

MEJORADORES ORGANICOS EN LA REHABILITACION
DE UN SUELO SALINO

SABINO FLORES MURILLO

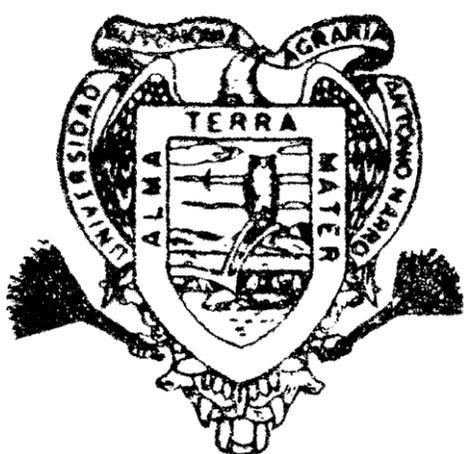
T E S I S

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

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coah.
ABRIL DE 1997

Mejoradores Orgánicos en la Rehabilitación de un Suelo Salino.

Sabino Flores Murillo

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

en Suelos

Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Programa de Graduados

Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

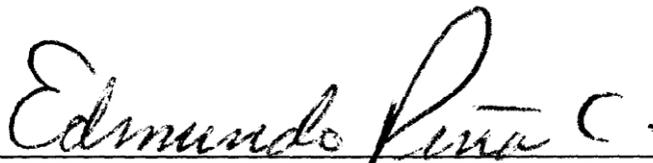
Abril de 1997.

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

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE SUELOS

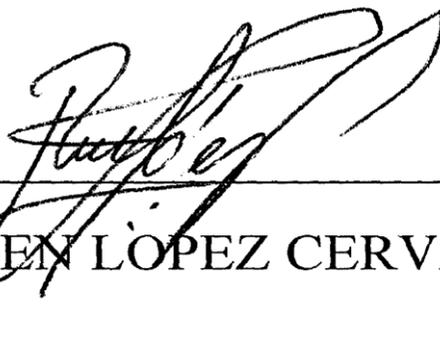
COMITE PARTICULAR

Asesor principal :



DR. EDMUNDO PEÑA CERVANTES

Asesor :



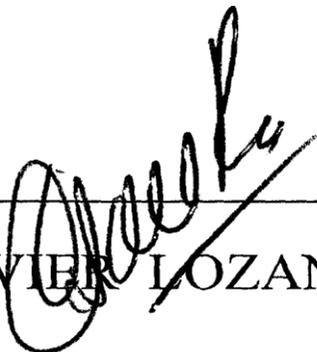
M.C RUBEN LOPEZ CERVANTES

Asesor :



MC. JUAN MANUEL CEPEDA DOVALA

Asesor :



M.C. A. JAVIER LOZANO DEL RIO



DR. JESUS FUENTES RODRIGUEZ
SUBDIRECTOR DE POSTGRADO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 1997

AGRADECIMIENTOS

Infinitamente a **Dios** por haberme permitido lograr una meta más en mi vida

Con gratitud a **Mis Asesores**, los cuales me guiaron en la realización de este trabajo y además me han brindado su amistad desinteresada.

Dr. Edmundo Peña Cervantes

M.C Ruben López Cervantes

M.C Juan Manuel Cepeda Dovala

M.C Javier Alejandro Lozano del Río

A la **U.A.A. “Antonio Narro”** Por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos en sus aulas, le estoy infinitamente agradecido.

Al **CONACYT** por tener la confianza al otorgarme apoyo económico a lo largo de mis estudios .

Al **Departamento de Suelos**, de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro.

A todas las aquellas personas que de alguna forma ya sea directa o indirectamente participaron en la planeación, ejecución y evaluación del presente trabajo.

DEDICATORIAS

Con todo respeto y amor a quienes han depositado su cariño y confianza para ver realizada una meta más en mi vida.

MIS PADRES

Antonio Flores Gómez

Guadalupe Murillo Escareño

A quienes me han alentado y me han demostrado, que en todas las cosas el éxito depende del conocimiento de uno mismo y de la preparación de como saber vivir; a los cuales deseo fervientemente logren las metas que se han fijado en su vida.

MIS FAMILIARES

José O. Flores y Margarita

Bueno es para el hombre conocer la naturaleza y entender las leyes y principios que la rigen. Y bueno es para la naturaleza que el hombre la conozca y la entienda. Esta es la base del principio de integridad, porque el hombre es uno con la naturaleza y toda acción del hombre en contra de la naturaleza, va dirigida al hombre mismo. **Si el hombre destruye la naturaleza, se destruye a sí mismo.**

Si lloras por que has perdido el sol,
las lágrimas no te permitirán ver
las estrellas.

Tagore

COMPENDIO

MEJORADORES ORGANICOS EN LA REHABILITACION DE UN SUELO SALINO,

POR

SABINO FLORES MURILLO

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, FEBRERO 1997

Dr. EDMUNDO PEÑA CERVANTES - ASESOR -

Palabras Claves : Salinidad, Algaenzim, Humi k-900, suelos

En el rancho "El Potrero ", Mpio, de General Cepeda, en el cual existen condiciones de aridez, y los terrenos son salinos, se estableció el presente trabajo de investigación cuyo objetivo principal fue el de evaluar el efecto de los mejoradores orgánicos (Extracto de algas y Acidos Húmicos)* en la salinidad del suelo.

Se establecieron dos experimentos uno en campo y otro en invernadero. En el campo se establecieron parcelas experimentales de 25 m², a las cuales se les aplicó los mejoradores en dosis de tres, seis y 9 lts/ha para el Extracto de algas y cuatro, ocho y 12 kg/ha para Acidos Húmicos, una dosis de fertilización (90-90-0), y un testigo absoluto en total 8 tratamientos, posteriormente se tomaron muestras para su análisis.

* Algaenzims y Humik-900

Para el experimento de invernadero se colectaron muestras de suelo del sitio experimental, las cuales se colocaron en macetas como columnas de suelo, en las cuales se sembró zacate Rye grass perenne, como cultivo de cobertura, las dosis utilizadas fueron dos veces mayor que en campo, con el mismo número de tratamientos.

Los resultados señalan que el mejor tratamiento para el experimento de campo e invernadero fue el tratamiento uno del Extracto de Algas (3 lts/ha) que representa la dosis más baja de este mejorador, ya que disminuyó más la salinidad.

Con la aplicación de los ácidos húmicos en el experimento de campo el tratamiento cuatro (4 kg/ha) que representa la dosis más baja y para el experimento de invernadero el tratamiento seis (24 kg/ha) dosis más alta, se obtuvieron los mejores resultados en la disminución de la salinidad.

Respecto a la técnica de isotermas de adsorción, utilizada en el experimento de invernadero, el tratamiento tres (18 lts/ha) para el extracto de algas y tratamiento cuatro (8 kg/ha) para los ácidos húmicos, presentaron los valores más altos de fósforo en solución.

Por los resultados obtenidos, se puede establecer que los mejoradores orgánicos utilizados, en dosis altas y con agua de buena calidad presentan buena respuesta para disminuir la salinidad del suelo. Sin embargo el agua salina empleada en el riego tiende a aumentar la salinidad, e inhibir el buen funcionamiento de los mejoradores en estudio.

ABSTRACT

ORGANIC IMPROVES IN THE REHABILITATION OF A SALINE SOIL

BY

SABINO FLORES MURILLO

MASTER OF SCIENCE

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, FEBRERO 1997

Dr. EDMUNDO PEÑA CERVANTES -ADVISER-

Key words : Salinity, Algaenzims, Humik-900, soils.

In the ranch “El Potrero” Municipality of General Cepeda, in the one which exist aridity conditions and the lands they are salines, was established the present investigation work, whose principal objective was that of to evaluate the effect of organic improves (Extrac of algae and acid humics)* in salinity of the soil.

They were established two experiments one in field and other in greenhouse. In the field were established experimental plots of 25 m². To those which was them applied the improves in doses three. Six and 9 lt/ha for Extract of algae and four, eighth and 12 kg/ha for acid humics, a fertilization dose (90-90-0), and a absolute witness in total 8 treatments, there nafter were taken samples for their analysis. For the greenhouse experiment were collected soil samples of the experimental site, those which were put on

* Algaenzims and Humik-900

handles as soil columns. On those which was sowed hay rye grass perennial. As coverage cultivation. The used dose were twice greater than in field, with the same number of treatments.

The results indicate that treatment the best for the field and greenhouse experiment was the treatment one of Extract of algae (3 lt/ha) that represents the bottommost dose of this improve, since I reduce more the salinity.

With the application of acid humics, in the field experiment, the treatment four (4 kg/ha) that represents the bottommost dose and for the greenhouse experiment the treatment six (24 kg/ha) dose higher were obtained the better results in the decrease of the salinity. With respect to the technique of Isotherment of adsorption, used in the greenhouse experiment, the treatment three (18 lts/ha) for Extract of algae and the treatment four for Humik-900, presented the highest securities of phosphorus in solution.

For the obtained results, it can be established that the organic improves in high dose and with water of good quality present good response to reduce salinity of the soil. However the saline water employed in the irrigation tends to increase the salinity and to inhibit the root operation of the improves in study.

ABSTRACT

ORGANIC IMPROVES IN THE REHABILITATION OF A SALINE SOIL

BY

SABINO FLORES MURILLO

MASTER OF SCIENCE

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, FEBRERO 1997

Dr. EDMUNDO PEÑA CERVANTES -ADVISER-

Key words : Salinity, Algaenzims, Humik-900, soils.

In the ranch “El Potrero” Municipality of General Cepeda, in the one which exist aridity conditions and the lands they are salines, was established the present investigation work, whose principal objective was that of to evaluate the effect of organic improves (Extrac of algae and acid humics)* in salinity of the soil.

They were established two experiments one in field and other in greenhouse. In the field were established experimental plots of 25 m². To those which was them applied the improves in doses three. Six and 9 lt/ha for Extract of algae and four, eighth and 12 kg/ha for acid humics, a fertilization dose (90-90-0), and a absolute witness in total 8 treatments, there nafter were taken samples for their analysis. For the greenhouse experiment were collected soil samples of the experimental site, those which were put on

* Algaenzims and Humik-900

handles as soil columns. On those which was sowed hay rye grss perennial. As coverage cultivation. The used dose were twice greater than in field, with the same number of treatments.

The results indicate that treatment the best for the field and greenhouse experiment was the treatment one of Extract of algae (3 lt/ha) that represents the bottommost dose of this improve, since I reduce more the salinity.

With the application of acid humics, in the field experiment, the treatment four (4 kg/ha) that represents the bottommost dose and for the greenhouse experiment the treatment six (24 kg/ha) dose higher were obtained the better results in the decrease of the salinity. With respect to the technique of Isotherment of adsorcion, used in the greenhouse experiment, the treatment three (18 lts/ha) for Extrac of algae and the treatment fuor for Humik-900, presented the highest securities of phosphorus in solution.

For the obtained results, it can be established that the organic improves in high dose and with water of good quality present good response to reduce salinity of the soil. However the saline water employed in the irrigation tends to increase the salinity and to inhibit the goot operation of the improves in study.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
Hipótesis.....	2
Objetivos.....	2
LITERATURA REVISADA.....	3
Suelos Salinos.....	3
Sales Solubles.....	6
Mejoradores Orgánicos.....	7
Algas Marinas.....	9
Ácidos Húmicos.....	11
Isotermas de Adsorción.....	14
Fijación de Fósforo.....	17
MATERIALES Y METODOS.....	20
Descripción del Area de Estudio.....	20
Fuentes de Materiales Orgánicos.....	22
Extracto de Algas	22
Acidos Húmicos	25
Metodología.....	25
Isotermas de Adsorción de fósforo en suelo.....	31
RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
Experimento de campo.....	35
Experimento en Invernadero.....	47

	Página
Potencial de Hidrogeno (pH).....	48
Conductividad Eléctrica (C.E).....	50
Calcio.....	53
Magnesio.....	54
Sodio.....	56
Potasio.....	57
Carbonatos	59
Bicarbonatos.....	60
Cloruros.....	62
Sulfatos	63
Isotermas de Adsorción de Fósforo.....	66
Materia seca.....	76
Absorción de fósforo en planta.....	79
Absorción de sodio.....	80
Absorción de Potasio.....	82
Absorción de Calcio.....	83
Absorción de Magnesio.....	85
CONCLUSIONES.....	87
RESUMEN.....	88
LITERATURA CITADA.....	89

INDICE DE CUADROS

	Página
2.1 Valores porcentuales de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O contenidos en algunos mejoradores orgánicos.....	8
3.1 Composición química del algaenzims.....	24
3.2 Tratamientos en la fase de campo.....	26
3.3 Croquis de los tratamientos (parcelas experimentales)	26
3.4 Croquis de la distribución de los tratamientos en invernadero.....	27
3.5 Tratamientos del experimento de invernadero.....	28
3.6 Análisis Químico del agua de riego del rancho “El Potrero” muestra tomada del pozo de bombeo, 1995.....	30
3.7 Isoterma de Adsorción de fósforo y parámetros de regresión lineal del suelo en estudio.....	32
4.1 Propiedades Físicas y Químicas determinadas.....	35
4.2 Análisis de salinidad (Cationes y Aniones en meq/lt).....	36
4.3 Valores medios obtenidos de pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) del primer muestreo del primer horizonte después del experimento...	36
4.4 Análisis de varianza para las variables pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) correspondientes al primer muestreo del primer horizonte.....	38
4.5 Valores medios obtenidos de pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) del primer muestreo del segundo horizonte después del experimento.....	39
4.6 Análisis de varianza para las variables pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) correspondientes al primer muestreo del segundo horizonte.....	39
4.7 Valores medios obtenidos de pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) el segundo muestreo del primer horizonte después del experimento	42
4.8 Análisis de varianza para las variables pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) correspondientes al segundo muestreo del primer horizonte.....	42

4.9 Análisis de salinidad pH, C.E, Cationes y Aniones (meq/lit) del suelo en estudio antes de establecer el experimento.....	47
4.10 Análisis de Salinidad del suelo en estudio después de la aplicación de los mejoradores en el experimento de Invernadero.....	47
4.11 Valores medios de pH correspondientes a cada aplicación.....	49
4.12 Valores medios de C.E (dS/m) correspondientes a cada aplicación.....	51
4.13 Valores medios de Calcio (meq/lit) correspondientes a cada aplicación.....	53
4.14 Valores medios de Magnesio (meq/lit) correspondientes a cada aplicación....	55
4.15 Valores medios de Sodio (meq/lit) correspondientes a cada aplicación	56
4.16 Valores medios de Potasio (meq/lit) correspondientes a cada aplicación.....	58
4.17 Valores medios de Carbonatos (meq/lit) correspondientes a cada aplicación.....	59
4.18 Valores medios de Bicarbonatos (meq/lit) correspondientes a cada aplicación.....	61
4.19 Valores medios de Cloruros (meq/lit) correspondientes a cada aplicación.....	62
4.20 Valores medios de Sulfatos (meq/lit) correspondientes a cada aplicación.....	64
4.21 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 1.....	68
4.22 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 2.....	68
4.23 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 3.....	68
4.24 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 4.....	69

4.25 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 5.....	69
4.26 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 6.....	69
4.27 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 7.....	70
4.28 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 8.....	70
4.29 Valores medios obtenidos de materia seca, total acumulada y ton/ha en (gr/tratamiento).....	76
4.30 Resultados del análisis de varianza en producción de materia seca y total acumulada por número de corte.....	78
4.31 Valores medios obtenidos de fósforo (μ grs/tramto)	79
4.32 Valores medios obtenidos (%) de Sodio por número de corte.....	81
4.33 Valores medios obtenidos (%) de potasio por número de corte.....	82
4.34 Valores medios obtenidos (%) de Calcio por número de corte.....	84
4.35 Valores medios obtenidos (%) de Magnesio por número de corte.....	85

INDICE DE FIGURAS

	Página
2.1 Diagrama de distribución de las principales sales (ácidas, neutras o alcalinas) dependiendo de su solubilidad, como criterio químico para definir un horizonte salino de un suelo; Loyer (1995).....	4
3.1 Localización geográfica del área de estudio.....	21
3.2 Límites de referencia.....	23
3.3 Isoterma de adsorción de P del suelo en estudio.....	33
4.1 Cationes (meq/lt) promedio del primer horizonte; primer muestreo.....	37
4.2 Aniones (meq/lt) promedio del primer horizonte; primer muestreo.....	38
4.3 Cationes (meq/lt) promedio del segundo horizonte; primer muestreo.....	40
4.4 Aniones (meq/lt) promedio del segundo horizonte; primer muestreo.....	40
4.5 Cationes (meq/lt) promedio correspondientes al segundo muestreo.....	43
4.6 Aniones (meq/lt) promedio correspondientes al segundo muestreo.....	43
4.7 pH y C.E correspondiente a las dos primeras aplicaciones del primero y segundo horizonte.....	45
4.8 Valores de pH correspondientes a las aplicaciones más diferenciados.....	50
4.9 C.E (dS/m) correspondiente a las aplicaciones 4,5,6 y 7.....	52
4.10 Calcio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.....	54
4.11 Magnesio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.....	55
4.12 Sodio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.....	57
4.13 Potasio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.....	58
4.14 Carbonatos (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas	60
4.15 Bicarbonatos (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas	61
4.16 Cloruros (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas	63
4.17 Sulfatos (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.....	64
4.18 Isoterma de adsorción del tratamiento 1.....	71

	Página
4.19 Isoterma de adsorción del tratamiento 2.....	71
4.20 Isoterma de adsorción del tratamiento 3.....	72
4.21 Isoterma de adsorción del tratamiento 4.....	72
4.22 Isoterma de adsorción del tratamiento 5.....	73
4.23 Isoterma de adsorción del tratamiento 6.....	73
4.24 Isoterma de adsorción del tratamiento 7.....	74
4.25 Isoterma de adsorción del tratamiento 8.....	74
4.26 Producción total de materia seca en ton/ha.....	77
4.27 Fósforo adsorbido en materia seca ; por número de corte.....	80
4.28 Por ciento (%) de Sodio en materia seca; por número de corte.....	81
4.29 Por ciento (%) de potasio en materia seca; por número de corte.....	83
4.30 Por ciento (%) de Calcio en materia seca; por número de corte.....	84
4.31 Por ciento (%) de Magnesio en materia seca; por número de corte.....	86

INTRODUCCION

El suelo es un recurso que requiere de especial cuidado por el hombre, ya que de él se obtienen medios de subsistencia. Su uso y manejo se debe planear de acuerdo a las características que presenta .

El área actual de suelos afectados por sales en el mundo se desconoce, Un estudio reciente que comprende 103 países indica que el total de áreas irrigadas es de 203 millones de hectáreas, de las cuales, 50 millones presentan problemas de salinidad, y esto representa un 25 por ciento de esa superficie. En México se considera que del 10 al 15 por ciento de los terrenos cultivados con irrigación, están afectados por sales (CONAGUA 1994).

El problema fundamental que enfrenta la agricultura en las zonas semiáridas y áridas es la escasez de agua, y otros ligados a los suelos, como es la salinidad o halomorfia.

Existen técnicas para prevenir, controlar y rehabilitar suelos afectados por sales. Estas son fundamentales y auxiliares. Una de estas últimas, es el uso de materiales orgánicos (desechos animales, vegetales, y minerales), los cuales gracias a su composición benefician las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo y las nutrimentales de la planta.

Las sales se acumulan cerca de la superficie del suelo, a causa de movimientos ascendentes y descendentes a través del perfil.

En base a estas consideraciones para este estudio se plantean los siguientes :

Objetivos

- * Probar la eficiencia de los mejoradores orgánicos sobre la salinidad del suelo para su rehabilitación.
- * Estimar la capacidad de fijación de nutrimentos en el suelo por medio de isotermas de adsorción.

Bajo las siguientes :

Hipótesis

- * Los mejoradores orgánicos reducen la salinidad del suelo.
- * La salinidad nativa del suelo impide la adsorción de los nutrimentos en el suelo.

LITERATURA REVISADA

Suelos Salinos

El término salino o halomórfico se aplica en la actualidad a suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 dS/m a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15 y un contenido de 1.0-2.0 por ciento de sales solubles. Generalmente el pH es menor de 8.5. En la figura 2.1 se presentan las características químicas de suelos salinos con su contenido de sales solubles, la cantidad de sales solubles presentes controla la presión osmótica de la solución del suelo. El sodio rara vez representa más de la mitad del total de los cationes solubles y por lo tanto no es absorbido en forma importante. Las cantidades relativas de Ca^{+2} y Mg^{+2} presentes en la solución de suelo y en el complejo de intercambio, varían considerablemente, tanto el K^+ soluble como el intercambiable son en general, constituyentes de menor importancia. Los aniones principales son el Cl^- , SO_4 y a veces el nitrato. Pueden presentarse pequeñas cantidades de HCO_3^- y el CO_3 . Y sales de baja solubilidad como CaSO_4 (yeso) y (CaCO_3 y MgCO_3) carbonatos de calcio y magnesio (U.S.D.A) 1994.

Los terrenos halomórficos ocupan decenas de millones de hectáreas en la superficie del planeta después de los marismas situados en los límites de los océanos, hasta los altiplanos de zonas andinas se extienden a más de 4 000 m. de altitud; pero ellas están sobre todo extendidas en regiones secas, tropicales, subtropicales y mediterráneas, en el seno de vastas cuencas sedimentarias endorreicas o aun a lo largo de grandes fracturas tectónicas que atraviesan los continentes. Considera también que existen dos

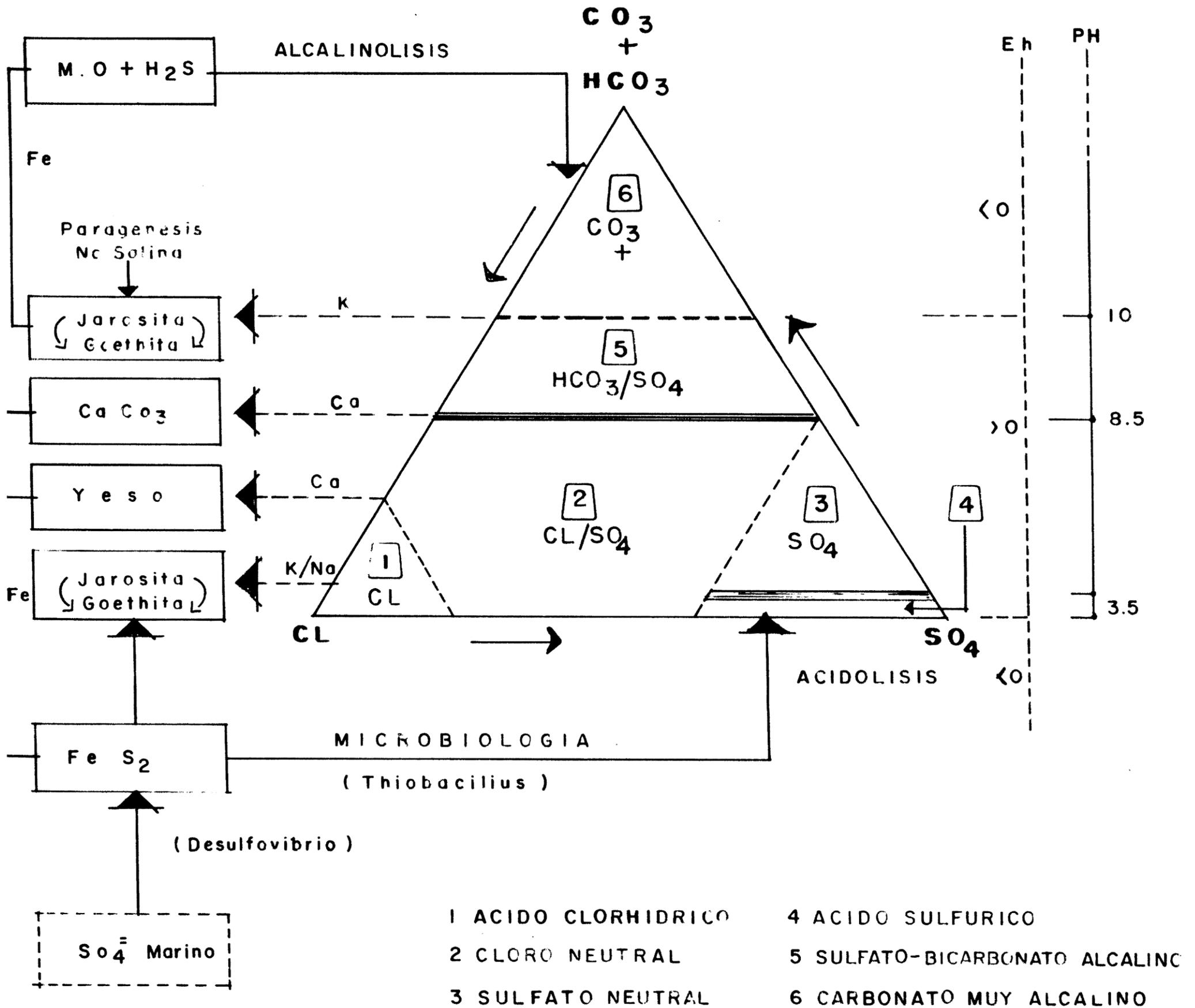


FIGURA 2.1 Diagrama de distribución de las principales sales (Acidas Neutras o'Alcalinas) dependiendo de su Solubilidad ; Como criterio Químico para definir un Horizonte Salino de un Suelo ; L o y e r (1995)

tipos de halomorfía: primaria, que resulta del funcionamiento natural de terrenos, bajo la influencia combinada del clima, de la alteración de rocas y de la dinámica de aguas y, la halomorfía secundaria que está unida a las influencias humanas y resulta en particular, directa o indirectamente de las prácticas de irrigación en zonas secas, (Servant, 1985).

Pedro (1989) señala a la halomorfía como un proceso pedogenético donde interviene las sales en mayor o menor grado, en la formación del suelo.

Redell *et al.*, (1985) muestran que en los suelos el exceso de cloruro de sodio limita el desarrollo de la planta y, en suelos alcalinos donde predomina el carbonato de sodio (Na_2CO_3) y bicarbonato de sodio (NaHCO_3) se restringe la producción como consecuencia de los efectos combinados de pH y los altos niveles de sales solubles. Señalando que ambas restricciones provocan un efecto osmótico, desbalances nutricionales (Fe, Mn, Cu y Zn), restricciones de agua, toxicidad causada por iones específicos (Na, Cl y HCO_3) y propiedades físicas adversas del suelo.

James *et al.*, (1982) cita que los suelos de regiones áridas poseen características que los hacen independientes de los suelos de regiones húmedas, éstos comúnmente tienen poca actividad biológica y bajo nivel de materia orgánica, con una reacción ligera o alcalina en la superficie (pH), además con acumulaciones de carbonato de calcio y algunas veces con depósitos de sales solubles, yeso o sílica libre.

Ruellan (1987), establece que en los suelos salinos existen horizontes con acumulación de carbonato de calcio, los cuales son funcionales, y profundos y después de su precipitación dan origen a volúmenes muy ricos en calcio que pueden partir de un medio receptor no calcáreo y alcanzar contenidos de hasta más de 90 por ciento de carbonato de calcio.

Sales Solubles

Las sales en los suelos se encuentran asociadas formando compuestos de los iones más comunes y abundantes (NaCl, CaCl₂, MgCl₂, etc.) y disociadas, presentes como iones, los que se pueden encontrar en las siguientes disposiciones:

- a) disueltas en la solución del suelo
- b) adsorbidas por carga eléctrica en las arcillas.

Las especies más comunes en la solución del suelo son: cloruro, sulfato, carbonato, bicarbonato y nitrato como aniones y calcio, magnesio, sodio y potasio como cationes, (Aguilar, et al 1987).

El efecto de las sales solubles sobre las plantas, se clasifica convenientemente bajo tres encabezados: Depresión en el rendimiento y crecimiento, o deterioro en la calidad, determinando por la reducción del potencial osmótico del medio; Efectos tóxicos los cuales causan síntomas característicos de daño asociado con la acumulación de un ion específico en la planta; cuyos efectos provocan una reducción en crecimiento y rendimiento más severa que el efecto osmótico de la solución del suelo y desbalances nutricionales provocados por el exceso de uno a varios iones en la solución del suelo,(Hoffman, 1982).

Las sales solubles en los suelos pueden ser determinadas o estimadas a partir de mediciones sobre: a) Extractos acuosos de muestras de suelo, b) Muestras de solución de suelo obtenidas en el campo, c) En suelo, utilizando sensores porosos que adsorben el agua del suelo y establecen un equilibrio con ésta, o bien mediante el uso de sondas de cuatro electrodos o sistema electro- magnético (Rhoades, 1982). Las dos primeras mediciones se realizan en el laboratorio y la última mediante métodos *in situ*. El método

apropiado para medir la salinidad deberá ser seleccionado para un propósito y condición específica.

El extracto de saturación se obtiene a través de la pasta de suelo saturado o pasta de saturación, considerando el peso del suelo según su textura y el punto de saturación .

Mejoradores Orgánicos

Los abonos orgánicos se han utilizado en los terrenos de cultivo desde hace varios años, con la finalidad de fertilizar, pero no se tenía la conciencia que indirectamente se mejoraban otras propiedades del suelo. Actualmente están siendo utilizados con mucha importancia en los programas de agricultura orgánica por su relación con el cuidado del medio ambiente .

Los mejoradores orgánicos son productos de diferente origen y composición, que al ser aplicados al suelo producen cambios en éste, los cuales repercuten en una mayor eficiencia en el desempeño de las funciones que realiza el suelo en beneficio de las plantas y. estos se dividen en orgánicos e inorgánicos, para los mejoradores de tipo orgánico existen tres fuentes principales y son las siguientes. Los estiércoles (Bovino, Caprino, Gallinaza y Guano de Murciélago); los materiales vegetales (pajas. tamos y leguminosas); y la composta (Lasso, 1990).

Con el cultivo intensivo de los suelos, éstos van perdiendo materia orgánica la cual no es restituida y por consiguiente promueve condiciones de suelo compacto, duro, con raíces de desarrollo superficial y disminución en el almacenamiento de agua, además los mejoradores orgánicos tienen un efecto benéfico ya que son fuente directa de nutrimentos para las plantas como N. P, K, S, B, Mo (cuadro 2.1) y en los suelos

alcalinos la descomposición de la materia orgánica libera CO_2 que ayuda en la solubilización de varios nutrimentos como Fe, Mn y Zn, (Ortiz y Ortiz 1980).

Cuadro 2.1 Valores porcentuales de N, P_2O_5 y K_2O contenidos en algunos mejoradores orgánicos.

Sustancia Analizada	% N	% P_2O_5	% K_2O	Descomposición
Estiércol fresco	3.40	2.60	4.00	Semirápida
Estiércol descompuesto	5.00	2.70	6.30	Semirápida
Palomina	17.60	17.80	10.00	Media
Gallinaza	26.30	15.40	8.50	Media
Aguas Negras	5.50	2.80	2.00	Rápida
Orina de bovinos	1.50	0.10	4.90	Rápida

Cepeda (1984) y anteriormente Méndez (1982), trabajando en suelos calcáreos de la región de Navidad, N.L., en el cultivo de papa, probó los niveles de fósforo de 150, 300 y 450 kg/ha de P_2O_5 combinados con cuatro mejoradores del suelo (vermiculita y perlita en dosis de 2 ton/ha; azufre y guano de murciélago en dosis de 1 ton/ha) y encontró diferencias altamente significativas en la producción de tubérculos siendo los mejores tratamientos vermiculita combinada con 450 kg/ha de P_2O_5 con rendimientos de 41.3 ton/ha y azufre combinado con 150 kg/ha de P_2O_5 con una producción de 34.7 ton/ha.

Alsina (1972) reporta que los mejoradores orgánicos pueden distinguirse en animales, vegetales o mixtos según sea su origen, y por su acción se clasifican en rápidos, medios y lentos según sea el tiempo necesario que elementos nutritivos puedan ser utilizados por las raíces.

Benedicto y Tovar (1988) encontraron que al adicionar estiércol equino, vacuno y gallinaza se incrementa la conductividad eléctrica, sobre todo por el aumento en la concentración de potasio, calcio y magnesio solubles, pero a través del tiempo se observó un efecto benéfico residual ya que se redujo el contenido de sales y se incrementó el contenido de materia orgánica.

Algas Marinas

El hombre ha usado durante siglos las algas como fuente de alimento, mejorador de suelo, y como suplemento de alimento para animales, pero todavía a finales de la década de los ochenta no era muy conocido el papel que jugaban las algas en la agricultura.

Sin embargo en países donde abundan las *rodophytas* y *Diatomeas*, éstas se utilizan como fertilizante, donde se han acumulado a lo largo de períodos geológicos y grandes cantidades de estas algas se utilizan para preparar materiales aislantes en la construcción y algunos clases de filtros. Además son ricas en minerales y se esparcen en los campos de dos maneras: se ara por abajo de ellas, o bien se secan y se queman utilizando la ceniza como fertilizante (Walther, 1982).

Las principales propiedades físicas del suelo que modifican las algas son la estructura y la estabilización de agregados o ambas, la formación de agregados es muy compleja y pobremente entendible. Sin embargo, la estabilización se lleva a cabo por adsorción de partículas hecha por polisacáridos de origen microbiano que han mostrado significativamente mejorar la integridad de los agregados del suelo cambiando su respuesta hacia factores químicos (Metting, 1990),

Canales (1987) Indica que para el uso de las algas en la agricultura se realizan extractos de éstas reducidos a polvos humectables que al aplicarlos al suelo los mucílagos que contienen agregan los coloides y mejoran la estructura e hidrolizando los compuestos insolubles y las arcillas del suelo por acción enzimática, mejorando la textura y liberando nutrimentos para las plantas, se hacen también aplicaciones foliares, ya que una alga típica contiene más de 30 iones en compuestos orgánicos solubles, agentes quelatantes y reguladores de crecimiento, considera que tienen también propiedades fungosas, nematicidas e insecticidas. Al ser aplicadas al suelo hidrolizan los carbonatos y se forma un anhídrido carbónico en el lugar donde se encuentra una partícula de carbonato y se forma un poro facilitando la aireación y la penetración del agua y de las raíces.

