecte la división y el crecimiento celular y por tanto sin que se afecte su producción de cosecha.

Escalante (1995), condujo un experimento en donde sometió semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) a germinación en soluciones Hoagland, con varios niveles de NaCl y Nitrógeno. Los resultados, a los 40 días después de la siembra, indicaron que todas las variables del crecimiento y la transpiración declinaron, tanto por el efecto de la salinidad como por la restricción de nitrógeno. Dicha declinación fue más severa con la combinación de salinidad y restricción de nitrógeno. Asimismo, bajo condiciones de salinidad, las plantas que recibieron nitrógeno mostraron mayor crecimiento que las que no los recibieron. Esto sugiere que mediante la aplicación de nitrógeno se pueden mitigar los daños ocasionados por la salinidad en el crecimiento del girasol.

Delgado y Sanchez-Raya (1996), condujeron un experimento para observar los efectos del Cloruro de sodio (NaCl) en algunos parámetros fisiológicos en Girasol (*Helianthus annuus* L.), reportando que los excesos de NaCl en el medio de desarrollo de las semillas de girasol, afectaron la germinación, el crecimiento de la plántula, así como alteraron la absorción y distribución del ión Na. A dosis bajas de NaCl, (25 mM) el crecimiento de la

plántula presentaba un incremento, con aumento de la superficie foliar. La superficie foliar fue más afectada que la producción de materia seca de las hojas en los tratamientos con toda la dosis de sal (100mM). La raíz fue más afectada por las condiciones salinas que la parte aérea. El contenido de cloro siempre fue más elevado en la raíz que en la parte foliar en los tres niveles de salinidad probados.

Efecto de las sales sobre los rendimientos

Aceves (1979), cita que cuando las plantas crecen en suelos salinos, generalmente presentan una disminución progresiva de su crecimiento, su tamaño y rendimiento a medida que aumenta la salinidad aunque se han encontrado algunas excepciones, como es el caso de la cebada, la cual bajo condiciones de salinidad media, reduce su crecimiento, pero los rendimientos de grano no se modifican notablemente. El caso contrario es el arroz, que bajo condiciones de salinidad su desarrollo vegetativo no se modifica, pero el rendimiento de grano se afecta. Agrega que las sales producen algunos efectos deseables en la calidad de las cosechas, tales como el incremento de azúcar en algunas plantas como zanahoria, melón y caña, pero esto se puede lograr en forma más segura, aplicando los riegos con menor frecuencia durante la etapa de maduración.

Alvarado *et al.*(1991), en una investigación realizada para evaluar el efecto de la salinidad en el rendimiento del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) en presencia de manto freático para la región de Río Bravo, Tamaulipas,

concluyeron: (1) Por cada unidad de conductividad eléctrica expresada en dS/m, promedio de los estratos 0-15 y 15-30, el rendimiento relativo de grano de sorgo, disminuye en un 13.86 por ciento. (2) Al aumentar en un dS/m la conductividad eléctrica, la altura de la planta decrece en 8.757 centímetros, hasta llegar a 43.6 cm, donde el rendimiento se hace nulo. (3) El rendimiento potencial de grano, disminuyó en un 50 por ciento cuando la conductividad eléctrica promedio del perfil de suelo 0-30 cm es de 5.77 dS/m. (4) Según el modelo, cuando la conductividad eléctrica del suelo es de 7.33 dS/m, solamente se obtienen los costos de producción en el cultivo de sorgo, en este punto, la relación beneficio-costo es de uno. Y (5) En el modelo obtenido, con el valor de 3.295 dS/m, se obtiene el 84.42 por ciento del rendimiento relativo del cultivo de sorgo y la relación beneficio-costo 2.95 es la más alta para este trabajo. Con 9.383 dS/m en el suelo se hace cero el rendimiento relativo.

Rowell (1989), cita que los rendimientos de los cultivos en suelos salinos, pueden fácilmente reducirse de manera innecesaria si se deja un intervalo demasiado largo entre riegos, y esto es posible que ocurra porque el cultivo puede no mostrar signos de marchitez tan claramente como si estuviera creciendo en un suelo poco salino. Hay algunas pruebas de campo de que las pérdidas de rendimiento debidas a la salinidad moderada pueden ser más serias en suelos de baja que de alta fertilidad, y de que un moderado nivel de salinidad a veces aumenta la respuesta de un cultivo a los fertilizantes, particularmente al fosfato y quizá también al nitrógeno.

El problema de ensalitramiento de los suelos de Baja California Sur

Para la descripción del problema de ensalitramiento de los suelos de Baja California Sur se presenta una situación crítica del orden administrativo, ya que al crearse la Comisión Nacional del Agua (CNA) y dividirse la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) con el nuevo modelo administrativo, algunas áreas, personal, recursos materiales, programas e información pasaron a formar parte de la nueva CNA, algunos de los programas se continuaron en los Distritos de Riego, otros desaparecieron, entre los que destaca el programa de Ingeniería de Riego y Drenaje (IDRYD), quien mantenía un estudio constante sobre la evolución del problema de ensalitramiento de los suelos y aguas del Estado, a base de un seguimiento continuo.

Este programa de seguimiento continuó sólo en la Delegación de la CNA del Valle de Santo Domingo, comprendido en lo que es el Distrito de Riego 066, lamentablemente para los Valles de La Paz, Los Planes, Carrizal, Vizcaíno y San José Del Cabo, no hubo continuidad, pero en el caso del Valle de La Paz y su histórico comportamiento en materia de salinidad, hasta el momento de redactar la presente tesis, no ha sido posible recuperar la información que existía, lo anterior obedece a que cambiaron las políticas de estudio, ya que anteriormente se realizaban muestreos y análisis de suelos y aguas bajo el criterio agronómico, ahora para el Valle de La Paz, se realizan muestreos y análisis sobre saneamiento y calidad del agua, desde el punto de vista potable (metales pesados, tóxicos y bacteriología), eliminando el estudio de salinidad,

básicamente C.E., C.I.C., R.A.S., etc.

Por lo expuesto, al considerar que la única fuente confiable y continua de información, que la mayor parte de la actividad agrícola del Estado se concentra en este Distrito (aproximadamente el 80 por ciento), y que en consecuencia representa la condición del sector agropecuario de la entidad, es que se toman los datos como valores del Estado, en la inteligencia que hay una omisión de un 20 por ciento aproximadamente relativa a los Valles de La Paz, Los Planes, Carrizal y San José Del Cabo. Sin embargo, se estima que el problema de ensalitramiento en el Valle de La Paz, es más grave aún que el del Valle de Santo Domingo.

Navejas (1995), cita que el Valle de Santo Domingo dentro del Distrito de Desarrollo Rural 002 Comondú, es el área Agrícola más importante en el Estado de Baja California Sur, cuenta con aproximadamente 55 mil hectáreas, lo que representa el 68.3 por ciento de la superficie agrícola estatal. Particularmente este Valle enfrenta la problemática del constante aumento de la concentración de sales del suelo y agua, como consecuencia se presenta un deterioro en la calidad de estos recursos, y una reducción en la productividad de los cultivos, debido a las presiones osmóticas que se generan en la solución del suelo. La estadística del Distrito de Riego 066 reportan que en 1992 el 81 por ciento de los pozos presentaron agua con salinidad alta (de 750 a 2 250 micromhos/cm) y el 12 por ciento presentaron salinidad muy alta (de 2 250 a 5000 micromhos/cm) resultando los iones sodio y cloro los dominantes.

En un estudio de la Comisión Nacional del Agua, denominado “Características del Distrito de Riego 066 Santo Domingo, Programa de Desarrollo Parcelario y Redes de Pequeñas de Riego (PRODEP)”, fechado en Septiembre de 1997, exponen: De acuerdo a los estudios realizados a la fecha, se sabe que el acuífero está constituido por materiales semiconsolidados y no consolidados de la formación salada, con permeabilidades media y baja; su espesor varía de 100 a 300 m. La explotación del acuífero se inicia en 1952. Entre 1980 y 1985 la extracción se incrementó a 400 millares de m³, alcanzando el máximo de explotación entre los años 1987 a 1990 en los que la extracción se mantuvo en 450 millares de m³. Como consecuencia de la explotación inmoderada del acuífero se ha provocado que los niveles hayan descendido ciclo tras ciclo, observándose desde 1977 a 1997 un descenso de 15.34 m. Asimismo de acuerdo al análisis del paro de bombeo del año 1960 a la fecha, se observa una disminución de 30 m lo cual ha provocado la elevación de los niveles de salinidad y aumento en los costos de extracción en la mayoría de los aprovechamientos hidráulicos. De igual forma como consecuencia de lo anterior el 82 por ciento de los aprovechamientos operan por debajo del nivel del mar. De acuerdo al seguimiento de calidad de agua realizado con fondos del programa de Mejoramiento Parcelario y Redes de Pequeñas de Riego en los últimos dos ciclos agrícolas y apegados al diagrama de Wilcox para la clasificación de aguas se presentan los resultados en el Cuadro 2.8.

Lo anterior muestra que las clases predominantes son la C3 y C4, con un porcentaje de pozos de 73 por ciento y 23 por ciento respectivamente; sin existir

ningún pozo con la clasificación C1. La clase C2 presenta un porcentaje de pozos de 1 por ciento. Cabe resaltar la clase Extremadamente salina con un porcentaje de 3 por ciento en los que solamente es posible el riego de plantas altamente tolerantes a la salinidad. La infraestructura hidráulica del Valle de Santo Domingo consta de 703 pozos con derechos registrados.

Cuadro 2.8. Calidad de las aguas de riego del DR 66, Valle de Santo Domingo, B.C.S. y su porcentaje de distribución.

Clasificación	Salinidad	Porcentaje
C1	Baja	0
C2	Media	1
C3	Alta	73
C4	Muy alta	23
	Extremadamente alta	3

El mismo documento, al referirse a la descripción de los suelos del Valle de Santo Domingo cita: los suelos predominantes en la superficie ocupada por el Distrito de Riego se clasifican como Yermosoles, originados a partir de la intemperización de areniscas y el arrastre de depósitos de material de origen fluvial. Estos suelos presentan una capa superficial de color claro y pobre en materia orgánica, por lo general son moderadamente profundos, con alto contenido de calcio y magnesio, de textura media y fertilidad moderada, presentan horizontes A y B. Agrega que la clasificación por salinidad se

estableció tomando en cuenta como parámetro el coeficiente de Conductividad Eléctrica y el Porcentaje de Sodio Intercambiable. De esta manera los suelos del Distrito al clasificarse dan origen a la información del Cuadro 2.9.

Cuadro 2.9. Distribución y grado de afectación por la salinidad de los suelos del DR 66 del Valle de Santo Domingo, B.C.S.*

Tipo de suelo	Superficie, ha	Porcentaje
Sin problemas	36,000	72.0
Suelos salinos	4,100	8.2
Suelos sódicos	2,900	5.8
Suelos salino-sódicos	7,000	14.0

*En este Cuadro no se especifican cuantas hectáreas son de riego y se debe de tener presente que el DR-066 tiene una superficie regable de sólo 38,101 ha.

Lo anterior permite delimitar la magnitud del problema del ensalitramiento de suelos y aguas en Baja California Sur, sin olvidar que este fenómeno es irreversible por las condiciones climatológicas e hidrológicas de la región.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sitio experimental

El presente trabajo de Investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), cita en el km 5.5 de la Carretera al Sur, en la Ciudad de La Paz, ubicada en el Valle de La Paz, municipio del mismo nombre, Estado de Baja California Sur, en el ciclo agrícola de primavera-verano del año de 1997.

Localización geográfica.

El estado de Baja California Sur se encuentra en la parte meridional de la península de Baja California, localizada en el noroeste de México. Se ubica entre los paralelos 22° 52' y 28° 00' latitud Norte, entre los 109° 15' y 115°05' Longitud Oeste, al norte limita con el Estado de Baja California, al sur y al oeste con el Océano Pacífico, y al este con el Golfo de California que lo separa del resto del territorio mexicano.

De acuerdo con Robles (1998), la ciudad de La Paz se encuentra en el extremo nordeste del Valle de La Paz, localizada en 24° 10' latitud norte y 110°

19' longitud oeste, a 18.5 metros sobre el nivel del mar. Asimismo, se encuentra ubicada en una llanura costera que forma parte del Istmo de La Paz y que constituye la parte más estrecha de la Península de Baja California. Formando parte de la ciudad de La Paz, se localiza el Campo Agrícola Experimental de la UABCS, por lo que se asume las mismas coordenadas geográficas.

Hidrografía.

Las explotaciones agrícolas de El Valle de La Paz, se riegan con aguas subterráneas, ya que no existen corrientes superficiales que permitan disponer de aguas para fines agrícolas. Estas aguas subterráneas se encuentran contaminadas por sales solubles producto de la intrusión salina, debido al abatimiento de los niveles del manto freático.

Robles (1985), cita que debido a las condiciones climatológicas que imperan en Baja California Sur, las corrientes que se presentan en este Estado son, principalmente de carácter intermitente, a las cuales se les denominan "arroyos". Agrega que al llegar a la Ciudad de La Paz, surgen varios arroyos de cauce bien definido. Entre los más importantes se encuentran el arroyo San José, el Datilar, y el Cajoncito, mismos que desembocan en la ensenada de La Paz.

Fenech y Méndez (1999), en un trabajo sobre la calidad de las aguas de riego del Campo Agrícola Experimental de la UABCS (CAEUABCS), citan que

desde hace años, el agua del pozo con que se realiza el riego, ha sido objeto de estudios y valoraciones desde el punto de vista salinidad, algunas de ellas en forma esporádica y en los últimos años en forma sistemática con el objeto de clasificar dicha agua y apoyar los diversos trabajos de investigación que en materia de desarrollo agrícola se llevan a cabo. En los últimos cuatro años se han hecho las determinaciones químicas que la infraestructura del Laboratorio de Suelos y Aguas de la UABCS permite realizar, dichas determinaciones se procesan cada 15 días, la información se concentra en los Cuadros 3.1, 3.2 y 3.3.

El agua de riego proviene de un pozo profundo presentando una variabilidad estacional en lo que se refiere a sus valores de salinidad, la Conductividad Eléctrica (C.E.), tiene una media anual de 3.41 dS/m a 25°C., con un valor mínimo de 3.2 y un valor máximo de 3.8 dS/m. A 25°C. La relación de adsorción de sodio (RAS) es de 7.09 como media anual, teniendo valores mínimos de 4.042 y máximos de 9.67, esta agua tiene una clasificación de acuerdo al sistema de Wilcox como C4S2.

Clima.

Partiendo del principio de que Clima de un lugar es el resultado de la forma en que influyen una serie de factores astronómicos y geográficos sobre los diferentes elementos meteorológicos y de acuerdo a la O.M.M. se determina

por un conjunto de valores medios y por las variaciones anuales de temperatura, precipitación y otros elementos climáticos.

Según Robles (1998), la clasificación climática de Köppen, modificada por García para nuestro país, la ciudad de La Paz, por sus condiciones de temperatura y precipitación, presenta un clima BW(h')h w (e), es decir, seco desértico, cálido, con una temperatura media anual mayor a 22°C, un régimen de lluvias en verano y una oscilación anual extremosa de la temperatura, que varía entre 7°C y 14°C.

Temperatura.

