

4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"ESTUDIO ANALITICO DE LAS VARIACIONES FISICAS,
QUIMICAS Y FISICOQUIMICAS DE UN SUELO AGRICOLA
BAJO RIEGO CON CUATRO TIPOS DE AGUA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
Q U I M I C O
P R E S E N T A
JULIO GASCON FIGUEROA

ASESORES: Q. RAFAEL GARCIA BARRERA
Q. LAURA BERTHA REYES SANCHEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2002

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Estudio Analítico de las Variaciones Físicas, Químicas y Físicoquímicas de un
Suelo Agrícola bajo Riego con cuatro Tipos de Agua

que presenta el pasante: Julio Gascón Figueroa
con número de cuenta: 9102845-5 para obtener el título de :
Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de septiembre de 2001

PRESIDENTE Q. Elia Catalina León Arias

VOCAL Q.I. Juan José Lara Padilla

SECRETARIO Q. Rafael García Barrera

PRIMER SUPLENTE I.Q. Graciela Delgadillo García

SEGUNDO SUPLENTE Q.B.P. Rubén Sanabria Tzintzun

A mi madre

Por apoyarme en todo momento
y confiar siempre en mí, por ser
una guía excelente en mi vida

A mis hermanos

***Rita, Sole, Paty, Mariano, Pepe,
Carmen, Nacho y Hugo***

Por el apoyo brindado que me han
dado toda la vida

A Libia

Por el amor y el apoyo que me
has dado al final de esta etapa de
mi vida y por comenzar esta
nueva etapa conmigo

A mis profesores

***Q. Elia Catalina León Arias y
Q. Rafael García Barrera***

por todo el tiempo que me han
brindado y la paciencia que me
tuvieron todos estos años por
enseñarme el valor de ser Químico

A la generación de Química 22

En especial a mis amigos

***Alvaro, Víctor, Alvaro, Alex y
Rogelio***

A Q. Laura Berta Reyes S.

Por compartir sus conocimientos
para la realización de este trabajo

Al Profe. Rafa

Por brindarme su amistad

ÍNDICE

➤	INTRODUCCIÓN	1
➤	GENERALIDADES	3
➤	METODOLOGÍA	8
➤	OBJETIVOS	11
➤	DESARROLLO EXPERIMENTAL	12
1.	TEXTURA	12
1.1.	DIAGRAMA DE TEXTURA	17
1.2.	TÉCNICA PARA DETERMINAR TEXTURA	18
1.3.	RESULTADOS	20
2.	COLOR	21
2.1.	TÉCNICA PARA DETERMINAR COLOR	24
2.2.	TABLA MUNSELL	26
2.3.	RESULTADOS	28
3.	DENSIDAD	29
3.1.	Densidad Aparente	29
3.2.	Densidad Real	29
3.3.	Espacio poroso	30
3.4.	TÉCNICA PARA DETERMINAR DENSIDAD Y ESPACIO POROSO	31
3.5.	RESULTADOS	34

4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	35
4.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	37
4.2 RESULTADOS	39
5. pH	40
5.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR pH	42
5.2 RESULTADOS	44
6. MATERIA ORGÁNICA	45
6.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA	49
6.2 RESULTADOS	52
7. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL	53
7.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL	55
7.2 RESULTADOS	59
8. NITRÓGENO	60
8.1 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE NITRÓGENO	61
8.2 CURVA PATRÓN DE NITRÓGENO	65
8.3 TÉCNICA PARA DETERMINAR NITRÓGENO	66
8.4 RESULTADOS	71

9. FÓSFORO ASIMILABLE	72
9.1 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN EXTRACTORA PARA DETERMINAR FÓSFORO Y POTASIO	73
9.2 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE FÓSFORO	75
9.3 CURVA PATRÓN DE FÓSFORO	78
9.4 TÉCNICA PARA DETERMINAR FÓSFORO ASIMILABLE	79
9.5 RESULTADOS	81
10. POTASIO ASIMILABLE	82
10.1 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE POTASIO	83
10.2 CURVA PATRÓN DE POTASIO	86
10.3 TÉCNICA PARA DETERMINAR POTASIO ASIMILABLE	87
10.4 RESULTADOS	89
11. CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES	90
11.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR CALCIO Y MAGNESIO INTECAMBIABLES	92
11.2 RESULTADOS	96
12. METALES PESADOS	97
12.1 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE CADMIO	99
12.2 CURVA PATRÓN DE CADMIO	101