Las algas marinas constituyen un tipo especial de abono verde, cuya composición en las algas frescas es de aproximadamente de 70-80 por ciento del agua, 13-25 por ciento de materia orgánica, 0.3-1.0 por ciento de nitrógeno, 0.8-1.8 por ciento de potasio y 0.02-0.17 por ciento de fósforo, señalando que el producto contiene tanto nitrógeno como el estiércol de cuadra y algunas veces el doble, su contenido de potasio es relativamente alto y el de fósforo muy bajo, (Tauscher, 1984).

Ríos (1995) al observar el efecto de algas marinas en un suelo salino, cultivado con triticale y aplicar dosis de 1.2 y 3 lts/ha de extracto de algas producto a base de algas marinas al follaje y al suelo, con la finalidad de conocer el efecto de éste como mejorador sobre la salinidad del suelo, encontró una respuesta favorable en las propiedades físicas del suelo, ya que encontró una disminución considerable en el porcentaje de carbonatos totales en el suelo. Además que el contenido de sales solubles se redujo ampliamente con la dosis de 2 lt/ha de mejorador aplicados al suelo y al follaje.

En un suelo de textura arcillosa Báez (1991), adicionó algas de las especies *Gellidium* sp, *Gigartina* sp, *Ascophyllum* sp, y *Chaetoceros* sp. (Micro alga) como

condicionadores sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, encontrando que no existe una tendencia definida en las variables textura, CO_3^- y pH, en la capacidad de intercambio catiónico, las combinaciones de *Chaetoceros* sp. con *Ascophyllum* sp., *Gigartina* sp, y *Gellidium* sp. obtuvieron un efecto positivo sobre esta propiedad.

Reyes (1993) realizó una investigación sobre el efecto de algas marinas en un suelo de textura arcillosa y arenosa aplicando diferentes dosis de extracto de algas como mejorador de suelo, y encontró un efecto mas favorable en las propiedades físicas del suelo, que en las químicas, en los dos suelos en estudio bajo condiciones de invernadero.

Ácidos Húmicos

«Son moléculas complejas con diversas características como: elevado peso molecular, propiedades coloidales, capacidad de adsorción, liberación de nutrimentos a mediano y largo plazo. Esto les confiere enorme importancia en la fertilidad y productividad del suelo en general, (Rodríguez, 1990).

Algunos productos de la descomposición de la materia orgánica, tales como los ácidos húmicos, se supone que forman parte activa en la formación de complejos con compuestos de Fe y Al. Esta unión del Fe y Al reduce notablemente la fijación de fosfatos inorgánicos, la importancia exacta de este efecto no ha sido aun totalmente calculada. El humus y la lignina son muy activos en dejar en libertad al fósforo fijado en este tipo de compuestos. De lo que se deduce que los productos de descomposición de la materia orgánica juegan indudablemente un papel importante en el aprovechamiento del fósforo inorgánico (Buckman y Brady 1977).

Para Yañez (1993) son fracciones del humus soluble en medios alcalinos, que presentan reacción ácida y se cambian con la arcilla y con las bases formando humatos y

el complejo arcilloso húmico en presencia de Ca^{+2} , forma un complejo que es la base de la estructura granular de un suelo estable y solo una tercera parte del humus del suelo está formado por ácidos húmicos y fúlvicos, estos son grandes moléculas orgánicas, cuyos principales grupos funcionales son los carboxilos, hidróxilo-fenólicos y el grupo amina. Existiendo diferencias básicas entre los ácidos húmicos y fúlvicos: los ácidos húmicos son la fracción soluble en medio alcalino que precipitan en medio ácido. Químicamente son muy complejos, formados por polímeros, compuestos aromáticos, estructuras alifáticas, etc. Tienen un peso molecular muy elevado y una alta capacidad de intercambio catiónico. Los ácidos fúlvicos también se solubilizan en medio alcalino pero no precipitan en medio ácido, químicamente están constituidos por polisacáridos, aminoácidos, compuestos fenólicos, y presentan una gran cantidad de grupos carboxílicos y su peso molecular es relativamente bajo y forman complejos estables con Fe, Ca, Mg y Cu.)

Los ácidos húmicos presentan tres características bien definidas: 1) Son reconocidos como partículas de color café oscuro o negro, polidispersas, con una condensación heterogénea con peso molecular desde 5,000 hasta 10,000. La electromicroscopía, ultracentrifugación y su viscosidad sugieren que sus partículas son esféricas con radio promedio de 40 a 80 angstroms. Los ácidos húmicos poseen una variedad de grupos funcionales, su capacidad de intercambio catiónico, medida a un pH de 7.0 es del orden de 300 meq/100 g de suelo; lo cual es similar a la densidad de la carga de los coloides inorgánicos. Análisis elementales para los ácidos húmicos generalmente caen en el rango de 50 a 60 por ciento de carbono, 30 a 40 por ciento de oxígeno; 3 a 5 por ciento de hidrógeno y 2 a 5 por ciento de nitrógeno. (Russell y Greacen, 1977.)

Los efectos generales de los ácidos húmicos sobre las características de plantas cultivadas sin limitaciones importantes de agua son: favorecen la germinación de semillas y emergencia de plántulas, estimulan la división celular y desarrollo de meristemas,

incrementa la permeabilidad de las membranas vegetales, actúan como pseudo-reguladores de crecimiento, incrementan la densidad de raíces y la asimilación de nutrimentos vía radical y foliar, mejoran el transporte de nutrimentos en la planta, acelerando el proceso de fotosíntesis total y respiración neta, activan y estabilizan algunas enzimas estimulando los procesos de utilización de nutrimentos, incrementan la producción de biomasa, crecimiento vegetal, respiración y actividad oxidativa de las raíces, mejoran la nutrición y el rendimiento vegetal, en el suelo incrementan la disponibilidad de la humedad, reducen la resistencia a la penetración de raíces, reducen la formación de costras y grietas, oscurecen el color, acidifican ligeramente y luego incrementan la acción buffer, e incrementan la capacidad de intercambio catiónico, y la disponibilidad de algunos nutrimentos (Reyna, 1992).)

La acción de estos es de la siguiente manera: Quelatante o secuestrante, donador de electrones, transporte de moléculas, estabilizante y potencializador de fungicidas e insecticidas y fertilizantes foliares, estimulante del crecimiento y mejorador de propiedades físicas y químicas de los suelos.(Omega, 1989).

Fernández (1968) indica que para mejorar las propiedades de los suelos podría parecer insignificante la adición de sustancias húmicas, sin embargo si se aplican éstas correctamente, serán de gran ayuda para mejorar los suelos y obtener una mejor productividad, ya que estas sustancias son buenos agentes quelatantes y actúan como agentes reductores en soluciones alcalinas, también tienen efectos nutritivos pues proveen nitrógeno, fósforo y azufre para las plantas mejor enraizamiento en el suelo con poca materia orgánica y se obtienen mejores respuestas de crecimiento; promueven la estructura del suelo y por lo tanto facilitan la labranza, la aireación y la retención de humedad, lo que permite incrementar el rendimiento y la productividad del suelo.

Dekock (1955) destaca que los ácidos húmicos mejoran las características químicas del suelo, ya que incrementan la capacidad de intercambio catiónico, disminuyen el pH en los suelos alcalinos, y se eleva la fertilidad natural al hacer más disponibles los nutrientes presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberación de formas no asimilables.

Martínez (1992) elaboró un trabajo en el cual adicionó ácidos húmicos, fertilizante nitrogenado y fosfatado y evaluó características físicas y químicas así mismo la nutrición en brócoli, encontrando que la aplicación de los ácidos húmicos, fertilización de N y fósforo favoreció la nutrición de las plantas. La dosis que obtuvo mayores rendimientos fue 295 N, 156 P205-228 AH con 13 ton/ha a diferencia del testigo (250 N, 160 P205 -0 AH) fue de 5 ton. El ácido húmico aumentó la porosidad y disminuyó la densidad aparente.

Isotermas de Adsorción

El fenómeno de adsorción se puede estudiar cuantitativamente mediante el conocimiento de la isoterma de adsorción, que es la curva que resulta al graficar la concentración absorbida por gramo de absorbente contra la concentración de soluto en equilibrio, cuando el proceso ocurre a temperatura constante. A la adhesión o concentración de una sustancia disuelta sobre la superficie de un sólido o líquido se le conoce como “adsorción” esta puede ser física, cuando los enlaces son débiles o química cuando los enlaces son iónicos o covalentes, los cuales son relativamente fuertes, y se representa matemáticamente , como lo marca Ortega (1986).

$$Q = F (C)$$

Donde Q es la cantidad de fósforo absorbido por unidad de peso (cantidad, Q) y C es la concentración de fósforo en solución (intensidad I). Esta relación ha sido

expresada en diferentes formas por las ecuaciones de Langmuir, Freundlich, Temkin y (B.E.T) Brunauer-Emmett-Teller.

Las isothermas de adsorción describen adecuadamente a temperaturas constantes y en términos cuantitativos la adsorción de solutos por los sólidos, una isoterma de adsorción muestra la cantidad de soluto adsorbido por un adsorbente como una función de la concentración de equilibrio del soluto (Ortega, 1986).

La expresión matemática originalmente desarrollada por Langmuir para describir la adsorción de un gas en un sólido puro ha sido con frecuencia adoptada para interpretar reacciones entre constituyentes sólidos del suelo y soluciones conteniendo aniones tales como: cloruros, sulfatos, boratos y fosfatos (Veith y Sposito, 1977).

La ecuación de Langmuir basada en la teoría cinética de los gases es usada extensamente para describir la adsorción de gas sobre sólidos, aunque a menudo es aplicada para la adsorción de líquidos y iones en solución por sólidos. La derivación de la ecuación de Langmuir se fundamenta en tres supuestos: una energía constante de adsorción, la cual es independiente de la cantidad de la superficie cubierta (esto es una superficie homogénea); adsorción en sitios específicos, sin interacción entre las moléculas del soluto, y que la adsorción máxima posible corresponde a la capa monomolecular completa sobre todas las superficies reactivas del adsorbente, (Ortiz y Ortiz, 1980)

La ecuación originalmente desarrollada para gases puede describirse como sigue:
 $n = k * bP / 1 + bP$. Después esta ecuación se modificó presentándose de la manera siguiente: $P/n = 1/bk + P/k$. Posteriormente (Harter y Baker, 1977) obtienen la ecuación frecuentemente utilizada en química de suelos, en forma lineal la cual se adapta a la ecuación de la recta ($y = ax + t$) donde:

$$C/q = 1/kb + 1/b \times C$$

b = capacidad máxima de adsorción (mg P/kg de suelo).

k = constante relacionada con la energía de adsorción .

C = concentración de la solución en equilibrio.

q = cantidad de P absorbido por peso de suelo(mg P/kg suelo).

Esta ecuación fue primero usada para describir la retención de fósforo en suelos por Olsen y Watanabe (1957), a partir de entonces ha sido ampliamente usada para este propósito. Una ventaja para su uso es que puede ser transformada a la regresión lineal para estimar los coeficientes. Estos autores concluyen que la ventaja más grande de la ecuación de Langmuir es que la adsorción máxima puede calcularse y servir como índice de la capacidad de retención del suelo.

Sing y Jones (1977), muestran que el uso de isotermas de adsorción para determinar los requerimientos de nutrimentos no solo se aplica al caso particular del fósforo sino también se utiliza este método para evaluar los requerimientos de potasio en el suelo. Estos estudios se realizaron en condiciones de invernadero en cultivos como papa, apio, tomate y frijol.

Algunos suelos presentan propiedades físicas y químicas en común (textura, pH, contenido de aluminio intercambiable) sin embargo, son diferentes en sus contenidos de materia orgánica y algunos otros componentes químicos como lo son el fierro y el aluminio intercambiable. Estos últimos componentes son los principales responsables de los altos valores de capacidad máxima de adsorción de fósforo, medida por la isoterma de Langmuir.(Cajuste, 1979).

López -Hernández *et al.*,(1984) trabajando con ocho muestras del estuario del lago de Maracaibo, determinaron su capacidad para retener diferentes concentraciones de fósforo, encontrando que el modelo de Freundlich es el mejor que describe todo el rango de concentraciones (0-250 mg/kg de P), el modelo de Langmuir se ajusta a

concentraciones relativamente bajas, en donde es menor la interacción entre los iones absorbidos y el modelo de Temkin no describe bien la interrelación superficie absorbente-solución.

Fijación de Fósforo

Se entiende por retención del fósforo al fenómeno que se presenta cuando por diversos tipos de interacciones con componentes del suelo, una forma soluble de fósforo queda retenida en la fase sólida y por lo tanto no puede ser absorbida por las raíces de las plantas. El termino “retención” es preferido en la literatura reciente en lugar de los términos “fijación” o “adsorción” comúnmente usados. La retención del fósforo se presenta en mayor o menor grado en todos los suelos agrícolas pero existe un número de tipos de suelos en los que este fenómeno se manifiesta en forma extrema. Tal es el caso de los suelos ricos en materiales amorfos de aluminio como los andisoles, de los suelos calcáreos con un alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) que se encuentran en diversas regiones de México, y los suelos constituidos principalmente de óxidos de fierro y aluminio, (Aguilar *et al.*, 1987).

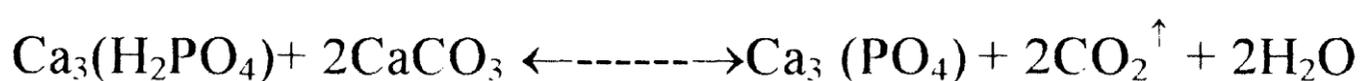
El término fijación se define como el proceso o procesos en el suelo por el cual ciertos elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas son convertidos de una forma soluble o intercambiable a una forma mucho menos soluble o no intercambiable. Las causas y la intensidad de las reacciones de fosfatos agregados a los suelos están influenciados por varios factores que intervienen en la fijación del fósforo como son: concentración de los iones fosfato en la solución, tiempo de reacción, temperatura, pH de la solución, tipo de mineral, tamaño de partícula, efecto de cationes intercambiables, efecto de las sales, contenido de materia orgánica y la planta, (Megel y Kirby, 1982)

El poder de retención del fósforo en muchos suelos es tan grande que la regulación de la aprovechabilidad del fósforo es uno de los problemas más difíciles en el manejo del suelo y de los cultivos, el fósforo fijado es resistente a las pérdidas de lavado. El grado y mecanismo de la fijación del fósforo varía con la naturaleza y propiedades del suelo. El mecanismo no está aun bien definido.

Bear (1964) define a la fijación del fósforo como el proceso mediante el cual las formas fácilmente solubles son cambiadas a formas menos solubles por reacciones con compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo esto genera una disminución en la movilidad de este nutrimento en el suelo y por lo tanto disminuye su disponibilidad para las plantas.

En los suelos calcáreos alcalinos, los iones PO_4^{-3} parecen ser precipitados como fosfatos de calcio y magnesio relativamente insolubles o como sales dobles de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{CaCO}_3$ ó $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$, las cuales se consideran aun menos solubles que los fosfatos de calcio y magnesio (Ortiz y Ortiz 1980).

Contreras (1985) reporta que en los suelos calcáreos la precipitación de fosfatos es producida sobre todo por los compuestos cálcicos. Estos suelos se abastecen grandemente de calcio intercambiable y, en muchos casos con CaCO_3 , los fosfatos aprovechables reaccionan tanto con el ion Ca^{+2} como con su carbonato formando fosfatos tricálcicos insolubles y muestra un ejemplo de la reacción que se realiza al añadir un fertilizante fosfatado (superfosfato de calcio concentrado) a un suelo calizo:



La aplicación de fertilizantes fosfatados en un suelo con alta capacidad de retención de P puede producir curvas de respuesta (isoterma de adsorción) en las cuales sólo se produce un incremento pronunciado en el rendimiento cuando se adiciona una cantidad de fertilizante capaz de satisfacer la capacidad de retención del suelo, y permite así que nuevas adiciones de nutrientes en la solución del suelo, puedan ser absorbidos por el cultivo (Aguilar *et al.*, 1987).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Area de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el período que comprende de octubre de 1994 a junio de 1996, en dos etapas, la primera de campo, en el rancho agrícola “El Potrero”, el cual se localiza en el municipio de General Cepeda, al sureste del estado de Coahuila (Figuras 3.1), sus coordenadas geográficas son $25^{\circ}35'$ de latitud norte y $101^{\circ}23'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1250 msnm y con una superficie total de 56 has. INEGI (1992), y la segunda bajo condiciones controladas en un invernadero de la UAAAN campus Saltillo, con muestras de suelo colectadas del predio antes señalado,

El área registra un clima Bso k(x')(e) de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por (García, 1973) que corresponde al subtipo semiárido templado, con una temperatura media anual de entre 12 y 18°C , La precipitación media anual es del orden de 300-400 mm, siendo los meses más lluviosos julio, agosto y septiembre. Los vientos predominantes tienen dirección sur con una velocidad promedio de 5 a 8 km/hr, la frecuencia de heladas es de 20 a 40 días y de granizadas de uno a dos días.

En el aspecto orográfico el INEGI (1992) señala que la mayor parte del municipio es plano, y se localiza en la sierra “Mesa de San Juan” al noreste del rancho y al sureste se encuentra el cerro “El Toro”.

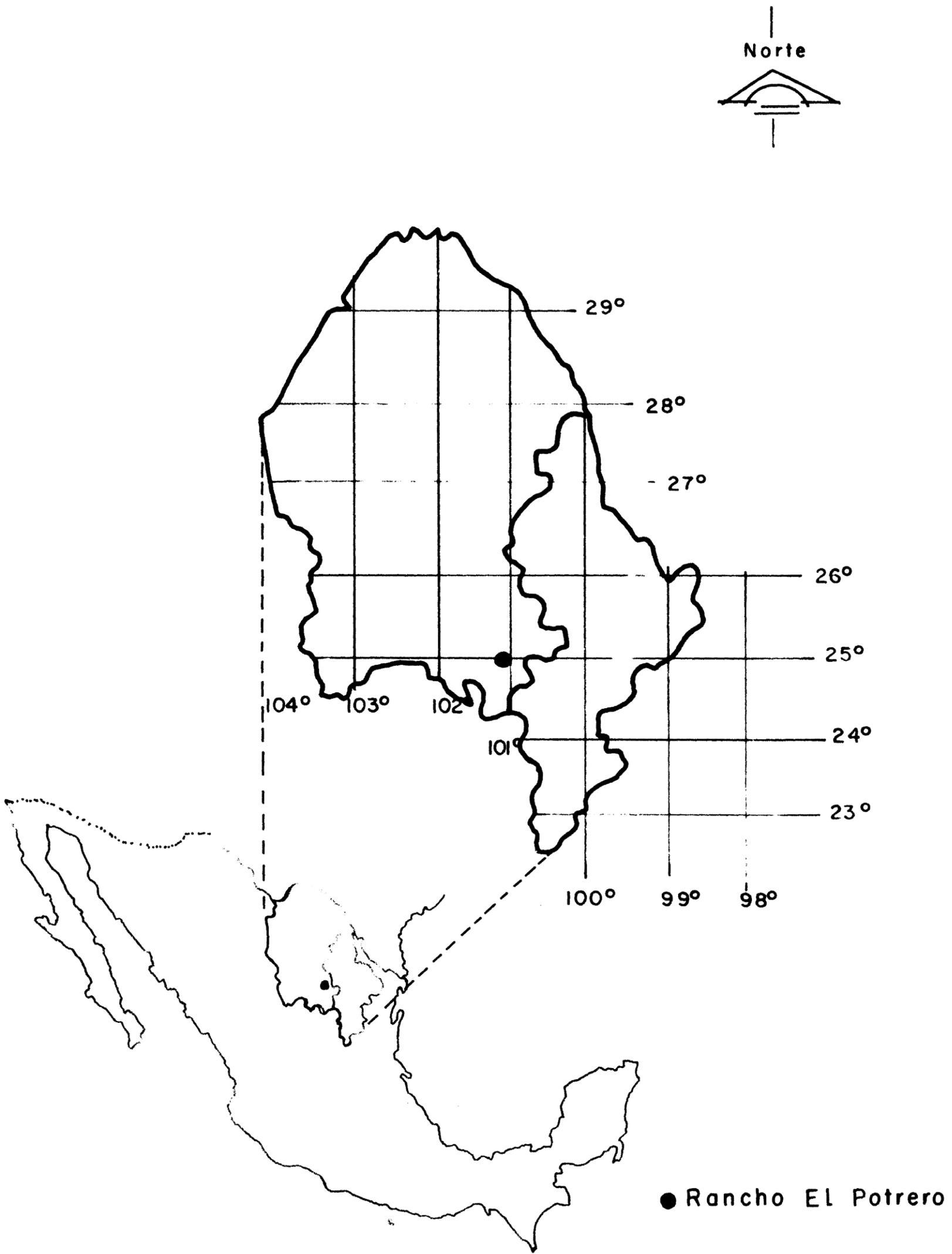


Figura 3.1 Localizacion geografica del area de estudio.

Con relación a la hidrografía se tiene dos manantiales que nacen en la sierra de “patos” y desembocan al arroyo del mismo nombre, localizado a un lado del área de estudio y que forma almacenamientos de agua a lo largo del municipio. El arroyo del “Jaral” se origina en la “Mesa de San Juan”, y es otro arroyo intermitente que atraviesa el rancho y que desemboca cerca de la cabecera municipal. (figura 3.2).

En el aspecto edafológico en esta localidad se pueden distinguir dos tipos de suelos de formación aluvial: Calcisoles, de color claro, pobres en materia orgánica y con un subsuelo rico en arcilla y carbonatos y, Solonchak que son suelos que presentan un alto contenido de sales y una acumulación de arcilla en el subsuelo, las rocas predominantes son de tipo sedimentario (lutitas, areniscas, y en menor cantidad conglomerados y brechas). La vegetación es del tipo de matorral desértico, como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), gobernadoras (*Larrea tridentata*), mezquites (*Prosopis glandulosa*), tasajillos (*Opuntia leptocaulis*).

Fuentes de Materiales Orgánicos

Extracto de Algas*

Es un potencializador ecológico, elaborado a base de macro y micro algas marinas que mejora los suelos, los desaliniza y sirve de alimento a las plantas, es un producto biológico orgánico no tóxico, completamente natural, obtenido por un proceso tal, que les extrae el máximo de sus componentes sin perder sus atractivos.

Este producto se aplica al suelo, al follaje y a las semillas, contiene:

- a) Un gran número de nutrimentos. (Cuadro 3.1) como N, P, y K
- b) Manitol agente hidrolizante

* Algaenzims.

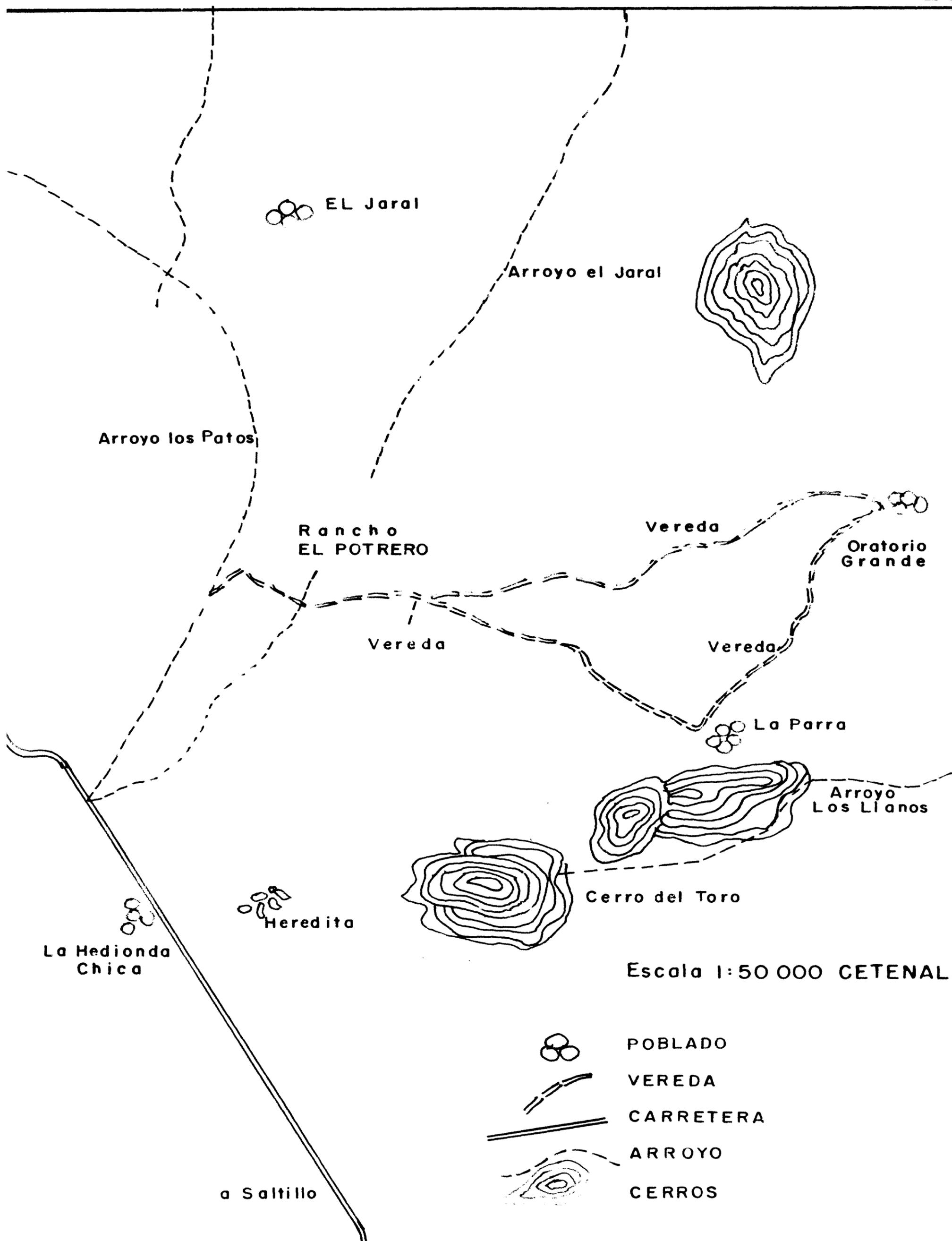


Figura 3.2 Limites de referencia .

c) Ácidos húmicos

d) Reguladores de crecimiento

Su función en el suelo es acondicionar las propiedades físicas, químicas y biológicas, este mejoramiento es continuo y ascendente; no lo degrada. Es compatible con agroquímicos, y no lo es con algicidas y mezclas que con el total de agua, su concentración sea más de 4.5 por ciento y su pH en un rango de 5.5 a 8.5. Una vez hecha la mezcla, aplicándolo a la brevedad. Para realizar éstas, se agrega agua generalmente a razón de 1 a 3 lt/ha, una vez al año, dependiendo de la calidad del agua. (Palau-Bioquim, 1991).

Acelera el proceso natural de la transformación de los suelos, en los suelos arcillosos, provoca la liberación adecuada de los nutrientes, en los suelos arenosos propicia la retención de los nutrientes evitando la lixiviación, descompactan los suelos pesados friables y, como es muy soluble su acción penetra en el suelo hasta donde llega el agua, las enzimas que contiene reaccionan biológica y catalíticamente propiciando la hidrólisis que causa los cambios del suelo, las algas que contiene, fijan el nitrógeno del aire, aportándolo al suelo y/o a las plantas. Dosis foliar de aplicación es de 1 a 3 lt/ha cada vez, dependiendo de la superficie foliar, estado de la planta y frecuencia de aplicaciones.

Cuadro 3.1 Composición química del Algaenzim*

Nutriente	por ciento (%)	Microelemento	mg/kg
nitrógeno	0.19	hierro	12
fósforo	0.07	manganeso	9
potasio	0.18	boro	7
azufre	0.16	cobre	5
sodio	114 mg/kg	zinc	14
calcio	18 mg/kg	molibdeno	4

*Palau Bioquim S.A de C.V.

Ácidos Húmicos.*

Es un producto en forma sólida con 90 por ciento de ácido húmico en alta concentración (48.27 por ciento de ácidos húmicos y 41.73 por ciento de ácidos fúlvicos) y 9 por ciento de potasio, incrementa la liberación de micro y macronutrientes en la solución natural del suelo, la alta concentración de sustancias húmicas permite una reacción completa con la sal de sodio y cloro para convertirlos en componentes orgánicos lo cual impide su reacción como ion, incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo a través de la interacción entre sustancias húmicas y la partícula del suelo para formar los componentes orgánicos responsables de la fijación del agua.

* **HumiK-900**

Metodología

Se realizaron dos experimentos uno en campo y otro en Invernadero. En estos dos se usaron como materiales orgánicos el Algaenzims (extracto de algas) y HumiK-900 (ácidos húmicos). En el experimento de campo se establecieron parcelas experimentales de 25 m² en melgas de 50 m de largo, las prácticas de preparación del terreno fueron: barbecho, rastra y riego, posteriormente se sembró triticale forrajero al voleo el 1º de diciembre de 1994, y al suelo se aplicaron los mejoradores correspondientes, el día 9 de diciembre y 10 días después se aplicó un segundo riego (por gravedad). Las dosis usadas fueron de 3, 6 y 9 lts/ha de extracto de algas y 4, 8 y 12 kgs/ha de ácidos húmicos, los tratamientos con sus dosis se muestran a continuación :

Cuadro 3.2 Tratamientos en la fase de campo

Tratamientos	Algaenzims lts/ha	Humi K- 900 kgs/ha	Fertilizante
1	3	0	0
2	6	0	0
3	9	0	0
4	0	4	0
5	0	8	0
6	0	12	0
7	0	0	90 - 90 - 0
8	Testigo	absoluto	

Se efectuaron dos aplicaciones y muestreos al suelo; en las siguientes fechas :
diciembre de 1994 ; primera aplicación , febrero de 1995 ; primer muestreo y segunda
aplicación; marzo de 1995, segundo muestreo.

A continuación el croquis del experimento.

Cuadro 3.3 Croquis de los tratamientos (parcelas experimentales)

5	3	6	2
7	2	3	1
3	7	8	3
1	6	1	6
8	4	2	7
4	5	4	8
6	8	5	4
2	1	7	5

Repeticiones

I II III IV

El diseño experimental empleado para evaluar esta fase fue de bloques al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones.

El modelo estadístico de acuerdo al diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

donde :

$i = 1, 2, 3, \dots, 8$ tratamientos

$j = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

Se caracterizaron las muestras de suelo con los análisis en el laboratorio y se utilizaron las siguientes técnicas; pH (potenciómetro, relación 2:1 con agua), conductividad eléctrica del extracto de saturación (puente de Wheatstone), materia orgánica (Walkley y Black), textura (hidrómetro de Bouyoucos), salinidad (cationes y aniones solubles) por titulación y espectrofotometría de absorción atómica, densidad aparente (probeta) y capacidad de intercambio catiónico (técnica con acetato de amonio).

Para el experimento de invernadero se colectaron muestras de suelo de las profundidades de 0-25 y 25-40 cm, en macetas con un peso de 24 kgs cada una, las cuales se sembraron el 21 de octubre de 1995, con semilla certificada de zacate Rye grass perenne, la salinidad nativa del suelo afectó a la germinación, ya que se observó una emergencia muy irregular a los 15 días (germinación del 50 por ciento) en cada maceta. Estas se colocaron en el Invernadero de la UAAAN como se muestra en cuadro 3.4

Cuadro 3.4 Croquis de la distribución de los tratamiento en invernadero.

Rep.I	T ₃	T ₄	T ₁	T ₅	T ₇	T ₂	T ₆	T ₈
Rep.II	T ₄	T ₂	T ₅	T ₆	T ₇	T ₃	T ₁	T ₈

T= tratamientos

Las macetas se ordenaron en un diseño completamente al azar, para su análisis estadístico, que corresponde a 8 tratamientos con dos repeticiones, en total 16 unidades experimentales.

El modelo estadístico de acuerdo a este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \xi_i + E_{ij}$$

donde:

$i = 1, 2, 3, \dots$ tratamiento

$j = 1, 2, \dots$ repeticiones

y_{ij} = interacción tratamientos y repeticiones

μ = efecto de la media general

ξ_i = efecto de los tratamientos

E_{ij} = efecto del error experimental

El primer corte se efectuó 30 días después de la siembra y así sucesivamente cada 30 ó 31 días, desde el primer corte hasta el último, y se hicieron cálculos para determinar las dosis de los mejoradores correspondientes.

Los tratamientos con sus dosis se presentan a continuación.

Cuadro 3.5 Tratamientos del experimento de invernadero.

Tratamientos	Algaenzim lts/ha	Hümi K 900 kg/ha	Fertilizante
1	6	0	0
2	12	0	0
3	18	0	0
4	0	8	0
5	0	16	0
6	0	24	0
7	0	0	90 - 90 - 00
8	testigo	absoluto	0

Las aplicaciones fueron al suelo y a la planta, las dosis para las macetas al realizarse los cálculos correspondientes a cada tratamiento resultaron: 0.5, 1.0, 1.5 ml del extracto de algas y 0.06, 0.12, 0.18 g para ácidos húmicos, en la dosis de fertilización se utilizó urea y el superfosfato triple, aplicándosele 1.5 g de ambas fuentes.

Se efectuaron siete aplicaciones de los mejoradores en estudio, y seis cortes de zacate haciéndose, primero el corte y posteriormente las aplicaciones, se utilizó el agua de riego para preparar las dosis de los mejoradores esto se realizó mensualmente.

Se realizaron cortes de pasto mensualmente, para cuantificar la cantidad de materia seca por maceta, las cuales se colocaron en el invernadero y se regaron con agua de riego antes señalada, este material vegetal se secó a la estufa a 60 - 65 °C durante 3 - 5 días, después se pesó y se obtuvo filtrado de ésta por el método de mineralización con ácidos.