La temperatura media anual en La Paz es de 24 °C, como la ciudad se encuentra al norte del Trópico de Cáncer, la curva media mensual de temperatura muestra solamente un pico máximo en verano. En el mes de Enero se registra la temperatura mensual más baja, con promedio de 18°C, a partir de febrero se observa un aumento paulatino en la temperatura, hasta el mes de agosto que es cuando se registra la temperatura media mensual más alta (29.6°C); después en septiembre, la temperatura desciende muy poco, probablemente, porque aumenta en la noche y en las madrugadas el número de calmas. A partir de octubre, se presenta el un descenso brusco en la temperatura media mensual hasta alcanzar la mínima en el mes de enero.

Cuadro 3.4. Temperaturas medias observadas en La Paz, B.C.S., durante 1997.

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Máx.	24.5	25.2	31.8	30.4	37.2	37.1	39.6	37.9	36.0	34.0	30.5	25.4	32.4
Min.	12.2	12.1	14.4	14.0	18.3	20.3	25.6	26.3	25.4	22.4	17.6	15.2	18.6
Osc.	12.3	13.1	16.4	16.4	18.9	16.8	14.0	11.6	10.6	11.6	12.9	10.3	13.7

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Delegación Baja California Sur

Precipitación.

De acuerdo a lo expuesto por Robles (1998), La Paz, al igual que el Estado de Baja California Sur, se encuentra en su mayor parte ubicado en las calmas subtropicales, de ahí que la precipitación sea escasa.

La precipitación media anual de La Paz, para el período de 1921 a 1997, fue de 184.8 mm, Sin embargo, la cantidad de lluvia que cae en determinado mes o año es rara vez igual a la que cae en el mismo mes de otro año o en el año siguiente. La variabilidad en la precipitación aumenta con la sequedad del clima, por lo que en los climas secos es muy difícil predecir la cantidad de precipitación que habrá en un mes o en un año determinado.

En La Paz, como es muy común en las zonas secas, el número de años en que la lluvia está por debajo de lo normal es mayor, que cuando está por encima de la media. El año más lluvioso ha sido 1943, con 622 mm y el año más seco ha sido 1963, con solamente 25.7 mm. Cabe señalar que los años húmedos, que son ocasionales pues representan sólo el 33% del total de años,

tienden a aumentar la media aritmética de la precipitación, y proporcionan una imagen engañosamente optimista de la cantidad de lluvia que se puede esperar.

Las precipitaciones observadas en el año de 1997 nos indican que no tuvieron ninguna influencia positiva en el desarrollo del cultivo de maíz del presente experimento, tal y como se observa en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Precipitación en mm registradas en La Paz, B.C.S. en 1997.

Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
47.3	0.1	inap.	imap.	0.0	inap.	3.2	75.2	77.0	inap.	5.4	11.5	219.7

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Delegación Baja California Sur

Humedad relativa.

Para Robles (1998), la zona en estudio se encuentra en la franja de los grandes desiertos del mundo, en donde las altas presiones favorecen la subsidencia del aire y el calentamiento adiabático, provocando un tiempo seco, ya que el aire está muy lejos de satisfacer su capacidad de contención de vapor de agua y no se satura, por lo que no se forman nubes ni lluvia.

La humedad relativa media anual de La Paz es de 62 por ciento (1941-1997), pero varía de un mes a otro. Los meses que presentan un porcentaje más alto de humedad son enero, noviembre y diciembre, mientras que los

meses más secos son: abril, mayo y junio. Durante los meses más secos, a mediodía se alcanza a tener, en ocasiones, una humedad relativa por debajo del 10 por ciento.

Los valores de la humedad relativa observadas en el año de 1997 que de alguna manera influenciaron el desarrollo del cultivo de maíz del presente experimento, se resumen en el Cuadro 3.6.

Cuadro 3.6. Humedad Relativa registrada en La Paz, B.C.S. en 1997

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Med.	68	58	52	54	46	53	54	67	73.0	62.0	65	63
Max.	98	98	95	94.0	92	92	93	94	95	94	93	96
Min.	21	11	9	10	11	17	5.0	22	37	21	18	22

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Delegación Baja California Sur.

Evaporación.

En la ciudad de La Paz, la evaporación media anual del tanque tipo A es de 2,472.3 mm y la media mensual es de 206 mm (1981-1997). Sin embargo, la evaporación potencial varía enormemente con la estación del año, es mayor durante los meses de mayo, junio, y julio, con más de 250 mm al mes. Estos corresponden a los meses que tienen una mayor insolación, una alta temperatura y menor contenido de humedad. A pesar de que la temperatura media es, por lo general, más alta en los meses de agosto y septiembre, la evaporación disminuye porque el contenido de humedad y la nubosidad

aumentan. Durante los meses de invierno, cuando disminuye la insolación y la temperatura, y aumenta la humedad relativa, se registran las lecturas más bajas en la evaporación, principalmente en enero, diciembre, y noviembre con una evaporación media de 150 mm.

Los valores de evaporación registrados en el año de 1997 que de alguna manera influenciaron el desarrollo del cultivo de maíz del presente experimento, se resumen en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Evaporación en mm registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Media	3.85	4.99	6.82	7.21	9.54	9.81	9.56	6.90	6.09	6.37	4.58	4.2	6.66
Total	119.4	139.9	211.7	216.6	296.0	294.2	296.4	213.9	213.9	197.8	137.6	126	2432

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Delegación Baja California Sur.

Insolación.

De acuerdo a los datos presentados por Robles (1998), La Paz tiene la máxima duración potencial de insolación de 13 horas 40 minutos, durante el solsticio de verano; de aproximadamente 12 horas en los equinoccios de otoño y primavera; y la mínima es de 10 horas 40 minutos, durante el solsticio de invierno. Sin embargo, la insolación real (1971-1997) es menor, debido a que se ve determinada principalmente por la nubosidad.

La insolación media anual en La Paz es de 3 133 horas y el promedio

diario anual es de 8.57 horas (1977-1997). La curva de insolación real, a lo largo del año, no es simétrica como la potencia. El mes con mayor insolación es junio, con aproximadamente 10 horas diarias, los meses de abril, mayo y julio, también tienen una insolación por encima de la media; todo esto es resultado que tiene la menor cobertura de nubes, y de que el día es más largo que la noche. Después de junio, la insolación disminuye en los meses julio, agosto y septiembre, los días siguen siendo en general más largos que las noches, pero la cobertura de nubes aumenta. Y por último, el mes de menor insolación es diciembre, con aproximadamente 6 horas diarias, pues además de presentar una mayor nubosidad, los días son más cortos que la noche.

Los valores de Insolación observados en el año de 1997, que influenciaron el desarrollo del cultivo de maíz del presente experimento, se resumen en el Cuadro 3.8.

Cuadro 3.8. Insolación registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.

		Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Total	horas	225	246	287	281	339	346	321	243	231	277	251	191
	min.	44	5	47	14.0	57	38	8	51	31	46	21	35
Media	horas	7	8	9	9	10	11	10	7	7	8	8	6
	min.	31	47	17	22	58	33	21	52	43	58	23	11

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Delegación Baja California Sur.

Vientos.

El análisis del viento en La Paz que presenta Robles (1998), se obtuvo de los promedios de la dirección y velocidad del viento registrado cada 15

minutos, a una altura de diez metros sobre la superficie del suelo.

De esta información se desprendió que durante la estación fría, existe la más alta frecuencia de calmas, mismas que se presentan generalmente durante la noche y la madrugada, cuando además el viento que sopla es ligero. A mediodía la frecuencia y la intensidad del viento aumentan, alcanzando velocidades medias entre 2 y 3 m/s y a veces, mayores de 3 m/s.

En ocasiones en La Paz, sopla durante varios días un viento intenso y constante que localmente se les denomina "Collas". Su dirección dominante es la del noroeste y su intensidad media es de aproximadamente 4 m/s, con rachas cercanas a los 10 m/s. Estas ocurren principalmente en los meses de diciembre y enero, con una frecuencia media de 2.6 y 2.2 respectivamente; y con una menor frecuencia en los meses de noviembre, febrero y marzo, y rara vez en octubre y abril. Las Collas pueden durar desde uno a cinco días, pero la mayoría duran dos o tres días, y en muy raras ocasiones hasta siete u ocho días.

La mayor frecuencia e intensidad del viento en el mes de marzo se presenta al mediodía, con vientos del noroeste que alcanzan una velocidad media de 2 y 3 m/s; en abril, se presentan en las noches con un componente del sur e intensidades, en ocasiones, mayores de 3 m/s; y en mayo las frecuencias más altas se presentan a mediodía con vientos del noroeste, pero los vientos más fuertes son en la noche con una componente del sur.

En el verano, el viento está sujeto principalmente a causas termobarométricas como consecuencia de las diferencias de temperatura que hay entre la tierra y el mar, por lo que se ve influido por las brisas, las ondas y los ciclones tropicales, así como por las surgencias de humedad. Los vientos que presentan una mayor frecuencia son los que tienen una componente del sur. Estos sobre todo en las tardes y en las noches, con intensidades medias de 2 a 3 m/s, y en ocasiones, superiores a los 3 m/s. A mediodía, el viento sopla principalmente del noroeste alcanzando velocidades medias también de 2 a 3 m/s. Durante la estación cálida, la frecuencia de calmas es mínima, pero en septiembre comienza a aumentar, sobre todo en las madrugadas. Es muy poco común que en el verano el viento sople del este o del noreste. Pero se ha observado que la mayoría de las veces que llueve en La Paz durante esta estación del año, el viento, en ese lapso de tiempo, sopló con esas componentes alcanzando, por lo general rachas superiores a los 10 m/s.

El otoño es también una época de transición, por lo que se observa un cambio en los vientos. La dirección se vuelve predominantemente del noroeste y del norte, cuando se manifiesta de nuevo el anticiclón del Pacífico septentrional es esta región, y se sienten cada vez menos los vientos del sur.

La alta frecuencia de calmas se presenta desde octubre a marzo por las madrugadas, favorece junto con la disminución de la temperatura, la formación de rocío a temprana hora.

Los valores de Intensidad y dirección de los vientos observados en el año de 1997, que influenciaron el desarrollo del cultivo de maíz del presente experimento, se resumen en el Cuadro 3.9.

Cuadro 3.9. Dirección y Velocidad del Viento registrada en La Paz, B.C.S. en 1997.

		Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Dom.	Dir.	NW	N	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	NW	SSE	NW
	Vel.	3.2	2.6	2.4	3.2	3	3.5	2.7	2.5	2.3	3.3	2.1	3.5
Max.	Dir.	NNW	NNW	SSE	WSW	SSE	SSE	SSE	SE	NE	SE	SW	W
	Vel.	10.8	10.7	11.2	12	9.8	12	14.2	17.4	20.7	11.9	11.1	15.5
Vel.	Media	2.4	2.3	2.5	3.1	2.9	3.5	3	2.6	2.3	2.6	2.5	3.3

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Delegación Baja California Sur.

Fenómenos meteorológicos regionales (ciclones).

Según cita Robles (1998), el Pacífico nororiental es una de las zonas del mundo con mayor incidencia ciclónica. En esta región, se presentan en promedio 14 ciclones tropicales al año que representan aproximadamente el 17.8 por ciento mundial.

Robles (1989), señala que los ciclones tropicales son una manifestación de la gran concentración de energía que hay, cerca del ecuador, en las aguas superficiales oceánicas y las capas bajas de la atmósfera; y que sirven como válvula de escape y mecanismo de transporte de dicha energía hacia latitudes más altas.

Robles (1989), cita que la península de Baja California Sur es la región del pacífico mexicano más afectada por los ciclones tropicales, ya que presentan una probabilidad de 0.46 al año de que un ciclón tropical entre a tierra, y una probabilidad de 0.97 al año de que el centro del ciclón pase a 200 millas náuticas (370 Km) de sus costas. Además señalan que la porción sur de la península es la más afectada, ya que de un total de 633 ciclones registrados entre 1949 y 1993, 283 ciclones tropicales recurvaron hacia territorio nacional y 73 (25.7 por ciento) afectaron a Baja California Sur, por lo que la clasifica en una zona ciclónica de muy alto riesgo.

Suelos.

En el valle de La Paz, el clima antes descrito, caracterizado por ser seco, desértico, cálido, con una temperatura media anual mayor a 22°C, un régimen de lluvias en verano y una oscilación anual extrema de la temperatura, que varía entre 7°C y 14°C, en interacción con factores tales como el material parental y el relieve, han dado lugar a la formación de suelos jóvenes, poco desarrollados, caracterizados como unidades de Yermosoles y Regosoles.

Gran parte de los suelos se han originado principalmente de rocas del tipo de las areniscas y graníticas, cuyo contenido de cuarzo es alto; las areniscas además presentan grandes cantidades de carbonatos. Dichas rocas

al ser intemperizadas han generado suelos de textura gruesa o media, de consistencia suelta y muy porosos, por lo que resultan ser de fácil manejo; sin embargo, presentan alta permeabilidad, sobre todo en los horizontes superficiales y no tienen capacidad de retención de agua o de nutrientes solubilizados, de ahí que su fertilidad sea baja.

De acuerdo a Fenech y González (1989), entre las propiedades más sobresalientes de los suelos del Valle de La Paz en donde se realizó el presente trabajo de investigación, éstas son: Suelos profundos, de colores claros: en seco 10 YR 5/3, en húmedo 10 YR 3/3; baja capacidad de intercambio catiónico, baja capacidad de retención de humedad, estructura granular porosa, con texturas en los estratos de actividad radicular de clase Arenosa y Migajón arenosa, con muy bajos contenidos de Materia Orgánica (0.4 a 0.6 por ciento); baja fertilidad, nivel muy bajo de Nitrógeno (0.007 a 0.034 por ciento); nivel mediano de Fósforo (de 10 a 44 ppm); nivel bajo de Potasio (de 30 a 85 ppm). En cuanto a salinidad, estos suelos presentan un Conductividad Eléctrica (C.E.) de 2.5 dS/m a 25°C que si bien es cierto bajo esta propiedad deben clasificarse como suelos sin problemas de ensalitramiento, es necesario considerar que el agua de riego que se utiliza para la irrigación, llega a tener valores de C.E. de 3.6 dS/m a 25°C, lo que le imprime a los suelos una conducta salina, bajo condiciones de cultivo, aunque por su textura no acumulan sales solubles en el perfil. Al hacer uso de los sistemas de clasificación más usuales (Thorp y Smith; 7ª. Aproximación; y FAO/UNESCO),

se clasifican de la siguiente manera:

a).- Clasificación según Thorp y Smith.- Los suelos de la zona de estudio se encuentran en el orden de suelos azonales, ya que son de reciente formación y no presentan características bien desarrolladas, de depositación aluvial, con texturas de arenas gruesas y su perfil sólo presenta horizontes A y C. Debido a que los suelos azonales no tienen subórdenes, el gran grupo al que pertenecen es el de los Regosoles, llamados también de “arenas secas”, caracterizados por depósitos bien drenados o casi arenas puras, con poca arcilla, poco humus y/o sales solubles.

b).- Clasificación 7^a. Aproximación (Sistema Americano).- Aunque aún no es muy usual el utilizar este sistema de clasificación, al interpretar los resultados de los análisis físicos y químicos practicados a diversas muestras del Campo Agrícola Experimental de la UABCS, los suelos se ubica en forma muy general, de la siguiente manera:

Orden: Inceptisol

Suborden Psamment

Grupo: Quartzipsamment

Familia: Areno-migajón

Serie: CAEUABCS

Es decir que este sistema nos indica que son suelos de reciente formación, de textura arenosa, con un alto contenido de cuarzo, sin horizontes de diagnóstico ni horizontes subsuperficiales.

c).- Clasificación FAO/UNESCO.- Al leer la carta Edafológica publicada por la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) de 1981 a escala 1:1 000 000, así como el mapa Edafológico publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI) de 1995 a escala 1: 1 500 000, se desprende que los suelos del campo Agrícola de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, fueron clasificados como Yermosoles háplicos, profundos (hasta 120 cm), de moderada a baja capacidad de intercambio catiónico, su contenido de calcio alto, pero con fase sódica, problema que se ha acrecentado por la desmedida explotación del manto freático y la consecuente intrusión de aguas del mar en el mismo.