12.3	TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE COBRE	102
12.4	CURVA PATRÓN DE COBRE	104
12.5	TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE CROMO	105
12.6	CURVA PATRÓN DE CROMO	107
12.7	TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE PLOMO	108
12.8	CURVA PATRÓN DE PLOMO	110
12.9	TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE ZINC	111
12.10	CURVA PATRÓN DE ZINC	113
12.11	TÉCNICA PARA DETERMINAR METALES PESADOS	114
12.12	RESULTADOS	116
✓	CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS	117
✓	GRÁFICAS	123
I.	GRÁFICA DE DENSIDAD APARENTE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	124
II.	GRÁFICA DE DENSIDAD APARENTE POR CICLOS	125
III.	GRÁFICA DE DENSIDAD REAL DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	126

IV.	GRÁFICA DE DENSIDAD REAL POR CICLOS	127
V.	GRÁFICA DE ESPACIO POROSO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	128
VI.	GRÁFICA DE ESPACIO POROSO POR CICLOS	129
VII.	GRÁFICA DE MATERIA ORGÁNICA DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	130
VIII.	GRÁFICA DE MATERIA ORGÁNICA POR CICLOS	131
IX.	GRÁFICA DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO TOTAL DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	132
X.	GRÁFICA DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO TOTAL POR CICLOS	133
XI.	GRÁFICA DE NITRÓGENO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	134
XII.	GRÁFICA DE NITRÓGENO POR CICLOS	135
XIII.	GRÁFICA DE FÓSFORO ASIMILABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	136
XIV.	GRÁFICA DE FÓSFORO ASIMILABLE POR CICLOS	137
XV.	GRÁFICA DE POTASIO ASIMILABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	138
XVI.	GRÁFICA DE POTASIO ASIMILABLE POR CICLOS	139
XVII.	GRÁFICA DE CALCIO INTERCAMBIABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	140

XVIII.	GRÁFICA DE CALCIO INTERCAMBIABLE POR CICLOS	141
XIX.	GRÁFICA DE MAGNESIO INTERCAMBIABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	142
XX.	GRÁFICA DE MAGNESIO INTERCAMBIABLE POR CICLOS	143
XXI.	GRÁFICA DE CADMIO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	144
XXII.	GRÁFICA DE CADMIO POR CICLOS	145
XXIII.	GRÁFICA DE COBRE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	146
XXIV.	GRÁFICA DE COBRE POR CICLOS	147
XXV.	GRÁFICA DE PLOMO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	148
XXVI.	GRÁFICA DE PLOMO POR CICLOS	149
XXVII.	GRÁFICA DE ZINC DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS	150
XXVIII.	GRÁFICA DE ZINC POR CICLOS	151
>	ANÁLISIS DE RESULTADOS	152
>	CONCLUSIONES	156
>	BIBLIOGRAFÍA	158

INTRODUCCIÓN

La Química como ciencia que estudia la materia y sus cambios, ha dado muchas e importantes aportaciones a lo largo de la historia a través de la explicación de los fenómenos macroscópicos y microscópicos que suceden a nuestro alrededor, ya sea por observación y comprobación directa de éstos o a través de modelos internacionalmente adoptados como válidos.

El análisis químico tradicional como herramienta rutinaria sigue siendo un medio valioso que aporta datos cualitativos y cuantitativos que permiten conocer y establecer convencionalmente el estado en que se encuentra el o los objetos de análisis.

Una de las múltiples aplicaciones de la Química, se da en el análisis de suelos que por su importancia e interrelación con otras ciencias y disciplinas, constituye una de las áreas de relevancia mundial al aportar datos trascendentes para el desarrollo de la agricultura y ganadería que son la base de la alimentación del ser humano, sin olvidar su impacto en lo relacionado al resto del medio ambiente.