Es necesario señalar que no se le agregó fósforo a las macetas, solo en el tratamiento siete, y la determinación se realizó directamente, tomándose del aforo 2 ml y se procedió a la determinación por colorimetría.

Las determinaciones de fósforo en el tejido de planta se efectuaron por colorimetría, utilizando para su determinación el método del complejo cloro molibdic, basado en la reacción provocada por la reducción del complejo fosfomolibdic por el cloruro estanoso, en donde la intensidad del color azul desarrollado es directamente proporcional a la concentración de fósforo, (Método de Olsen).

Se analizó cationes solubles (Ca, Mg, Na y K), con la finalidad de determinar que cantidad de estos elementos son adsorbidos por la planta, el calcio y magnesio se

determinaron por volumetría , el sodio por absorción atómica y el potasio por el método de cobaltinitrito de sodio. Los resultados se reportan en por ciento, y los cálculos se realizaron en base a la alicuota (2 ml) tomada de la aforación (50 ml) y 1 g de materia seca calcinada.

El modelo estadístico de acuerdo a este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \xi_i + E_{ij}$$

donde:

$i = 1, 2, 3 \dots$ tratamiento

$j = 1, 2 \dots$ repeticiones

y_{ij} = interacción tratamientos y repeticiones

μ = efecto de la media general

ξ_i = efecto de los tratamientos

E_{ij} = efecto del error experimental

Se tomaron muestras del agua de riego del pozo de bombeo del predio señalado, para establecer su clasificación química y agronómica, (cuadro 3.8) la cual se clasifica C_4S_2 de salinidad potencial (17.56) no recomendable y no apta para todos los cultivos, con el fin de simular las condiciones de campo.

Cuadro 3.6 Análisis químico del agua de riego del rancho "El Potrero" muestra tomada del pozo de bombeo, 1995.

Determinación	Valor en meq/l	Determinación	Valor
Calcio	13.44	Bicarbonatos	9.30 meq/l
Magnesio	9.16	Sulfatos	23.80 meq/l
Sodio	53.26	C.E.	3.2 dS/m
Potasio	5.63	pH	7.54
Carbonatos	1.80	R.A.S	15.9 alto
Cloruros	5.66	% de Na Posible	8.50 medio

Clasificación química: * C_4S_2

* De acuerdo al manual 60

Para el análisis de agua de riego y de acuerdo con los resultados de laboratorio mostrados en el cuadro 3.8 el agua empleada en esta zona es altamente salina, lo cual se atribuye a la salinidad nativa del suelo y al material parental de formación de este, lo que origina altas concentraciones de calcio, sodio, y cloro, estas condiciones junto con el clima de esta región, donde predominan suelos áridos y semiáridos los cuales tienden a salinizarse, dan como resultado valores altos de conductividad eléctrica 3.2 dS/m, pH's ligeramente alcalinos, una salinidad potencial (17.56) la cual es no recomendable y no apta para todos los cultivos, una alta relación de adsorción de sodio de (15.9), un porcentaje de sodio posible de (8.50) mediano, los contenidos de cloruros (5.66 meq/lt) son condicionados para el riego. Todo esto presenta un problema de gran importancia económica para el desarrollo de los cultivos en estas condiciones.

Isotermas de Adsorción de fósforo en suelo.

Isoterma de Adsorción de fósforo se define como una línea que relaciona la cantidad de sustancia absorbida en el medio de contacto en una interfase, con su concentración en equilibrio, Cepeda (1984). Se utilizaron isotermas de adsorción de fósforo para calcular y determinar la capacidad de fijación de fósforo por el suelo, así como para explicar el comportamiento del suelo en su interacción con los mejoradores utilizados respecto a la fijación de este elemento, y conocer los requerimientos de fósforo del suelo en estudio.

La preparación de estas consistió en agregar a 10 gramos de suelo, concentraciones de fósforo del orden de: 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 mg/kg de fósforo, utilizando como solución madre, aportadora de fósforo el KH_2PO_4 , y tomando 2.5, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0 ml de esta solución, que corresponden a las concentraciones de fósforo señaladas anteriormente y en ese orden respectivo, completándose a un volumen de 50 ml con agua destilada haciéndose seis

determinaciones por tratamiento por duplicado, dejándose en agitación por 24 horas, después de ese tiempo se tomo 5 ml de muestra, y se determinó el fósforo en solución por el método de Olsen,

En el cuadro 3.9 se presentan los parámetros de regresión lineal y las bases para las isotermas de adsorción de fósforo de suelo en estudio, correspondiente al suelo sin ninguna aplicación (tratamiento testigo).

Cuadro 3.7 Isotherma de adsorción de fósforo y parámetros de regresión lineal del suelo en estudio.

mg/kg de p agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	51.16	198.84	0.2572	t= 0.261088
500	52.435	447.565	0.11715	a= 0.00136
1000	112.1975	887.04	0.1273	r= 0.60
1500	122.1975	1377.80	0.08869	b= 735.29
2000	133.985	1866.015	0.0718	k= 0.0052
2500	143.635	2356.365	0.06095	

Ecuación para las isotermas de Langmuir: $c/q = 1/b (c) + 1/bk$

donde:

C = Concentración de fósforo de la solución después de la agitación μ/ml

q = Cantidad de fósforo fijado por el suelo μ/g

b = Capacidad máxima de adsorción (mg P/g de suelo)

k = Constante relativa a la energía de adsorción de fósforo.(ml/mg P)

Entonces: $y = ax + t$

Donde: $y = c/q$, $a = 1/b$, $t = 1/bk$, $x = c$

En la regresión lineal :

$$r = r \text{ cuadrada} \quad t = \text{constante de la regresión} \quad a = \text{coeficiente de } x$$

Teniendo entonces la elaboración de la regresión lineal, y los parámetros a y t , podemos conocer el valor de b y K de la ecuación de Langmuir (cantidad máxima; y energía de adsorción de fósforo b y K respectivamente), lo cual permite apreciar que el suelo en estudio se considera altamente fijador de fósforo, ya que se muestra un factor capacidad (fijación) elevado 735.26 mg de P/kg de suelo, no obstante no se observa una alta energía de fijación (0.0052), esto permite indicar que el suelo puede presentar inestabilidad para mantener el factor intensidad (fósforo en solución) de forma más efectiva.

En la figura 3.3 se presenta la isoterma de adsorción de fósforo del suelo en estudio en forma gráfica.

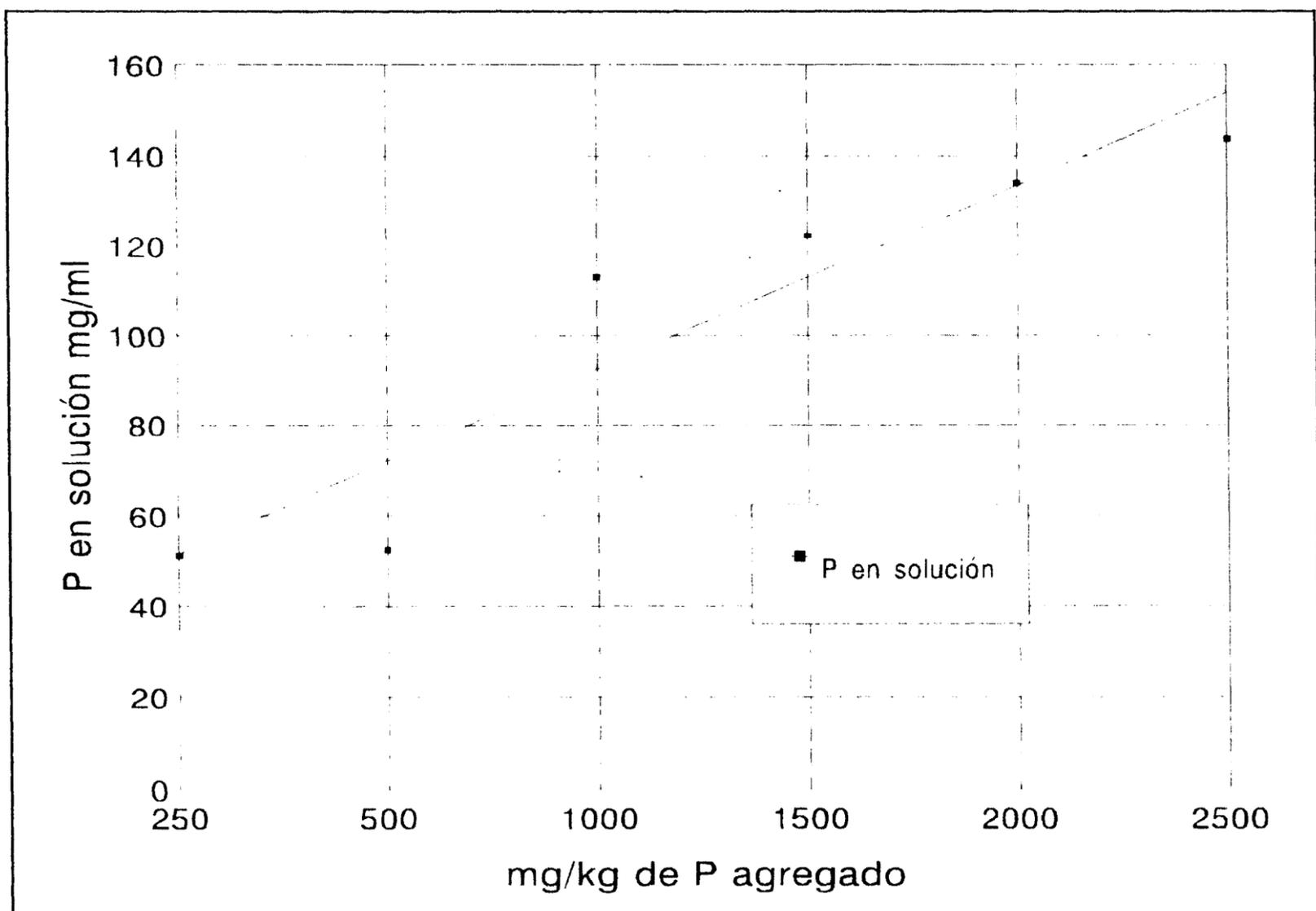


Figura 3.3 Isoterma de adsorción de P del suelo en estudio.

Se puede considerar por lo tanto que el suelo en estudio no permite un suministro adecuado de fósforo a los cultivos, lo anterior concuerda con las investigaciones realizadas en este tema, que indican que la aptitud de un suelo a mantener constante la concentración de la solución de un suelo esta determinada por el poder fijador del mismo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento de campo.

Se caracterizaron las muestras de suelo con los análisis en el laboratorio. Las determinaciones se muestran en los cuadros (4.1 y 4.2) donde se presentan los resultados de los análisis de suelo antes de establecer el experimento. En ellos se puede establecer que se trata de un suelo pobre en materia orgánica (0.61 y 0.30% en ambos horizontes) lo que origina un bajo contenido de nitrógeno total, las cantidades de potasio indican que es un suelo mediano, por lo que el suelo no es deficiente en este elemento, el pH del suelo es mayor de 8.0 y se clasifica como medianamente alcalino, la conductividad eléctrica es mayor de 10 dS/m, por lo que el suelo en estudio es altamente salino, el suelo presenta una capacidad de intercambio catiónico (de 30 meq/100 g). Las concentraciones de sodio, como catión predominante son altas principalmente en el primer horizonte, debido al movimiento ascendente de este catión por evaporación a través de los horizontes del suelo, la relación sodio-calcio es 2:1, lo cual afecta las propiedades físicas y químicas y aumenta la salinidad del suelo. Esto se consideró como estado inicial del suelo para la aplicación de los tratamientos.

Cuadro 4.1 Propiedades físicas y químicas determinadas .

Horizonte	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Da gs/cm ³	C.E dS/m	pH rel. (2:1)	C.I.C meq/g
(1) 0 - 25 cm	47.5 %	27.5 %	25.0 %	Migajón	1.38	8.0	8.2	30.22
(2) 25 - 40 cm	45.0 %	27.5 %	27.5 %	Migajón	1.42	10.0	8.3	30.21

Cuadro 4.2 Análisis de Salinidad (Cationes y aniones en meq/lt).

Horizonte	m.o %	Ca	Mg	Na	K	Cl ⁻	SO ₄	HCO ₃ ⁻
(1) 0 - 25 cm	0.618	169.47	8.70	329.56	4.87	55.60	514.09	10.38
(2) 25 -40 cm	0.313	203.97	6.58	296.33	2.28	52.82	599.77	6.08

En cuadro 4.3 se puede observar que el catión más concentrado es el sodio, cuyos valores sobrepasan al calcio y magnesio juntos, los valores de potasio son bajos, el anión más concentrado es el sulfato seguido por el cloro, bicarbonato y carbonatos, y los tratamientos uno y cuatro presentaron el mejor efecto sobre la salinidad del suelo por tener los valores más bajos de cationes y aniones en esta aplicación, sin embargo no pudieron superar al testigo que fue el que presentó valores inferiores a estos. Estos resultados comparados con el estado inicial del suelo, nos muestran una disminución en el pH y C.E en todos los tratamientos, en los cationes solo el K presentó un aumento, en los aniones se presentaron CO₃ solubles y en general la concentración de estos tendió a bajar, lo cual nos muestra el efecto positivo de los mejoradores sobre las sales, por su efecto hidrolizante y adsorbente los cuales absorben los iones que provocan alta salinidad en el suelo como el Na y SO₄, poniendo en solución a otros como el K y el Cl.

Cuadro 4.3 Valores medios obtenidos de pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt)* del primer muestreo del primer horizonte, después del experimento.

Tratamiento	pH	C.E	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
A*- 3 lts/ha	7.85	3.25	37.23	35.29	84.059	6.59	4.325	7.35	8.85	101.04
A - 6 lt/ha	7.65	3.325	40.73	45.15	99.815	10.79	3.75	10.57	6.95	122.63
A - 9 lt/ha	7.77	4.75	41.84	34.13	103.44	13.72	3.52	9.38	9.97	126.48
H*- 4 kg/ha	7.75	4.30	28.25	30.70	89.67	9.39	3.67	7.79	10.06	98.102
H- 8 g/ha	7.62	5.50	30.06	30.37	107.50	11.11	3.74	11.53	11.37	115.92
H- 12 kg/ha	7.88	5.80	36.29	32.78	131.71	11.38	3.75	12.11	13.97	135.55
90 -90-0	7.75	5.75	38.80	46.15	108.44	9.55	3.52	9.33	14.13	123.16
testigo	7.81	5.40	33.97	29.75	83.90	10.14	3.25	7.78	20.62	95.11

*A = extracto de algas H = ácidos húmicos

En las figuras 4.1 y 4.2 podemos observar el comportamiento de los tratamientos aplicados al suelo en el primer horizonte, donde resultaron mas sobresalientes los tratamientos uno y cuatro por presentar una disminución en los cationes y aniones, sin embargo no pudieron superar al testigo, que fue el que presentó los valores inferiores de estos, El análisis de varianza se presenta en el cuadro 4.2. Donde podemos observar diferencias estadísticas significativas en la mayoría de los parámetros en estudio, tanto en los tratamientos como en los bloques, y solo en los carbonatos y bicarbonatos no se encontró significancia.

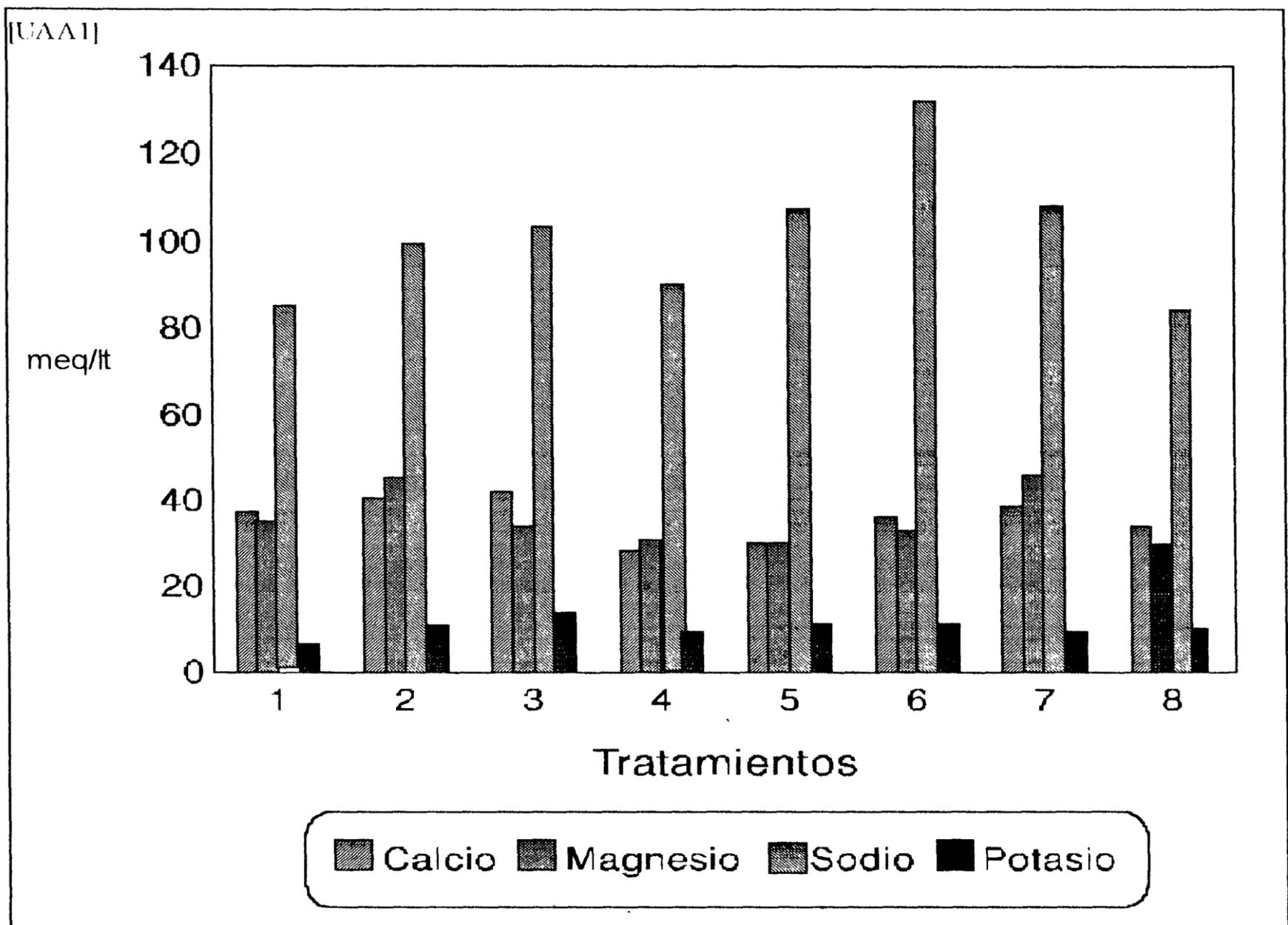


Figura 4.1 Cationes (meq/lt)^(R) promedio del primer horizonte; primer muestreo

® Datos obtenidos a partir de una pasta de saturación considerando el peso de suelo en relación a su textura (350 grs) y un volumen de agua conocido (150 ml), por lo que los resultados de los análisis se reportarán en meq/lt por estar en un extracto de saturación.

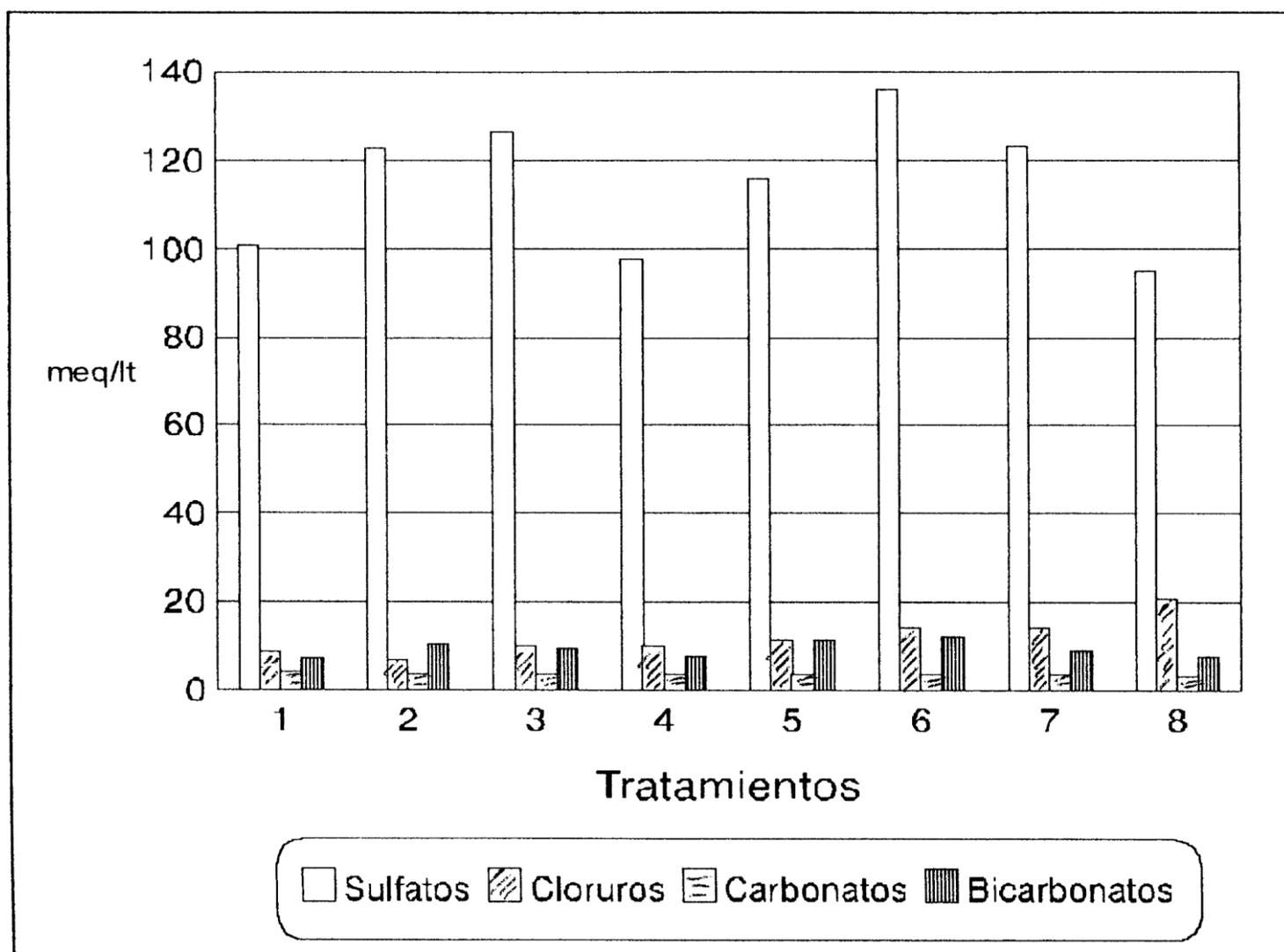


Figura 4.2 Aniones (meq/lt) promedio del primer horizonte; primer muestreo.

Cuadro 4.4 Análisis de Varianza para las variables pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) del primer muestreo del primer horizonte.

F.V	G.L	pH	C.E	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl	CO ₃	HCO ₃
Trats.	7	0.5 ns	0.2 *	0.6 ns	0.5 ns	0.08 *	0.2 ns	0.2 ns	0.01 *	0.9 ns	0.2 ns
Bloqs	3	0.01 *	0.0**	0.6 ns	0.1 *	0.2 ns	0.03 *	0.08 *	0.00**	0.7 ns	0.2 ns
Error	21	0.039	3.0	141.9	208.3	466.9	11.0	575.8	21.4	3.03	8.50
C.V	%	2.55	36.7	33.1	40.5	21.3	32.1	20.9	39.7	47.12	30.76

*significativo al 5 %

** Altamente significativo al 1%

ns : no Significativo

En el cuadro 4.5 se presentan los resultados de salinidad del primer muestreo del segundo horizonte, donde podemos observar la misma tendencia en cuanto a los valores obtenidos de los cationes y aniones, donde el sodio, sulfatos y cloruros resultaron ser los aniones más concentrados y los tratamientos más sobresalientes por presentar una disminución en su contenido de cationes y aniones fueron el uno y cuatro, los resultados estadísticos se presentan en el cuadro 4.6 donde podemos observar que los valores

altamente significativos se presentaron los bloques y no entre los tratamientos, los valores de los carbonatos y los bicarbonatos al igual que en el primer muestreo del primer horizonte resultaron no significativos. Considerando el análisis de salinidad del suelo en su estado inicial y los resultados obtenidos podemos observar que nuevamente los valores de pH descendieron de 8.0 a 7.62 valor obtenido del tratamiento uno y la C.E de 8.0 a 4.45 valor obtenido del tratamiento cuatro y se encontró la misma tendencia en los cationes alto sodio, similares valores de calcio y magnesio y poco potasio, en aniones disminuyó considerablemente HCO_3 , y SO_4 .

Cuadro 4.5 Valores medios obtenidos de pH, C.E (dS/m), Cationes y aniones (meq/lt) primer muestreo del segundo horizonte, después de la aplicación de los mejoradores en el experimento.

Tratamiento	pH	C.E	Ca	Mg	Na	K	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4
A - 3 lt/ha	7.67	5.52	34.92	37.26	123.95	3.99	2.88	6.49	9.22	142.76
A - 6 lt/ha	7.72	5.75	42.52	45.95	115.16	5.04	2.59	7.47	9.89	147.70
A - 9 lt/ha	7.70	6.37	40.79	38.17	126.03	6.27	5.11	7.35	15.9	145.93
H - 4 kg/ha	7.71	4.45	35.40	34.35	92.39	5.23	3.02	8.43	9.91	138.09
H - 8 kg/ha	7.76	8.00	38.86	34.48	113.61	5.19	2.45	8.86	19.1	131.18
H-12 kg/ha	7.70	8.22	34.20	41.48	108.45	8.28	3.24	8.36	14.2	130.71
90 -90 - 0	7.72	4.47	37.07	34.09	105.40	7.62	3.75	8.01	7.48	126.09
testigo	7.72	6.0	30.85	24.72	103.73	4.95	4.10	7.28	10.7	117.80

A = extracto de algas H = ácidos húmicos

Cuadro 4.6 Análisis de Varianza para las variables pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) correspondientes al primer muestreo del segundo horizonte.

F.V	G.L	pH	C.E	Ca	Mg	Na	K	SO_4	Cl	CO_3	HCO_3
Trats.	7	0.9 ns	0.25ns	0.9 ns	0.7 ns	0.5 ns	0.1 *	0.8 ns	0.1 *	0.00**	0.2 ns
Bloqs	3	0.00**	0.00**	0.3 ns	0.2 ns	0.5 ns	0.00**	0.9 ns	0.09 *	0.7 ns	0.2 ns
Error	21	0.031	3.06	157.6	275.11	538.3	4.99	923.8	35.62	0.79	8.50
C.V	%	2.29	36.7	34.0	45.5	20.8	38.3	22.5	49.4	26.3	30.7

*significativo al 5 %

** Altamente significativo al 1%

ns : No Significativo

En las figuras 4.3 y 4.4 podemos observar el comportamiento de los tratamientos en el primer muestreo del segundo horizonte, donde se presenta la misma tendencia de los tratamientos uno y cuatro, Sin embargo igual que en el primer horizonte no superaron al tratamiento ocho (testigo).

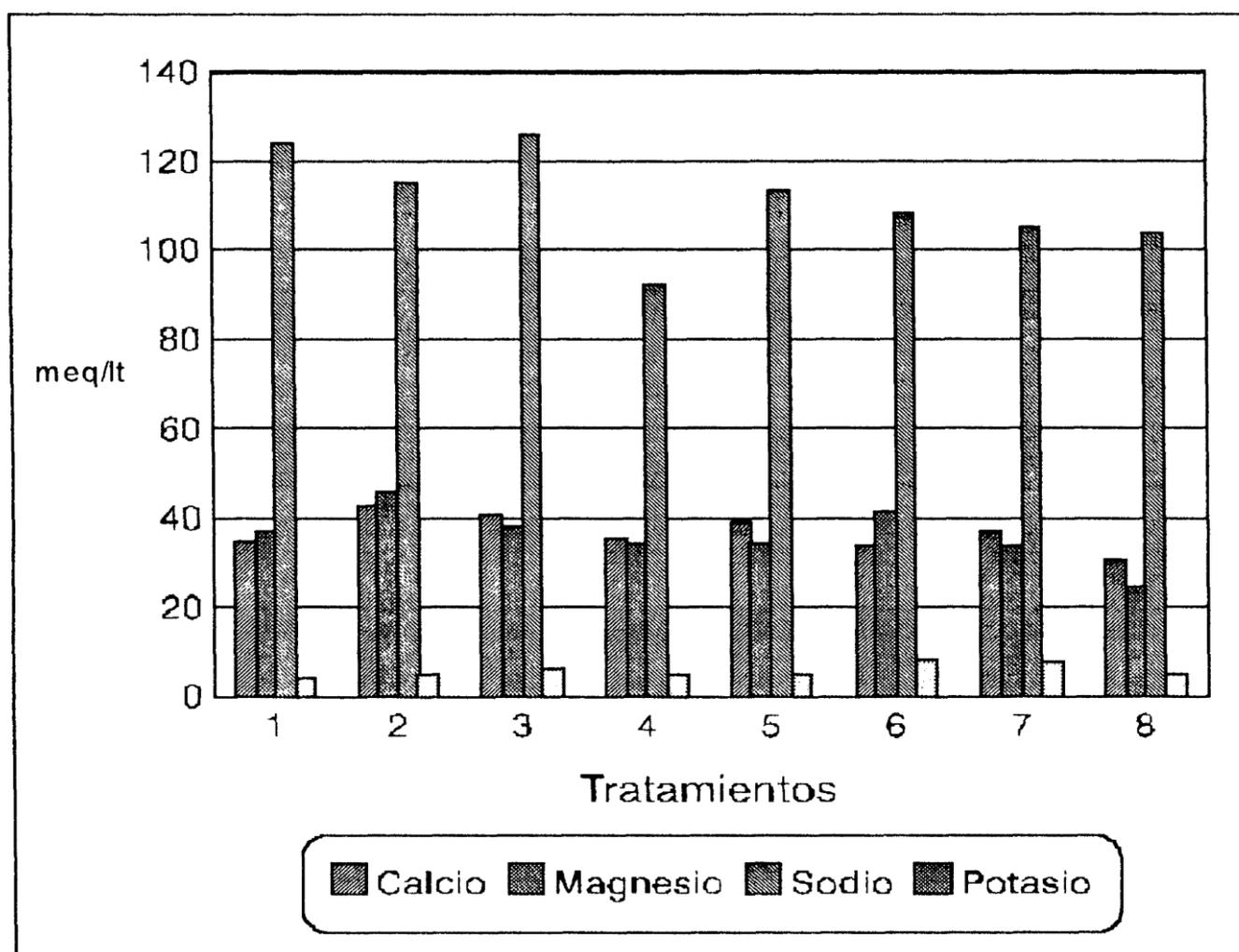


Figura 4.3 Cationes promedio (meq/lt) del segundo horizonte del primer muestreo.

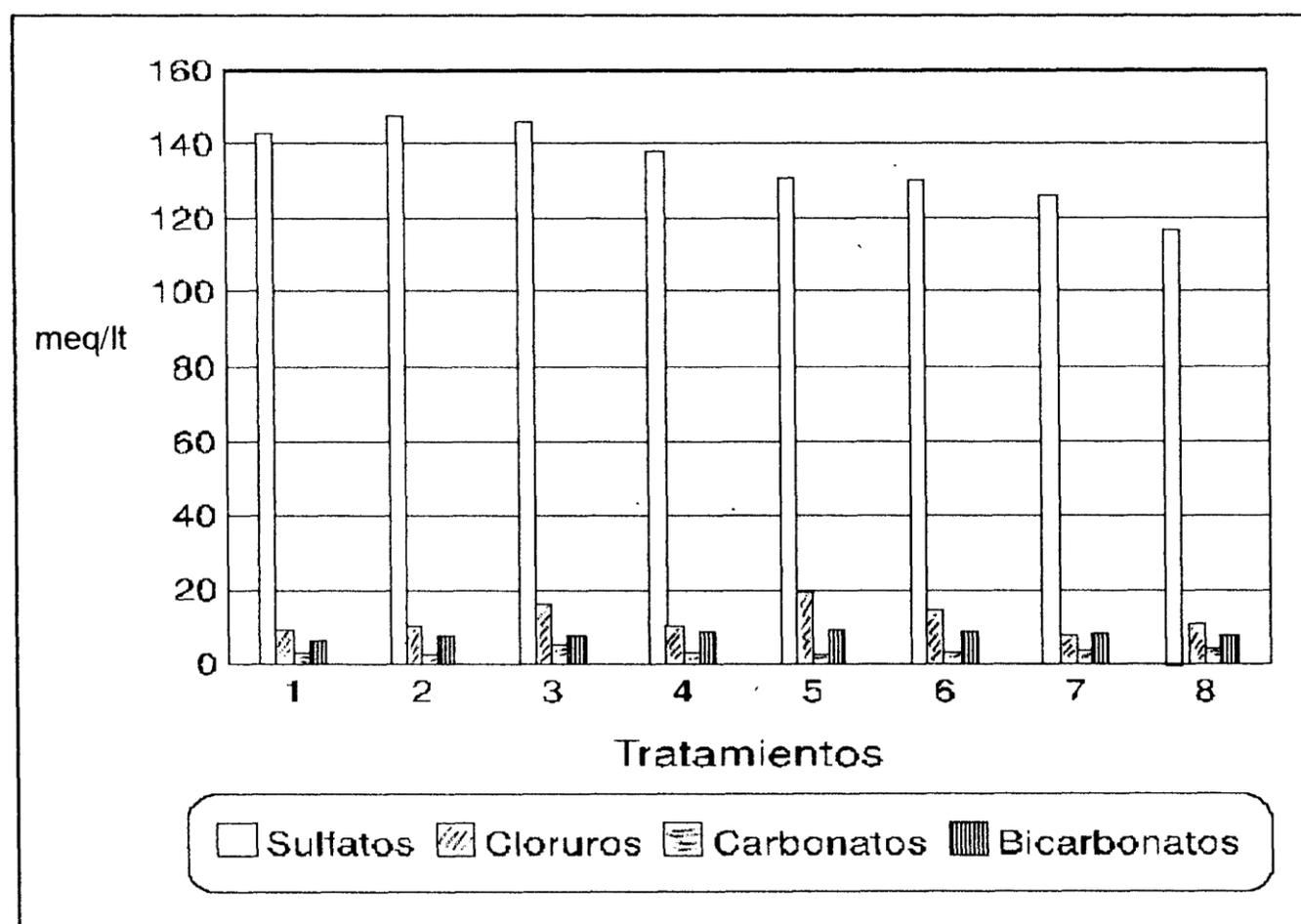


Figura 4.4 Aniones (meq/lt) promedio del segundo horizonte del primer muestreo.