Descripción de tratamientos.

Genotipos de maíz en estudio.

Los materiales del presente ensayo experimental, fueron proporcionados por el Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", siendo sus características agronómicas del Cuadro 3.10.

Cuadro 3.10 Características agronómicas de los genotipos de maíz en estudio.

Característica Agronómica	AN-447	AN-430 R
Formación	HIB-Triple	HIB-Triple
Propósito	Silo y grano	Silo y Grano
Forma de Mazorca	Cilíndrica	Cilíndrica
Tamaño de Mazorca	Grande	Grande
Color de grano	Blanco harinoso	Blanco harinoso
Forma de grano	Semidentado	Semidentado
Ciclo vegetativo	Intermedio-tardío	Intermedio-tardío
Promedio de días a la floración	80	84
Días a la madurez fisiológica	140-150	140-150
Altura de Planta (metros)	2.5-2.80	2.00
Altura de mazorca (metros)	1.2-1.5	1.10
Acame	Tolerante	Tolerante
Cobertura de mazorca	Buena	Buena
Condiciones de siembra		
	Sí	Sí
	Sí	Sí
	No	No
Riego		
Buen temporal		
Temporal regular	15 marzo-15 mayo	15 marzo-15 mayo
Fechas de siembra:	Inicio de lluvias 30 junio	Inicio de lluvias 30 junio
Riego		
Buen temporal		
Densidad de siembra (miles de plantas/ha)	60-66 65-75	60-66 65-75
Grano		
Forraje		
Comportamiento en tipos de suelos:		
Arenoso	Bueno	Bueno
Limoso	Muy bueno	Muy bueno
Arcilloso	Bueno (temprano)	Bueno (temprano)
Resistencia a enfermedades		
Hoja	Tolerante	Tolerante
Raíz	Semitolerante	Semitolerante
Tallo	Tolerante	Tolerante
Cosecha Mecánica	Buena	Buena
Altura óptima (msnm)	1100-1900	1100-1900
Observaciones:		
Halotolerancia	Buena-muy buena	Muy buena
Adaptación a nivel del mar	Muy buena	Muy buena

Fuente: Instituto Mexicano del Maíz, U.A.A.A.N.

Fuentes comerciales de bioactivadores húmicos.

Para la realización del presente trabajo, se seleccionaron los bioactivadores húmicos comerciales que, de acuerdo a las indicaciones de los

fabricantes, tienen capacidad para inducir o estimular el crecimiento vegetativo y en consecuencia aprovechar esta característica para reducir o atenuar el efecto negativo de las sales solubles en el suelo sobre el “achaparramiento” de los cultivos, de tal forma que permiten el desarrollo normal de las plantas y su efecto positivo en el rendimiento. A continuación se enlistan estos productos: Humi K- 900; Salko; Saltaway; Humitron; K-Tionic y Humiplex.

La lista anterior no implica que sean los únicos productos comerciales existentes en el comercio nacional, ni los únicos capaces de coadyuvar en la productividad en ambientes marginales, ya que se tiene conocimiento de folleto y verbal de otros productos similares que no fueron posibles conseguir en el momento del establecimiento del experimento, tales como el Spersal, Algaenzim, Promesol, Agrosuelo, etc. y que en un futuro deberán ser ensayados a fin de poder considerar su uso por los productores del Estado.

Preparación de dosis de ácidos conforme a tratamientos.

Para la preparación de las dosis de los ácidos húmicos y su aplicación, al no tener ningún antecedente de investigación disponible sobre el uso de estos materiales en condiciones de salinidad, se siguieron las recomendaciones del fabricante para el cultivo de maíz, tal y como se muestra en el Cuadro 3.11.

Cuadro 3.11. Dosis de bioactivadores húmicos según indicaciones del fabricante.

Producto comercial	Dosis por ha.	Modo de aplicación
Humi K-900	9 Kg	Directamente al suelo
Biosoil (Salko)	20 litros	En el riego
Saltaway	4 litros	En el riego
Humitron	7 litros	En el riego
K-tionic	7 litros	En el riego
Humiplex	20 kg	En el riego

Los productos antes mencionados se aplicaron al momento de la siembra. Como la siembra se realizó en seco, aquellos productos que se indicaban aplicarlos en el riego, estos se depositaron en el suelo antes de aplicar el primer riego, ya que la distribución de las unidades experimentales en el campo, no permite la aplicación en el agua de riego o al momento de éste, debido al posible "arrastre" de los ácidos húmicos y la mezcla al final del surco.

El cálculo de las dosis de ácidos húmicos se obtuvieron por unidad experimental, sobre la base de su conformación de seis surcos de seis metros de largo y una separación de 0.8 m entre surco y surco, es decir, una superficie de 28.8 metros cuadrados por unidad experimental, dosificado como se expone en el Cuadro 3.12.

Cuadro 3.12. Dosificación de los bioactivadores húmicos comerciales en las unidades experimentales conforme a tratamientos.

Producto comercial	Dosis por ha.	Dosis por u. e.
Humi K-900	9 Kg	22 gramos
Salko	20 litros	57.6 mililitros
Saltaway	4 litros	11.52 mililitros
Humitrón	7 litros	20.16 mililitros
K-tionic*	5 litros	14.4 mililitros
Humiplex*	15 kg	43.2 gramos

*.- Estos productos presentaron dos dosis, una para aplicarse en aspersion

foliar y otra para aplicarse en el agua de riego, en ningún caso para aplicarse al suelo, por lo que optó por calcular una media de ambas dosis, misma que se uso, tal y como se muestra en el Cuadro 3.12.

Diseño Experimental y arreglo de tratamientos.

Para la realización del presente trabajo se utilizó un diseño experimental bifactorial con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, en donde uno de los factores, bioactivadores húmicos comerciales, se ensayaron con siete niveles (seis productos comerciales y un tratamiento testigo sin producto), para integrar de esta forma las parcelas chicas y el otro factor, genotipos, con dos niveles formaron la parcela grande, en una distribución de Bloques al azar, con cuatro repeticiones.

Los genotipos que constituyeron la parcela grande fueron:

A= AN 447; y B = AN 430 R

Los bioactivadores húmicos comerciales que constituyeron la parcela chica fueron:

1 = Humitrón

2 = Humi-K900

3 = Saltaway

4 = Humiplex

5 = K-tionic

6 = Salko

7 = Testigo

Las unidades experimentales tuvieron las siguientes dimensiones: 4.80 m de ancho (seis surcos con distancia de 0.8 m entre surcos) y 6 m de largo, con un total de 56 unidades experimentales (7 x 2 x 4). La parcela útil consistió de los 4 surcos centrales, sin cabeceras. El área experimental total fue de aproximadamente 1,612.8 m², sin considerar bordos ni calles

Trabajo de campo.

Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en un rastreo cruzado, sin barbecho y nivelación simple, posteriormente se trazaron los surcos y bordos. El no requerir barbecho obedece a las propiedades físicas del suelo ya antes descritas, ya que solamente se busca producir una buena cama para la germinación de la semilla.

Muestreo inicial de suelos y agua de riego.

En el muestreo inicial de suelos, aplicado éste antes de la siembra, inmediatamente después de las labores de preparación del terreno, se practicaron los análisis físicos y químicos de donde se obtuvo la información de los Cuadros 3.13; 3.14; 3.15 y 3.16.

Cuadro 3.13. - Análisis granulométrico del suelo

Muestra	Prof.	% Arena	% Limo	Arcilla	Clase
1	0 - 30	72.50	7.50	20.00	Ma
1	30 - 60	82.50	10.00	7.50	Am
2	0 - 30	80.00	12.50	7.50	Am
2	30 - 60	80.00	5.00	15.00	Ma
3	0 - 30	80.00	12.50	7.50	Am
3	30 - 60	80.00	12.50	7.50	Am
4	0 - 30	82.50	6.25	11.25	Am
4	30 - 60	77.50	15.00	7.50	Am

Cuadro 3.14. Otras propiedades físicas del en el suelo

PMP = 7.34 %	CC= 13.0 %
H.A. = 5.66 %	% de Saturación = 34.8
Da = 1.56 g/cm³	Dr = 2.50 g/cm³
Color .- En seco 10 YR 5/3	en húmedo = 10 YR 3/3

Cuadro 3.15. Análisis químico inicial del suelo

Muestra	Prof.	C. O.	HCO₃	N total	pH	C.E.	CO₃	Cl	P	K	Ca	Mg	SO₄
	cm	%	me/l	%		dS/m	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	0 - 30	0.20	274.6	0.034	7.7	1.90		413.1	1.002	138.3	144.3	62.26	59.94
1	30 - 60	0.16	274.6	0.014	7.8	2.50		624.8	0.67	128.5	176.3	68.09	52.79
2	0 - 30	0.31	274.6	0.027	8	1.80		463.8	0.46	130.2	112.2	87.55	52.37
2	30 - 60	0.19	274.6	0.018	7.9	1.12		386.5	0.38	135.4	54.5	44.75	39.34
3	0-30	0.27	329.5	0.024	7.9	1.08		231.9	0.27	132.0	60.9	27.24	57.00
3	30 - 60	0.24	329.5	0.021	8.1	1.14		309.2	0.18	129.4	80.2	21.40	35.98
4	0 - 30	0.36	378.1	0.031	8.2	0.72		309.2	0.29	135.1	44.9	9.73	30.51
4	30 - 60	0.24	378.1	0.021	8.2	0.56		231.9	0.19	127.5	38.5	7.78	30.10

Cuadro 3.16. Análisis químico inicial del Agua de Riego

Fecha de muestreo y análisis: 15/02/97

Determinación:

pH 6.7

C.E. 3.5

Aniones:

	me/l	ppm
Carbonatos	2.73	81.82
Bicarbonatos	10.93	666.95
Cloruros	26.16	927.63
Sulfatos	2.11	101.50

Cationes:

Calcio	8.83	176.95
Magnesio	6.88	83.76
Sodio*	19.29	429.98
Potasio	0.38	14.71

Porcentaje de Sodio: 55.12

R.A.S.:7.41

Clasificación: C4S2

Interpretación: Agua altamente salina, media en sodio, no apta para el cultivo.

*Calculado por diferencia de aniones y cationes.

Siembra y aplicación de tratamientos.

La siembra se realizó el día 7 de marzo de 1997, en seco, en forma manual, al colocar al fondo del surco, dos semillas por "golpe", a una distancia de 22 cm entre golpes y a una profundidad de aproximadamente 5 cm, a fin de obtener una población de 58 000 plantas por hectárea. Simultáneamente se aplicaron los fertilizantes en una dosis de 120 kg de Nitrógeno más 60 kg de Fósforo. Fertilización recomendada por el INIFAP para esta región, se usó

como fuente de nitrógeno Urea y como fuente de fósforo el Superfosfato de calcio. La dosis de nitrógeno se aplicó en un 50 por ciento al momento de la siembra y el otro 50 por ciento al primer cultivo, aproximadamente a los 50 días de la emergencia; por cuanto al fósforo, este fertilizante se aplicó en su totalidad al momento de la siembra; ambos fertilizantes se aplicaron en "chorrillo", es decir, directamente en el surco en una línea de granulados más o menos uniforme.

Antes del primer riego se aplicaron los tratamientos de los ácidos húmicos en las dosis previamente calculadas. Al considerar las pequeñas cantidades y con el fin de uniformizar la aplicación de los materiales en estudio, se optó por diluir en 1200 ml de agua destilada cada dosis, es decir, la cantidad para cada unidad experimental, enseguida se dividieron en seis recipientes de plástico tipo dosificador con tapón de punta (uno para cada surco con 200 ml de la solución), para posteriormente aplicarlos a costilla de surco. Este proceso se realizó con todos los ácidos húmicos, independientemente que se pudiera aplicar directamente en el surco o por vía foliar.

Muestreo periódico de suelos para control de humedad.

Uno de los problemas más trascendentales al cultivar en las zonas áridas y semiáridas es la determinación del momento y cuantía de la aplicación del agua de riego, con la característica de que el presente experimento se estableció en un suelo de texturas arenosas (Areno-migajosa) y profundo, lo

que implicó un cuidadoso manejo en la aplicación del agua de riego, por lo que fue necesario el llevar un muestreo periódico de la humedad del suelo, por medio de la toma de muestras cada tercer día después del riego, para ello se utilizó el método gravimétrico para su cuantificación, lo anterior se realizó en cuatro sitios seleccionados aleatoriamente dentro de la parcela experimental, a dos profundidades (0 – 30 y 30 – 60 cm), es decir, un total de 8 muestras por fecha, en 45 muestreos y la aplicación de 14 riegos durante el período que duró el ciclo vegetativo del cultivo del maíz. En el apéndice A5 se presentan los datos de Porcentajes de humedad obtenidos.

Los parámetros de humedad del suelo, tales como Capacidad de Campo y Punto de Marchitamiento Permanente, se determinaron por medio de la olla de presión, datos que se describieron en propiedades físicas en el muestreo inicial de suelos, lamentablemente por desperfectos mecánicos del sistema olla de presión, no se volvió a utilizar este equipo para evaluar los parámetros de humedad del suelo.

Muestreo y análisis periódico de suelos y del agua de riego.

Análisis de suelos

Una de las acciones primordiales de los ensayos experimentales en suelos, es observar el comportamiento de las distintas propiedades físicas y químicas de los mismos que son sometidos a diversos tratamientos, de tal

suerte que dichas propiedades no se alteren negativamente en los intentos de obtener mejores rendimientos en forma inmediata, pero que a la postre, la supuesta solución propuesta resulte un problema de mayor magnitud, incontrolable, y/o irreversible.

Para atender este concepto, se realizaron cuatro muestreos y análisis de suelos: el primero antes del establecimiento del experimento; el segundo a los 20 días después emergencia de la plántula; el tercero al inicio de la floración (aproximadamente a mitad del ciclo vegetativo del maíz), y el cuarto inmediatamente después de la cosecha. Estos muestreos se realizaron aleatoriamente en cuatro sitios dentro del área experimental a las profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm. Las determinaciones que se realizaron durante la conducción del experimento estuvieron limitadas por la infraestructura con que se cuenta en el laboratorio de Suelos y Aguas de la UABCS, siendo éstas: Conductividad Eléctrica, Reacción del Suelo (pH), Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Sodio, Carbonatos, Bicarbonatos, y Cloruros. En el Cuadro A.6 se presentan los resultados de los análisis de suelos realizados durante la conducción del presente experimento.

Análisis del agua de riego

Mensualmente se realizaron los muestreos del agua de riego, en donde se practicaron las determinaciones de aniones y cationes, pH, C.E., R.A.S., así como los cálculos básicos que de ellos se derivan. Cabe hacer la observación

que no se practicaron análisis biológicos por carecer de infraestructura en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UABCS. De esta forma, los resultados que se obtuvieron del análisis del agua de riego se presentan en el Cuadro A.7.