La interpretación de datos derivados del análisis del suelo, permite comprender que está pasando en él y tomar decisiones sobre la modificación de sus propiedades, en beneficio de éste o de los fines particulares para los que esté

destinado. Por ello su estudio constituye una fuente inagotable de Información ya que se trata de un sistema dinámico en donde coexisten en equilibrio materia orgánica , microorganismos, gases y especies químicas diversas como material mineral, todos en múltiples y complejas interrelaciones, así como con otras fuentes que están en contacto con él, como el agua que corre sobre su superficie y a través de él o la aportada por la lluvia, sin olvidar el clima y los fenómenos naturales o los provocados por el hombre , lo que hace del estudio químico de los suelos una importante área multidisciplinaria de desarrollo profesional e investigación.

GENERALIDADES

El suelo se define como la parte superior de la corteza terrestre, que puede sostener la vida vegetal y se forma de material fragmentado de origen rocoso y de materia orgánica

Es un recurso natural, que tiene un papel importante en el ciclo biogeohidrológico, debido a que es la interfase entre la atmósfera, la planta y la fase geológica subyacente que intercepta las lluvias y el agua de riego, definiendo el reparto entre el agua que corre en la superficie y la que se infiltra, siendo un lugar de tránsito de ésta hacia las reservas profundas y hacia la atmósfera. Es también un lugar de reserva del agua que es retenida contra la gravedad: adsorbida por la fracción coloidal y absorbida por la fracción iónica, interviniendo en la producción agrícola y en la regulación del balance de agua. Estas funciones están relacionadas con las propiedades de los materiales que lo constituyen representando el medio poroso no rígido, que es la superficie de contacto entre sus fases sólida, líquida y gaseosa.

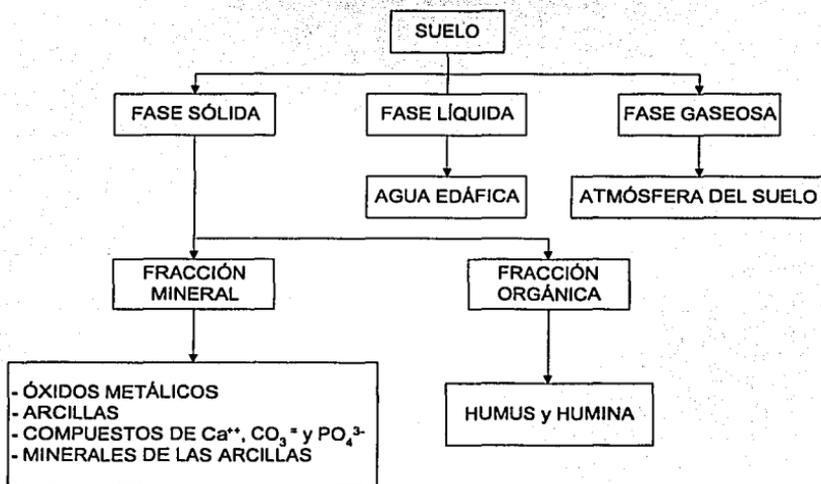
Por su composición, el suelo posee un volumen poroso, ocupado por gases, líquidos y un volumen ocupado por distintas sustancias sólidas, conformado así por tres fases: sólida, líquida y gaseosa.

Fase líquida: agua edáfica

Fase gaseosa: atmósfera del suelo que define un edafoclima

Fase sólida: ésta se divide en las fracciones mineral y orgánica, cada una de éstas a su vez contiene diversos constituyentes.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS SUELOS



Al contenido centesimal de la fracción inorgánica se le denomina textura del suelo.

En esta fase sólida, existen las arcillas, al igual que los óxidos e hidróxidos metálicos de hierro y aluminio. Por su tamaño de partículas ≤ 0.002 mm, constituyen la fracción coloidal inorgánica del suelo, en tanto que el humus y la humina, son la fracción coloidal orgánica del mismo.