Los resultados del análisis de salinidad del segundo muestreo, del primer horizonte. Se muestran en el cuadro 4.7, donde podemos observar que la conductividad eléctrica (C.E) en términos generales no varió respecto a la anterior aplicación y los cationes y aniones más concentrados fueron sodio, y sulfatos, el tratamiento que presentó la mayor disminución en la salinidad fue el uno y seis, con una tendencia general de menor concentración de cationes y aniones, sin embargo el tratamiento testigo siguió presentando baja concentración de cationes y aniones. En este muestreo al igual que en el anterior y considerando el análisis de salinidad del suelo antes de la aplicación disminuyó notablemente la concentración de pH, en un rango de 8.3 a 7.65, la C.E descendió en más de seis unidades (de 10 dS/m estado inicial a 3.85 dS/m del tratamiento uno, respecto a la concentración de los cationes el comportamiento fue similar que en ambos horizontes del primer muestreo ya que la concentración descendió en los mismos elementos (Na, Ca), aumento en (Mg y K), en los aniones un ligero aumento de HCO_3 y disminución en Cl y SO_4 y se encontró CO_3 solubles.

Estos resultados se deben posiblemente al efecto de la alta concentración de sales en el suelo, las cuales tienen un movimiento ascendente a través de los horizontes y se acumulan en la superficie, lo cual disminuyó el efecto de los mejoradores sobre la salinidad. Sin embargo podemos notar que los mejoradores tanto el extracto de algas marinas como los ácidos húmicos por su efecto de acción adsorbente e hidrolizante, presentaron buenos resultados sobre la salinidad nativa del suelo.

Respecto al ANVA, (cuadro 4.8) se encontraron valores altamente significativos en las aplicaciones de los tratamientos de calcio y cloro, siendo los demás no significativos, en los valores de los bloques los resultados en su mayoría fueron no significativos, sin embargo el efecto de los mejoradores sobre los valores de pH y CE que representan la salinidad y sodicidad del suelo fueron menores respecto que a la anterior aplicación.

07408**BANCO DE TESIS**

Cuadro 4.7 Valores medios obtenidos de pH, C.E (dS/m), Cationes y aniones (meq/lt) del segundo muestreo del primer horizonte, después de la aplicación de los mejoradores en el experimento.

Tratamiento	pH	C.E	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
A* - 3 lt/ha	7.65	3.85	48.72	38.75	105.83	13.61	4.75	8.86	7.830	130.94
A - 6 lt/ha	7.70	4.02	36.12	37.75	101.12	11.49	4.54	11.30	8.190	120.90
A - 9 lt/ha	7.72	5.85	36.37	34.00	113.95	13.55	6.70	7.36	10.08	130.55
H* - 4 kg/ha	7.77	6.22	42.50	39.00	104.30	11.82	4.10	7.93	13.28	129.21
H - 8 kg/ha	7.70	6.97	65.44	46.00	113.45	12.78	3.56	8.86	16.33	145.64
H - 12 kg/ha	7.72	4.47	39.52	39.00	106.87	13.75	4.86	11.01	7.815	131.36
90-90-0	7.82	4.05	41.64	45.75	91.15	13.06	3.89	10.17	8.850	128.20
testigo	7.87	4.62	28.65	33.77	101.36	8.780	3.02	9.94	9.032	114.98

*A = extracto de algas H = ácidos húmicos

Cuadro 4.8 Análisis de Varianza para las variables pH, C.E (dS/m), Cationes y Aniones (meq/lt) correspondientes al segundo muestreo del primer horizonte.

F.V	G.L	pH	C.E	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl	CO ₃	HCO ₃
Trats.	7	0.2 ns	0.2 ns	0.01**	0.6 ns	0.6 ns	0.6 ns	0.5 ns	0.01**	0.1*	0.5 ns
Bloqs	3	0.01 *	0.05 *	0.7 ns	0.1 *	0.3ns	0.4ns	0.04 *	0.02ns	0.2 ns	0.7 ns
Error	21	0.013	3.94	150.8	106.2	304.9	14.8	338.4	11.8	2.42	8.72
C.V	%	1.52	36.6	28.9	26.2	16.6	31.1	14.2	33.7	35.1	31.32

*significativo al 5 %

** Altamente significativo al 1%

ns : No Significativo

En las figuras 4.5 y 4.6 se muestran los valores medios de los cationes y aniones, correspondientes al segundo muestreo del primer horizonte, donde podemos observar que el tratamiento uno y seis fueron los que presentaron la menor concentración de cationes y aniones, y la concentración disminuyó en algunos iones como el sodio y los sulfatos por el efecto combinado de ambos mejoradores los cuales tienden a solubilizar las sales facilitando así su lixiviación a horizontes inferiores.

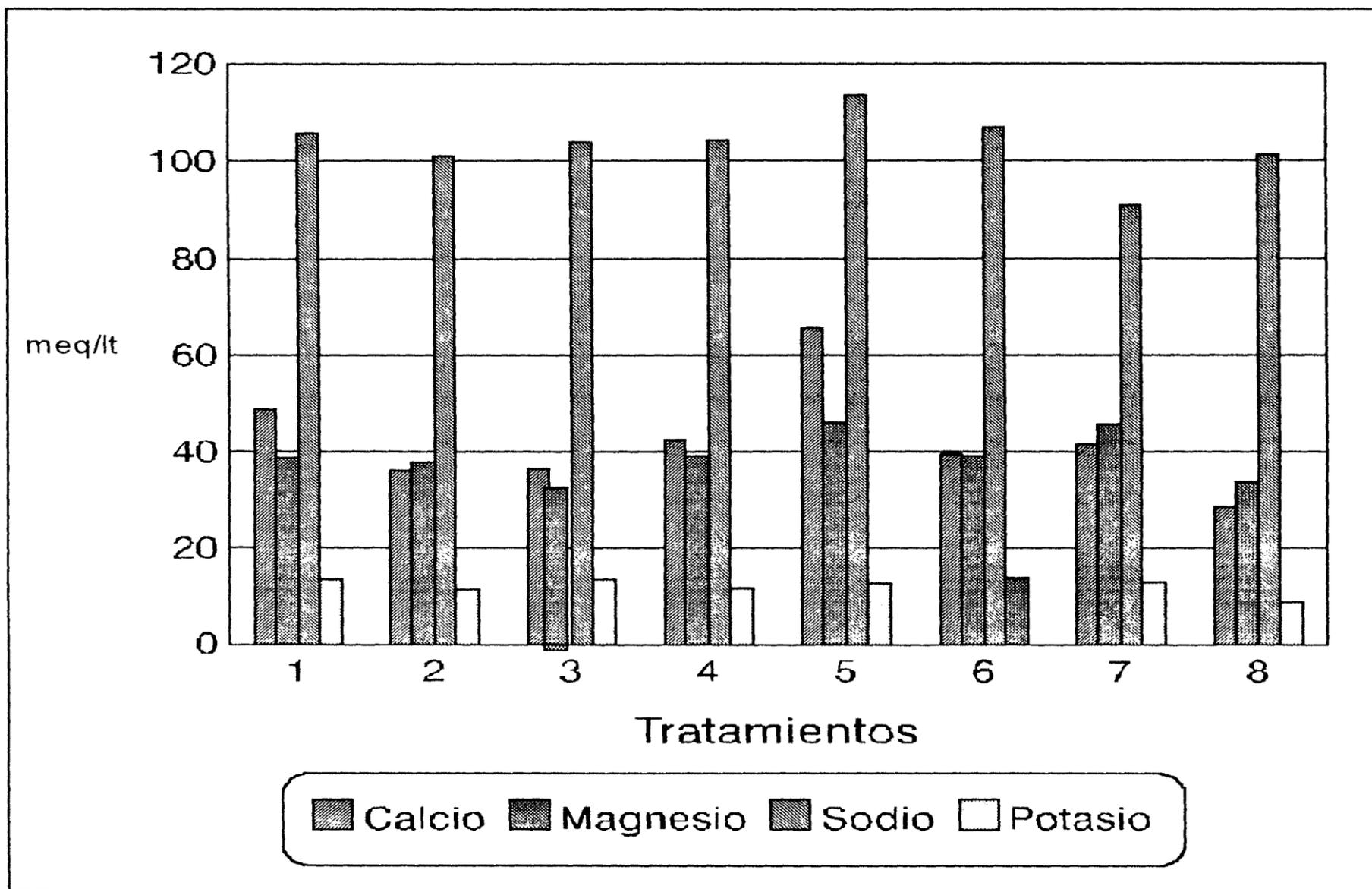


Figura 4.5 Cationes (meq/L) promedio correspondientes al segundo muestreo

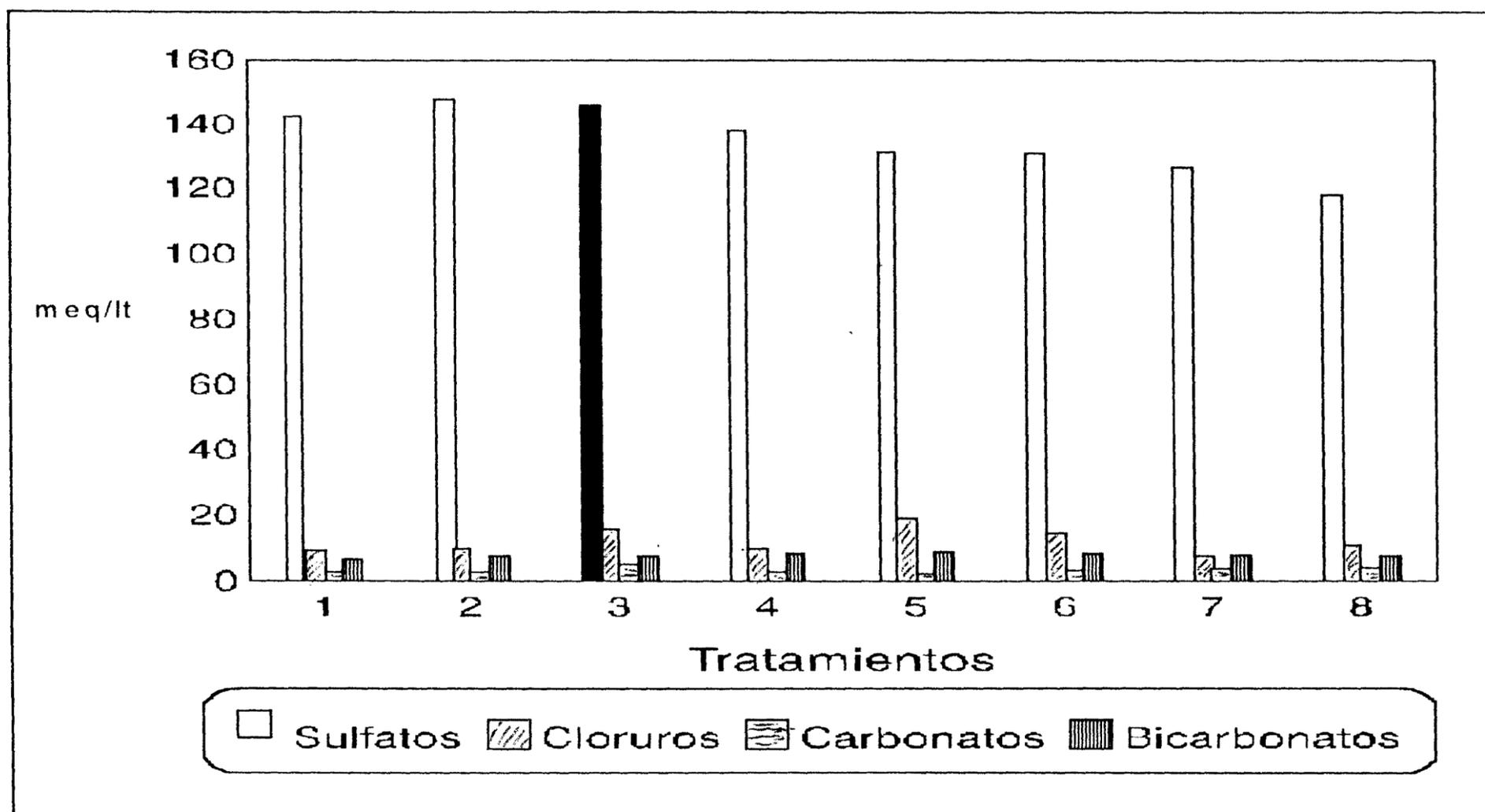


Figura 4.6 Aniones (meq/L) promedio correspondientes al segundo muestreo.

En la figura 4.7 podemos observar que en la primera aplicación del primer horizonte, el tratamiento cinco (Ácidos húmicos) fue el que disminuyó en mayor proporción el pH (7.62) y el tratamiento uno de Extracto de algas la conductividad eléctrica (3.25 ds/m); en tanto en el segundo horizonte el tratamiento uno fue el mejor en pH (7.67) y conductividad eléctrica (4.45 ds/m) con los valores más bajos; y en el segundo muestreo del primer horizonte el tratamiento uno del Extracto de algas fue el que disminuyó en mayor proporción el pH (7.65) y la conductividad eléctrica (3.85 ds/m) considerando los resultados anteriores los mejores tratamientos fueron el uno y cinco, sobresaliendo el uno (3 lt/ha) del extracto de algas en ambas aplicaciones y los dos horizontes. Sin embargo, podemos notar que en los muestreos realizados no se aprecian grandes fluctuaciones entre los valores obtenidos de pH y conductividad eléctrica entre los tratamientos de los mejoradores y el testigo. Tal comportamiento de las sales se le atribuye al material parental que constituye al suelo y por la evapotranspiración que es muy alta y predomina sobre las precipitaciones, lo cual provoca ascenso de los cationes y aniones solubles. De igual forma el tratamiento ocho (testigo) en la primera y segunda aplicación de ambos horizontes presentó valores bajos principalmente en cationes y aniones.

Respecto a la concentración de sales, mostrados en el análisis de salinidad inicial del suelo en estudio, podemos observar que los valores de pH descienden en un rango de 8.2 a 7.62 lo cual es significativo, e indica una concentración menor en la sodicidad, los valores de conductividad eléctrica también muestran esta tendencia en un rango de 10 ds/m a 3.85 ds/m, lo cual muestra una disminución importante en la concentración de sales.

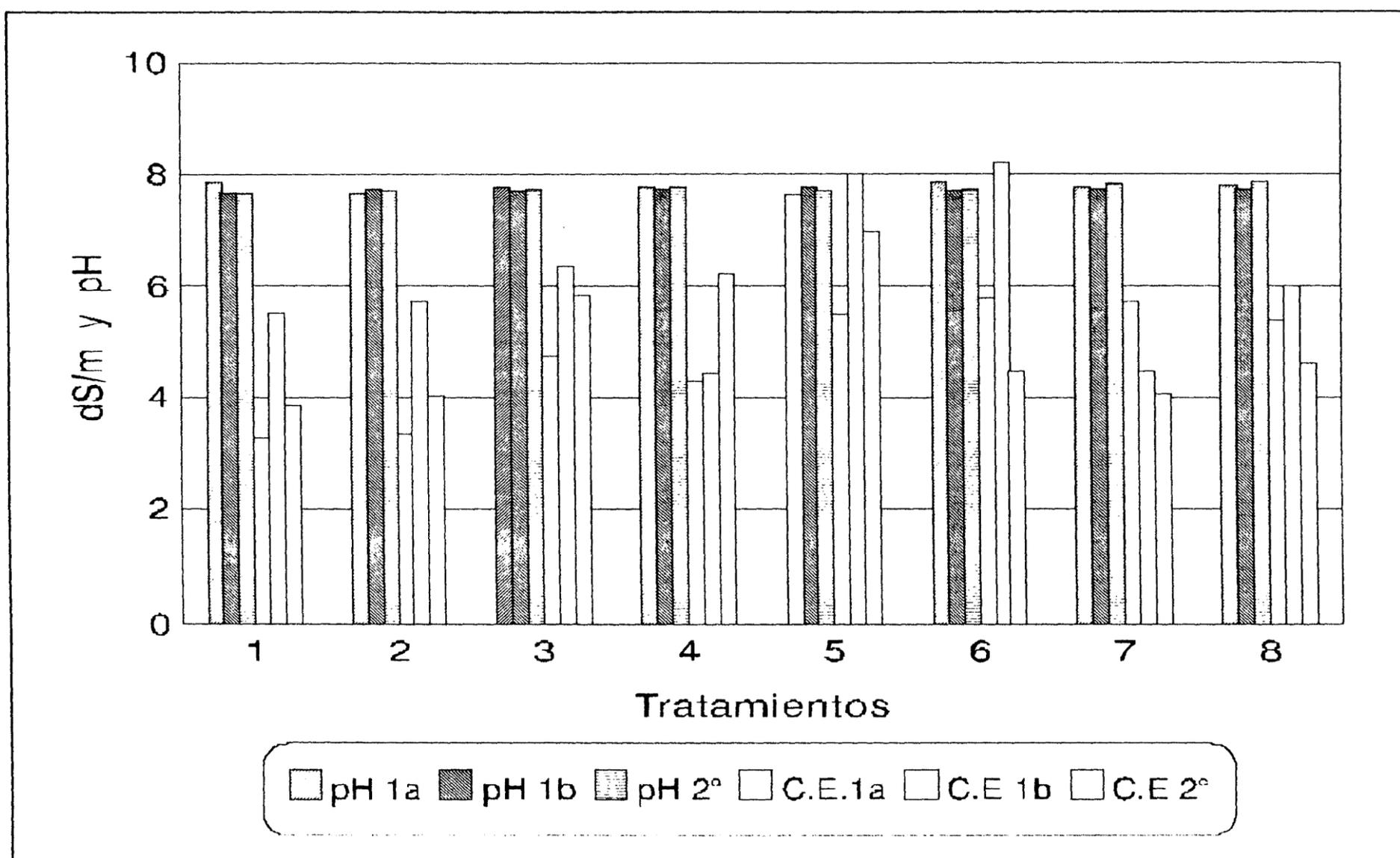


Figura 4.7 pH y C.E correspondiente a las dos aplicaciones del primero y segundo horizonte.

Los cationes que presentaron una tendencia descendente más importante, en su concentración respecto a su estado inicial fueron el sodio, calcio y magnesio, en los aniones fueron los sulfatos y cloruros, esto muestra el efecto de los mejoradores sobre algunos compuestos insolubles del suelo como (CaCO_3 , CaHCO_3 , MgSO_4) abundantes en regiones áridas.

Debido a las condiciones observadas podemos afirmar que por el contenido de arcilla en ambos horizontes se provoca el ascenso de las sales por capilaridad; esta característica es común en los suelos salinos de las regiones secas con horizontes salinos (sales acumuladas en la superficie por evapotranspiración principalmente), debido a que su formación se ve fomentada por las acumulaciones periódicas de agua de las precipitaciones en lagos estacionales de cuencas endorréicas (Metting, 1990).

En general considerando los análisis de varianza de las dos aplicaciones, de ambos muestreos de los dos horizontes, podemos observar diferencias significativas, altamente significativas y no significativas entre los resultados de los cationes y aniones entre los tratamientos. El pH y conductividad eléctrica resultaron ser significativos entre los bloques, no así entre los tratamientos donde los valores fueron principalmente no significativos; este comportamiento de los tratamientos nos indica que el suelo en estudio es heterogéneo en la composición parental de sus horizontes lo que origina este comportamiento, y de alguna manera afecta el comportamiento de los tratamientos para que su efecto no sea significativo sobre las salinidad.

Por lo anterior podemos indicar que el suelo se clasifica en su mayoría como salino y tiende a sodificarse considerando los altos valores de sodio cuantificados, respecto a los tratamientos aplicados el uno y cuatro presentaron los mejores resultados en la disminución en la salinidad.

Experimento en Invernadero.

En los cuadros 4.9 y 4.10 se puede observar el comportamiento de la salinidad del suelo antes y después de la aplicación de los mejoradores.

Cuadro 4.9 Análisis de Salinidad pH, C.E, Cationes y Aniones (meq/lit) del suelo en estudio antes de establecer el experimento.

Horizonte	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl ⁻	SO ₄	HCO ₃ ⁻	C.E
1	8.2	169.47	8.70	329.56	4.87	55.60	514.09	10.38	8.0

Cuadro 4.10 Análisis de Salinidad del suelo en estudio después de la aplicación de los mejoradores en el experimento de Invernadero.

Tratamiento.	pH	C.E	Ca	Mg	K	Cl	HCO ₃
A-6 lt/ha	7.6	4.5	19.8	12.9	3.32	16.35	4.5
A-12 lt/ha	7.8	7.0	14.7	14.6	5.69	40.33	2.0
A-18 lt/ha	7.8	7.0	17.3	14.5	1.06	41.42	9.5
H- 8 kg/ha	7.5	5.0	16.4	15.4	1.25	27.25	6.5
H-12 kg/ha	7.7	8.0	16.1	15.7	1.25	33.79	7.0
H-24 kg/ha	7.8	4.0	16.9	17.2	0.36	23.79	5.5
90-90-0	7.6	5.0	20.5	18.1	0.66	22.89	5.5
Testigo	7.6	5.9	22.4	22.3	1.99	20.70	3.5

Por los resultados antes señalados podemos observar como el pH inicial disminuyó de 8.2 a 7.5 valor más bajo resultante (tratamiento cuatro), la C.E presentó la misma tendencia con valores de 8.0 a 4.0 (tratamiento seis) lo cual representa una menor concentración de sales en el perfil del suelo y el efecto benéfico de los mejoradores, el calcio disminuyó considerablemente de su concentración inicial en todos los tratamientos, el magnesio aumentó en todos los tratamientos; el potasio aumento el los tratamientos uno y dos por la posible adición de este elemento por el extracto de algas pero después descendió en todos los demás, los cloruros disminuyeron y lo bicarbonatos también pero presentaron un aumento en los tratamientos tres, cuatro y cinco; no se encontraron

carbonatos solubles en análisis antes y después realizado, lo cual nos indica que estos se encuentran enlazados posiblemente en las arcillas del suelo formando compuestos salinos. El sodio y los sulfatos presentan una alta concentración inicial, en el análisis posterior no se presentan sin embargo por la tendencia encontrada en todos los iones, los cuales en términos generales disminuyeron se esperaría la misma respuesta, estos resultados en la concentración salina del suelos muestran un efecto benéfico de los mejoradores, los mejores tratamientos fueron el uno y el seis, los cuales presentaron los valores más bajos en la Conductividad eléctrica la cual representa el índice salino. Los cambios observados en ambos análisis, nos muestran que la salinidad nativa del suelo disminuyó por la acción de extracto de algas, el cual libera los nutrimentos y su efecto enzimático - catalítico reacciona biológicamente sobre los compuestos salinos del suelo hidrolizándolos (Canales, 1987) y a los ácidos húmicos los cuales incrementan la liberación de nutrimentos en la solución del suelo y su alta concentración de cargas negativas, las cuales absorben los iones de sodio y sodio, para convertirlos en componentes orgánicos lo cual impide su reacción salina (Ohehi Group, 1993).

En los siguientes cuadros y figuras se muestra el comportamiento del pH, C.E, Cationes y Aniones en solución, de los análisis de los filtrados.

Potencial de Hidrógeno (pH)

En lo que se refiere al pH, en general a través de las aplicaciones no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, como se puede apreciar en el cuadro 4.11 y figura 4.8, donde las aplicaciones primera, cuarta y séptima son las más diferenciadas, respecto al efecto de los mejoradores, para la aplicación del extracto de algas el tratamiento tres de la cuarta aplicación fue el mejor con un pH de 7.8, para los ácidos húmicos, resulto mejor el tratamiento cinco de la sexta aplicación con 7.9, por lo que podemos decir que ambos mejoradores presentaron el mismo efecto sobre este

parámetro, y fueron superiores al testigo y a la dosis de fertilización, ya que ambos presentaron la misma respuesta a través de las aplicaciones, sin embargo podemos notar que si existe un cambio favorable al suelo respecto a este parámetro, ya que este disminuyó de 8.5 (valor más alto encontrado en la primera aplicación) a 7.8 y 7.9 de los tratamientos y cortes ya mencionados, este comportamiento se le atribuye a la fluctuación de las sales a través de perfil de suelo en la maceta, a la influencia combinada de los mejoradores quienes disocian los iones sobre todo en el séptimo corte que presenta los valores más bajos de los tratamientos posiblemente por que la dosis aplicadas fueron triplicadas, y al efecto de los ácidos húmicos, los cuales actúan como ácidos débiles, acidificando la solución del suelo, lo que provoca una disminución del pH a través del tiempo, y al manejo del suelo el cual fue sometido a lavados mensuales con el agua de riego.

Omega (1989) menciona que la adición de sustancias húmicas disminuyen el valor de pH: esto debido a los productos liberados en su proceso de incorporación. En este caso si se manifestó esta tendencia, por la disminución de pH en los rangos antes señalados.

Cuadro 4.11 Valores medios de pH, correspondiente a cada aplicación

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic. 3	aplic. 4	aplic. 5	aplic. 6	aplic. 7
A - 6 lt/ha	8.47	8.40	8.05	8.05	8.10	8.25	8.15
A - 12 lt/ha	8.41	8.40	8.00	7.95	8.05	8.20	8.20
A - 18 lt/ha	8.41	8.29	8.15	7.80	8.10	8.15	8.00
H - 8 kg/ha	8.41	8.40	8.10	7.95	8.20	8.35	8.00
H - 16 kg/ha	8.50	8.40	8.10	8.02	8.00	8.10	7.90
H - 24 kg/ha	8.42	8.30	8.10	8.10	8.15	8.25	8.05
90-90-0	8.50	8.29	8.05	8.10	8.25	8.29	8.05
testigo	8.42	8.45	8.15	8.20	8.15	8.25	8.00

A = algaenzims

H = humik - 900

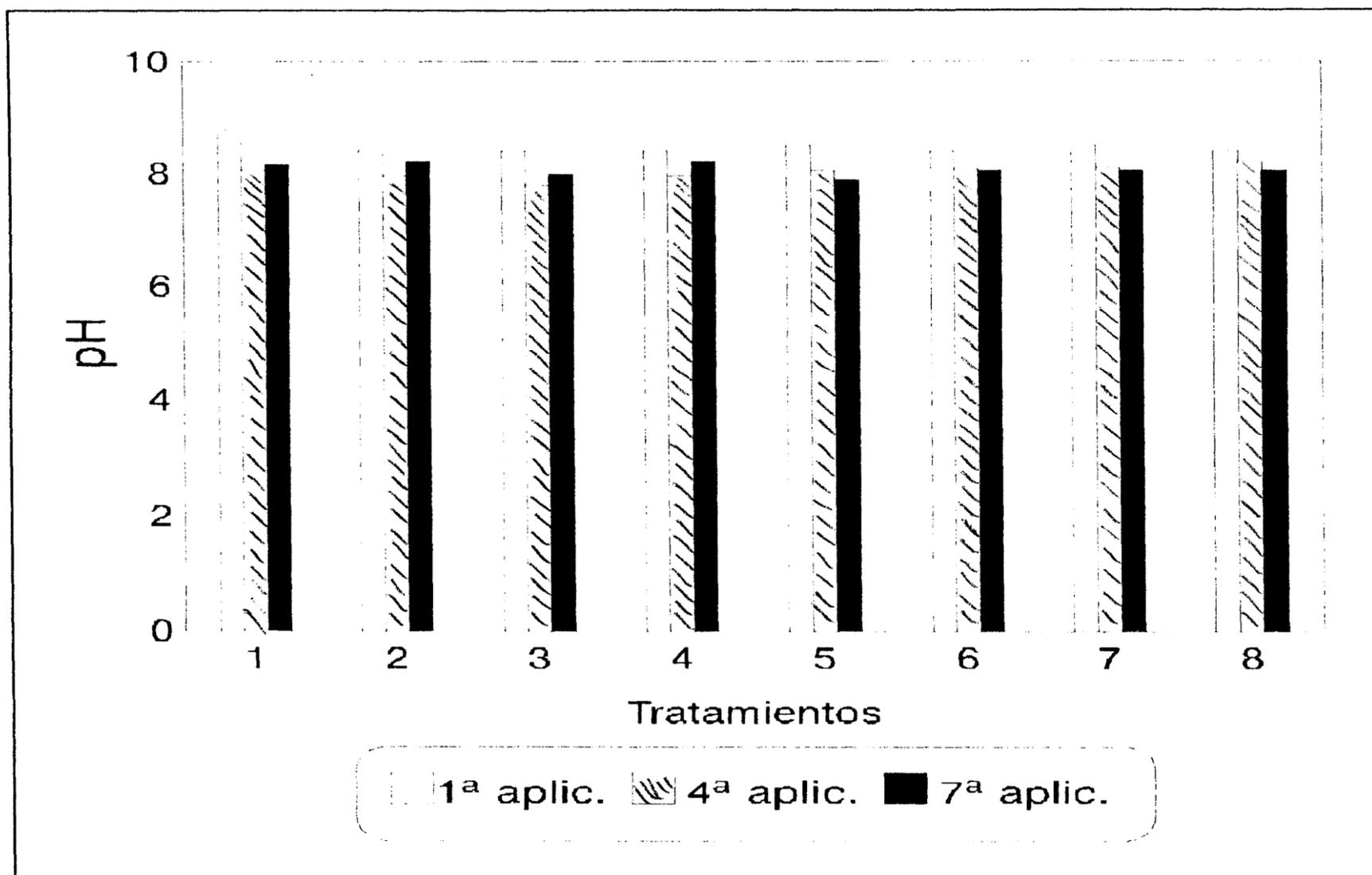


Figura 4.8 valores de pH correspondientes a las aplicaciones más diferenciadas

Conductividad eléctrica (C.E).

En el cuadro 4.12 se presentan los valores medios de conductividad eléctrica para cada aplicación, donde podemos observar que en las tres primeras aplicaciones no se aprecian diferencias, ya que los valores obtenidos son iguales, esto debido a que no se hicieron diluciones para la medición del extracto de salinidad en el puente de Wheastone obtenido por maceta, sin embargo se considera una salinidad extremadamente alta, ya que representa el punto máximo de medición del aparato.

En la figura 4.9 se presentan los resultados de las aplicaciones donde se hicieron diluciones, para el extracto de salinidad; donde podemos apreciar una disminución de la conductividad eléctrica a través de las aplicaciones en todos los tratamientos, para el extracto de algas el mejor tratamiento resultó el dos con 18.31 ds/m, y para los ácidos

húmicos el número uno con 15.81.48 ds/m, ambos superaron al tratamiento testigo, el tratamiento siete que corresponde a la dosis de fertilización utilizada presentó el valor más bajo con 11.82, por los resultados obtenidos podemos señalar que al aumentar el nivel de las dosis utilizadas se observa una disminución de la conductividad eléctrica, esta disminución en la salinidad se atribuye al efecto de los ácidos húmicos y el extracto de algas quienes disminuyen el por ciento de sodio intercambiable y hacen que la capacidad de intercambio catiónico y el sodio soluble aumenten; así como los demás iones y puedan lixiviarse, lo cual aumenta su concentración en filtrado; estos resultados coinciden con (Reyna, 1992) quien observó que los ácidos húmicos remueven el sodio de las micelas de los suelos sódicos por quelatación y donación de electrones en la solución del suelo, y por (Reyes, 1993) quien observó que con la aplicación de algas marinas el valor de la conductividad eléctrica disminuía.

Omega (1989) señala que con la aplicación de los ácidos húmicos se combate la salinidad, los resultados obtenidos en este experimento son positivos ya que el rango en C.E disminuyó respecto a las aplicaciones realizadas.