Riegos.

En el presente trabajo de investigación se utilizó el Método de Riego por Gravedad, con un sistema de riego de surcos rectos y dada la textura del suelo, las láminas aplicadas fueron delgadas. Del canal principal se abasteció a los surcos por medio de sifones de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro. En el ciclo vegetativo del maíz se aplicaron 14 riegos, se determinó su momento de aplicación por medio del cálculo del abatimiento sobre la base del porcentaje de humedad, para lo cual se utilizó el muestro por barrena en cuatro sitios aleatorios y la determinación de Pw (Porcentaje de humedad) por el método gravimétrico en el laboratorio. Los 14 riegos que se distribuyeron en el período del cultivo se muestran en el Cuadro 3.17.

Control de plagas y malezas.

Durante el desarrollo del presente trabajo experimental, se realizó una sola aplicación de una mezcla de Sevin 80S en una dosis de 2 kg más 500 ml de Lorsban, ambos en 200 litros de agua por hectárea, en su parte proporcional a la superficie en estudio, para el control del gusano cogollero (*Spodoptera*

frugiperda, Smith). No se requirió de mayores aplicaciones de insecticidas porque se contó con un control biológico por medio de 6 liberaciones de Trichograma (*Trichogramma pretiosum*) y Crisopa (*Chrysoperla carnea*).

Cuadro 3.17. Calendario de riegos aplicados y sus láminas.

No. de Riego	Fecha	Lamina aproximada en cm.
1er.	13-marzo-99	5.62
2do.	20-marzo-99	2.90
3ero.	28-marzo-99	3.63
4to.	7-abril-99	3.89
5to.	15-abril-99	3.75
6to.	25-abril-99	5.10
7mo.	5-mayo-99	5.10
8avo.	12-mayo-99	4.78
9no.	19-mayo-99	4.11
10mo.	26-mayo-99	3.93
11avo.	2-junio-99	4.43
12avo.	9-junio-99	4.82
13avo.	16-junio-99	4.26
14avo.	23-junio-99	5.29

Lamina total aproximada = 61.81 cm

Por cuanto a la presencia de malas hierbas, en el presente trabajo de investigación se desarrollaron el Chual (*Chenopodium album* L.), la Malva (*Anoda cristata* L.), Grama (*Cynodon dactylon* L.) y el Quelite (*Amaranthus hybridus* L.), mismas que se controlaron por medio de deshierbes manuales y el paso de la cultivadora. No se usaron herbicidas en el presente experimento.

En ambos casos no se apreciaron daños considerables que pudieran haber interferido significativamente en los rendimientos, ya que las poblaciones

de plagas y malas hierbas fueron bajas y controladas oportunamente, aunque no se llevó un registro detallado del control biológico, se estima que éste tuvo un efecto significativo en la baja presencia de gusano cogollero.

Cosecha.

La cosecha se realizó el día 30 de Julio, cuando la totalidad de las plantas de maíz presentaron madurez y se observó (no cuantifico) que las mazorcas tuvieran baja humedad, esta actividad se inició por la mañana una vez que la humedad relativa bajara sensiblemente (9:30 A.M. aproximadamente) con el objeto de que las mazorcas tuvieran la menor humedad posible dado que se almacenarían para su posterior cuantificación y desgrane. Se cosechó la parcela útil en forma manual, ésta compuesta de los cuatro surcos centrales, eliminando 0.5 m en cada cabecera. Las mazorcas maduras se depositaron en un saco debidamente etiquetado, mismos que fueron colectados y almacenados, posteriormente se desgranó con ayuda de una desgranadora manual, colectando los granos en bolsas de papel grueso previamente etiquetadas, inmediatamente después se pesaron, se asentaron los registros y se tomaron las muestras para determinación de humedad en el laboratorio por el método gravimétrico.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que los bioactivadores húmicos tienen un efecto positivo en el crecimiento y en el rendimiento del cultivo de maíz, desarrollado en un suelo arenoso, profundo e irrigado con aguas de alta salinidad.

Si bien es cierto que al analizar los datos desde el punto de vista estrictamente estadístico existen diferencias significativas solamente en el comportamiento entre genotipos, se encontró que en casi todas las variables cuantificadas los bioactivadores húmicos denotaron su efecto positivo, por lo que se hizo necesario el establecer un análisis de las tendencias de estos productos, ya que es precisamente el punto de partida para nuevas investigaciones.

Lo antes expuesto obedece a que, al no tener ninguna referencia experimental sobre el comportamiento de estos productor (bioactivadores), en las condiciones de suelos y aguas antes mencionadas, se dosificó conforme a la recomendación de cada producto propuesta por el fabricante para condiciones normales (no marginales) como dosis única, sin utilizar una dosificación gradual o fraccionada.

Variables de crecimiento

Días a la floración

La aplicación de los bioactivadores húmicos inducen a la aparición temprana de la flor femenina y masculina del cultivo del maíz. En el presente experimento se encontró que si bien existen diferencias altamente significativas solamente entre genotipos (Cuadro A.2), la influencia de los bioactivadores húmicos en el adelanto de la floración es trascendental, lo anterior se confirma al observar los Cuadros de medias 4.1 y 4.2.

Cuadro 4.1 Promedio de días a la floración femenina

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	75.75	65.00	70.38
HumiK900	74.75	67.75	71.25
Saltaway	74.25	66.75	70.63
Humiplex	74.75	66.75	70.75
K-tionic	74.50	67.50	71.00
Salko	75.25	67.50	71.38
Testigo	76.00	67.25	71.63
Media	75.05	67.32	71.18

Al analizar las tendencias sobre el efecto de los diversos bioactivadores húmicos, se encontró que estos inducen a una precocidad o adelanto a los días de floración femenina en ambos híbridos, aunque con mayor influencia en el híbrido AN430R que en AN447.

Cuadro 4.2 Promedio de días a la floración masculina

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	71.25	62.75	67.00
HumiK900	72.00	62.25	67.13
Saltaway	70.00	62.50	66.25
Humiplex	70.00	62.00	66.00
K-tionic	71.50	62.75	67.13
Salko	70.00	62.75	66.38
Testigo	73.50	63.50	68.50
Media	71.18	62.64	66.91

En el caso del híbrido AN447, el adelanto de los días a floración femenina se ve inducida por los bioactivadores húmicos, ya que el testigo (tratamiento sin bioactivador) es el que tarda más en iniciar la floración femenina, se desprende que Saltaway es el que induce la floración más temprana seguida por K-tionic, HumiK900, Humiplex, Salko y Humitrón, lo anterior basado en las medias obtenidos del Cuadro 4.1.

Por cuanto al efecto de los bioactivadores sobre el híbrido AN430R se observa que este material genético es influenciado en el adelanto a la floración aunque en menor medida, ya que el testigo, se ve por encima de los tratamientos con Humitrón, Humiplex y Saltaway, más no así en el caso del K-tionic, Salko y Humik900. En general para ambos casos, puede decirse que los bioactivadores húmicos favorecen la aparición de la floración femenina en forma temprana, o sea que adelantan la floración.

De igual forma sucede en la tendencia sobre el efecto de los diversos bioactivadores húmicos sobre la floración masculina, se encontró que estos inducen a una precocidad o adelanto a los días de floración en ambos híbridos, aunque con mayor incidencia en el AN430R que en el AN447.

En el Cuadro 4.2 se observa que en el híbrido AN447, el adelanto de los días a floración masculina se ve inducido por los bioactivadores húmicos, ya que el testigo es el que tarda más en iniciar este fenómeno; se desprende que Saltaway es el que induce la floración masculina más temprana seguida por Humiplex, Salko, Humitrón K-tionic y HumiK900.

Por cuanto al efecto de los bioactivadores húmicos sobre el híbrido AN430R, en el Cuadro 4.2 se observa que éste es inducido a adelantar la floración en igual magnitud que en AN447, con la diferencia de que presenta una mayor tendencia a afectar esta variable el bioactivador Humiplex, seguido por Humi-K900, Saltaway, K-tionic, Humitrón y por último Salko, en estos datos se destaca el comportamiento del testigo, que requiere de mayor tiempo para iniciar la floración masculina.

En ambos híbridos, se encontró que bajo las condiciones donde se estableció el experimento se adelanta la floración, ya que el IMMUAAN establece para estos híbridos, 84 días para el AN430R y 80 días para el AN447 sin especificar la sexualidad de la floración y los datos registrados en los

Cuadros 4.1 y 4.2 nos dan un promedio para AN447 de 73.1 días (diez días de adelanto) y de 62.88 días para AN430R (diecisiete días de adelanto).

Lo anterior confirma lo reportado por Lee y Bartlett (1976), Chaminade (1968), Kononova (1982), Fagbenro y Agboola (1993), quienes reportan que las plantas sometidas a tratamientos con ácidos húmicos se ven estimuladas y aceleran sus procesos fisiológicos. Es reconocido por la mayoría de los investigadores el hecho de que las plantas que se desarrollan en medios salino sufren un retraso en su desarrollo, tal y como lo señalan Richards (1982) y Rowell (1989), sin embargo, al aplicarse las sustancias húmicas este efecto negativo se contrarrestó. Posiblemente en el diseño experimental utilizado para el experimento el número de repeticiones fue muy escaso y no permitió detectar significancia para esta variable fenológica.

Desde del punto de vista agronómico, la inducción a adelantar la floración producida por los bioactivadores húmicos se constituye en un beneficio directo para los productores, lo anterior es debido a que se reduce el tiempo de espera para la cosecha y en consecuencia hay un menor costo de cultivo por financiamiento, por otra parte, se puede aprovechar esta inducción para aquellos cultivares que fueron sembradas un poco después de la fecha de siembra recomendada, evitando de esta forma una mayor incidencia de plagas o enfermedades, así como evitar las altas temperaturas que tienden a esterilizar el polen. Otra ventaja de esta inducción producida por los bioactivadores

húmicos, es la consideración que entre menor tiempo se tenga ocupado el suelo con un cultivo, mayor será la recuperación de éste en cuanto a su fertilidad física, química y biológica.

Altura de mazorcas

La aplicación de los bioactivadores húmicos marcaron una influencia positiva en la altura de la mazorca. En el Cuadro A.2 se presenta el ANVA de esta variable de crecimiento en donde no se encuentran diferencias significativas entre genotipos, así como tampoco para la interacción y los bioactivadores húmicos, es decir que estadísticamente son iguales todos los tratamientos, sin embargo, al analizar el Cuadro 4.3 de los promedios de la altura de la mazorca, en principio se observa que el híbrido AN430R alcanza mayor altura que el híbrido AN447, en ambos materiales genéticos el efecto de los bioactivadores húmicos en general, marcan una tendencia a incrementar la altura de esta variable del crecimiento.

Cuadro 4.3 Promedio de altura de mazorcas

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	74.33	98.60	86.47
HumiK900	82.10	94.65	88.38
Saltaway	84.10	91.48	87.79
Humiplex	85.73	101.48	93.61
K-tionic	78.33	102.65	90.49
Salko	83.15	97.38	90.27
Testigo	81.30	94.00	87.65
Media	81.28	97.16	89.22

En este Cuadro en donde se denota que el híbrido AN430R tuvo una mayor altura de mazorca que el híbrido AN447, se hace necesario anotar que en ambos materiales genéticos se cuantificó una menor altura que la propuesta por el IMMUAAN, ya que establece para AN447 una altura de 115 a 120 cm y para el AN430R 110. De igual manera se observa que el híbrido AN447, se ve afectado en el desarrollo al aumentar la altura de la mazorca por efecto de los bioactivadores HumiK900, Salko, Saltaway y Humiplex, aunque parece ser que K-tionic y Humitrón no afecta la altura de la mazorca en este híbrido, ya que el testigo se encuentra con una altura ligeramente superior. En el mismo Cuadro se observa que el híbrido AN430R, se ve inducido en el desarrollo para aumentar la altura de la mazorca por efecto de los bioactivadores HumiK900, Salko, Humitrón, Humiplex y K-tionic, aunque parece ser que Saltaway no afecta la altura de la mazorca en este híbrido, ya que el testigo se encuentra con una altura ligeramente superior a éste último bioactivador, de igual forma se desprende que K-tionic es el bioactivador que más induce la altura de la mazorca .

Los resultados obtenidos sobre la altura de la mazorca nos inducen a pensar que en lo general los bioactivadores húmicos tienen una marcada influencia a incrementar el desarrollo de la planta y por ende el de la altura de la mazorca, aunque no existe una razón lógica sobre el comportamiento de K-tionic, Saltaway y Humitrón, ya que el reflejo de su efecto es totalmente

diferente en cada genotipo, sin embargo, se hace necesario adicionar que el desarrollo de estos materiales en ambientes salinos ve reducida su talla. Lo anterior confirma lo expuesto por Richards (1982) y Rowell (1989) entre otros investigadores sobre la reducción del crecimiento vegetal de los cultivos establecidos en ambientes salinos.

Desde el punto de vista agronómico, las tendencias del efecto de los bioactivadores húmicos a incrementar la altura de la mazorca, permite pensar en su utilización en la agricultura intensiva en suelos salinos o irrigados con aguas salinas, ya que de esta forma permitirá el uso de la mecanización de la cosecha con mayor eficiencia, evitando de esta forma cosechar malezas y la mezcla de sus semillas.

Altura de plantas

La altura máxima de plantas indica que la aplicación de bioactivadores húmicos en el cultivo de maíz, ejercen un efecto positivo en el desarrollo de esta variable, los datos se presentan en el Cuadro 4.4, en donde se observa que el híbrido AN430R tuvo una mayor altura total de planta que el híbrido AN447. Al comparar las alturas encontradas en el ambiente salino con las que reporta el IMMUAAN para estos materiales, se denota una reducción en la talla en AN447, ya que para este híbrido reporta una altura de planta de 250 a

280 cm y los valores promedio del experimento es de 199 cm, en cambio sucede un efecto contrario en AN430R, ya que el reporte en altura de planta es de 200 cm y el valor promedio encontrado en el experimento fue de 232 cm.

Cuadro 4.4 Promedio de altura total de planta.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	196.20	226.75	211.48
HumiK900	200.00	243.75	221.88
Saltaway	192.25	224.75	208.50
Humiplex	204.75	230.50	217.63
K-tionic	195.75	235.75	215.75
Salko	205.50	234.50	220.00
Testigo	194.75	233.25	219.00
Media	198.50	232.75	215.63

En el ANVA sobre altura total de planta (Cuadro A.2), se presenta diferencia significativa entre genotipos, más no entre bioactivadores húmicos y la interacción. Lo anterior conduce a pensar que no existe influencia de los bioactivadores sobre los materiales genéticos estudiados, sin embargo, no debe de pasarse por alto las tendencias que estos productos imprimen al desarrollo vegetal en ambientes salinos. En el Cuadro 4.4, en el híbrido AN447, se denota que el testigo estuvo ligeramente por encima del efecto de Saltaway, pero fue rebasado por los efectos de K-tionic, Humitrón, HumiK900, Humiplex y Salko. Lo anterior nos conduce a pensar que en general, los bioactivadores húmicos ejercen una influencia que incrementa la altura total de la planta en AN447. En el mismo Cuadro, en el caso del híbrido AN430R, se observa que el testigo estuvo ligeramente por encima del efecto de Saltaway, Humitrón y Humiplex,

pero fue rebasado por los efectos de Salko, K-tionic, y HumiK900. Lo anterior nos conduce a pensar que si bien es cierto que hay cierto efecto de los bioactivadores húmicos sobre la altura que desarrolla el genotipo AN430R, esta afirmación no puede generalizarse, ya que la tendencia reflejada es la de ubicar al testigo en el justo medio de la influencia de los bioactivadores, que actúan tanto positiva como negativamente en altura de la planta. En ambos genotipos estudiados, se ve que el efecto del bioactivador Saltaway reduce la altura de la planta, mientras que Salko, K-tionic y HumiK900 inducen un mayor desarrollo, por otra parte Humitrón y Humiplex tiene un comportamiento fuera de contexto.