En la formación del suelo actúan tres agentes:

1) Físicos

- Cambios de temperatura y presión
- La acción del agua y aire
- La acción mecánica directa o indirecta de seres vivos.

2) Químicos

- Acción del agua y la atmósfera sobre los componentes de las rocas, hidratando, disolviendo, carbonatando, oxidando y reduciendo los minerales que las constituyen.

3) Biológicos

- Acción de plantas y microorganismos.

En su formación intervienen cinco factores que son:

- Material madre
- Clima
- Vegetación
- Relieve
- Tiempo.

La influencia genética de estos cinco factores definen sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las propiedades químicas del suelo son definidas por la calidad y cantidad de sus componentes inorgánicos y orgánicos.

El comportamiento de las fracciones coloidales que constituyen el suelo es de vital importancia por el papel que desempeña respecto a la relación suelo-planta-agua debido a su capacidad de absorber y fijar iones en solución que pueden ser intercambiados con la planta para nutrirla (capacidad de intercambio catiónico) o con la misma fracción coloidal. También regulan el pH del sistema, formando parte de la evolución natural del suelo o su degradación, definen la formación de la estructura de éste a través del intercambio entre las soluciones externas e internas de la fracción coloidal en la floculación o dispersión de las partículas.

El agua con su constante movimiento, es el vehículo de sustancias en disolución y suspensión, que interviene en la formación y evolución de los suelos y eventualmente en su degradación y contaminación.

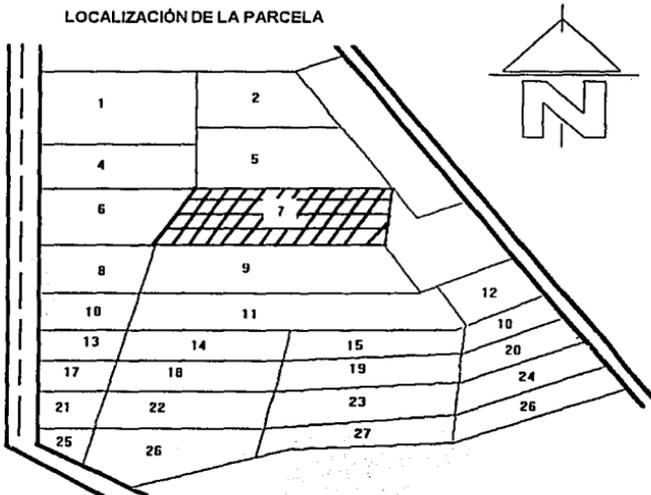
La capacidad de un suelo para generar altos rendimientos en los cultivos depende principalmente de:

- La fertilidad, que es la capacidad para suministrar a las plantas los nutrimentos necesarios, en las formas, proporciones y tiempos adecuados (capacidad de intercambio catiónico)
- La capacidad de suministro de agua en cantidades suficientes y tensiones relativamente bajas (capacidad de campo, en particular , agua aprovechable por la planta)
- La capacidad de suministro de aire, especialmente el oxígeno para la respiración de las raíces, removiendo el bióxido de carbono producido
- La capacidad de suministrar calor proporcionando una temperatura adecuada para la germinación de semillas, crecimiento de raíces y anclaje, para lo cual el suelo debe presentar una estructura adecuada así como una baja resistencia a la penetración de las raíces

METODOLOGÍA

El estudio realizado en esta tesis se refiere a: al análisis químico , físico y fisicoquímico del suelo de cuatro ciclos de producción agrícola para tres especies vegetales (chícharo, rábano y zanahoria), cada ciclo regado con cuatro tipos de agua : industrial, habitacional, de riego y potable.

Las muestras del suelo pertenecen a la parcela No. 7 del Rancho Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.



El suelo se extrajo de una profundidad de 20 cm y se tamizó con malla de 2 mm.