Cuadro 4.12 Valores medios de C.E (dS/m), correspondiente a cada aplicación

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	>10	>10	>10	24.9	21.70	19.98	14.81
A - 12 lt/ha	>10	>10	>10	34.8	28.30	24.97	18.31
A - 18 lt/ha	>10	>10	>10	26.0	21.64	15.97	14.15
H - 8 kg/ha	>10	>10	>10	29.0	23.30	25.80	15.81
H - 16 kg/ha	>10	>10	>10	26.0	19.98	18.31	12.48
H - 24 kg/ha	>10	>10	>10	34.8	29.96	18.31	14.98
90-90-0	>10	>10	>10	26.0	22.48	20.81	11.82
testigo	>10	>10	>10	29.0	24.97	18.31	14.98

A = Algaenzims

H = Humik -900

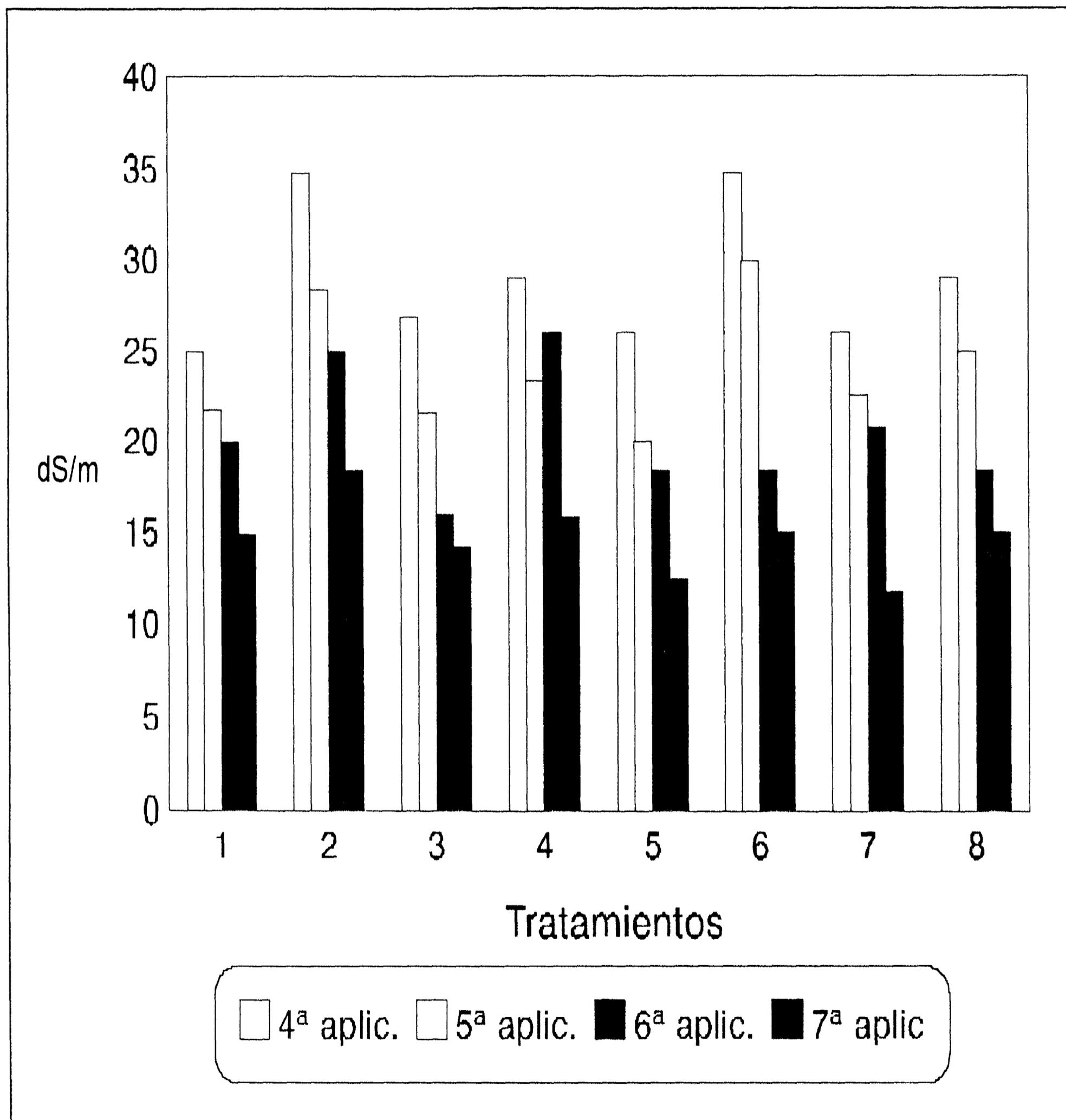


Figura 4.9 C.E (dS/m) correspondiente a las aplicaciones 4,5,6 y 7

Calcio.

En el cuadro 4.13 y figura 4.10 se presentan los resultados de calcio para cada aplicación donde podemos apreciar que en forma general al aumentar las dosis (aplicación siete) las concentraciones de calcio disminuyen, los mejores tratamientos para los mejoradores fueron el uno y el cuatro (11.50 y 11.25 meq/lt respectivamente) el testigo presentó un valor superior a la dosis de fertilización y a los mejoradores; lo cual muestra que no se disolvió este cation de los compuestos salinos por la aplicación de los mejoradores; sin embargo la disminución en la concentración de este elemento de la solución del suelo es positiva y se atribuye al efecto del extracto de algas el cual descaliniza el suelo y balancea el pH (Palau Bioquim, S.A de C.V, 1991) y los ácidos húmicos que tienen una acción ácida y actúan sobre los compuestos insolubles del suelo como las sales (CaSO_4 y CaCO_3) solubilizándolas, lo cual hace que se disocien en iones y se pierdan por lixiviación.

Cuadro 4.13 Valores medios de Calcio (meq/lt), correspondientes a cada aplicación

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	26.3	28.75	39.66	15.50	19.00	15.25	11.50
A - 12 lt/ha	35.0	15.25	30.63	19.00	17.51	13.50	10.75
A - 18 lt/ha	34.5	16.75	39.66	21.75	18.50	13.75	11.25
H - 8 kg/ha	32.0	18.75	44.17	18.75	15.50	14.75	11.25
H - 16 kg/ha	32.8	16.50	39.18	20.00	16.25	13.00	9.75
H - 24 kg/ha	34.5	19.50	31.35	21.75	18.25	12.75	10.00
90-90-0	34.5	18.25	30.87	19.00	20.50	12.50	11.25
testigo	27.0	23.50	42.75	22.00	17.75	14.00	13.00

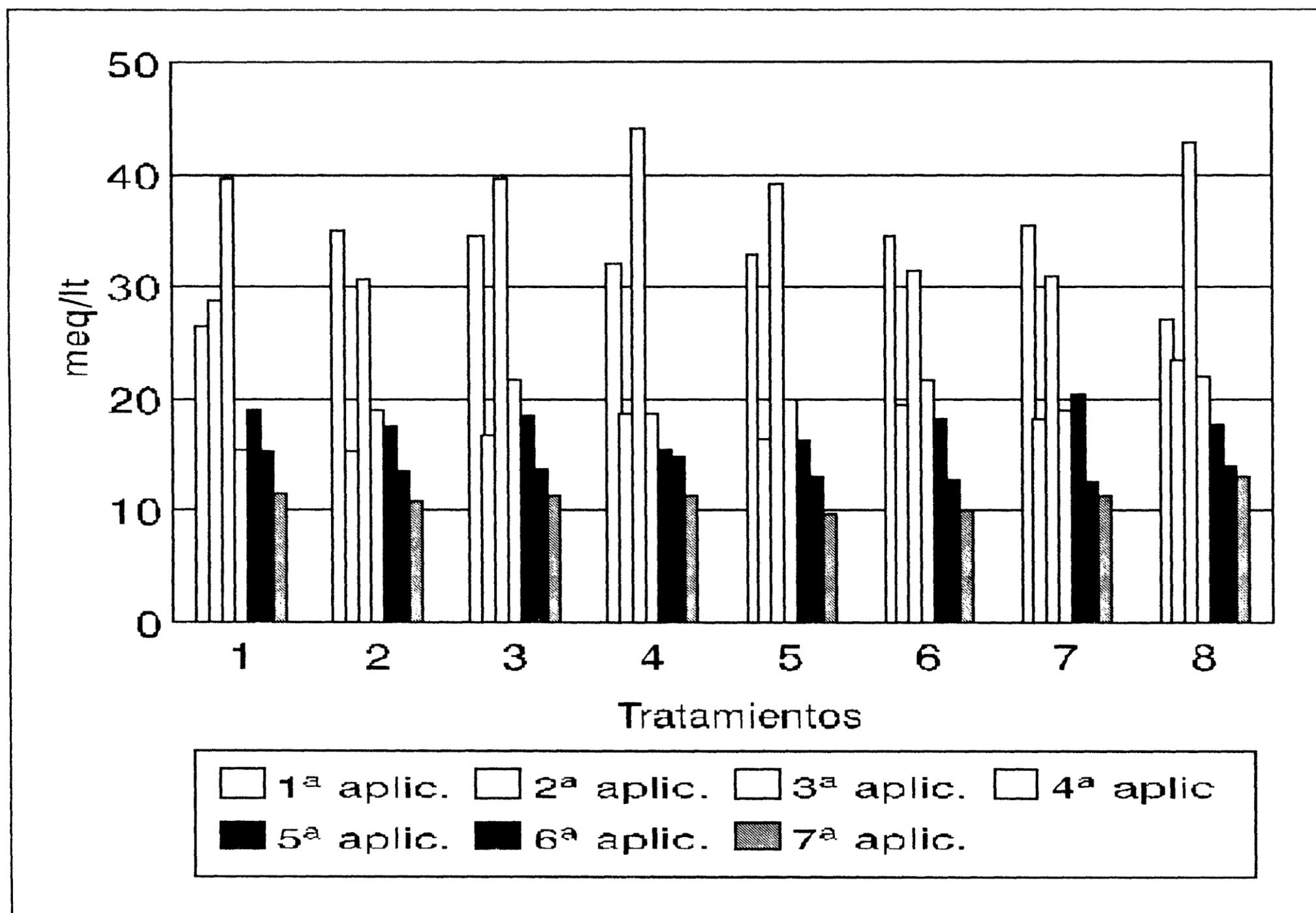


Figura 4.10 Calcio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas

Magnesio.

En el cuadro 4.14 y figura 4.11 se presentan los resultados de magnesio para cada aplicación tanto del extracto de algas como de los ácidos húmicos, en los cuales podemos apreciar que en forma general al aumentar las dosis (aplicación siete) las concentraciones de magnesio disminuyen, los tratamientos que presentaron más concentración de éste elemento en los filtrados fueron el tres y cinco, con un valor de (10.25 y 12.50 meq/lt respectivamente) ambos valores fueron superiores al testigo (8.0 meq/lt) el cual presentó el valor mas bajo, lo cual demuestra que el la disminución de éste elemento los mejoradores actuaron más eficientemente, la concentración de este elemento

en la solución del suelo se puede atribuir a las mismas causas que las del calcio, por presentar ambos un comportamiento químico similar en los suelos salinos.

Cuadro 4.14 Valores medios de Magnesio (meq/lt), correspondientes a cada aplicación.

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	26.50	23.00	38.66	19.25	17.0	12.2	10.25
A - 12 lt/ha	28.50	19.50	33.96	28.50	17.0	14.2	10.75
A - 18 lt/ha	38.50	18.00	32.76	17.50	13.0	12.1	11.00
H - 8 kg/ha	30.50	14.25	30.63	25.0	11.5	14.5	11.25
H - 16 kg/ha	25.15	19.75	23.51	22.25	16.0	16.2	13.50
H - 24 kg/ha	35.00	21.50	15.43	19.25	13.5	11.0	11.13
90-90-0	40.50	19.00	23.27	25.00	15.0	12.0	13.75
testigo	13.00	20.50	19.76	22.50	12.3	13.0	8.00

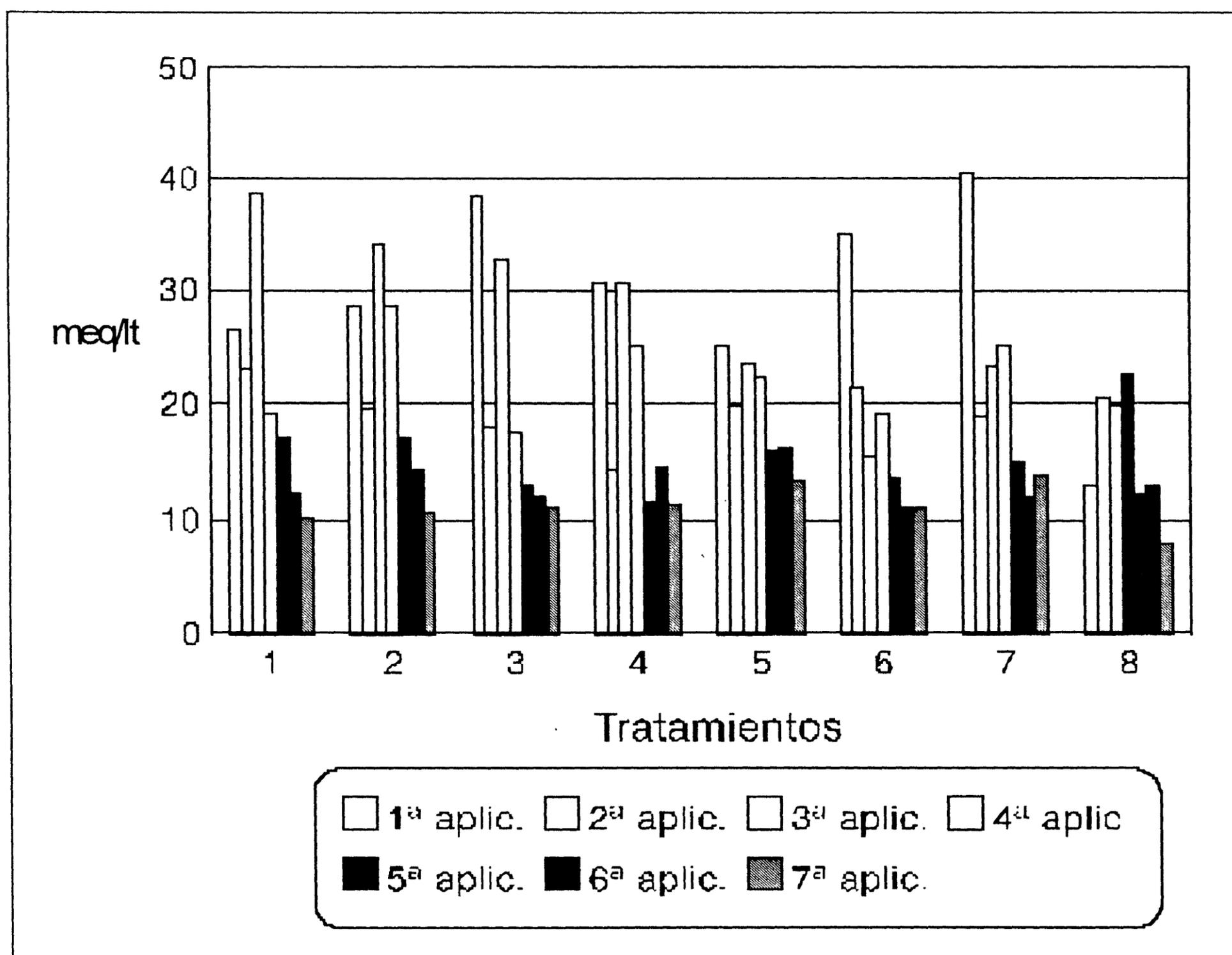


Figura 4.11 Magnesio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.

Sodio.

En el cuadro 4.15 y figura 4.12 se presentan los resultados de sodio para cada aplicación, donde en forma general a través de las aplicaciones su concentración disminuyó, los tratamientos que presentaron más concentración de éste elemento en solución fueron el dos y el cinco (24.12 y 25.86 meq/lt respectivamente) ambos valores fueron superiores a la dosis de fertilización (tratamiento siete) que presentó el valor más bajo (17.13 meq/lt), pero superiores al testigo (20.43 meq/lt), lo cual muestra el efecto positivo de los mejoradores sobre la salinidad. Esta concentración en la solución del suelo analizado se atribuye al efecto del extracto de algas las cuales desalinizan y desodifican los suelos por su acción enzimática, la cual provoca una hidrólisis en las sales presentes (Canales, 1987) y por los ácidos húmicos que disminuyen el por ciento de sodio intercambiable (PSI) por su acción quelatante (Reyna, 1992).

Cuadro 4.15 Valores medios de Sodio (meq/lt), correspondientes a cada aplicación.

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	131.17	134.92	240.82	183.25	39.55	26.29	23.25
A - 12 lt/ha	131.58	152.67	155.27	200.38	34.23	30.20	24.12
A - 18 lt/ha	125.39	182.89	215.57	168.38	52.38	16.73	18.46
H - 8 kg/ha	133.22	150.00	265.20	199.66	38.58	63.47	24.57
H - 16 kg/ha	132.52	167.92	101.84	204.66	19.77	29.77	25.86
H - 24 kg/ha	102.47	195.21	142.49	183.25	29.55	63.04	18.25
90-90-0	126.60	201.95	229.01	204.66	62.60	49.34	17.17
testigo	125.89	192.67	193.37	168.38	23.69	25.64	20.43

A = Algaenzims

H = Humik-900

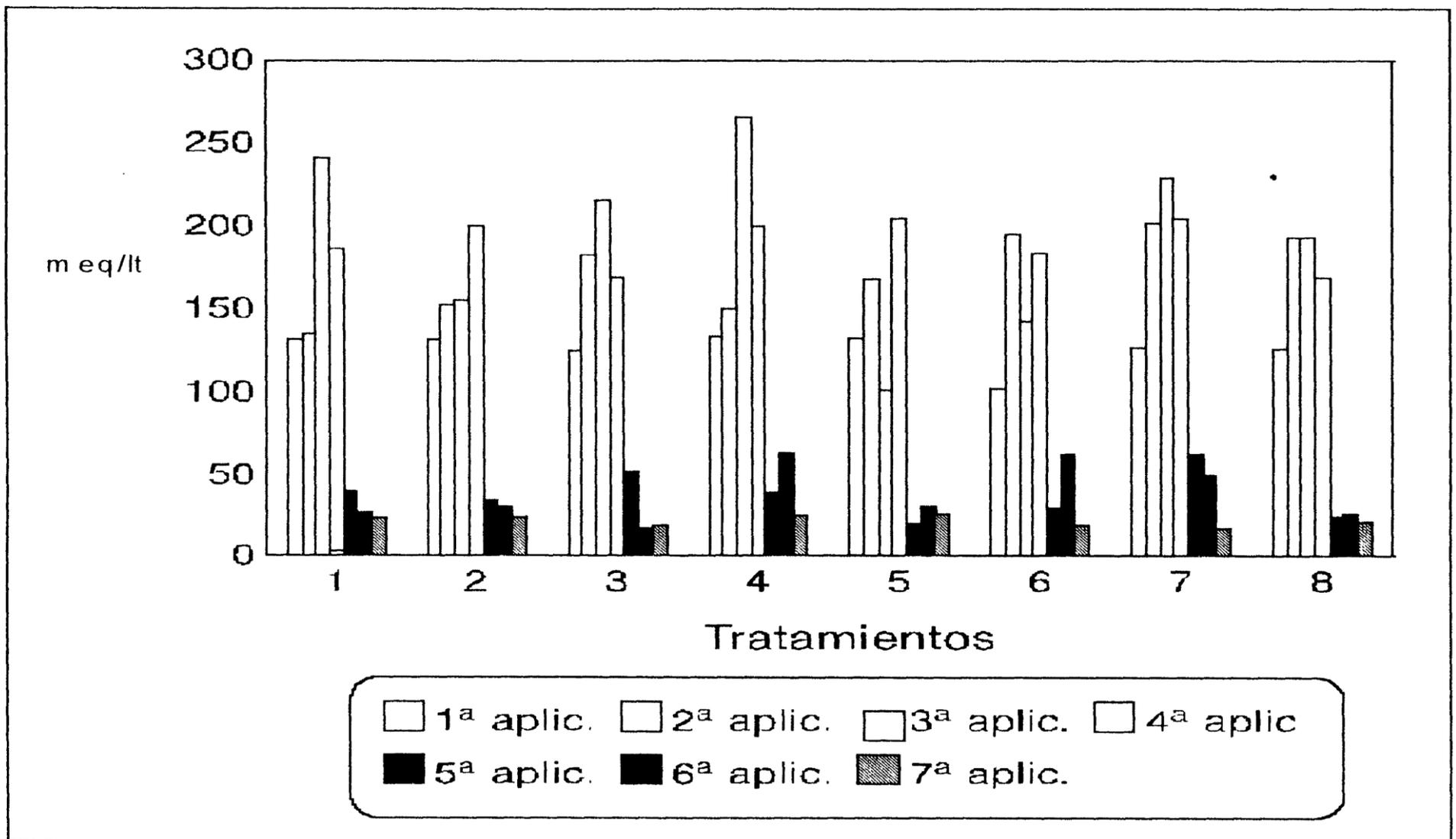


Figura 4.12 Sodio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas.

Potasio.

En el cuadro 4.16 y figura 4.13 se presentan los resultados de potasio para cada aplicación, donde en forma general a través de las aplicaciones la concentración de este elemento no presenta grandes diferencias, pero la tendencia es la misma que en los anteriores cationes, en la aplicación siete se observan los valores más bajos para cada tratamiento, el mejor tratamiento para el extracto de algas fue el tres (0.905 meq/lt) y para ácidos húmicos el cuatro (1.21 meq/lt) ambos valores fueron inferiores a la dosis de fertilización (tratamiento siete) que presentó un valor de (1.25 meq/lt), pero mejores que el testigo (0.89 meq/lt), lo cual muestra que los mejoradores utilizados ponen el potasio en solución y este se mueve por lixiviación a horizontes inferiores, sin embargo las concentraciones en los filtrados analizados de este elemento de la solución del suelo se atribuyen al mecanismo por el cual los ácidos húmicos absorben los iones de este elemento en solución, por sus cargas negativas (Okehi Group, 1993) y al efecto

hidrolizante del extracto de algas; favoreciendo de esa manera su asimilación por las plantas y aumento en la solución, pérdida por hidrólisis ó lixiviación en el perfil del suelo.

Cuadro 4.16 Valores medios de Potasio (meq/lt), correspondiente a cada aplicación

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	1.435	1.309	1.058	1.149	0.830	1.140	0.825
A - 12 lt/ha	2.150	0.936	1.138	2.064	0.910	0.985	0.820
A - 18 lt/ha	2.535	1.477	1.909	1.295	0.955	0.948	0.905
H - 8 kg/ha	2.480	1.522	1.811	1.686	0.955	1.413	1.215
H - 16 kg/ha	1.530	0.929	1.667	1.681	0.920	1.051	0.915
H - 24 kg/ha	1.175	1.116	1.708	1.149	0.895	1.076	1.165
90-90-0	1.915	1.122	1.415	1.560	1.010	1.265	1.255
Testigo	2.260	1.293	0.920	0.997	0.855	1.230	0.890

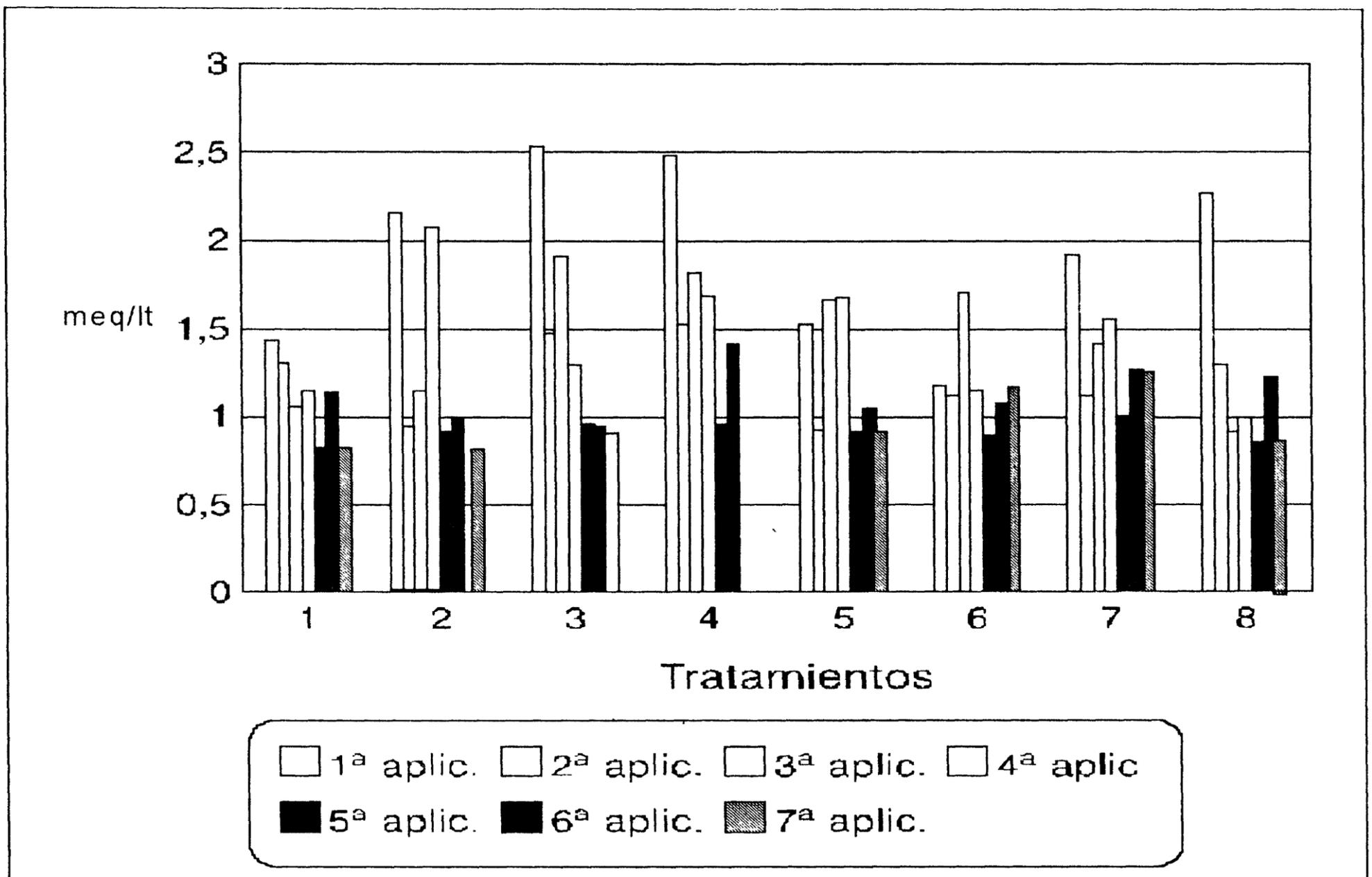


Figura 4.13 Potasio (meq/lt) correspondiente a las aplicaciones realizadas..

Carbonatos.

En el cuadro 4.17 y figura 4.14 se presentan los resultados de carbonatos para cada aplicación, donde en forma general a través de las aplicaciones la concentración de este elemento disminuyó, en la aplicación siete se observan los valores más bajos para cada tratamiento, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, respecto a los mejoradores los tratamientos tres y cuatro (2.0 y 2.25 meq/lit respectivamente) presentaron más carbonatos solubles en el filtrado; la dosis de fertilización (tratamiento siete) presentó un valor similar a los mejoradores (2.25 meq/lit) y el testigo (2.0 meq/lit), por lo que la concentración de éste anion resulto similar en todos los tratamientos, estos resultados coinciden con (Rios, 1995) respecto a la aplicación del extracto de algas, la cual encontró una disminución considerable en el porcentaje de carbonatos en la solución del suelo, atribuida a la acción hidrolítica de las enzimas contenidas en el extracto de Algas , con una aplicación de 2 lts/ha en un suelo salino, y a la aplicación de sustancias húmicas que tienden a la solubilización de la caliza activa que incrementa los carbonatos solubles los cuales, se precipitan a horizontes inferiores en el suelo, lo cual disminuye su concentración (Reyna, 1992).

Cuadro 4.17 Valores medios de Carbonatos (meq/lit), correspondientes a cada aplicación.

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A* - 6 lt/ha	5.62	2.75	2.125	2.50	2.50	1.75	1.62
A - 12 lt/ha	5.62	3.00	2.125	3.50	2.12	2.50	1.87
A - 18 lt/ha	5.19	2.75	1.750	2.50	1.87	2.25	2.00
H* - 8 kg/ha	4.32	2.50	1.500	3.25	2.00	3.25	2.25
H - 16 kg/ha	5.81	3.50	1.500	2.50	1.75	1.50	2.25
H - 24 kg/ha	6.40	3.25	1.920	2.50	2.00	2.50	1.50
90-90-0	6.92	2.75	1.250	3.50	2.00	1.50	2.00
Testigo	4.97	2.25	2.125	3.25	1.75	2.00	2.00

*A = Extracto de algas

H = ácidos húmicos

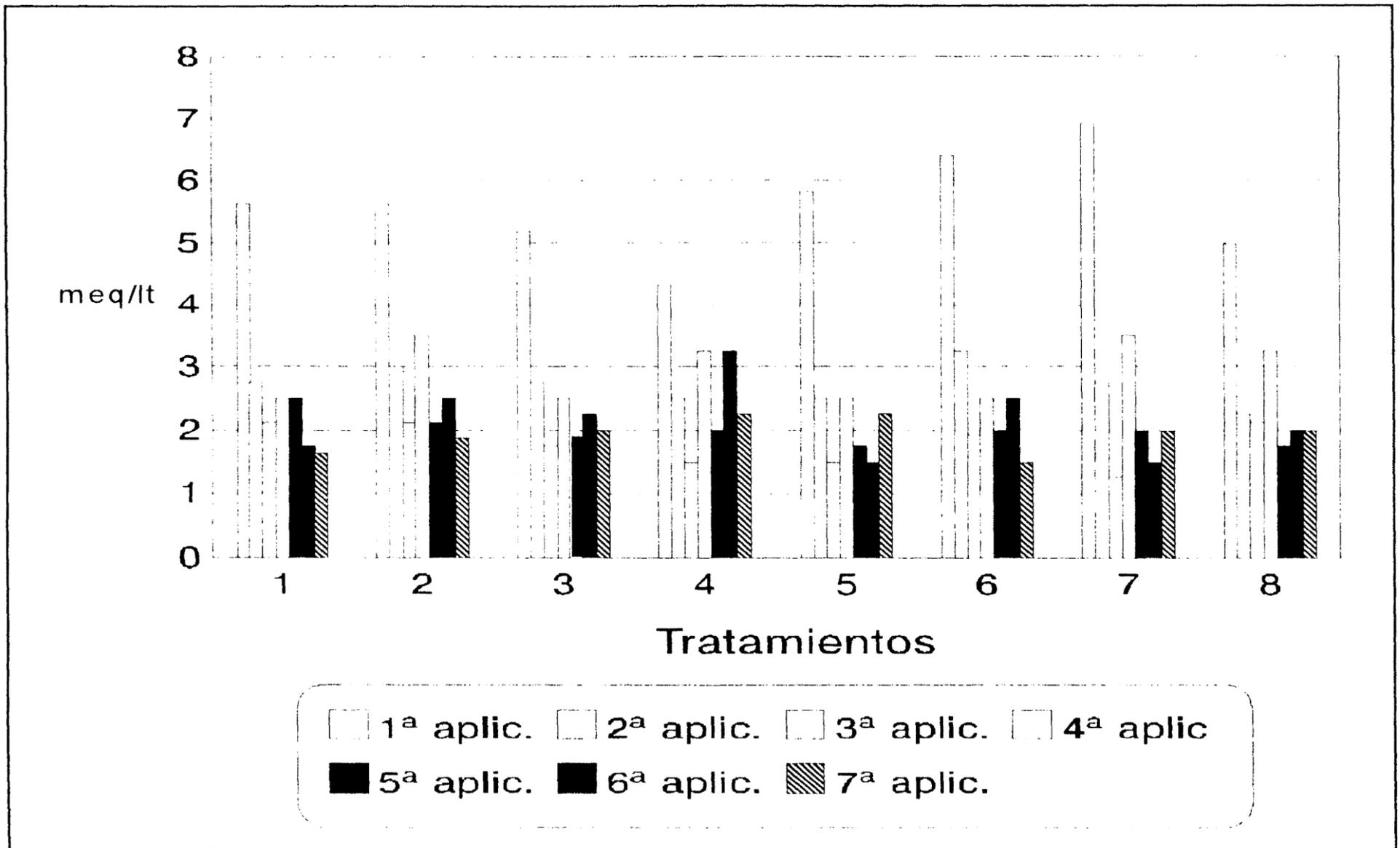


Figura 4.14 Carbonatos (meq/lt) correspondientes a las aplicaciones realizadas.

Bicarbonatos.

En el cuadro 4.18 y figura 4.15 se presentan los resultados de bicarbonatos para cada aplicación, donde podemos observar que en la primera aplicación se presentan los valores más altos y forma general después de esa aplicación la concentración de este elemento disminuyó en forma semejante, respecto a los mejoradores utilizados el mejor tratamiento para el extracto de algas fue el tres con un valor de (4.0 meq/lt) y para Humik-900 el seis (3.25 meq/lt) la dosis de fertilización (tratamiento siete) presentó (4.0 meq/lt) y el testigo (3.5 meq/lt), por los resultados observados en la concentración de éste anion, podemos señalar que los constituyentes activos de los mejoradores actuaron disociando los compuestos salinos y éste anion de lixivió, aumentando de esa manera la concentración en la solución en los filtrados. Favoreciendo de esta manera la disminución de la salinidad nativa del suelo.

Cuadro 4.18 Valores medios de Bicarbonatos (meq/lt), correspondientes a cada aplicación.