Lo anterior confirma lo enunciado por Rowell (1989) que las plantas que se desarrollan en medio salino sufren una alteración del contenido de hormonas, influyendo así en los ritmos de crecimiento. De igual forma, debe de considerarse lo expuesto por Navejas (1995), quien afirma que la fisiología de la tolerancia a la salinidad se ha investigado menos que los efectos de temperatura o déficit de agua. En consideración a este último concepto, es lógico pensar que no existe un patrón de comportamiento bien definido aunque si generalizado sobre el desarrollo de plantas en ambientes salinos.

Por cuanto a la aplicación agronómica del efecto de los bioactivadores húmicos sobre la altura total de las plantas y en especial del cultivo del maíz en un medio salino, tiene dos posibles vertientes, una positiva y otra negativa. En la primera, es obvio que quienes participan de la producción, prefieren tener

una planta de porte alto, vigorosa, y de mayor cobertura foliar a fin de que se traduzca en un mayor rendimiento, sin embargo, la otra vertiente, no considera esta variable como una ventaja, por el contrario, estima que a mayor altura de planta existe una mayor probabilidad de sufrir los efectos del acame, tanto de raíz como de tallo, mismo que se traducen en la reducción de la producción. Por otra parte, el efecto de los bioactivadores húmicos sobre el cultivo de maíz, contrarresta el posible detrimento del crecimiento en ambientes salinos y permite una mejor producción de biomasa y en consecuencia una elevación en los rendimientos. Lo cierto es que de acuerdo a los resultados obtenidos se hace necesario ahondar las investigaciones sobre esta variable del crecimiento en ambientes salinos tratados con los bioactivadores húmicos y su interacción con la fertilización.

Porcentaje de acame de raíz y tallo

Los bioactivadores húmicos inducen a incrementar el porcentaje acame de raíz, sin embargo, esto mismo no puede afirmarse para el efecto del porcentaje de acame de tallo en forma categórica.

Estas variables del crecimiento se cuantificaron en forma separada pero se consideró oportuno presentarlos juntos porque existe cierta similitud, en virtud de que es el mismo fenómeno, aunque diferente en cuanto a forma.

Los resultados obtenidos al evaluar tanto el acame de raíz como el acame de tallo, se observa que el híbrido AN430R tuvo un mayor porcentaje de acame de raíz que el híbrido AN447. Por cuanto al acame de tallo, este tiene un comportamiento errático, es decir, no presenta un patrón definido y en consecuencia es difícil describir su tendencia.

Cuadro 4.5 Por ciento promedio de acame de raíz.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	3.12	4.54	3.83
HumiK900	1.99	8.51	5.25
Saltaway	5.68	7.67	6.67
Humiplex	3.12	7.93	5.53
K-tionic	3.41	9.92	6.66
Salko	2.56	4.54	3.55
Testigo	0.57	6.51	3.54
Media	2.92	7.09	5.00

Al analizar los datos del Cuadro 4.5 se observa que el híbrido AN447 es susceptible al efecto de la aplicación de los bioactivadores húmicos, ya que los porcentajes de acame de raíz se incrementaron con cualquier aplicación de estos productos, alcanzando un mayor porcentaje de acame con la aplicación de Saltaway. No puede ser correlacionado este efecto con el de la altura total de planta en virtud de justamente Saltaway no ejerce ningún efecto en esta variable de crecimiento, tal y como se muestra en el Cuadro 4.4. En cuanto al porcentaje de acame de raíz en el híbrido AN430R, hay cierto efecto a la aplicación de los bioactivadores húmicos, pero este efecto no puede ser generalizado, ya que el testigo se encuentra ligeramente por encima de los

tratamientos con Humitrón y Salko, aunque por debajo de Saltaway, Humiplex, HumiK900 y K-tionic.

El acame de tallos descrito en el Cuadro 4.6 muestra que los híbridos AN447 y AN430R respondieron a la aplicación de bioactivadores húmicos con un ligero decremento al acame de tallo, con excepción de K-tionic y Salko, ya que en estos híbridos, el testigo presentó menor porcentaje de acame de tallo.

Cuadro 4.6 Promedio de porcentaje de acame de tallo.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	2.84	6.53	4.69
HumiK900	3.97	6.81	5.39
Saltaway	6.53	4.83	5.68
Humiplex	4.26	5.39	4.83
K-tionic	9.66	9.37	9.52
Salko	15.04	7.10	11.07
Testigo	6.81	6.82	6.82
Media	7.01	6.69	6.85

El análisis de varianza de acame de raíz muestra diferencia significativa solo entre genotipos, pero el ANVA para el acame de tallo que no mostró diferencia estadística significativa, como se observa en los Cuadros A.2 y A.3.

Desde el punto de vista agronómico, todo aquel estímulo que incremente los porcentajes de acame en el cultivo del maíz es considerado indeseable, sin embargo, la inducción a presentar este efecto probablemente se deba a una fertilización inadecuada o deficiente, ya que por una parte se induce un estímulo

para incrementar el crecimiento y por la otra no se suministran los elementos suficientes o necesarios para atender esa demanda de la planta, lo anterior nos conduce a pensar que al realizar nuevos ensayos experimentales en donde se usen los bioactivadores húmicos se deben ensayar en forma simultánea fertilizantes, condición de mayor cuidado en el caso de trabajos sobre suelos con problemas de ensalitramiento en donde los efectos de crecimiento pueden ser enmascarados por la presencia de sales solubles en la solución del suelo.

Variables de rendimiento

Cabe destacar que no todas las variables que integran el rendimiento se estudiaron, de ellas, las que se estimaron que más participan en el mismo se cuantificaron como son el porcentaje de humedad del grano, la longitud de mazorca, el diámetro de mazorca y el rendimiento neto de grano por hectárea, mismas que se exponen a continuación.

Porcentaje de humedad del grano

Esta variable no se ve afectada por los materiales genéticos ni por la aplicación de los bioactivadores húmicos, así como tampoco por la interacción de ambos.

Los resultados obtenidos del promedio de porcentaje de humedad de grano se concentran en el Cuadro 4.7. De la observación de los datos se

desprende que esta variable tuvo cierta influencia de la aplicación de los bioactivadores húmicos, pero ésta no es determinante para establecer afirmaciones, aunque las medias denotan que el híbrido AN447 acumula mayor humedad que el híbrido AN430R, se hace necesario aclarar que no existe una marca diferencia entre las medias de los híbridos en estudio. Si bien es cierto que los valores porcentuales son muy similares (ligeramente diferentes), no debe de perderse de vista que esta variable del rendimiento probablemente puede incrementarse a media que se incrementen las dosis de los bioactivadores, por lo que se hace necesario que en futuras investigaciones similares se registren los porcentajes de humedad del grano.

Cuadro 4.7 Promedio de porcentaje de humedad del grano.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	11.72	11.22	11.47
HumiK900	11.62	10.48	11.05
Saltaway	11.80	10.91	11.36
Humiplex	11.46	11.42	11.44
K-tionic	11.89	10.97	11.43
Salko	11.33	11.13	11.23
Testigo	11.48	11.16	11.32
Media	11.61	11.04	11.33

La tendencia que marca el comportamiento del híbrido AN447 al efecto de los bioactivadores húmicos es la de aumentar su contenido porcentual de humedad en el grano, aunque el efecto del Salko y Humiplex da una tendencia negativa sobre el particular. Por otra parte, la tendencia del comportamiento del híbrido AN430R al efecto de los bioactivadores húmicos es más estable, es

decir, que este material genético no tiende a aumentar su contenido porcentual de humedad en el grano por el efecto de los bioactivadores húmicos, aunque el efecto de Humitrón y Humiplex aparentemente inducen la acumulación de humedad, pero la diferencia es mínima de tal manera que puede considerarse casi igual al testigo.

Al realizar el análisis de varianza de esta variable, se encontró que no existen diferencias significativas en ninguno de los factores en estudio ni en las interacciones, es decir, que estadísticamente son iguales, en el Cuadro A.3 se presenta el ANVA correspondiente.

Al realizar la búsqueda de referencias o reportes de investigación que permitieran correlacionar o comparar el efecto de los bioactivadores húmicos en esta variable, no se encontró ningún reporte o informe sobre el particular, por lo que se recomienda no descuidar el comportamiento del efecto de estos productos en cuanto a la tendencia de inducir la acumulación de humedad en el grano de los cereales, ya que la totalidad de las especies de gramíneas cultivadas son castigadas en el precio de compra de acuerdo a su contenido de humedad en el grano, reduciendo su valor a medida que se incrementa éste.

La importancia agronómica de esta variable del rendimiento estriba en que el porcentaje de humedad del grano impacta en forma directa el valor de la cosecha, ya que en el momento de la comercialización, ésta sufre un castigo o depreciación a medida que aumenta el porcentaje de humedad del grano. Una

salino, sin embargo, el hecho de que exista diferencia significativa en la interacción y no en bioactivadores, confirma lo expuesto anteriormente en el sentido de que existe la posibilidad de que el número de repeticiones utilizado haya sido demasiado reducido por lo que el ANVA no permitió detectar el efecto de los bioactivadores húmicos.

Cuadro 4.8 Promedio de longitud de mazorcas.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	13.12	15.88	14.50
HumiK900	13.37	15.63	14.50
Saltaway	12.53	15.74	14.14
Humiplex	13.64	15.73	14.67
K-tionic	13.56	14.97	14.17
Salko	13.91	14.96	14.44
Testigo	13.64	15.36	14.50
Media	13.37	15.47	14.42

En la revisión de literatura no existen reportes al respecto del efecto de los bioactivadores húmicos sobre la longitud de mazorca, tanto en suelos sin problemas de ensalitramiento como en suelos con este tipo de problemas, como tampoco se hacen referencia a las restricciones sobre los diseños experimentales y su número de repeticiones cuando se trabaja en ambientes salinos. Por otra parte, con relación al valor que establece el IMMUAAN para estos genotipos no pueden hacerse comparaciones ya que su característica es cualitativa, es decir, la designación en tamaño de la mazorca la establece como grande sin especificar dimensiones métricas.

situación adicional es el problema de almacenamiento de los granos, ya que a medida que incrementan su humedad, tienen mayor probabilidad de ser atacados por hongos y bacterias. Por lo que se hace necesario que en futuras investigaciones no se descuide esta variable.

Longitud de mazorcas

Los bioactivadores húmicos no afectan la longitud de la mazorca del maíz, cultivados en condiciones de salinidad. Lo anterior se establece ya que los híbridos en estudio no muestran una tendencia positiva al efecto de los bioactivadores, en virtud de que el testigo se encuentra por encima en la longitud de mazorca de ciertos tratamientos, además de que estas diferencias son mínimas y deben de considerarse como igualdad de longitud de mazorca.

Las medias que se presentan en el Cuadro 4.8 que denotan una mayor longitud promedio de mazorca del híbrido AN430R que alcanzó una media general de 15.47 cm, mientras que el híbrido AN447 logró una longitud promedio de 13.37 cm.

Al realizar el análisis de varianza de esta variable, se encontró que existen diferencias significativas en el factor A, es decir entre genotipos y en las interacciones, pero no en el factor B, o sea bioactivadores húmicos, en el Cuadro A.3 se presenta el ANVA correspondiente. Lo anterior establece que existe un comportamiento totalmente diferente entre los híbridos en el ambiente

Diámetro promedio de mazorca

Los bioactivadores húmicos inducen el aumento del diámetro de la mazorca y este aumento se refleja en el rendimiento neto de grano.

Esta variable del rendimiento que es influenciada en forma positiva por la aplicación de los bioactivadores húmicos y a su vez este efecto se refleja en incremento en el rendimiento de grano. El híbrido AN430R alcanzó un mayor diámetro de mazorca, en comparación que el híbrido AN447. Las medias se exponen en el Cuadro 4.9.

El Cuadro 4.9 muestra los efectos de los bioactivadores húmicos sobre los híbridos en estudio en forma separada. Si bien es cierto que los valores de los diámetros son ligeramente diferentes, no debe de perderse de vista que se trata de diámetros y por lo mismo los incrementos en esta variable del rendimiento pierden perspectiva métrica, ya que mínimas variaciones en el mismo, conducen a grandes variaciones de dimensión. Lo anterior lleva a pensar que en futuras investigaciones los valores que se tomen de esta variable, deben ser transformados para poder incidir en el ANVA en forma significativa.

Cuadro 4.9 Promedio de diámetro de mazorcas.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media
	AN447	AN430R	
Humitrón	4.39	4.55	4.47
HumiK900	4.09	4.53	4.31
Saltaway	4.38	4.49	4.44
Humiplex	4.52	4.63	4.58
K-tionic	4.20	4.88	4.54
Salko	4.39	4.54	4.47
Testigo	4.26	4.29	4.28
Media	4.32	4.56	4.44

La tendencia que marca el comportamiento del híbrido AN447 al efecto de los bioactivadores húmicos es la de aumentar su diámetro de mazorca, aunque el efecto de HumiK900 y K-tionic dan una tendencia negativa sobre a este híbrido, sin embargo, los demás bioactivadores generan un aumento de esta variable de rendimiento, especialmente Humiplex, seguido por Humitrón, Salko y Saltaway, este último con menor impacto pero por encima del valor del testigo y de la media.

El comportamiento del híbrido AN430R al efecto de los bioactivadores húmicos es la de aumentar su diámetro de mazorca en todos los tratamientos aplicados en forma casi uniforme, en el Cuadro 4.9 se observa que el diámetro menor es del testigo el cual es superado por el estímulo de Saltaway seguido de HumiK900, Salko, Humitrón, Humiplex y K-tionic, éste último bioactivador le induce un aumento del diámetro de poco más de medio centímetro.

Al realizar el análisis de varianza de esta variable, se encontró que no existen diferencias significativas en ninguno de los factores en estudio ni en las interacciones, es decir, que estadísticamente son iguales todos los genotipos, bioactivadores y sus interacciones, sin embargo, se considera necesario analizar el comportamiento de los bioactivadores sobre cada uno de los genotipos, ya que si bien es cierto no hay significancia, si existe una tendencia a influenciar el diámetro de la mazorca. En el Cuadro A.3 se presenta el ANVA correspondiente.

Al realizar la búsqueda de referencias o reportes de investigación que permitieran correlacionar, comparar o contrastar el efecto de los bioactivadores húmicos en esta variable, no se encontró ningún reporte o informe sobre el particular, por lo que se debe de investigar este efecto especialmente en ambientes salinos, utilizando como variable de estudio una dosificación gradual, a fin alcanzar el máximo desarrollo del diámetro de mazorca.

Resulta obvio comentar que desde el punto de vista agronómico la utilización de este el estímulo es sumamente importante para obtener mayores rendimientos en campo, mismos que redundarán en mayores beneficios económicos para el productor.