El número de réplicas en las determinaciones fue:

- Una vez

Textura(*)

Color(*)

- Por duplicado

Densidad(*)

Conductividad eléctrica(**)

pH(**)

Materia orgánica(***)

Capacidad de intercambio catiónico total(***)

Nitrógeno(***)

Fósforo asimilable(***)

Potasio asimilable(***)

Calcio y magnesio intercambiables(***)

- Por triplicado

Metales pesados(***)

Propiedades físicas(*), fisicoquímicas (**) y químicas (***)

El trabajo se desarrolló en los laboratorios de Química Experimental Aplicada I y II, excepto la determinación de nitrógeno y metales pesados que se efectuaron en los Laboratorios de Análisis* y de Química de los Suelos** en C-1 y C-4 respectivamente .

Agradezco la ayuda y facilidad al M. en C. Julio César Botello Pozos* y al Dr. Arturo Aguirre Gómez** para su realización.

Las determinaciones espectrofotométricas (U.V.) y las de absorción atómica se realizaron en un espectrofotómetro PERKIN ELMER UV/VIS Spectrometer Lambda 18 y las de absorción atómica en un VARIAN Spectr AA 800.

OBJETIVOS

General.

Analizar y estudiar algunos parámetros y propiedades de un suelo (físicas, químicas y fisicoquímicas), durante cuatro ciclos de producción, en función de cuatro tipos de agua de riego (tratamientos), así como la contribución al estudio sobre su impacto en el crecimiento de algunas especies vegetales sembradas en él.

Particulares

- Comparar los resultados obtenidos, analizar sus tendencias y correlación
- Contribuir con los resultados obtenidos al análisis de la relación de suelo-tratamientos de riego-desarrollo de especie vegetal.
- Estructurar en forma sencilla, la descripción de cada análisis como contribución didáctica para los estudiantes del área de las Ciencias Químicas y Agrícolas.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

1. TEXTURA

La textura es la proporción relativa entre las diferentes partículas minerales (arena, limos, arcillas) que contiene un suelo.

La textura determina en alguna medida las propiedades mecánicas de un suelo, que son:

1) Plasticidad.

- Es la capacidad de un cuerpo para deformarse por la acción de una fuerza sin que haya ruptura.

2) Elasticidad.

- Es la capacidad de un cuerpo para deformarse por la acción de una fuerza, volviendo a su forma inicial cuando cesa la acción de ésta.

3) Consistencia

- Se define como la habilidad de un suelo en particular en condiciones determinadas para soportar el efecto de una fuerza (desde el punto de vista dinámico)

4) Cohesión

- Es la resistencia a la ruptura de una arilla de agua y suelo.

5) Adhesión.

- En los suelos, es la fuerza resultante de la atracción entre dos materiales distintos, debido a la película de agua entre las partículas.

Existen otras características en las que influye la textura como son:

La fuerza con que el suelo retiene el agua y el volumen que puede retener.

De acuerdo al tamaño de las partículas minerales, que es a lo que se refiere la textura, éstas se clasifican en varios sistemas, los dos más usados son USDA (Americana) E ISSS (Internacional).

Fraciones	USDA (mm)	ISSS (mm)
Arena muy gruesa	2 a 1	
Arena gruesa	1 – 0.5	2 a 0.20
Arena media	0.5 – 0.25	
Arena fina	0.25 – 0.10	
Arena muy fina	0.10 – 0.05	0.20 – 0.02
Limo	0.05 – 0.002	0.02 – 0.002
Arcilla	0.002	0.002

Existen diferentes métodos para determinar la textura en los suelos, entre ellos el método de Bouyoucos, el cual se basa en la proporción diferencial de asentamiento de las partículas del suelo en el agua.

Las partículas suspendidas en el agua se asientan diferencialmente dependiendo de la cantidad de superficie por unidad de volumen. Las partículas de arcilla tienen una alta cantidad de área superficial por unidad de volumen y se asientan lentamente, mientras que las partículas de arena se asientan rápidamente debido a su baja superficie específica.

Esto quiere decir que la densidad de una suspensión depende del número de partículas suspendidas, por consiguiente, el cambio de dicha densidad con respecto al tiempo de sedimentación, puede ser utilizado para determinar la distribución del tamaño de partículas de un suelo.