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	19.03	2.50	5.00	2.75	4.50	4.25	2.50
A - 12 lt/ha	12.54	2.75	4.62	3.50	3.25	5.00	3.50
A - 18 lt/ha	15.57	2.50	4.50	4.50	3.75	3.50	4.00
H - 8 hg/ha	20.76	2.75	4.00	3.75	2.75	6.75	3.25
H - 16 kg/ha	13.16	2.50	3.00	3.50	2.50	4.25	2.50
H - 24 kg/ha	17.73	2.50	5.50	4.50	3.25	4.75	3.25
90-90-0	19.89	3.25	5.75	3.50	4.50	5.75	4.00
Testigo	17.73	3.50	5.00	4.50	2.75	4.00	3.50

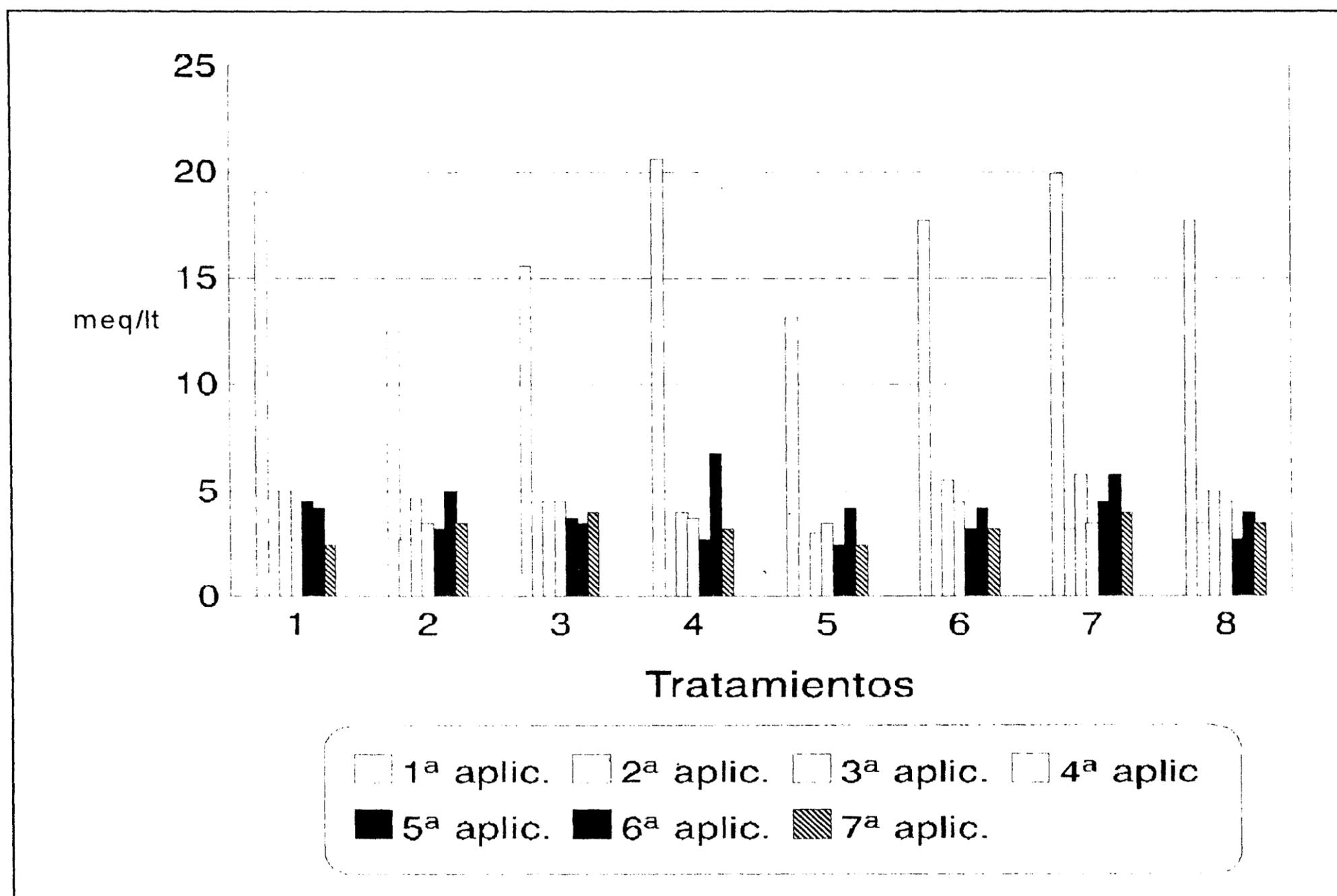


Figura 4.15 Bicarbonatos (meq/lt) correspondientes a las aplicaciones realizadas.

Cloruros.

En el cuadro 4.19 y figura 4.16 se presentan los resultados de los cloruros para cada aplicación, donde podemos observar una variación en los valores obtenidos a través de las aplicaciones, esto debido quizá a la gran movilidad de este anión en el perfil del suelo y su facilidad de ser lixiviado, sin embargo en la séptima aplicación se observa una disminución en su concentración en todos los tratamientos, esto debido quizá a que la mayoría de los cloruros fueron lixiviados a través de las columnas de suelo por la concentración de los mejoradores y al lavado que fueron sometidos, respecto al efecto de los mejoradores los tratamientos dos y seis con (47.56 y 36.8 meq/lt respectivamente) presentaron los mejores resultados, la dosis de fertilización (tratamiento siete) presentó (33.3 meq/lt) y el testigo (34.5 meq/lt), por lo que en este anión los tratamientos que contienen los mejoradores resultaron tener un mejor efecto, estos resultados se atribuyen al efecto solubilizante e hidrolizante de ambos mejoradores sobre los compuestos salinos, ya que al solubilizar el cloro presente en las sales del suelo (NaCl, KCl) éste se lixivia evitando de esta manera su efecto defloculante sobre el suelo.

Cuadro 4.16 Valores medios de Cloruros (meq/lt), correspondientes a cada aplicación

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	59.07	69.76	39.257	151.75	66.25	78.19	36.40
A - 12 lt/ha	84.79	57.72	37.412	143.50	105.00	113.84	47.50
A - 18 lt/ha	57.33	74.29	57.502	166.50	65.00	79.34	46.00
H - 8 kg/ha	60.81	67.03	64.574	146.75	58.50	104.60	24.84
H - 16 kg/ha	51.43	51.18	36.080	159.75	59.75	60.94	31.04
H - 24 kg/ha	75.05	65.40	39.630	143.50	78.75	113.50	36.80
90-90-0	69.08	55.04	33.415	153.40	52.00	77.05	33.34
Testigo	44.59	50.68	43.972	152.60	70.00	72.44	34.50

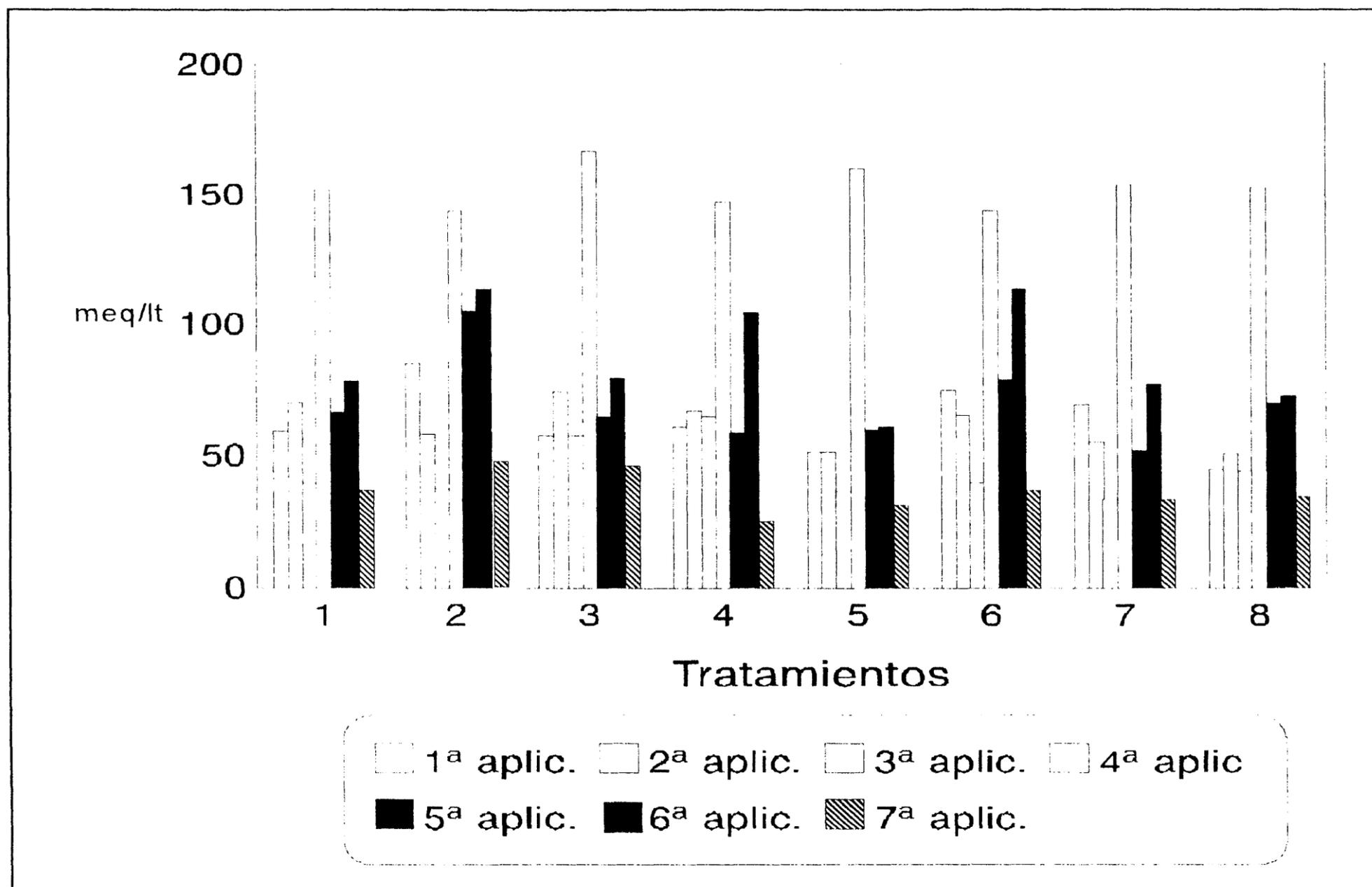


Figura 4.19 Cloruros (meq/lt) correspondientes a las aplicaciones realizadas.

Sulfatos.

En el cuadro 4.20 y figura 4.17 se presentan los resultados de los sulfatos para cada aplicación, donde se observa una variación en la concentración de este anión en los valores obtenidos a través de las aplicaciones, sin embargo a partir de la quinta aplicación se observa una disminución considerable en su concentración en todos los tratamientos, respecto al efecto de los mejoradores el tratamiento dos para el extracto de algas (15.20) y el cuatro de ácidos húmicos (25.12 meq/lt), presentaron los mejores resultados, la dosis de fertilización (tratamiento siete) presentó (5.06 meq/lt) y el testigo (2.57 meq/lt), por lo que los tratamientos de los mejoradores fueron mejores, la disminución de sulfatos en la solución del suelo fue muy marcada, principalmente en la séptima aplicación donde tienden a desaparecer; estos resultados se atribuyen al efecto solubilizante que ambos

mejoradores tienen sobre las sales solubles, ya que tanto las enzimas que contiene el extracto de algas como los ácidos húmicos y fúlvicos tienden a solubilizar los sulfatos presentes en los compuestos salinos del suelo (CaSO_4 , MgSO_4 , NaSO_4) disociándolos en iones y evitando de esta manera su efecto tóxico en las plantas y el suelo, como en el caso de los cloruros.

Cuadro 4.20 Valores medios de Sulfatos (meq/lt), correspondientes a cada aplicación

Tratamiento	aplic. 1	aplic. 2	aplic.3	aplic.4	aplic.5	aplic.6	aplic.7
A - 6 lt/ha	91.56	104.510	264.46	99.26	27.50	26.33	14.55
A - 12 lt/ha	84.85	117.112	166.10	85.00	34.09	54.46	15.40
A - 18 lt/ha	110.44	170.322	203.25	75.79	44.81	34.03	12.44
H - 8 lt/ha	104.23	102.902	244.54	82.22	13.73	35.57	25.12
H - 16 kg/ha	108.42	132.455	113.06	92.81	14.38	25.96	12.80
H - 24 kg/ha	62.055	149.571	141.36	95.56	16.96	28.55	0.680
90-90-0	125.63	205.850	219.75	87.30	34.90	15.17	5.060
Testigo	91.38	123.340	184.83	82.47	15.85	20.43	2.577

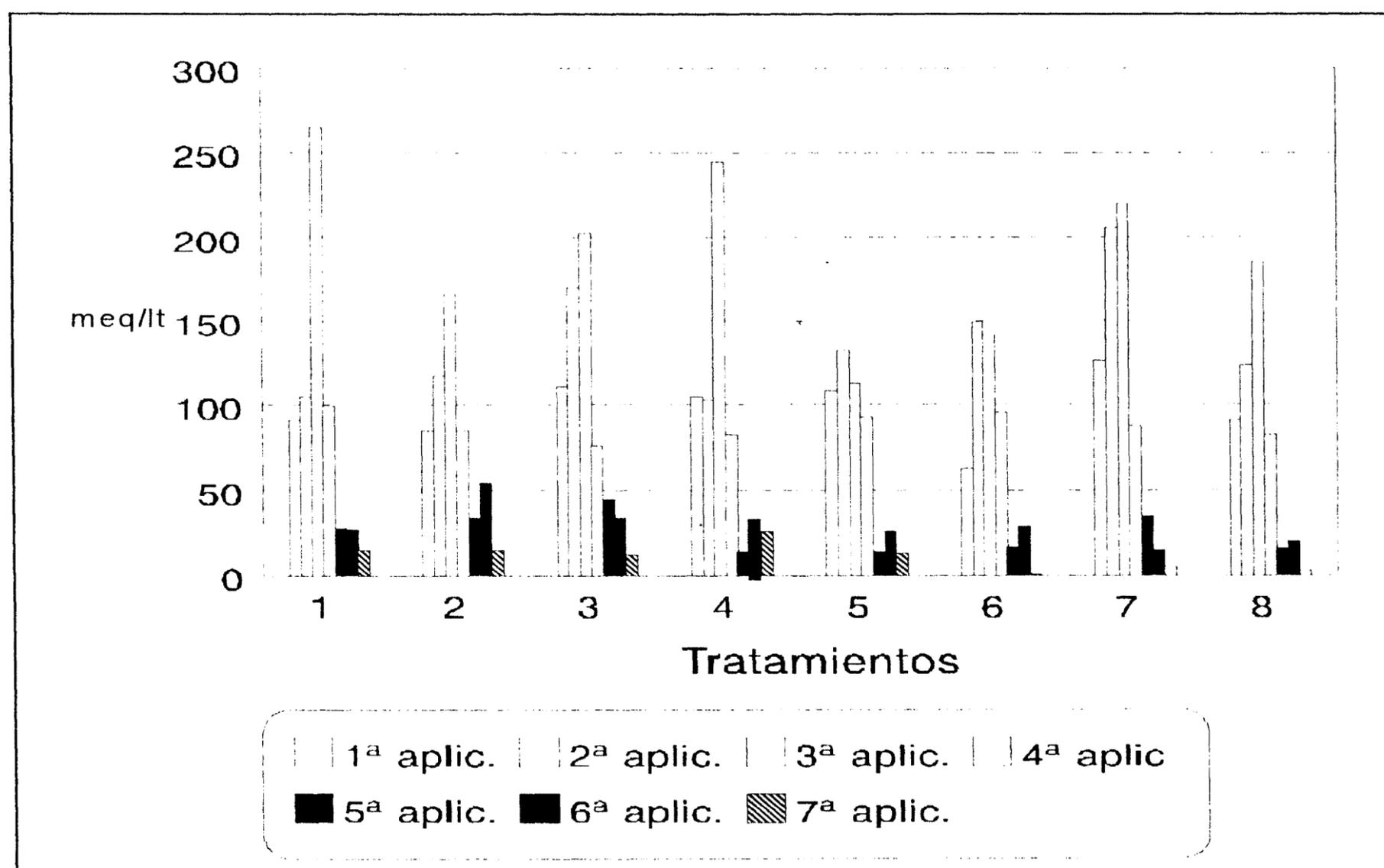


Figura 4.17 Sulfatos (meq/lt) correspondientes a las aplicaciones realizadas.

La disminución del contenido de sales solubles se presentó en forma general en todos los tratamientos, sin embargo podemos señalar que los mejores tratamientos de los mejoradores utilizados fueron; para el extracto de algas el número uno (6 lts/ha) representando a la dosis más baja y para ácidos húmicos el seis (12 kg/ha) la dosis mas alta, superando a la dosis de fertilización utilizada y al testigo absoluto, estos resultados se presentaron generalmente el la séptima aplicación donde se aumentaron las dosis utilizadas donde se observó un disminución en la concentración de cationes y aniones en todos los tratamientos, estos resultados coinciden con Canales (1987), el cual señala que los resultados obtenidos tanto en campo como en invernadero, de los experimentos derivados de algas marinas son sumamente alentadores, ya que mejoran las propiedades fisico-químicas de los suelos, sin contaminarlos, ya que son productos orgánicos sintetizados a partir de la misma naturaleza, y otras investigaciones respecto a las bondades de los ácidos húmicos como mejoradores de la salinidad

La utilización de agua de riego salina, aportó sales solubles al suelo, lo cual aumentó su acumulación, inhibiendo el efecto de los tratamientos en estudio sobre la salinidad, por lo que se recomendaría utilizar agua de buena calidad agronómica o la utilización de prácticas adecuadas tanto en el suelo como en el riego, para evitar la acumulación de sales.

Sin embargo considerando los resultados obtenidos en forma general, al evaluar la eficiencia de los mejoradores sobre un suelo que presenta alta salinidad, como lo es el suelo en estudio, y al considerar que la calidad del agua de riego no es buena, los resultados son positivos, ya que con altas dosis y una aplicación eficiente se logro disminuir el contenido de sales solubles, principalmente el carbonato de sodio y sulfatos.

Isotermas de Adsorción de Fosforo.

Los datos obtenidos en el laboratorio al aplicar diferentes dosis de fósforo a las muestras de suelo y determinar las cantidades de fósforo que queda en solución, así como el fósforo que queda adsorbido en el suelo se muestran a partir del cuadro 4.21 al 4.28 estos datos se utilizaron para obtener la isoterma de adsorción de fósforo del suelo en estudio, y calcular las constantes de la isoterma como concentración y capacidad máxima de adsorción, después de ajustar los datos a una regresión lineal para lo cual se considero los siguientes aspectos.

Ecuación para las Isotermas de Langmuir : $c/q = 1/b (c) + 1/bk$

Donde:

c = Concentración de fósforo de la solución después de la agitación $\mu\text{g/ml}$

q = Cantidad de fósforo fijado por el suelo $\mu\text{g/g}$

b = Capacidad máxima de adsorción $\mu\text{g/g}$

k = Constante relativa a la energía de adsorción de fósforo.

Entonces: $y = ax + t$

Donde: $y = c/q$, $a = 1/b$, $t = 1/bk$, $x = c$

En la regresión lineal :

$r = r$ cuadrada

t = constante de la regresión

a = coeficiente de x

Los valores de k y b se obtuvieron de la siguiente manera :

$k = 1/tb$; $a = 1/b$ por lo tanto $b = 1/a$

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de las isotermas de adsorción, correspondiente a cada tratamiento, cuando los datos de adsorción se ajustan a una línea recta en la ecuación de Langmuir, como en este estudio, se puede calcular a partir de esta gráfica los valores de capacidad máxima de retención de fósforo (valor b) y la constante de energía de retención (valor k), la capacidad máxima de retención (b) de aniones es un parámetro relacionado, en suelos calcáreos, a la presencia de cationes de calcio y carbonatos totales, y en suelos salinos a la presencia de altas concentraciones de sales solubles (NaCO_3) y (CaSO_4), a los cuales se les atribuye la retención de fósforo, otros factores que influyen en este es el contenido de arcilla y el pH, por lo que algunos autores aseguran que existe una estrecha concordancia en estos parámetros señalados.

Respecto al efecto de los mejoradores se consideró el mejor aquel que presentó mayor cantidad de fósforo en solución con la aplicación más alta de la solución de fósforo (KH_2PO_4) a 2500 mg/kg, en los cuadros 4.27 y 4.28 se presentan los mejores tratamientos; para el tratamiento tres (18 lt/ha de extracto de algas) que representa la dosis más elevada resultó ser el mejor con (254.8 μgrs de fósforo en solución), y para humik-900 el tratamiento cuatro, la dosis más baja con (226.79 μgrs de fósforo) ambos superaron los valores de la dosis de fertilización (tratamiento siete con 100.48 μgrs) y el testigo (tratamiento ocho con 143.63 μgrs). Sin embargo respecto al valor (b) capacidad máxima de adsorción los tratamientos dos de extracto de algas y cinco de ácidos húmicos, que representan las dosis medias de ambos mejoradores resultaron ser los más sobresalientes con valores de (4201.68 y 5714.28 $\mu\text{grs P/g}$ de suelo respectivamente) y en relación al valor (k) constante relativa a la energía de fijación el tratamiento siete presentó el valor más bajo con 0.000319.

Cuadro 4.21 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 1. (6 lts/ha de extracto de algas*).

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	c/q	Regresión lineal
250	6.46	243.54	0.02652	t= 0.03446
500	20.24	479.76	0.04218	a= 0.000295
1000	50.49	949.51	0.05317	r= 0.83
1500	115.46	1384.54	0.08339	b= 3389.83
2000	140.03	1859.97	0.07528	k= 0.00856
2500	180.25	2319.75	0.0777	

Cuadro 4.22 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 2 (12 lts/ha de extracto de algas).

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	3.69	246.31	0.01498	t= 0.012556
500	6.24	493.76	0.01263	a= 0.000238
1000	14.14	985.86	0.01434	r= 0.93
1500	31.98	1468.02	0.02176	b= 4201.68
2000	49.56	1950.44	0.02540	k= 0.0189
2500	66.38	2433.62	0.02727	

Cuadro 4.23 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 3 (18 lts/ha de extracto de algas).

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	1.134	248.866	0.004556	t= 0.014104
500	10.43	489.57	0.021304	a= 0.000404
1000	22.413	977.587	0.022926	r= 0.96
1500	84.08	1415.92	0.059381	b= 2475.24
2000	109.44	1890.56	0.057887	k= 0.0286
2500	254.81	2245.19	0.113491	

* Algaenzims

Cuadro 3.24 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 4. (8 kg/ha de ácidos húmicos**).

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	13.36	236.64	0.056457	t= 0.03650
500	17.498	482.511	0.036245	a= 0.000257
1000	38.21	961.79	0.039728	r= 0.83
1500	75.293	1424.707	0.052848	b= 3891.05
2000	108.930	1891.07	0.057602	k= 0.00704
2500	226.79	2273.21	0.099766	

Cuadro 4.25 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 5. (16 kg/ka de ácidos húmicos)

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	c/q	Regresión lineal
250	3.80	246.20	0.015434	t= 0.015979
500	10.14	498.86	0.020699	a= 0.000175
1000	16.69	983.31	0.016973	r= 0.86
1500	31.32	1468.68	0.021325	b= 5714.28
2000	49.56	1950.44	0.025409	k= 0.01095
2500	66.38	2433.62	0.02727	

Cuadro 4.26 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 6. (24 kg/ha de ácidos húmicos)

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	3.44	246.56	0.01395	t= 0.01203
500	6.246	493.754	0.01265	a= 0.000209
1000	12.74	987.26	0.01290	r= 0.90
1500	28.41	1471.56	0.01930	b= 4784.68
2000	43.58	1956.42	0.02227	k= 0.01723
2500	54.41	2445.59	0.02224	

Cuadro 4.27 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 7. (Dosis de fertilización 90 - 90 - 0)

mg/kg de P agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	15.04	234.96	0.064010	t= 0.062589
500	25.63	474.37	0.054029	a= 0.000200
1000	48.57	951.43	0.0511049	r= 0.83
1500	67.54	1432.46	0.047149	b= 5000.0
2000	90.78	1909.22	0.047548	k= 0.000319
2500	100.48	2399.52	0.041875	

Cuadro 4.28 Datos usados para calcular la máxima adsorción y constantes derivadas de la isoterma de Langmuir del suelo en estudio del tratamiento 8. Tratamiento testigo)

mg/ka de P agregado	C	mg/kg de P fijado	C/q	Regresión lineal
250	51.16	198.84	0.2572	t= 0.261088
500	52.435	447.565	0.11715	a= 0.00136
1000	112.96	887.04	0.1273	r= 0.60
1500	122.1975	1377.80	0.08869	b= 735.29
2000	133.985	1866.015	0.0718	k= 0.0052
2500	143.635	2356.365	0.06095	

A partir de la figura 4.18 a la 4.25 se presentan los valores ajustados y su tendencia lineal de acuerdo con la ecuación de Langmuir para los suelo en estudio, donde no se encontró un punto de inflexión en ninguna tendencia de los tratamientos, en el rango de concentraciones utilizado (de 250 a 2500 mg/kg), esto quizá es atribuido a que se utilizó un rango muy corto, por lo que se esperaría una respuesta diferente al ampliar el rango de concentración de fósforo en el suelo.

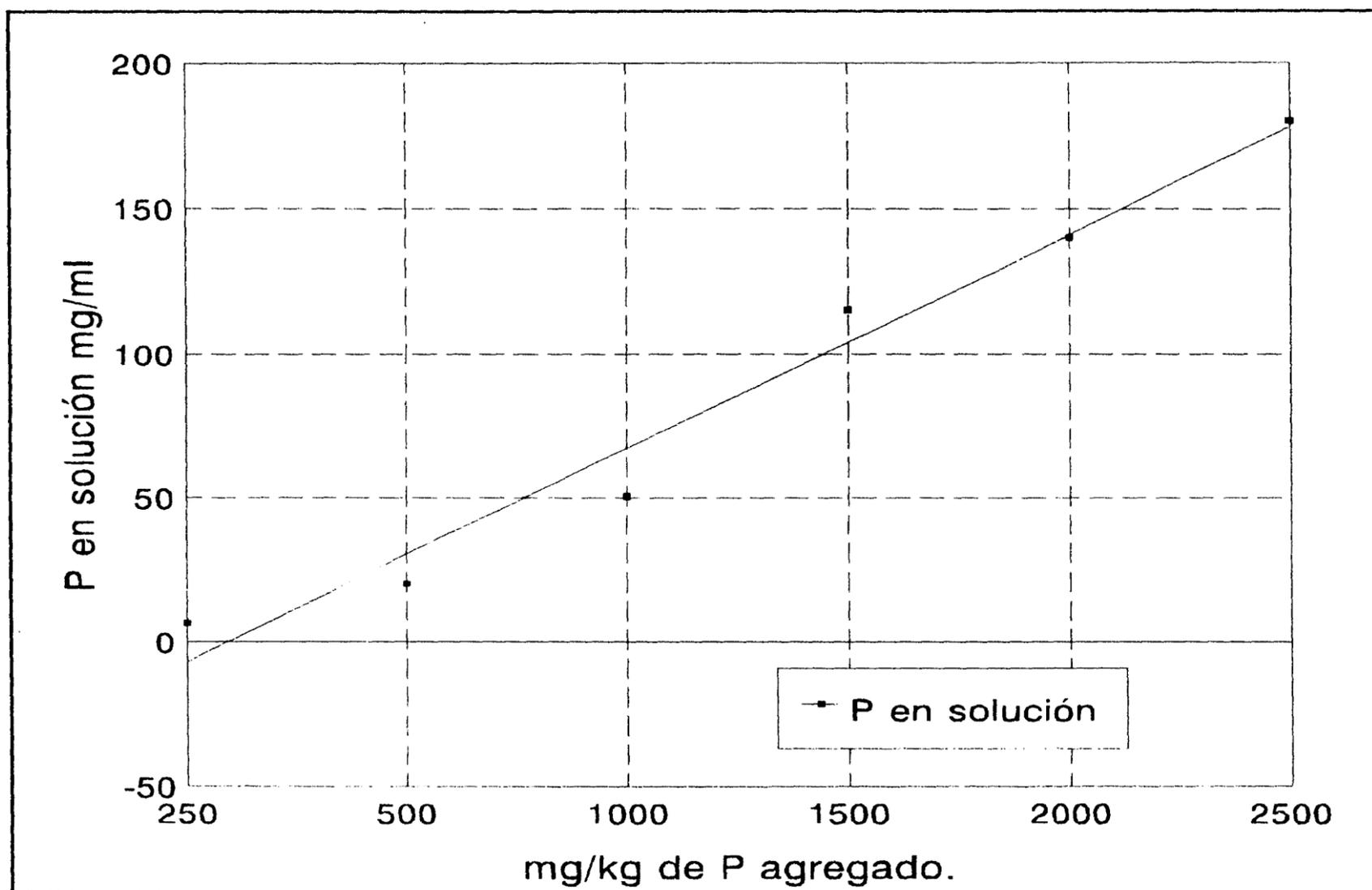


Figura 4.18 Isotherma de adsorción del tratamiento 1.

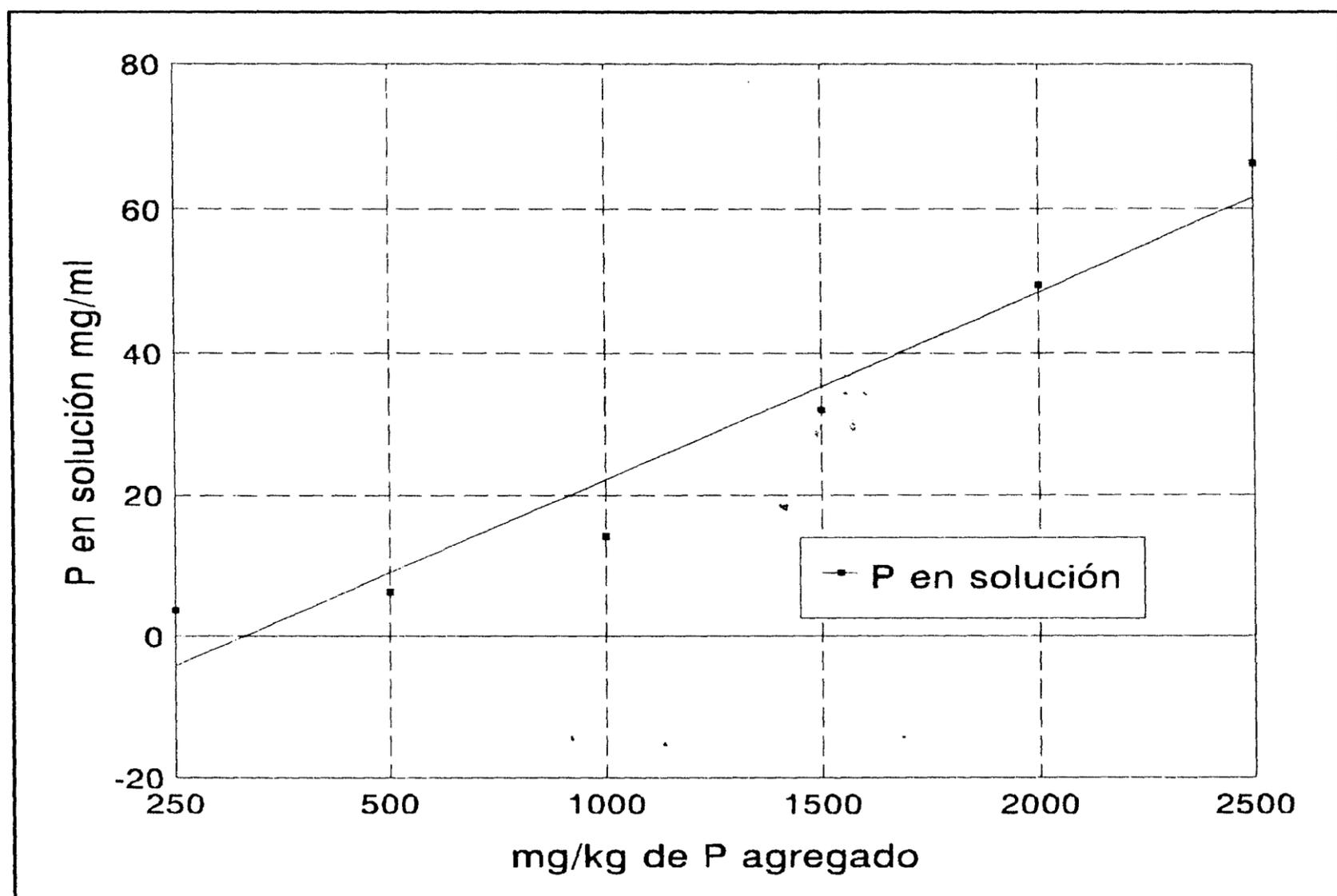


Figura 4.19 Isotherma de adsorción del tratamiento 2.

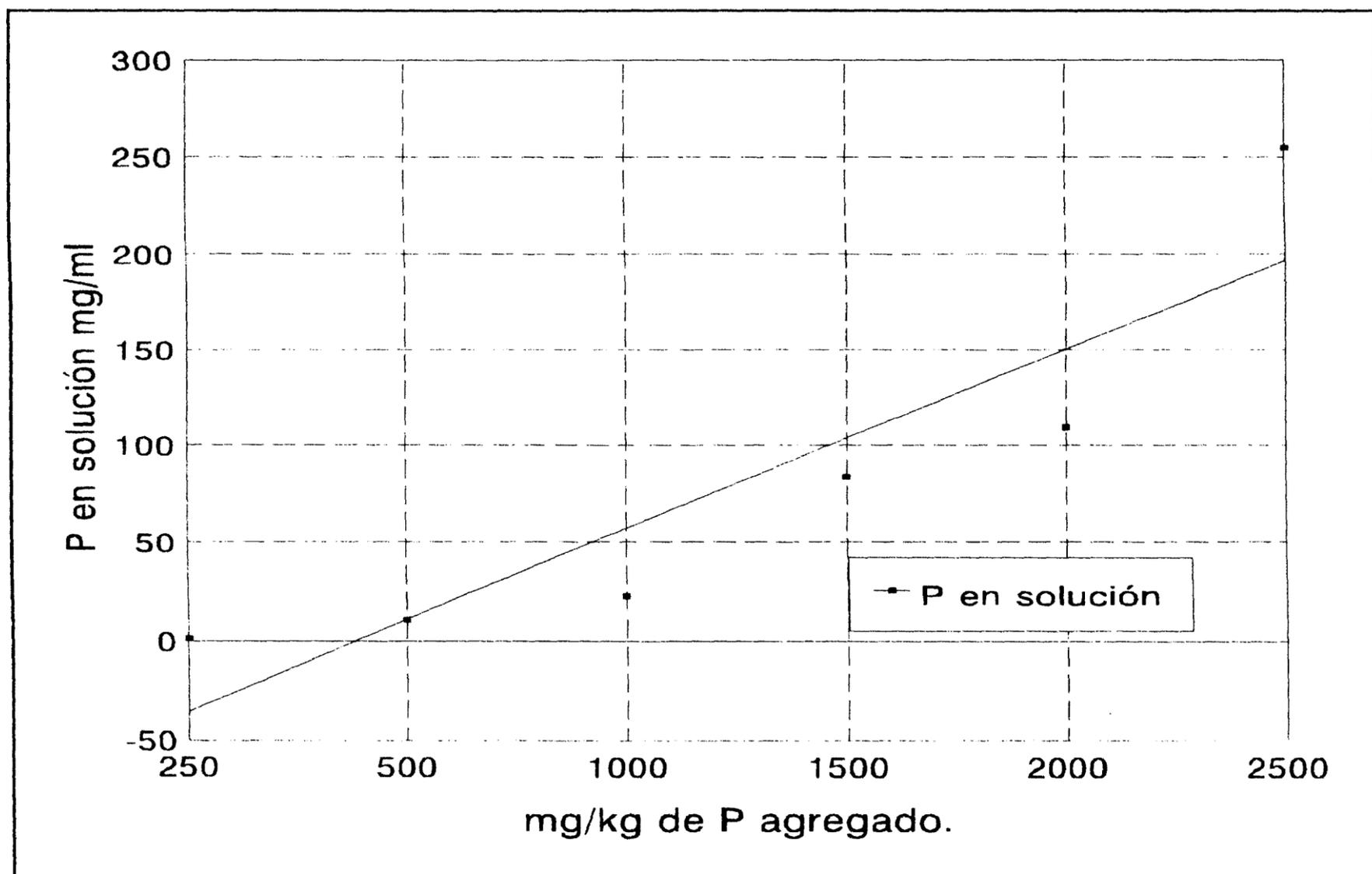


Figura 4.20 Isotherma de adsorción del tratamiento 3.