Rendimiento neto de grano

El rendimiento neto de grano por hectárea, en el cultivo de maíz establecido en un suelo arenoso, profundo e irrigado con aguas de alta concentración salina se incrementa con el uso de los bioactivadores húmicos.

Las medias de rendimiento neto de grano expresado en kg por hectárea se presentan en el Cuadro 4.10, en ellas se denota claramente que el híbrido AN430R tuvo un mayor rendimiento neto de grano, que el híbrido AN447. En ambos materiales genéticos se cuantificó un mayor rendimiento de grano que el testigo y en todos los casos por encima de la media estatal que es de 2.842 kg ha⁻¹ en general y de 4500 kg ha⁻¹ en VSD.

En el Cuadro 4.10 se aprecia que el mayor efecto sobre el rendimiento neto de grano fue inducido por Humiplex, ya que para el caso del híbrido AN430R se tuvo un incremento del 16.47 por ciento sobre el testigo, en el caso del híbrido AN447, el mayor incremento de rendimiento neto de grano fue inducido por K-tionic, con un 10.74 por ciento por encima del testigo. Como se puede observar, todos los bioactivadores húmicos estuvieron por encima del testigo, es decir, que su efecto indujo al incremento del rendimiento neto de grano.

La tendencia del efecto de estos productos es la de inducir incrementos considerables sobre el rendimiento en suelos con problemas de ensalitramiento, de igual forma se observa que existe cierta compatibilidad o afinidad entre genotipos y bioactivadores, ya que el híbrido AN430R en general manifiesta mejor comportamiento de crecimiento y especialmente en el rendimiento con el ácido fúlvico (K-tionic), mientras que el híbrido AN447 con el ácido húmico.

Cuadro 4.10 Rendimiento neto promedio de grano, kg ha⁻¹.

Bioactivador	Híbrido de maíz		Media	Por ciento Humedad de grano
	AN447	AN430R		
Humitrón	5819.805	7245.725	6532.765	11.47
HumiK900	5851.050	6855.216	6353.133	11.05
Saltaway	6097.980	7406.460	6752.220	11.36
Humiplex	6142.136	7605.053	6873.595	11.44
K-tionic	6328.735	7572.336	6950.536	11.43
Salko	6275.425	7045.735	6660.580	11.23
Testigo	5649.108	6352.250	6000.679	11.32
Media	6022.034	7154.682	6588.358	11.33

En el ANVA aplicado para el rendimiento (Cuadro A.3), se encontró una diferencia altamente significativa entre genotipos, sin diferencia significativa en interacción y ácidos, sin embargo, al analizar los datos de rendimiento se denota claramente una influencia a la aplicación de las sustancias húmicas, por lo que se retomó el ANVA en donde se encontró que la F calculada está muy cercana al valor de F de tablas lo que condujo a realizar una prueba de medias DMS al 0.05 y al 0.01 para el factor ácidos húmicos, pero considerando el error

B correspondiente a este efecto, tal y como lo propone Reyes (1990), producto de este cálculo se encontró que si existe un efecto en el rendimiento positivo al aplicar estos bioactivadores, en donde el bioactivador húmico comercial K-tionic es superior a los demás productos, y estos totalmente diferentes al testigo al 0.05. En la DMS al 0.01, todos son estadísticamente iguales (Cuadro A.4).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, confirman lo encontrado por los diversos investigadores sobre el incremento en el rendimiento, aunque trabajando en otros cultivos, como en el caso de Isaki 1996, quien al trabajar en rábano incrementó su rendimiento; Sifuentes 1995 reporta incrementos en la producción de papa en respuesta a la aplicación de estas sustancias; Andrade (1995) reporta que en suelo calcáreo el uso de estas sustancias húmicas incrementaron el rendimiento; Reyna 1996 trabajando con papa reporta un incremento en la producción de materia seca tanto de la parte aérea como de los bulbos; Narro (1996) quien reporta que los ácidos húmicos ofrecen una serie de ventajas entre las que destaca el aumento en el rendimiento.

El empleo de ácidos húmicos como bioactivadores vegetales en medios salinos, permite rechazar la afirmación categórica de que en medios salinos los cultivos sufren un detrimento en el rendimiento, tal y como lo exponen Mass y Hoffman (1976), Aceves (1979), Alvarado et. al. (1991) y Rowell (1989).

Al realizar los muestreos de humedad se encontró que en la parcela experimental en donde se aplicó el producto comercial K-tionic, al llegar la planta a su máximo desarrollo, apareció una inusual presencia musilaginosa en la zona radical, aunque no se cuantificó ni se determinó el origen de este fenómeno, se reportó este hecho ante los fabricantes de K-tionic, quienes mandaron analizar microbiológicamente la muestra de suelo, reportando posteriormente la presencia masiva de micorrizas.

Desde el punto de vista de la agronomía o de la agricultura, la variable más importante en los ensayos experimentales sobre plantas cultivadas es rendimiento, en el presente estudio el rendimiento neto de grano, expresado en kg por hectárea, se constituye en el eje fundamental sobre los efectos de los bioactivadores húmicos sobre los híbridos de maíz halotorantes, establecidos en un suelo arenoso profundo e irrigados con aguas de alta concentración salina.

Desde el inicio del presente proyecto, la preocupación es encontrar alternativas que permitan a los productores obtener rendimientos económicos en el cultivo del maíz, en zonas marginales como el Valle de La Paz, B.C.S., de modo que el problema de ensalitramiento de las aguas y suelos no les obligue a abandonar este cultivo básico en la alimentación de nuestro pueblo.

De lo anteriormente analizado se puede deducir que el uso de los bioactivadores húmicos, permitirán contrarrestar en parte los efectos negativos del decremento en el crecimiento y rendimiento de los cultivos en ambientes salinos, por otra parte, se recomienda el uso de los genotipos AN430R y AN447 como halotolerantes, ya que las medias de rendimiento estuvieron muy por encima de la media estatal establecida en 2.842 ton/ha.

Por último se hace necesario considerar el presente experimento como un ensayo preliminar cualitativo, que establece el principio para nuevas investigaciones del orden cuantitativo en ambientes salinos.

CONCLUSIONES

- ❖ Se cubrió el objetivo propuesto al inicio de la presente investigación, de evaluar el efecto de seis bioactivadores húmicos aplicados al cultivo de maíz en los dos genotipos halotolerantes (AN430R y AN447) propuestos por el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN.
- ❖ Se acepta la hipótesis que propone, que en un suelo arenoso, profundo, irrigado con agua de alta salinidad, la aplicación de sustancias húmicas estimulan el crecimiento vegetal y el rendimiento de los híbridos AN430R y AN447 de maíz, ya que así se demuestra con los resultados obtenidos.
- ❖ Se establece el principio que los híbridos AN430R y AN447 tienen un mejor crecimiento y rendimiento en las condiciones marginales del Valle de La Paz, B.C.S., que los genotipos que se emplean en la región, ya que se demostró que su rendimiento es superior a la media estatal.
- ❖ De los bioactivadores húmicos comerciales ensayados, K-tionic es el que mejor respuesta refleja en el rendimiento.
- ❖ Los bioactivadores húmicos comerciales evaluados bajo condiciones

de salinidad, reflejaron un incremento del rendimiento superior al testigo, por lo que se sugiere que se continúe investigando esta alternativa para coadyuvar a resolver el problema de bajos rendimientos en cultivos en suelos con problemas de salinidad.

RESUMEN

Uno de los principales problemas que tienen los productores agrícolas del Estado de Baja California Sur, es el ensalitramiento de los suelos y las aguas de riego, debido a la intrusión salina provocada por el abatimiento de los mantos acuíferos por sobre explotación. En el Estado de Baja California Sur la superficie sembrada de maíz se incrementó en los últimos años, pero ahora tiende a disminuir, junto con el rendimiento promedio por hectárea de los genotipos tradicionales, por este problema, a pesar de contar con híbridos de alto potencial de rendimiento, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de seis bioactivadores húmicos comerciales aplicados al cultivo de maíz establecido en un suelo arenoso, profundo y regado con agua de alta salinidad, en su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de los híbridos AN430R y AN447 de maíz, propuestos como halotolerantes.

El trabajo se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (CAEUABCS), en donde utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo bifactorial en parcelas divididas, en donde la parcela grande se integró con los genotipos y la parcela chica con los bioactivadores húmicos. Las variables de crecimiento cuantificados fueron: días a la floración femenina y masculina, altura de

mazorca, altura total de planta, porcentaje de acame de raíz y tallo; las variables de rendimiento fueron: longitud y diámetro de mazorca, porcentaje de humedad del grano y rendimiento neto de grano.

Al analizar los datos se encontró que existen diferencias significativas solamente entre genotipos, sin embargo, como el presente experimento es básicamente cualitativo, se analizaron las tendencias del comportamiento de los bioactivadores húmicos en las distintas variables fenológicas cuantificadas, para establecer el punto de partida para nuevas investigaciones, en este sentido, puede decirse que los bioactivadores húmicos al aplicarlos al cultivo de maíz desarrollado en las condiciones antes descritas, tienen un efecto positivo en el crecimiento y en el rendimiento de este cultivo.

La floración femenina sufrió un adelanto muy significativo en el híbrido AN430R en este ambiente, reflejó un mayor adelanto el tratamiento de Humitrón; en el caso de la floración masculina también el híbrido AN430R manifestó precocidad, especialmente en el tratamiento con Humiplex.

En cuanto a la altura de mazorca no se encontraron diferencias significativas, pero se observó que Humiplex es el que induce una mayor altura de mazorca; por cuanto a la altura total de plantas, el híbrido AN430R alcanza la mayor altura de planta inducido por el efecto de Humi-K900 y Salko.

En el porcentaje de acame, tanto de raíz como de tallo se encontró un porcentaje mayor en AN430R que en AN447; el acame de raíz se ve influenciado en AN430R por los bioactivadores y en caso del acame de tallo la influencia en AN430R la induce K-tionic.

Al igual que las variables de crecimiento, las variables de rendimiento fueron estadísticamente significativas solo entre híbridos, con una mejor adaptabilidad y rendimiento de AN430R, sin embargo, se notó una influencia de los bioactivadores húmicos en ciertos parámetros.

El rendimiento neto de grano, fue marcadamente influenciado por todos los bioactivadores húmicos en ambos genotipos, especialmente por Humiplex, K-tionic y Salko, con mayor impacto en AN430R.

En la variable longitud de mazorca se encontró diferencia significativa solamente entre genotipos, teniendo mayor longitud el híbrido AN430R, pero no se denotó una influencia de los bioactivadores.

El diámetro de mazorca es la variable del rendimiento que se vio influenciada en forma positiva por la aplicación de los bioactivadores húmicos, situación que se reflejó en el incremento de rendimiento de grano. El híbrido AN430R alcanzó un mayor diámetro de mazorca, en comparación que el híbrido AN447.

El porcentaje de humedad no arrojó ninguna diferencia ni denotó ninguna influencia de los bioactivadores húmicos.

Se recomienda el uso de ambos híbridos ensayados ya que demostraron un rendimiento superior a la media estatal.

Del presente trabajo se desprende la necesidad de proseguir las investigaciones sobre la influencia de los bioactivadores húmicos en ambientes salinos como una alternativa para coadyuvar a incrementar el rendimiento de las planta cultivadas.

LITERATURA CITADA

- Aceves N.E. L.H. Stolzy and G.R. Mehuys. 1975a. Combined effects of low oxygen and salinity on germination of semidwarf mexican wheat. *Agronomy Journal* Vol. 67 pp. 530-532.
- Aceves N.E. L.H. Stolzy and G.R. Mehuys. 1975b
.. Effects of soil osmotic potential produced with two salt species on plant water potential, growth, and grain yield of wheat. *Plant and Soil* No. 42, U.S.A. p 619-627.
- Aceves N.E. 1979. *El Ensalitramiento de los Suelos Bajo Riego, (Identificación, Control, Combate y Adaptación)*, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p 3-4, 161, 164-165, 169-170, 173,177, 179-180.
- Aceves N. L. 1981. *Los Terrenos Ensalitrados y los Métodos para su Recuperación*. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo, México. p 2, 11.
- Agronomy Journal* Volumen 79, July-August 1987. Conversion Factors for SI and non SI units. Portadilla. U.S.A.
- Aguilera C.M. y R.E. Martínez. 1980. *Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera*, 2da Edición, Universidad Autónoma de Chapingo, México. p 37.
- Alexandrova, I.V. 1977. Soil organic matter and the nitrogen nutrition of plant. *Sov. Soil Sci. (Engl. Transl.)* 9:293-301.
- Alvarado C.M, Z.J. Pissani, D.M. Bolivar y B.J. Cortés. 1991. Efecto de la Salinidad en el Rendimiento de Sorgo (*Sorghum bicolor*) en Presencia de Manto Freático para la región de Río Bravo, Tamaulipas. *Revista Agraria, U.A.A.A.N.* Vol. 7 NÚM. 2, Julio-Diciembre 1991. Saltillo, Coahuila, México. p 213-224.
- Al Karaki G.N. 1997. Barley response to salt stress at varied levels of phosphorus. *Journal of Plant Nutrition.* USA. Vol 20(11) p. 1635-1643.
- Andrade H.C. 1995. Balance Nutricional y un Bioactivador Húmico en un Suelo Calcáreo Cultivado con Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Artega,

Coahuila. Tesis Maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 18-25, 100-104.

Bernstein L., L.E. Francois y R.A. Clark, 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agronomy Journal* Vol. 66, pp. 412-421.

Campo Experimental Valle de Santo Domingo. 1998. Paquetes Tecnológicos de Cultivos, SAGAR-INIFAO-CIRNO, México.

Carvajal M., V. Martínez y C.F. Alcaraz. 1996 Efecto del estrés salino sobre la absorción de agua y nutrientes por las raíces de plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). 6to. Simposium Nacional 2.Iberico sobre Nutrición Mineral de Plantas. Sevilla España. Congresos y Jornadas. Junta de Andalucía. España: JA, DGIFA, 1997, pp. 280-288.

Cepeda D.J. 1991. Química de Suelos. 1ª Edición. Editorial Trillas UAAAN, México. p.43, 51-62, 140-141.

Chen, Y., and T. Aviad. 1990, Effects of Humic Substances on Plant Growth; Contribution from Seagram Center for Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel, in "Humic Substances in Soil Crop Sciences: Selected Readings". MacCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcom y P.R. Bloom (eds.). American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 161-182.

Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal en Baja California Sur. 1997. Características del Distrito de Riego No. 066 Santo Domingo, Programa de Desarrollo Parcelario y Redes Pequeñas de Riego (PRODEP). Cd. Constitución, B.C.S. p. 3-9

De la Peña I. 1981. Salinidad de los Suelos Agrícolas, Su Origen, Clasificación, Prevención y Recuperación, Boletín Técnico No. 10, SARH, Cd. Obregón, Sonora, México. p 1-6.

Delgado I.C. y A.J. Sánchez-Raya (1996). Effect of NaCl on some physiological parameters in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Agrochimica*. Sep-Dec 1996. Vol 40(5-6) p. 284-292. Italia.

Dixit, V.K. and Kishore. 1967. Effetc of humic acid and fulvic acid fraction of soil organic matter on seed germination. *Indian J. Sci. Ind. Sec. A* 1:202-206.