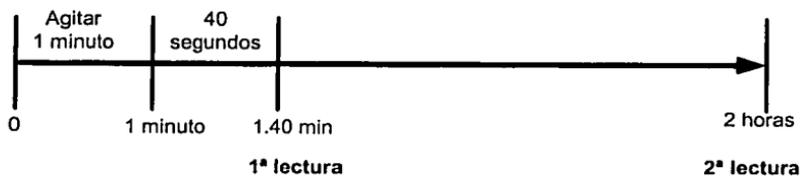
Este método ofrece conocer con bastante aproximación los porcentajes de las diferentes partículas minerales (arena, limo, arcilla) que contiene un suelo, siendo un método confiable y rápido.

La principal interferencia para determinar la textura por este método la constituye la materia orgánica, debido a que es un agente que propicia la unión de las partículas, para destruirla, se utiliza peróxido de hidrógeno como oxidante.

Destruída esta interferencia, se agrega como agente desfloculante el oxalato de sodio $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, para que cada partícula pequeña quede rodeada de una película acuosa que sirva para mantenerlas dispersas.

La determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla es lo que se llama análisis mecánico o textural.

La textura por el método Bouyoucos se ejemplifica en el siguiente diagrama con el objeto de que los tiempos se midan correctamente.



El Triángulo de Textura

La textura del suelo se expresa por los nombres de las clases texturales que se encuentran en un diagrama denominado Triángulo de Textura. Los nombres de las clases texturales, básicamente están constituidos por los términos arena, limo, arcilla y migajón.

Una aplicación práctica para obtener la denominación de la clase de textura, se da en las siguientes cifras basadas en las proporciones arena, limo y arcilla.

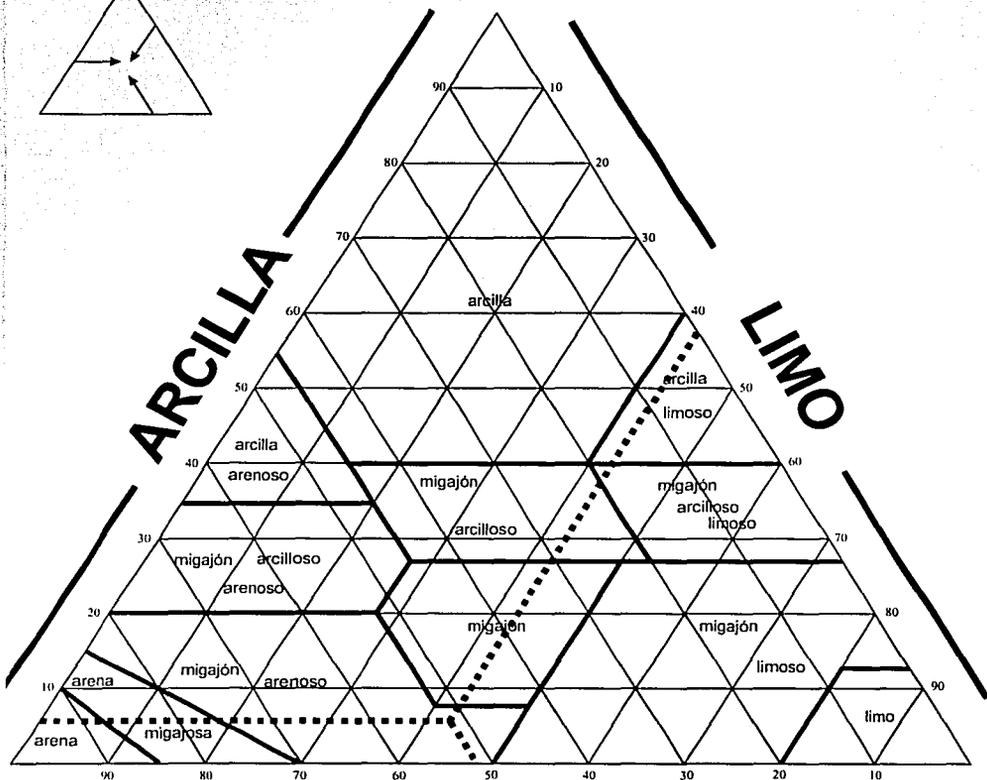
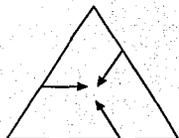
Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
65 %	25%	10%	Migajón arenoso
20 %	20%	60%	Arcilla
20%	70%	10%	Migajón limoso

En el Triángulo de Textura puede indicar hasta 21 texturas diferentes.