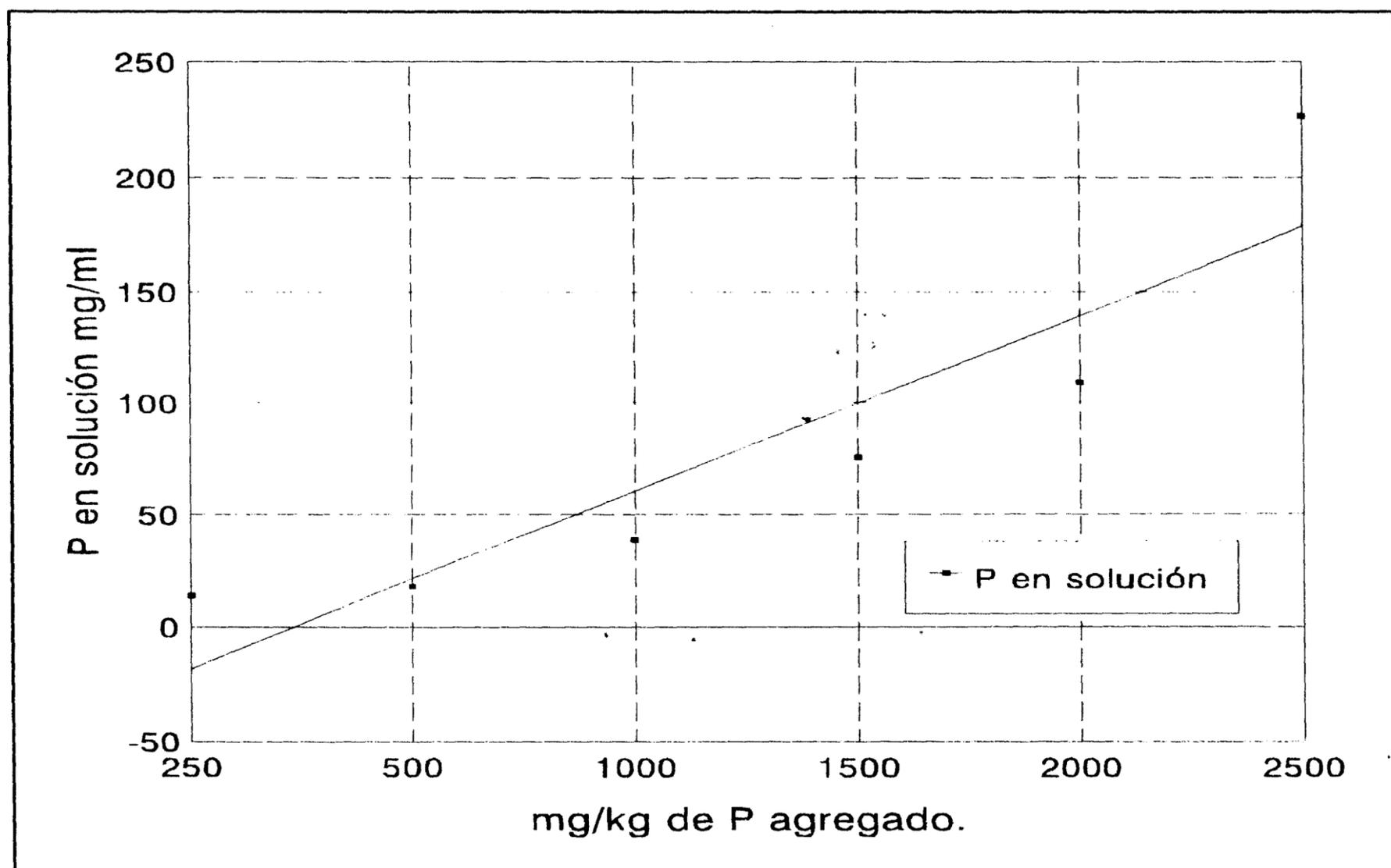


Figura 4.21 Isotherma de adsorción del tratamiento 4.

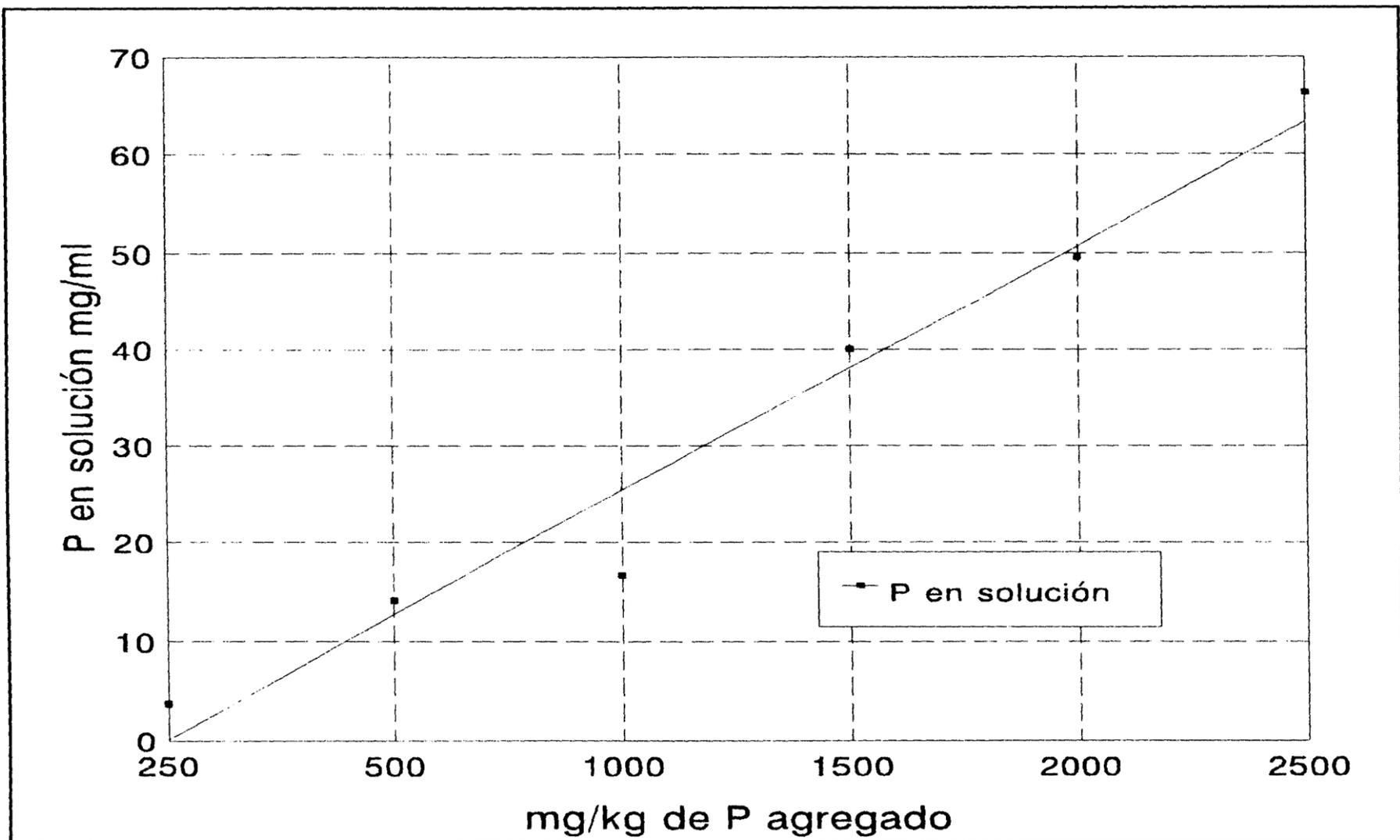


Figura 4.22 Isotherma de adsorción del tratamiento 5.

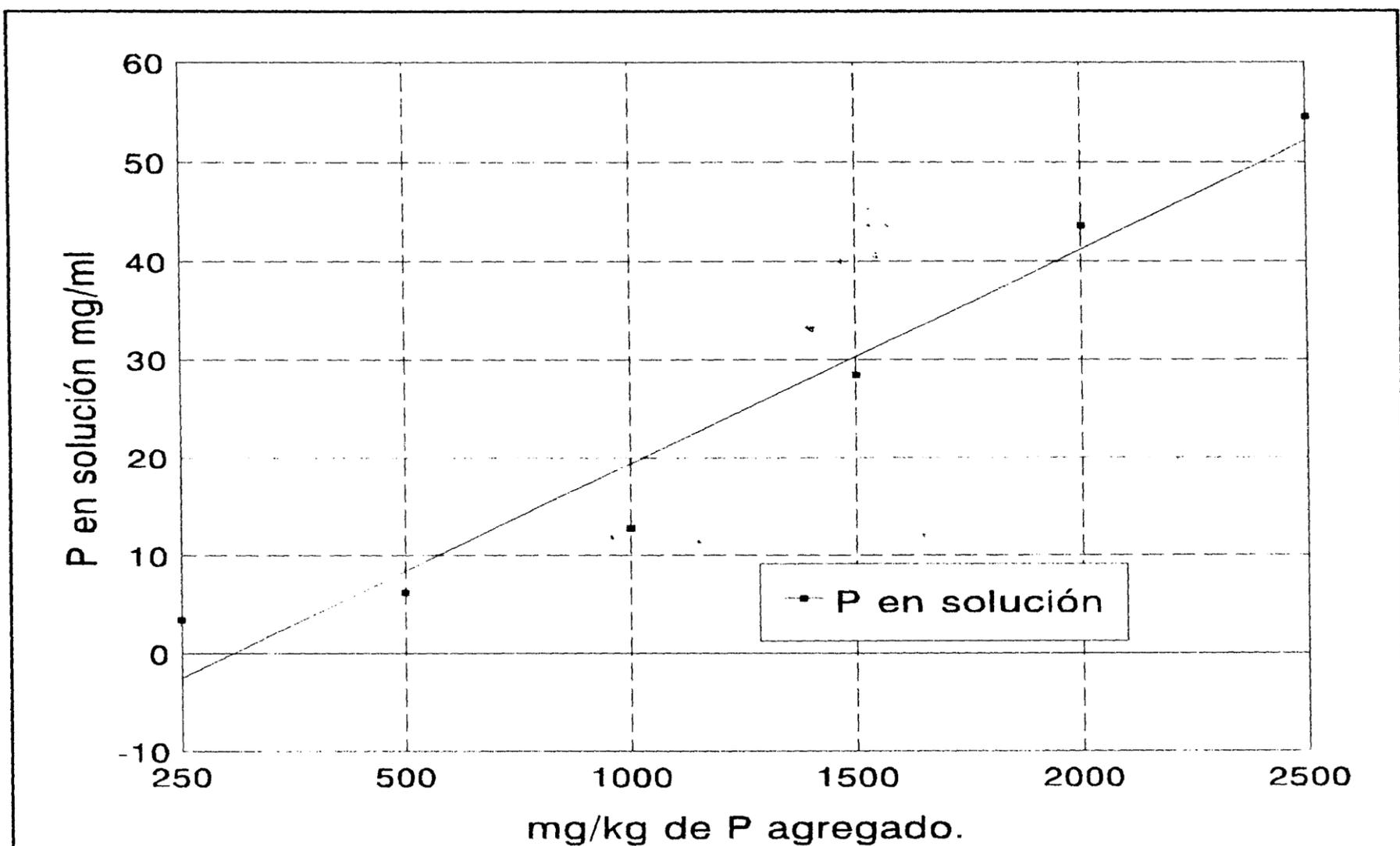


Figura 4.23 Isotherma de adsorción del tratamiento 6.

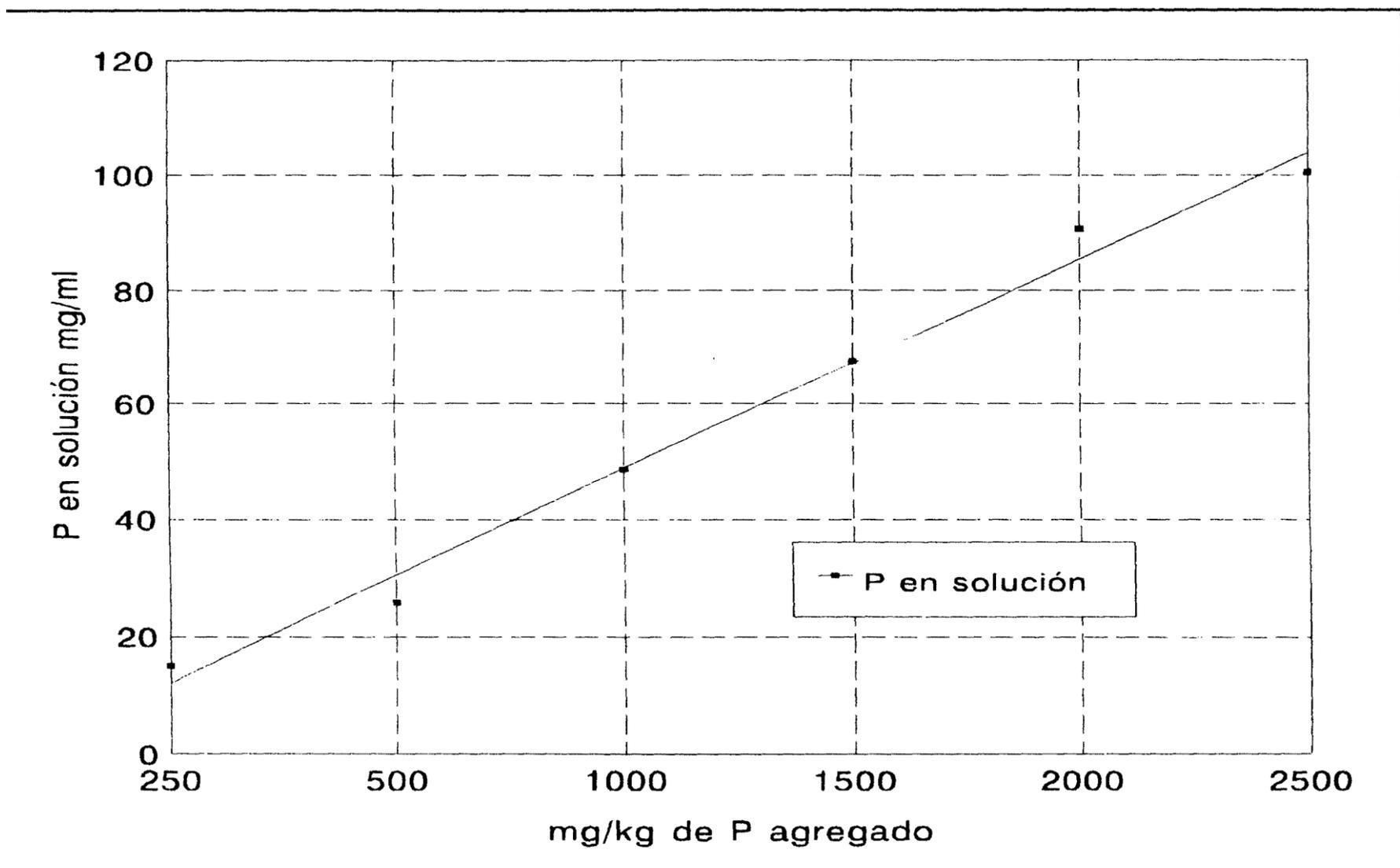


Figura 4.24 Isotherma de adsorción del tratamiento 7.

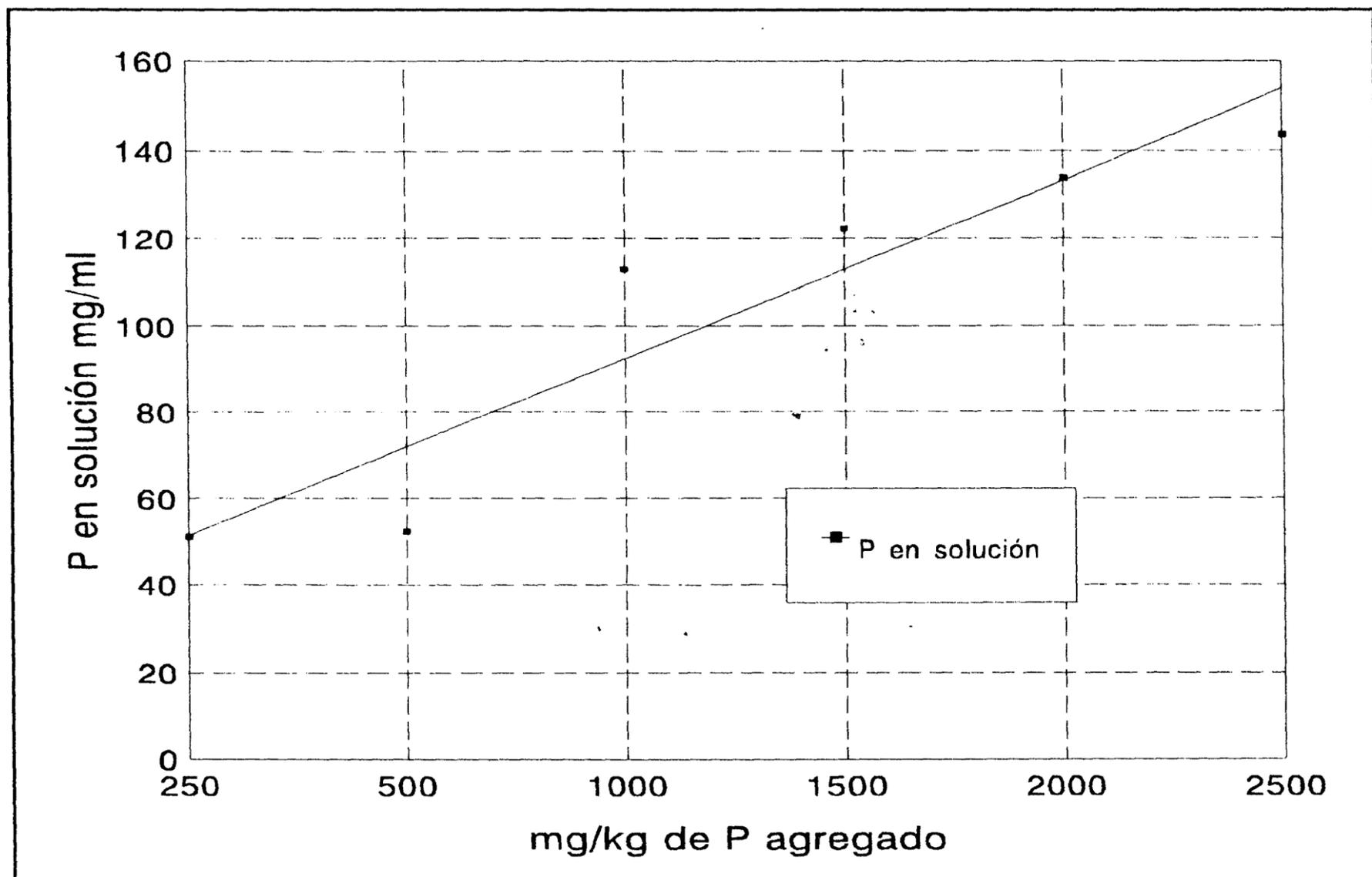


Figura 4.25 Isotherma de Adsorción del tratamiento 8.

Los resultados obtenidos respecto al comportamiento de los mejoradores en la adsorción de fósforo es positiva, ya que con la aplicación de los mejoradores en su dosis más alta del extracto de algas (18 lts/ha) y más baja de ácidos húmicos (8 kgs/ha) se observó un aumento del fósforo en solución, estos resultados fueron superiores al testigo (tratamiento ocho), estos resultados se atribuyen al efecto de las enzimas de las algas y de los ácidos húmicos constituyentes de los mejoradores los cuales provocan la liberación de los nutrientes en el suelo y los ponen en solución, sin embargo se puede observar que el tratamiento siete (90-90-0) dosis de fertilización presentó la mas baja energía de fijación, esto debido a que la dosis de fertilización pone más fácilmente los nutrientes en solución para su asimilación por las plantas, por lo que requiere menos energía para este mecanismo.

Materia seca.

Los resultados de materia seca se presentan a continuación.

Cuadro. 4.29 Valores Medios obtenidos de materia seca, total acumulado en (grs/tratamiento) por número de corte y ton/ha.

Tratamiento	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5	corte 6	Total por Nº corte	Ton/ha por corte
A - 6 lts/ha	1.5290	5.35	4.45	3.05	3.70	2.50	20.58	2.911 b
A - 12 lts/ha	0.4583	2.20	4.40	4.75	3.40	3.70	19.90	2.815 b
A - 18 lts/ha	2.6754	7.80	5.60	4.05	4.05	2.60	26.78	3.788 b
H - 8 kgs/ha	1.7501	5.75	6.25	3.70	3.30	2.70	23.45	3.317 b
H - 16 kgs/ha	0.7501	3.60	4.85	2.90	3.20	2.85	18.15	2.567 b
H - 24 kgs/ha	0.7320	3.70	3.80	2.00	2.65	2.90	15.78	2.232 b
90-90-0	1.7783	10.00	9.85	10.35	9.40	7.55	48.92	6.921 a
testigo	1.0439	6.50	4.85	2.00	2.75	4.60	21.74	3.075 b

A = extracto de algas

H= ácidos húmicos

a = mejor tratamiento

b = tratamientos estadísticamente similares

D.M.S = 2.999 en ton/ha

En la siguiente figura se presentan los resultados de la producción total de materia seca en ton/ha, donde podemos apreciar como el tratamiento siete presenta el valor más alto (6.92 ton/ha). Respecto a la respuesta de los mejoradores el tres (3.78 ton/ha) y cuatro (3.31 ton/ha) obtuvieron los mejores rendimientos los dos superiores al testigo (3.075 ton/ha), estos resultados se atribuyen al efecto del extracto de algas el cual contiene reguladores de crecimiento, enzimas y otros elementos para estimular la división y el crecimiento celular, ayudando a movilizar los nutrimentos en el interior de la planta, y a los ácidos húmicos los cuales actúan como reguladores de crecimiento en la planta y ayudan a su desarrollo en condiciones de estrés, por incrementar la liberación de nutrientes, sin embargo el tratamiento siete correspondiente a la dosis de fertilización (90 - 90 - 0) presentó un efecto superior en cuanto a la producción de materia seca, esto debido principalmente al nitrógeno y al fósforo que contiene, los cuales se asimilaron más rápidamente por la planta y estimularon más el desarrollo, lo cual se refleja en la

producción en ton/ha obtenida, esto indica la fácil asimilación de los elementos en una dosis de fertilización la cual los pone más fácilmente en solución, en cambio un mejorador orgánico libera más lentamente los nutrimentos que los fertilizantes inorgánicos.

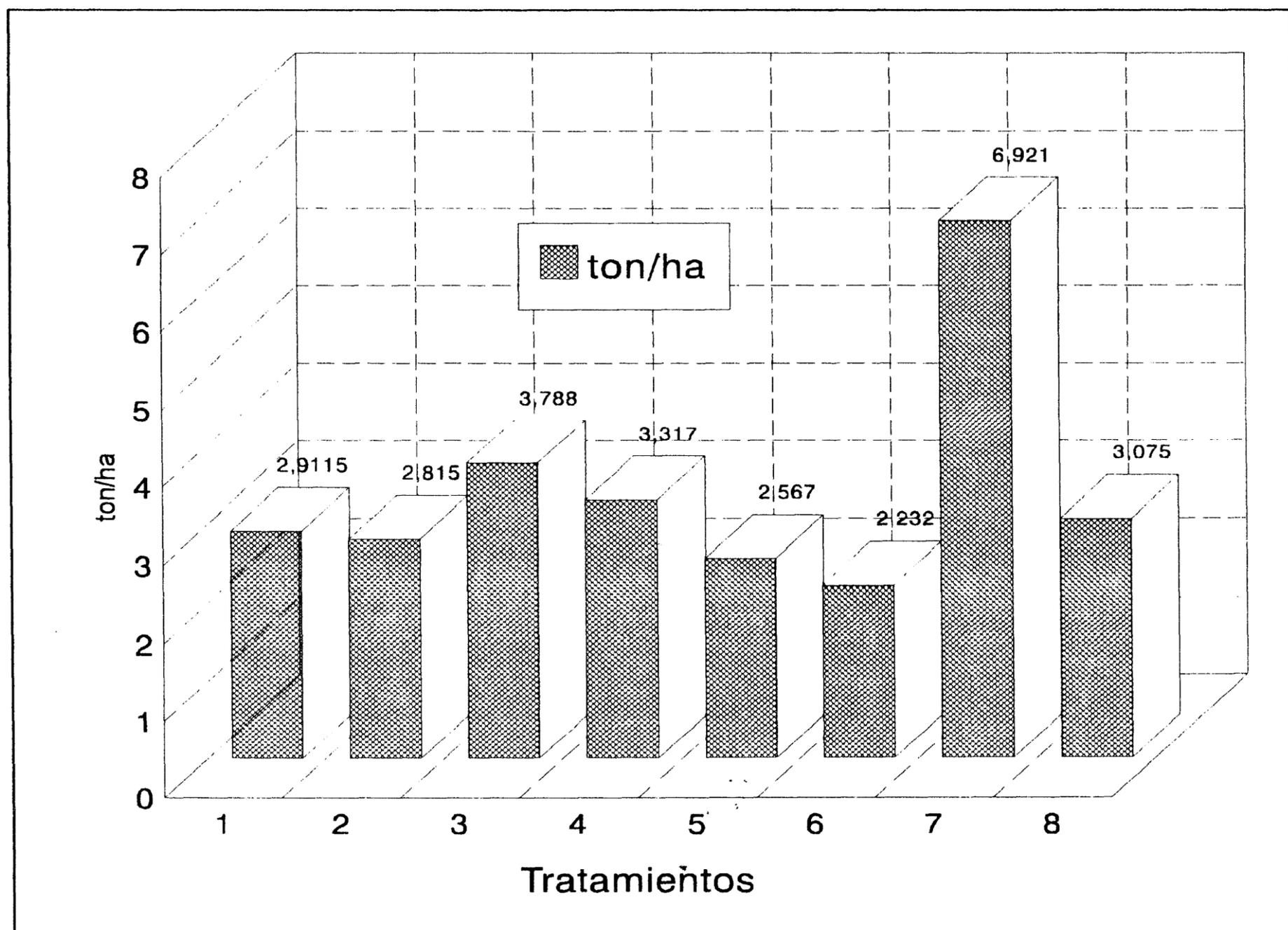


Figura 4.26. Producción total de materia seca.

Estos resultados se pueden atribuir a la etapa fenológica del cultivo el cual presentó cambios en la producción de materia seca (biomasa) a través de los cortes a los que fue sometido y a la aplicación de los mejoradores.

Por la diferencia mínima significativa presentada (2.999 ton/ha) la cual fue altamente representativa, se realizó un análisis de varianza (cuadro 4.8) y una prueba de

medias (D.M.S) para comparar los valores medios de los tratamientos y determinar estadísticamente el mejor tratamiento, (cuadro 4.7 antes señalado) podemos apreciar las diferencias estadísticas a través de los cortes, donde en los primeros cortes no hay significancia entre tratamientos, sin embargo al final y en el total existe una alta significancia, lo cual muestra el efecto positivo de los mejoradores sobre la producción de biomasa, resaltando la aplicación de la dosis de fertilización (tratamiento siete) como el mejor tratamiento, por lo que se puede decir que el zacate Rye grass presentó resultados satisfactorios bajo condiciones de salinidad.

Cuadro 4.30 Resultados del análisis de varianza en producción de materia seca y total acumulada por número de corte.

F.V	GL	cte.1°	cte. 2°	cte, 3°	cte. 4°	cte. 5°	cte. 6°	GL	total
tramtos.	7	1.07 ns	12.6 ns	7.29 *	14.57**	9.74 **	95.8 **	7	48.41**
Error	8	1.187	7.116	1.715	1.09	0.574	0.176	40	3.6714
Total	15	17.0	145.45	64.80	110.76	72.799	42.69	47	275.73
c.v	%	81.4	47.5	23.7	25.4	18.6	11.4	c.v	47.3

* significativo al 1%

** altamente significativo al 1%

ns = no significativo

Absorción de fósforo en planta.

En el cuadro 4.31 se presentan los resultados de la absorción de fósforo en planta, los cuales están relacionados directamente con la producción de materia seca y de los cortes realizados a esta.

Cuadro. 4.31 Valores Medios obtenidos de fósforo (μ grs/tratamiento) en materia seca.

Tratamiento	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5	corte 6
A - 3 lt/ha	2809.79	3633.32	1778.75	559.099	6338.56	3824.14
A - 6 lt/ha	124.65	429.88	1266.60	1282.50	1307.91	3659.80
A - 9 lt/ha	2958.50	3402.80	1400.87	2490.94	3069.22	172.78
H - 4 kg/ha	1409.55	2619.46	1514.97	4425.62	2733.71	3017.07
H - 8 kg/ha	194.50	4916.66	619.55	402.24	1370.65	3524.77
H - 12 kg/ha	130.75	1398.68	1457.40	2220.32	3610.50	1627.50
90-90-0	3157.09	4389.10	3219.52	6639.50	9703.09	1093.56
testigo	260.38	2169.87	1962.73	201.362	582.40	333.23

En la figura 4.27 se presenta el fósforo absorbido por la materia seca, por su número de corte correspondiente, en esta figura podemos observar que el tratamiento siete que corresponde a la dosis de fertilizante (90-90-0), fue el que mayor cantidad de fósforo absorbió, por lo que podemos señalar que a mayor cantidad de producción de materia seca existe una mayor absorción de fósforo ya que a medida que se desarrolla el cultivo disminuye el contenido de este elemento y es absorbido por la planta lo que representa un aumento en la producción de materia seca total. El fósforo no es exclusivamente absorbido por la planta, si no que también es fijado al suelo, por lo que se establece una diferencia entre el fósforo del suelo y el absorbido por la planta, sin embargo no se presentaron deficiencias nutricionales por la importancia de este elemento en el crecimiento del cultivo. Este resultado se debió posiblemente a la aplicación de la dosis de fertilización utilizada la cual aportó fósforo y lo puso mas fácilmente en solución y el cultivo lo absorbió más fácilmente.

Los tratamientos que menos fósforo absorbieron fueron el dos (12 lts/ha) del extracto de algas y el cinco (16 kg/ha) de ácidos húmicos. Sin embargo a través de los cortes podemos observar que la absorción de este elemento entre los tratamientos no fue igual, esto debido principalmente a los resultados presentados en la materia seca por corte y al manejo de las macetas en el invernadero.

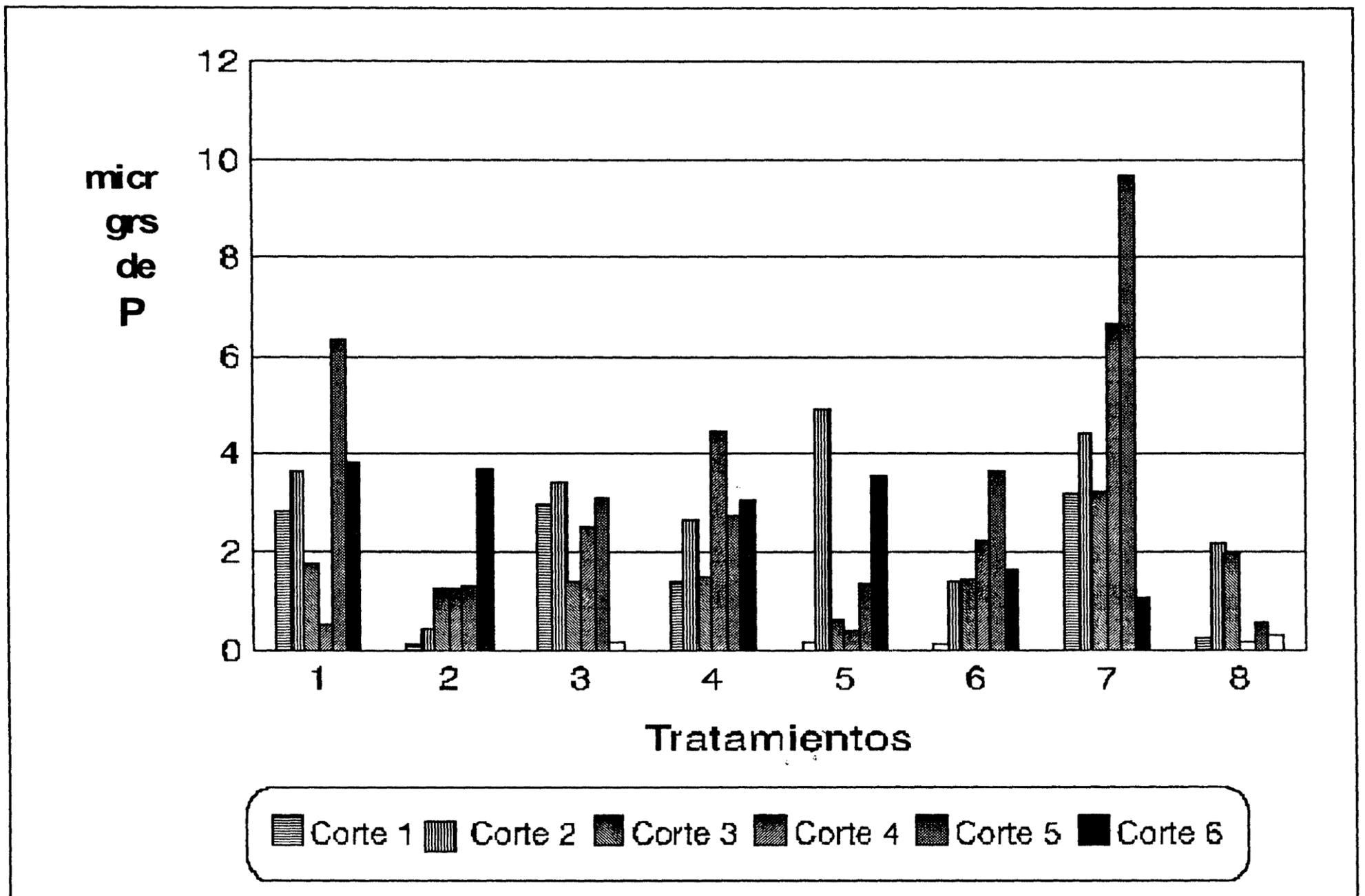


Figura 4.27 Fósforo absorbido en materia seca, por número de corte

Absorción de Sodio.