- Escalante E. J. 1995. Nitrógeno y Salinidad y sus Efectos Sobre el Crecimiento del Girasol. Rev. Terra Vol. 13, Julio-Septiembre 1995, Chapingo, México. p. 376-384.
- Fassbender W.H. 1980. Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. Segunda reimpresión. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. P. 68-69.
- Fenech L.L. y F.C. Mendez. 1999. Calidad del Agua de Riego del Pozo Agrícola del Campo Experimental de la UABCS y sus Tendencias, en Base al Comportamiento de los Últimos Cuatro Años. Memoria del 1er Ciclo Académico Agropecuario. UABCS. La Paz, Baja California Sur, México. p 87-89.
- Fenech L.L. y P.G. González. 1989, Estudio de Fertilidad del Suelo del Campo Agrícola Experimental de la UABCS. Resumen de tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, Baja California Sur, México. p 1-12
- Fenech L.L. Física y Química de Suelos, Una Recopilación Sintética, Apuntes Universitarios, Serie Didáctica. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. p 89-93.
- Fernandez, V.H. 1968. The action of humic acids of different sources on the development of plant and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. Pont. Acad. Sci. Scr. Varia 32:805-850.
- Furh, F., and D. Sauerbeck. 1967. The uptake of colloidal organic substances by plant roots as shown by experiments with ^{14}C labelled humus compounds. P. 73-82. In Report FAO/IAEA Meeting, Vienna, Pergamond Press. Oxford.
- García A.J. 1992, Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex Plus) a Diferentes dosis en el Desarrollo del Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) v. Atlantic, en la Región de Galeana, N.L. Tesis de Licenciatura, U.A.A.A.N, Saltillo, Coahuila, México.
- Giustiniani L. A. Graifenberg, L. Botrini, y L. Brarsanti. 1977. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to salt stress during the early growth stages in peat. Colture-Protette. Italy.p 81-85.
- Grupo Bioquímico Mexicano (GBM). 1996.K-tionic, Manual Técnico. Saltillo, Coahuila, México. p.8.
- Hu Y. y U. Scmidhalter. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat, II Composition. Journal of Plant Nutrition. USA. Vol. 20(9) p. 1169-1182.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Gobierno del Estado de Baja California Sur, 1991, Anuario Estadístico de Baja California Sur, INEGI, México. p. 177-195.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Gobierno del Estado de Baja California Sur, 1996, Anuario Estadístico de Baja California Sur, INEGI, México. p. 163-177.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Gobierno del Estado de Baja California Sur, 1997, Anuario Estadístico de Baja California Sur, INEGI, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1995, Síntesis Geográfica del Estado de Baja California Sur, INEGI Aguascalientes, Ags. P. 33-35.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias (INIFAP). 1992. Guía de Paquetes Tecnológicos del Campo Agrícola Experimental del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, México. p. 32-45
- Isaki H. 1995. Efecto de las Sustancias Húmicas en el Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) y Rábano (*Raphanus sativus*). Tesis Maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 8-20, 56-58.
- Jelenic, D.B., M. Hajdukovic, and Z. Aleksic. 1966. The influence of humic substances on phosphate utilization from lbelled superphosphate. P. 85-88. *In* The use of isotopes in soil organic matter studies. FAO/IAEA Tech. Meet. Pergamon Press, Oxford.
- Jugenheimer R.W. 1981. Maíz, Variedades Mejoradas, Métodos de cultivo y Producción de Semillas. 1ª Edición, Ed. LIMUSA, México. p. 6.
- Khristeva, L. 1949. Nature of the effect of humic acid on the plant. Dokl. Akad. Shk. Nauk. Im. V.I. Vol 7.
- Kramer P.J. 1969. Plant and Soil Water Relationships: A Modern Synthesis. McGraw-Hill, Inc. New York, U.S.A. p 233-238, 268, 442.
- Kononova, M.M. and N.A. Pankova. 1950. The action humic substances on the growth an development of plants. Doklady Akad. Nauk. SSSR 73:1069-1071.
- Kononova, M.M., 1982. Materia Orgánica del Suelo. Su Naturaleza, Propiedades y Métodos de Investigación. 1ª. Edición, Editores Oikos-Tau, S.A., Barcelona, España.

- Lee, Y.S., and J.R. Bartlett. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:876-879.
- Linehan, D.J. 1976. Some effects of a fluvic component of soil organic matter on the growth of cultivate excised tomato roots. *Soil. Biol. Biochem.* 8:511-517. U.S.A.
- López B.L. 1990. Cultivos Herbáceos, Cereales. Vol. 1. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao, España. p. 308, 340, 369-371.
- Lombardo V. y Saladino L. 1997. Influence of saline water on seed germination. *Irrigacione e Drenaggio*, Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee, Univ. Palermo Italy, *Irrigacione e Drenaggio*, Jan-Mar 1997, v44, p 3-7.
- MacCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcom y P.R. Bloom (eds.). 1990. *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 4-5.
- Mass E.V. y G.J. Hoffman. 1976. Tolerancia de los Cultivos a las Sales, Evaluación de Datos Existentes. *Managing Saline Water for Irrigation, Proceeding of the International Salinity Conference*. Texas Tech University. Lubbock, Texas. 1976. Traducido por Gustavo Adolfo Hinojosa Cuellar, UACh, México. p 1-11.
- Narro F.E. 1994. *Física de Suelos con Enfoque Agrícola*. Editorial Trillas, México. p.25-29
- Narro F.E. 1996. *Sustancias Húmicas en la Agricultura (Resumen)*. VII Semana de la Investigación Científica. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.
- Narro F.E. 1997a. *Nutrición y Sustancias Húmicas en el Cultivo de la Papa*. Investigaciones en el Cultivo de la Papa. Foro de Investigación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 13-15.
- Narro F.E. 1997b. Información obtenida del Libro "Humic Substances in Soil AND Crop Sciences" de P. MacCarthy, C.E.Clapp, R.L. Malcom y P.R. Bloom. American Society of Agronomy. Inc. Soil Sicience Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1990. (traducción inédita), UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 1-14

- Navejas J.J. 1995. Respuesta del Frijol y Maíz a la Salinidad en las Etapas Fenológicas de Germinación y Vegetativa. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. p. 1, 4, 8, 16-19.
- O'Donnell, R.W. 1973. The auxine-like effects of humic preparations from Leonardite. *Soil. Sci.* 116:106-112.
- Odilón P.H., Peña O.B., Nuñez R. Y Martínez G.A. 1977, Análisis de rendimientos de granos y económicos de las Asociaciones Maíz-Frijol, en la Región este del Valle de México. *Agrociencia* No 27, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 135-154.
- Olivares S.E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía de la UANL, Marín N.L., México.
- Ortiz V.B. y C.S. Ortiz. 1990. Edafología. Séptima edición. Editado por el Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. p. 127, 140-141, 228-229, 234, 240.
- Palacios V.O. y Aceves N.E. 1970. Instructivo para el Muestreo, Registro de Datos e Interpretación de la Calidad del Agua de Riego. Serie Apuntes No. 15. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Parson D.B. et al . 1981. Maíz. Manuales para Educación Agropecuaria. Editorial Trillas, S.A, de C.V. México. p. 9, 19, 29.
- Prat, S., and F. Prospisil. 1959. Humic acids with ^{14}C . *Biol. Plant.* 5:279-283. U.S.A.
- Prosapst P.A., C. Genier, and M. Schnitzer. 1970. Effect of soil fulvic acid on elongation in peas. *Plant Soil* 32:367-372. U.S.A.
- Prosapst P.A., and M. Schnitzer. 1971. Fluvic acid and adventitious root foemation. *Soil. Biol. Biochem.* 3:215-219. U.S.A.
- Rauthan, B.S., qnd M. Schnitzer, 1981. Effects of Soil fulvic acid on the growth an nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Spil.* 63:491-495.
- Reyna B.B. 1996. Reducción del Fertilizante de Fondo en Papa (*Solanum tuberosum* L.) al Aplicar Bioactivadores Húmicos y Fertilizantes Foliare, en Arteaga, Coahuila. Tesis de Mestría, Programa de Graduados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. p. 23-32, 105-110.
- Reyes C.P. 1990. El Maíz y su Cultivo, 1ª Edición, AGT Editor S.A., México. p. 4-7; 51-54; 103-104; 114-115; 118-128.

- Reyes C.P. 1990. Diseño de Experimentos Aplicados: Agronomía, Biología, Química, Industrias, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud. 3ª. Edición. Editorial Trillas. México. p. 61-77, 130-138, 218-244.
- Richards L.A. 1959. Availability of water to crops on saline soils. Agriculture Information, Bulletin No. 210. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. p. 3, 5, 10, 63-65, 85, 88.
- Richards L.A. 1982. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual 60 del USDA Editorial Limusa, México.
- Robles M.S. 1998. El Clima en la Ciudad de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras, División de Posgrado, U.N.A.M. México. p. 5, 12-13, 16, 21-23, 26, 29-30, 34, 40, 50, 54-55, 63 y 66.
- Robles M.S. 1985. Estudio Geográfico del Estado de Baja California Sur. Editado por: Dirección de Cultura del Gobierno del Estado de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. p. 13-14; 22; 24; 27-29; 38; 44; 47; 49-51.
- Robles S.R. 1982. Producción de Granos y Forrajes. Tercera edición. Editorial LIMUSA, México. p. 23, 32-33, 64-65.
- Rodríguez H.A. y N.E. Aceves. 1977. Causas de la reducción del crecimiento de trigo bajo condiciones de salinidad. Agrociencias C.P. Chapingo, México.
- Rowell D.L. 1989. El Manejo de Suelos Salinos y Sódicos en Regadío. Compilación de Alan Wild de la obra: Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Según Rusell. Ed. Longman Group UK Limited. London. Traducción al Español. p 972-973, 982.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Dirección Nacional de Geografía del Territorio nacional. 1981. Carta Edafológica 1:1,000,000. La Paz. México.
- Sanchez-Conde, M.P., and C.B. Ortega. 1968. Effects of humic acid on the development and the mineral nutrition of the pepper plant. p. 745-755. *In* Control de la Fertilización de las plantas cultivadas, 2da Coloquio Evr. Med. Cent. Edafol. Biol. Aplic. Cuarto, Sevilla España.
- Schnitzer, M. And P.A. Poapst. 1967. Effetcs of a soil humic compound on root initiation. Nature (London) 213:598-599.

- Sifuentes I.E. 1995. *Acidos Húmicos y Elementos Menores en la Nutrición del Cultivo de Papa (Solanum tuberosum L.)*. Tesis Mestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 26-34.
- Sladky, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. *Biol. Plant.* 1:142-150.
- Tan, K.H. and D. Tantiwiranond. 1983. Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut and clover. *Soil Sci. Am. J.* 47:1121-1124. U.S.A.
- Tan, K.H. and V. Nopamornbodi. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays L.*). *Plant Soil* 51:283-287. U.S.A.
- Vaughan, D., and D.J. Linehan. 1976. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. *Plant Soil* 44:445-449. U.S.A.
- Waissman N. And S. Miyamoto. 1987. Salt Effects on Alfalfa Seeding Emergence. *Agronomy Journal* vol. 79, July-August 1987. U.S.A. p 710-714.

APPENDICE

Cuadro A 1. Datos requeridos para el ANVA de todas las variables:

Fuente de variación	g.l.	F. de tablas	
		0.05	0.01
Repeticiones	3		
Factor A	1	10.13	34.12
Error A	3		
Factor B	6	2.36	3.35
Interacción	6	2.36	3.35
Error B	36		
Total	55		

Cuadro A 2 Resultados de los ANVA de las variables de crecimiento.

Variable	F. de V.	CM	F calculada	Sign.
Días a la floración femenina	Repeticiones	1.927083	0.5556	**
	Genotipos	833.156250	240.189	
	Error A	3.468750	2	ns
	Bioactivadores	1.286458		
	Interacción	0.890625	0.5952	
	Error B	2.161458	0.4120	
Días a la Floración masculina	Repeticiones	2.682292	0.4353	**
	Genotipos	1107.156250	179.690	
	Error A	6.161458	6	ns
	Bioactivadores	4.320313		
	Interacción	3.119792	1.1418	
	Error B	3.783854	0.8245	
Altura de la mazorca	Repeticiones	565.343750	1.1733	ns
	Genotipos	3587.187500	7.4446	
	Error A	481.654156		ns
	Bioactivadores	45.604168	0.3826	
	Interacción	77.718750	0.6520	
	Error B	119.204865		
Altura total de planta	Repeticiones	254.916672	0.2605	*
	Genotipos	15745.000000	16.0868	
	Error A	978.750000		ns
	Bioactivadores	135.1666672	0.7773	
	Interacción	99.708336	0.5734	
	Error B	173.881943		
Porcentaje de acame de raíz	Repeticiones	17.925741	0.8437	*
	Genotipos	242.861450	11.4308	
	Error A	21.246176		ns
	Bioactivadores	15.326558	0.8397	
	Interacción	10.482056	0.5743	
	Error B	18.251553		

Cuadro A. 2.....continuación

Porcentaje de acame de tallo	Repeticiones	6.972900	0.0754	
	Genotipos	1.482178	0.0160	ns
	Error A	92.530846		
	Bioactivadores	49.644489	1.3889	ns
	Interacción	29.412760	0.8217	ns
	Error B	35.794327		

Cuadro A.3 Resultados de los ANVA de las variables de rendimiento.

Variable	F. de V.	CM	F calculada	Sign.
Porcentaje de humedad	Repeticiones	6.130208	6.2627	**
	Genotipos	6.857422	7.0057	
	Error A	0.976641		ns
	Bioactivadores	0.329427	1.1290	
	Interacción	0.545410	1.8693	
	Error B	0.291775		
Longitud promedio de mazorcas	Repeticiones	0.635417	1.3379	**
	Genotipos	61.465820	129.419	
	Error A	0.474935	5	ns
	Bioactivadores	0.307292		
	Interacción	1.064290	0.7320	
	Error B	0.419786	2.5353	
Diámetro promedio de mazorcas	Repeticiones	0.334961	1.2727	ns
	Genotipos	0.818481	3.1099	
	Error A	0.263184		ns
	Bioactivadores	0.096700	0.7221	
	Interacción	0.107869	0.8055	
	Error B	0.133911		
Rendimiento neto de grano en kg/ha con 11.33 de % de humedad	Repeticiones	751189.312500	6.0752	**
	Genotipos	17910528.0000	144.850	
	Error A	123648.000000	9	ns
	Bioactivadores	864597.312500		
	Interacción	190464.000000	2.0214	
	Error B	427718.000000	0.4453	

Cuadro A.4 Prueba de medias para la variable rendimiento neto de grano en kg/ha.