Ejemplo:

Las intersecciones de las líneas punteadas muestran que uno de los suelos estudiados consiste de 6.72 % de arcilla, 42 % de limo y 51.28 % de arena haciendo las intersecciones en el Triángulo de Textura, el suelo tiene una textura de migajón arenoso.

1.1 DIAGRAMA DE TEXTURA (USDA)



ARENA

TESIS Estudio Analítico de las Variaciones Físicas, Químicas y Físicoquímicas de un Suelo Agrícola Bajo Riego con Cuatro Tipos de Agua

Elaboró Q. Julio Gascón Figueroa

1. 2 TÉCNICA PARA DETERMINAR TEXTURA

Material

Vasos de pp.250 ml

Pipeta volumétrica de 1 ml

Probeta de 5 ml

Hidrómetro

Matraces volumétricos de 100 ml

Reloj con segundero

Termómetro

Probetas Bouyoucos de 1130 ml

Varilla para agitación

Batidoras

Piseta

Reactivos

Agua destilada

Ácido acético concentrado

Peróxido de hidrógeno al 30%

Oxalato de sodio

Metasilicato de sodio

Preparación de soluciones

Solución de oxalato de sodio al 5%

- ♦ Disolver 5 g de oxalato de sodio en 95 ml de agua destilada.

Solución de metasilicato de sodio al 5%

- ♦ Disolver 5 g de metasilicato de sodio en 95 ml de agua destilada.

DIAGRAMA PARA DETERMINAR TEXTURA¹

**Destrucción de
Materia Orgánica**

Pesar 60 g de suelo

Adicionar 1 ml de ácido acético

Agregar de 5 en 5 ml H_2O_2 al 30 %
hasta 20 ml.

Poner en la estufa a 60°C por 24 h.
(o hasta sequedad)

**Determinación de
Textura**

Pesar 50 g de suelo al que se
destruyó la M.O.

Agregar 5 ml de oxalato
de sodio al 5%

Adicionar 5 ml de metasilicato de
sodio al 5%

Agregar agua hasta la segunda marca
del vaso de la batidora y batirlo
durante 15 min.

Vaciar la mezcla en una probeta
Bouyoucos y aforar a 1130 ml con el
hidrómetro dentro de la probeta

Sacar el hidrómetro de la probeta y
agitar manualmente con una varilla en
forma vertical durante 1 min.

Meter el hidrómetro inmediatamente
después de la agitación y esperar 40
segundos exactamente para tomar la
lectura con él y la temperatura

Sacar el hidrómetro inmediatamente y
dejar reposar durante 2 h.

Tomar el tiempo desde que se empezó
a agitar y a las 2 h. exactas tomar la
lectura introduciendo el hidrómetro y
medir la temperatura

Tratamiento (Agua)	Ciclo	TEXTURA			
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Suelo original		51.28	42	6.72	Migajón arenoso
Industrial (T ₁)	I	57.64	35.64	6.72	Migajón arenoso
	II	54.92	42	3.08	Migajón arenoso
	III	59.64	33.64	6.72	Migajón arenoso
	IV	46.56	48	5.44	Migajón arenoso
Habitacional (T ₂)	I	58	31.64	10.36	Migajón arenoso
	II	51.28	44.36	4.36	Migajón arenoso
	III	56.36	35.64	8	Migajón arenoso
	IV	51.28	42.36	6.36	Migajón arenoso
Riego (T ₃)	I	60	31.28	8.72	Migajón arenoso
	II	46.92	46.36	6.72	Migajón arenoso
	III	46.92	46	7.08	Migajón arenoso
	IV	53.64	29.64	16.72	Migajón arenoso
Potable (T ₄)	I	51.64	42	6.36	Migajón arenoso
	II	52.92	38.72	8.36	Migajón arenoso
	III	55.64	32	12.36	Migajón arenoso
	IV	54.92	36.36	8.72	Migajón arenoso

2. COLOR

El color es heredado de la roca madre de donde procede o es el resultado de cambios importantes de origen químico en el perfil de éste.