En el cuadro 4.32 se presentan los resultados obtenidos en por ciento de sodio en planta, considerando su número de corte.

Cuadro. 4.32 Valores Medios obtenidos, (%) de sodio por número de corte.

Tratamiento	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5	corte 6
A - 6 lts/ha	4.525	3.730	3.025	2.475	3.070	2.50
A - 12 lts/ha	4.790	3.415	2.000	1.750	4.725	4.17
A - 18 lts/ha	4.655	3.195	1.750	3.775	3.825	2.30
H - 8 kgs/ha	3.460	4.375	2.325	2.175	3.625	3.72
H - 16 kgs/ha	5.955	3.140	1.450	5.250	3.250	5.67
H - 24 kgs/ha	3.720	2.865	2.400	2.725	3.225	2.65
90-90-0	3.245	3.790	4.500	3.375	3.875	6.44
testigo	3.945	2.565	1.600	2.975	2.700	5.35

En la figura 4.28 podemos observar la absorción de sodio por la materia seca, correspondiente a su número de corte por tratamiento en donde destaca el tratamiento siete del corte seis, de la dosis de fertilización utilizada con el valor más alto (6.44 por ciento) y el tratamiento cinco del corte tres de ácidos húmicos con (1.45 por ciento) con el valor más bajo.

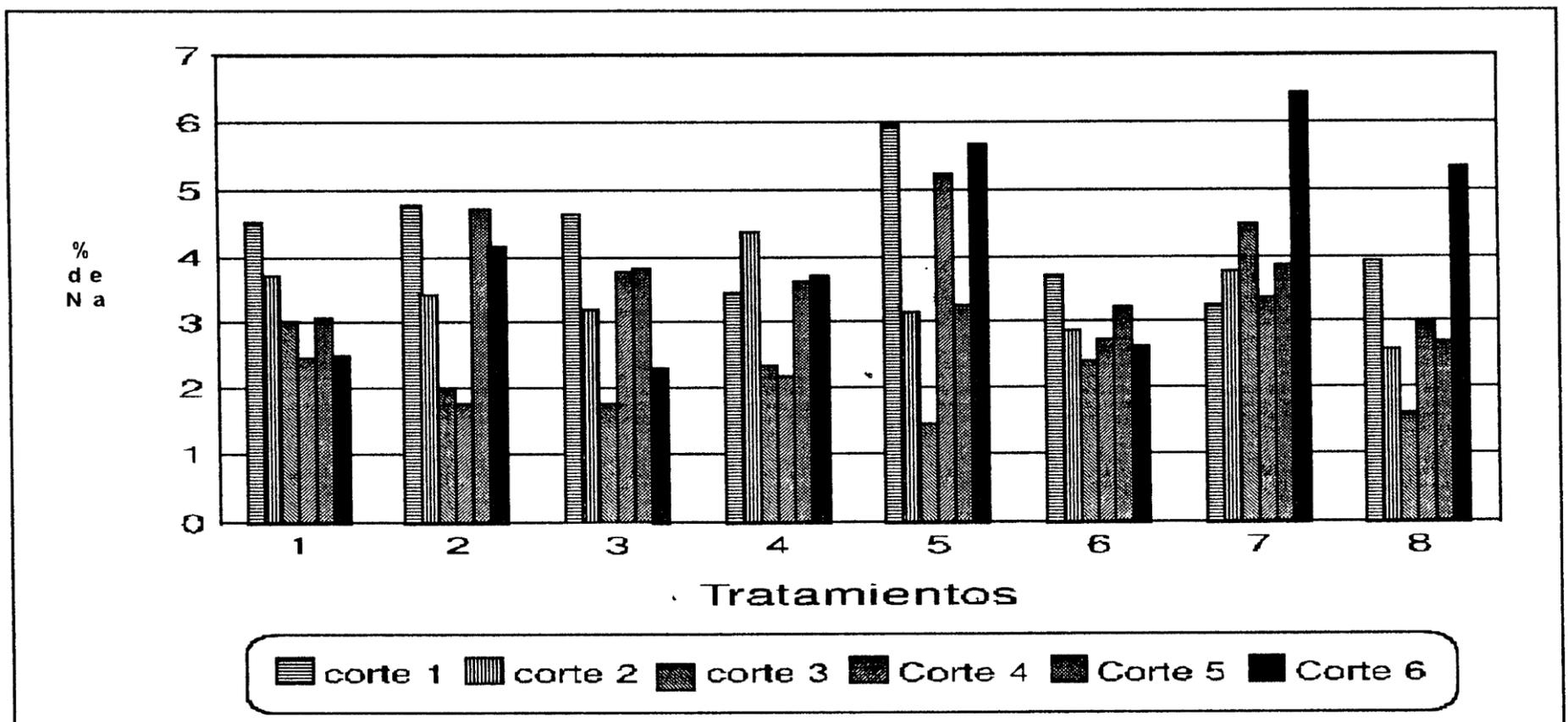


Figura 4.28 Por ciento (%) de sodio en materia seca; por número de corte.

En general los valores de sodio en por ciento en relación a los otros cationes son los más altos, estos resultados se atribuyen a los altos contenidos de sodio en el suelo,

donde este catión es el más concentrado, y aunado a esto el cultivo utilizado (zacate Rye grass) es un cultivo medianamente tolerante a las sales, por lo que tiene la capacidad de absorber este ión en sus tejidos, todo esto contribuyó a que la materia seca presentara más sodio en su constitución que otros iones.

Absorción de Potasio.

En el cuadro 4.33 se presentan los valores de potasio en por ciento en materia seca, por su número de corte correspondiente; en la figura 4.29 se presentan gráficamente los valores obtenidos, en esta se observa que los valores más altos son los del primer corte y el tratamiento siete del primer corte resultó ser el más alto con (1.58 por ciento) el cual corresponde a la dosis de fertilización utilizada; el tratamiento uno del corte cuatro fue el que presentó los valores más bajos, estos resultados indican que con ninguna aplicación de los mejoradores se incrementó la cantidad de potasio en la planta y que el potasio que fue absorbido proviene posiblemente de las arcillas presentes en el suelo, las cuales tienen potasio (no disponible) en su constitución y pueden poner este elemento disponible en la solución del suelo, debido posiblemente al efecto de las reacciones de hidrolisis y oxidación provocadas por los mejoradores orgánicos, las cuales liberan este elemento de las arcillas.

Cuadro. 4.33 Valores Medios obtenidos (%) de potasio por número de corte.

Tratamiento	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5	corte 6
A - 6 lts/ha	1.385	0.565	0.425	0.050	0.340	0.127
A - 12 lts/ha	1.310	0.700	0.550	0.555	0.430	0.600
A - 18 lts/ha	1.050	0.575	0.460	0.355	0.310	0.370
H - 8 kgs/ha	1.480	0.590	0.400	0.435	0.285	0.320
H - 16 kgs/ha	0.790	0.680	0.565	0.495	0.500	0.355
H - 24 kgs/ha	0.545	0.655	0.496	0.365	0.435	0.180
90-90-0	1.585	0.555	0.780	0.470	0.455	0.505
testigo	1.290	0.675	0.395	0.360	0.440	0.120

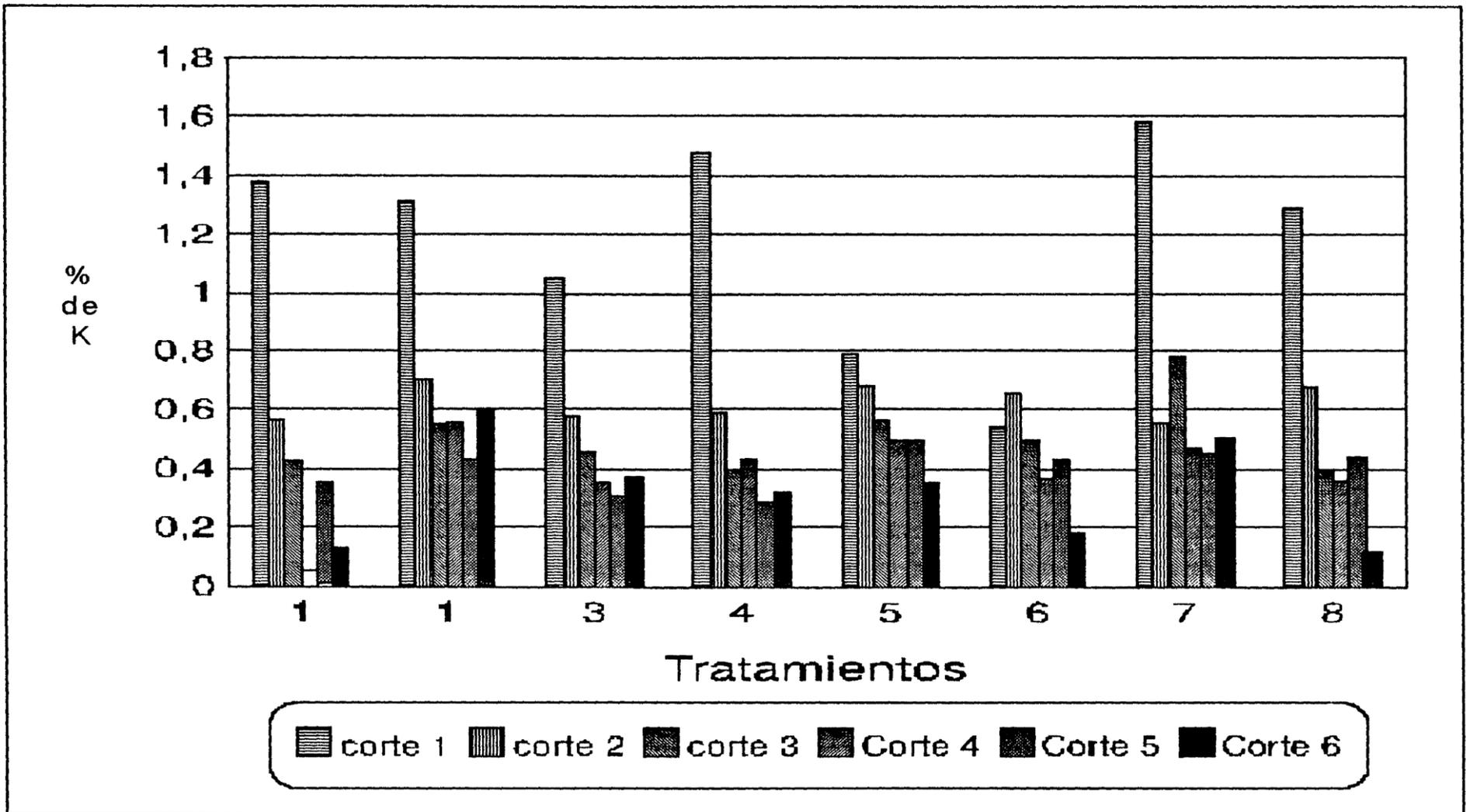


Figura 4.33 Por ciento (%) de potasio en materia seca, por número de corte.

Absorción de Calcio.

En el cuadro 4.34 se presentan los valores en por ciento de calcio, en materia seca por su número de corte correspondiente; en la figura 4.34 podemos observar que el tratamiento cuatro del quinto corte fue el que en mayor proporción absorbió el calcio con un valor (1.2 por ciento), y tratamiento uno del mismo corte con (1.0 por ciento) fue el mejor, ambos tratamientos superan al testigo y a la dosis de fertilización. Sin embargo podemos notar que a través de los cortes se aprecian grandes fluctuaciones, no así entre los tratamientos por corte, estos resultados por la absorción de éste elemento se lo podemos atribuir a la aplicación de los ácidos húmicos los cuales liberan el calcio de los carbonatos presentes en el suelo, poniéndolos en solución lo cual aumenta el contenido de este elemento en el suelo, y la planta puede tomarlo más fácilmente (grupo Okehi. S.A de C.V. 1993), y al efecto del extracto de algas que también tiende a solubilizar los carbonatos de calcio presentes en el suelo para que la planta pueda tomarlo.

Cuadro. 4.34 Valores Medios obtenidos, (%) de calcio por número de corte.

Tratamiento	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5	corte 6
A - 6 lts/ha	0.400	0.750	0.500	0.575	1.000	0.250
A - 12 lts/ha	0.430	0.800	0.525	0.650	0.925	0.550
A - 18 lts/ha	0.505	0.800	0.425	0.550	0.825	0.625
H - 8 kg/ha	0.580	0.550	0.515	0.750	1.200	0.525
H - 16 kg/ha	0.400	0.750	0.365	0.750	1.050	0.500
H 24 kg/ha	0.460	0.700	0.425	0.650	0.875	0.500
90-90-0	0.400	0.750	0.475	0.825	0.650	0.425
testigo	0.450	0.500	0.425	0.775	0.900	0.575

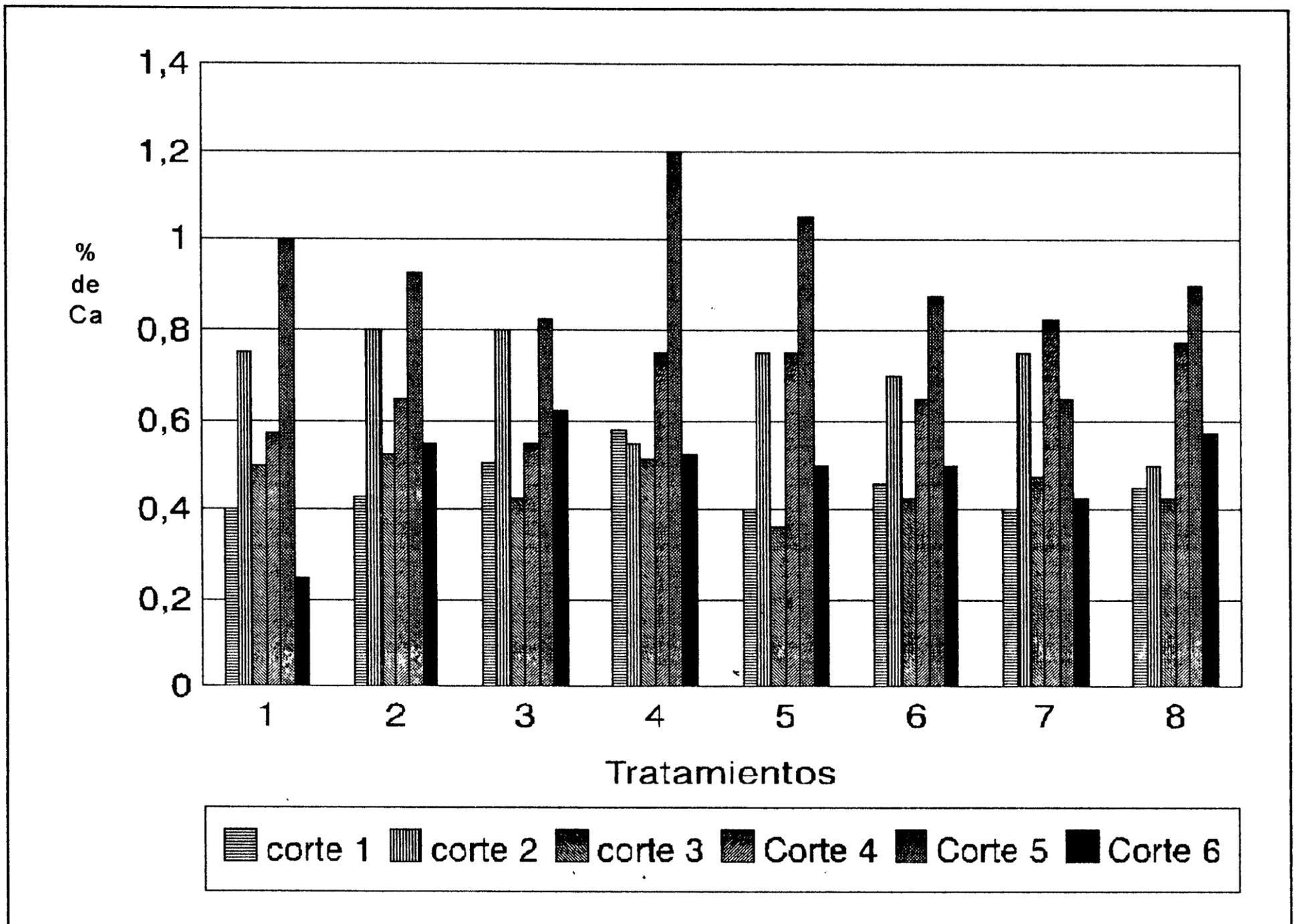


Figura 4.30 Por ciento (%) de calcio en materia seca; por número de corte.

Absorción de Magnesio.

En el cuadro 4.35 se presentan los valores medio obtenidos, en por ciento de magnesio en materia seca por su número de corte correspondiente.

Cuadro. 4.35 Valores Medios obtenidos, (%) de magnesio por número de corte.

Tratamiento	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5	corte 6
A - 6 lts/ha	0.580	0.750	0.540	0.450	0.350	0.575
A - 12 lts/ha	0.360	1.200	0.565	0.400	0.600	0.425
A - 18 lts/ha	0.140	0.400	0.550	0.500	0.475	0.725
H - 8 kgs/ha	0.880	0.550	0.440	0.250	0.125	0.400
H - 16 kgs/ha	0.660	0.800	0.440	0.225	0.425	0.625
H - 24 kgs/ha	0.580	0.650	0.725	0.225	0.175	0.500
90-90-0	0.900	0.550	0.690	0.275	0.900	0.600
testigo	0.500	1.200	0.150	0.250	0.275	0.500

En la figura 4.35 se presentan los valores de magnesio, donde podemos observar que el tratamiento dos del segundo corte con un valor de 1.2 por ciento presentó la mayor absorción, en los tratamientos de los ácidos húmicos el cuatro del primer corte resultó ser el mejor con 0.88 por ciento de magnesio; sin embargo el tratamiento testigo presento un valor similar (1.2 por ciento), la absorción de este catión se comportó de manera similar al calcio, ya que ambos cationes presentaron el mismo valor máximo de absorción (1.2 por ciento), este resultado de atribuye a que los dos presentan la misma valencia y la planta los toma casi igual. Por otro lado el magnesio en solución absorbido por el zacate proviene de la solubilización de los compuestos minerales, que liberan este elemento y lo ponen disponible en la solución del suelo, por el efecto de las aplicaciones de los mejoradores orgánicos .

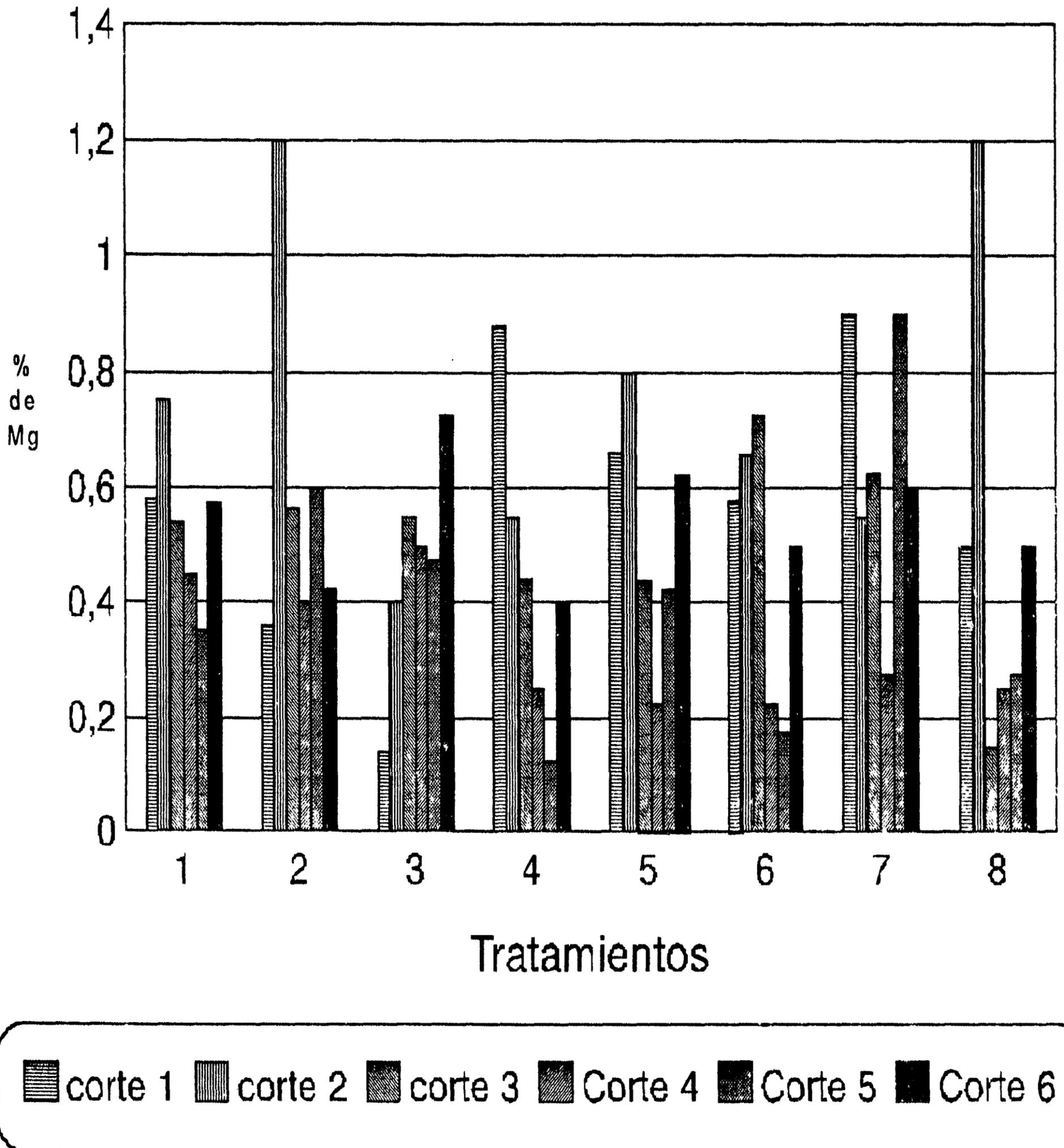


Figura 4.31 Por ciento (%) de magnesio en materia seca; por número de corte.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se presentan las siguientes conclusiones:

- Con la aplicación de los mejoradores orgánicos, (extracto de algas marinas) y (ácidos húmicos) tendió a disminuir la salinidad del suelo dependiendo de la dosis empleada y la calidad de agua utilizada; en la fase de campo con (3 lt/ha) y en invernadero con (6 lt/ha) del extracto de algas, que representa el tratamiento uno y la dosis más baja de este mejorador y para los ácidos húmicos para la fase de campo, el tratamiento cuatro (4 kg/ha), la dosis más baja y en invernadero, el tratamiento seis (24 kg/ha) dosis más alta, se observaron los mejores resultados, sobre la reducción de la salinidad.

- Respecto a la absorción de fósforo, en el experimento de invernadero los tratamientos que contienen materiales orgánicos en forma general tendieron a liberar este elemento, en cambio en el tratamiento testigo el fósforo se fijo, existiendo poca disponibilidad para la planta, después de los cortes y aplicaciones realizadas. y con la aplicación de la dosis más alta del extracto de algas (18 lts/ha) y la dosis mas baja de ácidos húmicos (8 lts/ha), se obtuvieron los valores más altos de fósforo en solución, en las dosis utilizadas en el invernadero

RESUMEN

En el rancho “El Potrero” predominan condiciones semiáridas y los suelos con características salinas, ahí se establecieron parcelas de 25 m² a las que se les aplicaron dosis de tres, seis y nueve lts/ha de extracto de algas marinas y cuatro, ocho y doce kg/ha de ácidos húmicos al suelo, con la finalidad de conocer el efecto de estos mejoradores orgánicos sobre la salinidad del suelo, con un diseño experimental de bloques al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones.

Se colectaron muestras para otro experimento en el invernadero de la UAAAN, las cuales se colocaron como columnas de suelo, y se sembraron con zacate Rye grass perenne como cultivo de cobertura, las dosis empleadas fueron dos veces mayores a las utilizadas en el campo, con el mismo número de tratamientos y dos repeticiones, utilizándose un diseño completamente al azar.

Se realizaron muestreos tanto en el campo como en el invernadero, para su análisis en el laboratorio, las cuales dieron como resultado que el mejor tratamiento tanto en el campo como en el invernadero, que disminuyó la concentración de sales, fue el tres del extracto de algas marinas con 3 lt/ha y para ácidos húmicos el tratamiento cuatro con 4 kg/ha en el experimento de campo, y el tratamiento seis con 24 kg/ha en el experimento de invernadero.

Los tratamientos tres del extracto de algas marinas con (18 lt/ha) y cuatro para ácidos húmicos con (8 kg/ha) presentaron los valores más altos de fósforo en solución, con la técnica de isotermas de adsorción utilizadas en el Invernadero.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, S.A., Etchevers, B, J,D y Castellanos, R,J,Z. 1987 Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial N° 1 cap. Sales Solubles. Colegio de Postgraduados. México.
- Alsina, G, L. 1972. Horticultura Especial, Ed. Sintet S.A , Barcelona, España.
- Báez, S.D. 1991. Utilización de algas marinas como acondicionador de suelo arcilloso, Tesis, Licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila. México.
- Bear, F. 1964 Editor, Chemistry of the soil, Van Nos Trand, Reynold, N.Y.
- Benedicto, V,G,S y S, J, L. Tovar. 1988. Modificadores de algunas propiedades químicas del suelo, por incorporación de estiércol, Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, pp 55. México.
- Buckman, H,O y C,N, Brady. 1977, Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Ed Montener y Simon, Barcelona, España.
- Cajuste L.J. 1979 Adsorción de fósforo en algunos suelos de origen volcánico de México y su relación con ciertos componentes del suelo. Agrociencia. 36: 137-144 Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- Canales L.B. 1987. Teoría Enzimática sobre el cambio de la textura del suelo (Estudio Empírico) Manuscrito no Publicado. México.
- Cepeda D. J.M (1984) Uso de isotermas de adsorción de fósforo para estimar los requerimientos de fertilizante fosfatado, en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) Tesis Maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 1994 Informe Anual. México.
- Contreras N.M. 1985. Efecto de nueve mejoradores sobre propiedades selectas de un suelo calcareo y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Tesis Maestría U.A.A.A.N . Saltillo. Coahuila. México.
- Dekock, P.C. 1955. Influence of humic acids on plants growth, Cience, 121:473-474. USA.

- Fernández, V. H, 1968. The action of humic acid of different sources on the development of plant and their affeton increasing concentration of the nutrient solution, pp 805-806. USA.
- García, E. 1973. Modificación al sistema climático de Koppen (Para adaptarlo a la República Mexicana) UNAM. P. 264 México.
- Harter, R.D. and D.E Baker. 1977. Applications and mis applications of the Langmuir equation to soil adsorption phenomena. Soil. Sci.Soc.Am. S 41:1077-1080.USA.
- Hoffman. G. J. 1982. Alleviating Salinity Stress en: Modifying the root environment to reduce crop stress. Ed. G.F. Arkin y H.M. Tylor. ASAE. Monograph 4. St Josept, Michigan. P. 305-346. USA.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.(INEGI) 1992. "El Tullillo" Carta Topográfica G14 C22, Escala 1:50 000, color varios, México. 1ha.
- James, D. W., Hanks . R, J. And Jurinak. J.J. 1982. Modern Irrigated Siol, In Semiarid Lands and Deserts, Soil Resource and Reclamation, J Skujins (Ed) Marcel Dekker Inc. Utah U.S.A.
- Lasso. L..M.M .1990 Apuntes de Agrotecnia. U.A.A.A.N, Saltillo. Coahuila. México.
- López-Hernández, D., F. Rotondo y T. Herrera. 1984. Isotherma de adsorción de fósforo en sedimentos del estuario de Maracaibo. Turrialba. Vol. 34 N°. 3,353-358. Venezuela.
- Loyer. J.Y. Orstom. 1994. Coordinate Diagram for Saline Horizons. 213 rue La Fayette. 75480. Paris Cx 10 Francia. (Artículo).
- Martínez, S. J. 1992. Ácidos Húmicos y Fertilización en el cultivo de Brocoli (*Brassica oleracea*, L.). Tesis Maestría, UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México, p 94.
- Megel, K. and A. Kirby. 1982. Principles of plant nutrition. 2nd. De. Editors: International Potash Institute. p. 347-360 USA.
- Méndez. G.V. 1982. Efecto de mejoradores de suelo y dosis de fertilización fosfatada en el desarrollo del cultivo de papa, en un suelo de pH alcalino. Tesis, Maestría UAAAN, Saltillo, Coahuila, p.99. México.
- Metting B. 1990. Biological Surface Featores of Semiarid lands and deserts. Soils Resouce and Reclamati3n, J, Skujins (Ed). Marcel Dekken. Inc. Logan Utah. U.S.A.

- Okehi Group, 1993, Boletín de información , 1691, Forsyth Street Macon, GA. 311201 USA. Fax. (912)745-1972.
- Olsen. R. S. And F.S. Watanabe. 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils measured by the Langmuir Isotherm. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 21. 144-149. USA.
- Omega Agroindustrial. 1989 .Departamento de Investigación y Desarrollo. Saltillo. Coahuila. México S.A. de C.V. México.
- Ortega. R.M.M. 1986. Evaluación de métodos químicos para predecir el requerimiento de fertilizante fosfatado del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en un suelo calcáreo con o sin perlita. Tesis. Maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- Ortiz. V. B. y C, A. Ortiz. S. 1980. Edafología. U.A. Chapingo. México, p. 290.
- Palau Bioquim, S.A. de C.V, (1991) Boletín sobre Potencializadores Ecológicos, Ramos Arizpe No. 638. Saltillo Coahuila, 25000, Tel/Fax 91(84)12-80-82. México.
- Pedro. G. 1989. Apuntes de clase pedología Global D,E.A DE Pedología INA-PG. Paris, Francia.
- Redell. P., H.G. Diem and Y.R. Dommerguer. 1985. Use of actinorhizal plants in arid and semiarid environments In: Semiarid lands and deserts. Soil Resource and Reclamation. J. Skujins (Ed). Marcel Dekker. Ind. Logan. Utah. U.S.A.
- Reyes. R. D. 1993. Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en suelo arcilloso y arenoso así como su influencia en lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis. Maestría UAAAN, Saltillo. Coahuila. México.
- Reyna, B.B . 1992. Reducción de la fertilización en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y aplicación de bioactivadores húmicos en Navidad N.L. Tesis Licenciatura U.A.A.A.N., Saltillo, Coahuila. México.
- Rios. D.G. 1995. Efecto de un mejorador orgánico en un suelo salino, en el cultivo de triticale forrajero. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- Roades. J. D. 1982. Soluble salts In: Methods of soils analysis. Ed. A.L. Page. R.H. Miller and D. Lr. Kenney. Agronomy Monograph 9. Part. 2. 2ª Ed. ASA Madison, Wis. P 169-179. U.S.A.
- Rodríguez. N.F. 1990. Abonos orgánicos (Formación de sustancias húmicas, mineralización del nitrógeno). U. A. Chapingo. México.
- Ruellan Alain. 1987. Horizontes Calcáreos, Referentiel Pédologique Francais. 3ème Proposition Avril, INRA. Paris, Francia.

- Rusell. E. J. y E. W. Gracen. 1977. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4ª edición Ed. Aguilar. Madrid España. 801.p
- Servant Jean. 1985. Dinámica de las sales en la superficie del globo. La salinización de los suelos. Artículo. Traducción del francés.
- Singn. B.B. and J.P. Jones. 1977. Phosphorus Sorption isotherm for evaluating phosphorus requeriments of lectucce at five temperature regimens plant and soil, *Soil Sci. Soc. Am*, S. 46 : 31-44. USA.
- Tauscher. H. 1984. El suelo y su fertilidad. Ed. Continental, México. D.F. 309 p.
- U.S.D.A. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1994. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. L. A. Richards. Octava reimpresión . ed. U.T.H.E.A. Noriega. Editores. México.
- Veith. J.A. and R.J. Sposito. 1977. On the use of the Langmuir equation in the interpretation of "adsorption" Fenomena. *Soil Sci. Soc. Am.* 1: 41.697-702. USA.
- Walther. F. 1982. Introducción a la Microbiología . Ed. Continental. 2ª Edición. México. D.F.
- Yañez. R, N. J. 1993. El uso de los ácidos húmicos en la horticultura. Confederación Nacional de productores de Hortalizas. Grupo Omega Agroindustrial S.A de C.V. art. Técnico. México.