Tabla de medias del Factor A:

Factor A	Media
1	6023.605469
2	7154.682129

Tabla de medias del factor B:

Factor B	Media
1	6532.764648
2	6353.132813
3	6752.219727
4	6873.594727
5	6950.535156
6	6661.079590
7	6000.678711

Tabla de medias de tratamientos A x B:

Factor A	Factor B	Media
1	1	5819.804688
1	2	5851.049805
1	3	6097.980469
1	4	6142.135742
1	5	6328.734863
1	6	6276.424805
1	7	5649.107422
2	1	7245.725098
2	2	6855.215820
2	3	7406.459473
2	4	7605.053223
2	5	7572.335938
2	6	7045.734375
2	7	6352.250000

Cuadro A.4..... Continuación

Comparación de medias del factor A:

Nivel de Significancia = 0.05

Tratamiento	Media
2 (AN430R)	7154.6821 A
1 (AN 447)	6023.6055 B

DMS = 293.9655

Comparación de medias del factor A:

Nivel de Significancia = 0.01

Tratamiento	Media
2 (AN430R)	7154.6821 A
1 (AN 447)	6023.6055 B

DMS = 548.9297

Comparación de medias del Factor B:

Variable ácidos: húmicos

Número de repeticiones: 4

Cuadrado medio del error: 427719.125

Grados de libertad del error: 36

Nivel de significancia = 0.05

Tratamiento	Media
5 K-tionic	6950.5352 A
4 Humiplex	6873.5947 AB
3 Saltaway	6752.2197 AB
6 Salko	6661.0796 AB
1 Humitrón	6532.7642 AB
2 Humi-K900	6353.1328 AB
7 Testigo	6000.6797 B

DMS = 938.8637

Cuadro A.4..... Continuación

Comparación de medias del factor B:

Nivel de significancia = 0.01

Tratamiento	Media
5 K-tionic	6950.5352 A
4 Humiplex	6873.5947 A
3 Saltaway	6752.2197 A
6 Salko	6661.0796 A
1 Humitrón	6532.7642 A
2 Humi-K900	6353.1328 A
7 Testigo	6000.6797 A

DMS = 1259.8715

Cuadro A. 5

Cálculos para estimar la lámina de riego total, estrato 0 - 30

Pw (cc) = 1 Pr = 30 cm Da = 1.56g/cm

Riego	Pw(mm)	Pw(cc-mm)	I	I1 ajust.	I acum.
1	7.0	6.0	2.8080	2.81	2.81
2	10.3	2.7	1.2636	1.26	4.07
3	9.4	3.6	1.6848	1.68	5.76
4	8.8	4.2	1.9666	1.97	7.72
5	8.8	4.2	1.9666	1.97	9.69
6	7.7	5.3	2.4804	2.48	12.17
7	7.9	5.1	2.3868	2.39	14.56
8	8.5	4.5	2.1060	2.11	16.66
9	9.4	3.6	1.6848	1.68	18.35
10	8.9	4.1	1.9188	1.92	20.24
11	8.9	4.1	1.9188	1.92	22.19
12	7.3	5.7	2.6676	2.67	24.85
13	9.2	3.8	1.7784	1.78	26.63
14	7.0	6.8	2.808	2.81	29.44

Cálculos para estimar la lámina de riego total, estrato 30 - 60

Pw (cc) = 1 Pr = 30 cm Da = 1.56g/cm

Riego	Pw(mm)	Pw(cc-mm)	I	I2 ajust.	Ia acum.	I1 + I2
1	7.0	6.0	2.8080	2.81	2.81	5.62
2	9.5	3.5	1.6380	1.64	4.45	2.90
3	8.4	4.6	2.1528	2.15	6.60	3.83
4	8.9	4.1	1.9188	1.92	8.52	3.89
5	9.2	3.8	1.7704	1.78	10.30	3.75
6	7.4	5.6	2.6208	2.62	12.92	5.10
7	7.2	5.8	2.7144	2.71	15.63	5.10
8	7.3	5.7	2.6676	2.67	18.30	4.78
9	7.8	5.2	2.4336	2.43	20.73	4.11
10	8.7	4.3	2.0124	2.01	22.74	3.93
11	7.0	6.0	2.8080	2.81	25.55	4.43
12	8.4	4.6	2.1528	2.15	27.70	4.82
13	7.7	5.3	2.4804	2.48	30.18	4.26
14	7.0	6.0	2.8080	2.81	32.99	5.29

61.81

$$I = [Pw(cc-mm)/100] (Da) (Pr)$$

$$I = [13 - Pw (mm)] (0.468)$$

$$I_t = I_1 + I_2$$

$$I_t = 61.81 \text{ cm}$$

Cuadro A.6

Análisis de suelos de la parcela experimental: Respuesta de 2 Genotipos de Maíz a 6 Mejoradores Húmicos

Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur

Primer muestreo y análisis. Fecha: 15 de Febrero de 1997

Muestra	Prof. cm	C.O. %	HCO ₃ me/l	N total %	pH	C.E. dS/m	CO ₃ ppm	Cloruros ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ppm
1	0 - 30	0.20	274.59	0.034	7.7	1.90		413.1	1.002	138.8	144.3	62.26	59.94
2	30 - 60	0.16	274.59	0.014	7.8	2.50		624.8	0.67	128.5	176.3	68.09	52.79
3	0 - 30	0.31	274.59	0.027	8.0	1.80		463.8	0.46	130.2	112.2	87.55	52.37
4	30 - 60	0.19	274.59	0.018	7.9	1.12		386.5	0.38	135.4	54.5	44.75	39.34
5	0 - 30	0.27	329.50	0.024	7.9	1.08		231.9	0.27	132	60.9	27.24	57.00
6	30 - 60	0.24	329.50	0.021	8.1	1.14		309.2	0.18	129.4	80.2	21.4	35.98
7	0 - 30	0.36	378.12	0.031	8.2	0.72		309.2	0.29	135.1	44.9	9.73	30.51
8	30 - 60	0.24	378.12	0.021	8.2	0.56		231.9	0.19	127.5	38.5	7.78	30.10

Análisis de suelos de la parcela experimental: Respuesta de 2 Genotipos de Maíz a 6 Mejoradores Húmicos

Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur

Segundo muestreo y análisis. Fecha: 9 de Abril de 1997

Muestra	Prof. cm	C.O. %	HCO ₃ me/l	N total %	pH	C.E. dS/m	CO ₃ ppm	Cloruros ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ppm
1	0 - 30	0.237	378.12	0.018	7.9	2.10	54.02	323	1.63	108.1	63.93	8.03	56.52
2	30 - 60	0.079	270.09	0.008	8.0	1.70	54.02	252.8	1.42	108.9	70.94	37.48	47.57
3	0 - 30	0.118	162.05	0.014	8.0	2.30	54.02	336.9	1.84	108.6	73.94	37.53	54.02
4	30 - 60	0.277	162.05	0.024	7.6	3.4	54.02	449.3	0.92	108.8	61.72	119.8	58.32
5	0 - 30	0.237	378.12	0.22	7.9	1.5	54.02	196.5	1.74	108.4	46.29	22.49	44.71
6	30 - 60	0.119	54.01	0.16	7.9	1.8	54.02	238.7	1.94	108.6	46.29	26.27	46.14
7	0 - 30	0.532	162.05	0.047	7.9	2	54.02	280.8	0.62	108.7	89.58	56.18	54.78
8	30 - 60	0.569	54.01	0.049	7.6	1.6	54.02	210.6	2.04	108.3	67.94	35.51	50.44

Análisis de suelos de la parcela experimental: Respuesta de 2 Genotipos de Maíz a 6 Mejoradores Húmicos

Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur

Tercer muestreo y análisis. Fecha: 19 de Mayo de 1997

Muestra	Prof. cm	C.O. %	HCO ₃ me/l	N total %	pH	C.E. dS/m	CO ₃ ppm	Cloruros ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ppm
1	0 - 30	0.272	264.08	0.023	7.91	2.31	132.04	884.37	0.84	27.31	96.19	30.27	47.54
2	30 - 60	0.034		0.003	7.55	1.80	198.06	631.89	0.21	24.96	65.33	18.72	41.87
3	0 - 30	0.170	264.08	0.015	8.1	2.22	132.04	758.13	1.10	50.71	84.57	26.50	49.67
4	30 - 60	0.102	264.08	0.009	8.12	1.79	66.02	589.69	0.34	34.79	53.90	19.21	47.54
5	0 - 30	0.068	132.04	0.006	8.8	2.11	132.04	631.89	0.98	43.23	76.95	20.30	48.96
6	30 - 60	0.068	132.04	0.006	7.69	2.77	66.02	1095.00	0.47	69.43	103.08	33.59	56.76
7	0 - 30	0.170	264.08	0.15	7.97	2.15	66.02	715.93	0.92	24.03	84.57	33.07	60.34
8	30 - 60	0.205	264.08	0.018	7.99	1.71	66.02	589.69	0.59	22.63	61.53	16.78	41.16

Cuadro A.6.....continuación

Análisis de suelos de la parcela experimental: Respuesta de 2 Genotipos de Maíz a 6 Mejoradores Húmicos

Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur

Cuarto muestreo y análisis. Fecha: 24 de Julio de 1997

Muestra	Prof. cm	C.O. %	HCO ₃ me/l	N total %	pH	C.E. dS/m	CO ₃ ppm	Cloruros ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ppm
1	0 - 30	0.236	132.04	0.018	8.54	1.72	198.06	547.50	2.11	35.73	76.95	13.86	54.63
2	30 - 60	0.102	264.08	0.015	8.54	1.82	198.06	631.89	1.61	50.24	57.71	23.34	53.22
3	0 - 30	0.102	132.04	0.015	8.2	2.43	132.04	800.33	1.61	60.08	76.95	29.06	54.63
4	30 - 60	0.136		0.009	8.33	2.09	198.06	715.93	0.47	52.58	76.95	11.79	46.83
5	0 - 30	0.102	132.04	0.015	8.23	1.71	132.04	631.89	1.61	17.48	57.71	25.53	47.54
6	30 - 60	0.034	396.13	0.015	8.04	1.32	66.02	463.10	0.92	79.73	49.89	10.82	37.61
7	0 - 30	0.305	264.08	0.024	8.17	2.20	66.02	884.37	1.48	80.67	80.76	20.18	51.80
8	30 - 60	0.169	132.04	0.012	8.36	2.10	132.04	715.13	0.66	83.47	80.76	22.37	52.22

Cuadro A.7

Condición de la Salinidad y sus componentes del Pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S. Durante 1995

Propiedad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
C.E.	3.2	3.7	3.55	3.55	3.4	3.3	3.2	3.5	4.3	3.4	3.3	3.1
pH	7.2	7.6	7.85	7.4	7.95	7	7.5	7.96	7.2	7.06	6.97	7.02
CO ₃ (ppm)				18.52	75.06				37.21	37.21		37.21
HCO ₃	398.43	225.86	301.44	113.49	114.84	225.9	225.9	301.1	325.8	225.8	300.83	300.83
Cl ₂	917.71	625.51	914.87	936.14	978.7	889.34	889.34	948.6	1141.5	889.34	920.18	889.34
Ca	211.02	118.77	233.66	140.28	108.4	167.13	192.79	97.5	224.05	198.4	220.44	326.65
Mg	70.85	85.51	5.11	189.7	76.61	78.06	77.59	32.39	122.21	88.77	69.55	81.47
SO ₄	68.51	64.65	70	33.15	63.22	63.22	52.21	160.5	117.66	29.68	64	68.99
K	13.47	10.36	8.62	10.37	6.03	7.76	6.9	6.9		6.9	8.63	9.5
Na	348.62	464.3	443.57	143.55	667.37	340.81	305.38	360.2	409.03	295.56	339.92	210.65

Condición de la Salinidad y sus componentes del Pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S. Durante 1996

Propiedad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
C.E.	3.3	2.9	3.4	3.5		3.5	3.5	3.9	3.5		3.5	3.5
pH	6.69	6.8	6.73	6.68		7.01	6.96	6.48	6.46		6.94	6.94
CO ₃ (ppm)	74.3			74.13							74.13	74.13
HCO ₃	188.56	225.78	376.49	150.71		452.15	376.5	376.5	316.7		150	150.7
Cl ₂	1007.77	889.34	948.55	651.4		948.56	919.12	1099.62	1007.06		1035.4	1035.4
Ca	326.65	204.04	251.31	204.41		208.5	212.42	220.44	235.67		190.3	190.3
Mg	93.63	84.03	44.51	79.82		68.3	63.7	61.7	60.43		60.07	60.07
SO ₄	73.04	116.5	111.72	135.59		31.6	32	70.93	104.14		90.53	70.45
K	10.37	8.63	7.76	7.04		8.7	9.5	9.73	8.64		8.63	8.63
Na	250.77	313.62	419.94	205.52		413.7	371.5	555.41	419.3		275.5	576.9

Cuadro A.7.....continuación

Condición de la Salinidad y sus componentes del Pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S. Durante 1997

Propiedad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
C.E.	3.3	3.5	3.3	2.9	3.62							
pH	6.7	7.5	7.25	7.5	7.6		3.4	3.3		3.5	3.5	3
CO ₃ (ppm)	84.62	81.92			54.02		6.9	7		7.4	6.5	7.1
HCO ₃	602.87	666.95	850.4	512.57	329.51		66.02	132.04			64.82	
Cl ₂	1004.93	927.63	1206.3	773.03	1416.6		362.46	330.11		388.92	360.6	461.3
Ca	179.55	176.95	192.38	184.57	195.59		1432.22	1305.99		1506.19	1285.77	1212.02
Mg	35.02	83.66	84.03	109.68	59.95		192.58	210.4		207.81	207.21	188.37
SO ₄	63.72	101.5	90.28	59.74	57.96		79.89	64.81		70.65	62.38	65.17
K	8.63	14.71	17.6	17.82	17.58		58.18	58.18		58.99	61.05	56.05
Na	675.61	429.98	367.56	234.84	698.56		12.33	12.33		12.33		12.33
							397.21	382.72		419.5	435.32	339.69

Condición de la Salinidad y sus componentes del Pozo del Campo Agrícola Experimental de la U.A.B.C.S. Durante 1998

Propiedad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.
C.E.	3	3	3.4	4.2	3.3	3.25					
pH	7	7.3	6.85	7.05	7.3	8		3.8	3.6	3	
CO ₃ (ppm)	32.41		66.02	66.02	33.01	66.02		8.2	7.1	7	
HCO ₃	329.5	536.97	268.49	268.49	335.61	402.73		52.22	58.22		
Cl ₂	1212.02	791.47	765.94	791.47	893.59	791.46		148.28	195.26	344.51	
Ca	166.73	198.39	191.18	191.18	203.37	199.59		2194.26	1410.6	1097.13	
Mg	51.31	41.1	69.68	67.73	55.21	69.07		186.37	200.4	237.27	
SO ₄	61.02	52.38	51.51	51.45	50.07	37.8		62.6	43.09	43.78	
K	12.33	9.52	9.52	9.52		8.58		49.35	35.09	61.13	
Na	389.18	372.69	417.49	376.7	408.13	375.8		9.52	17.31		
								524.93	584.66	324.54	

Cuadro A.8. Bioactivadores Húmicos Comerciales utilizados en el experimento.

Producto Comercial	Estado Físico	Ingrediente activo	Concentración	Fabricante
Humiplex 50G	Granulado	Substancias húmicas derivadas de la Leonardita	50%	GBM
Humitrón 12 L	Líquido	Substancias húmicas derivadas de Leonardita	12%	GBM
K-tionic	Líquido	Complejo orgánico fúlvico	25%	GBM
Humi-K 900	Granulado	Acido húmico Acido Fúlvico Potasio	48.27% 41.23% 9.00%	Biocampo
Salko (Biosoil)	Líquido	Extracto orgánico de rumen..... Nutrimentos minerales..... Gallinaza Acido húmico Acido fúlvico Agua enzimática	2.36% 1.36% 1.18% 600 ppm 500 ppm 29.58%	Biocampo
Saltaway	Líquido	Acidos carboxílicos Acidos fúlvicos Azufre (S) Potasio soluble Nitrógeno amoniacal Nonil fenol polioxietilenado Diluyente	1.0% 5.0% 10.0% 3.0 % 4.0 % 4.0 % 73.0%	Fagro