Los colores del suelo se miden convenientemente por comparación, utilizando las Tablas de Colores de Suelos de Munsell¹³. Esta tabla consiste de 199 fichas de color estándar diferentes, sistemáticamente arregladas según las anotaciones de Munsell.

El arreglo de tres variables simples que se combinan para describir todos los colores, se conocen como Sistema Munsell¹³ y son el matiz, el brillo, y la saturación.

El arreglo es por matiz o tinte, brillo o pureza e intensidad o saturación, las tres variables simples que en combinación dan todos los colores.

Matiz o tinte. Se refiere al color espectral y se relaciona con la longitud de onda de la luz dominante.

Brillo o pureza. Se refiere a la tenuidad del color y es una función de la cantidad total de luz.

Saturación o intensidad. Es la fuerza del color espectral y aumenta conforme disminuye el gris.

Todos los colores de una misma tabla son de matiz o tinte constante que se designa por el símbolo que aparece en la esquina superior derecha de las tablas Munsell.

Las variaciones de matiz, brillo y saturación se muestran en el siguiente diagrama.



Verticalmente los colores aparecen más ligeros en orden sucesivo y su brillo aumenta. Horizontalmente los colores aumentan en saturación hacia la derecha y están más claros hacia a la izquierda. La saturación o intensidad del color en las tablas aparecen hacia abajo.

Así pues, el arreglo de Munsell consta de anotaciones separadas por matiz brillo y saturación que se combinan en ese orden para formar la designación del color. El símbolo del matiz puede ser R = rojo, YR = amarillo-rojizo o anaranjado, Y = amarillo, etc. precedido por números de 0 a 10.

La anotación del brillo consiste de números del 0 para el negro-absoluto, al 10 para el blanco absoluto.

La anotación de la saturación incluye números que comienzan en cero para las tonalidades grises y aumentan en intervalos iguales hasta un máximo alrededor de 20, al cual nunca se llega en el caso de los suelos.

El color del suelo se determina en seco y en húmedo, la diferencia es que en húmedo el matiz aumenta de intensidad, pero siguen localizándose en la misma tabla.

El uso de las Tablas de Color del Suelo de Munsell muestran tres dificultades al usarlas:

- 1.- Seleccionar el matiz apropiado.
- 2.- Determinar matices intermedios de los que aparecen en la tabla.
- 3.- Distinguir entre brillo y saturación donde los matices son fuertes.

2.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR COLOR

Material

Placas de porcelana para pruebas a la gota.

Tablas Munsell

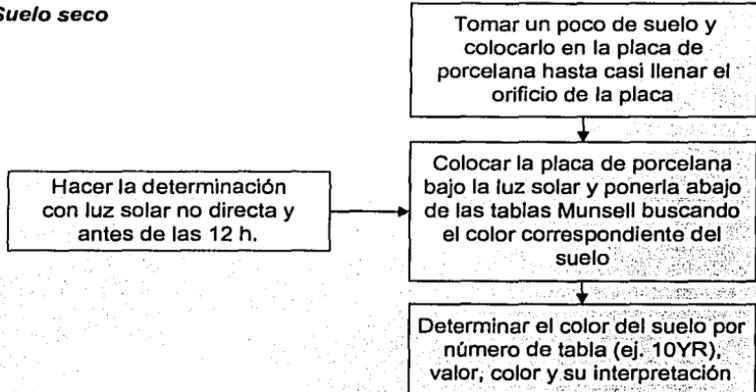
Piseta

Reactivos

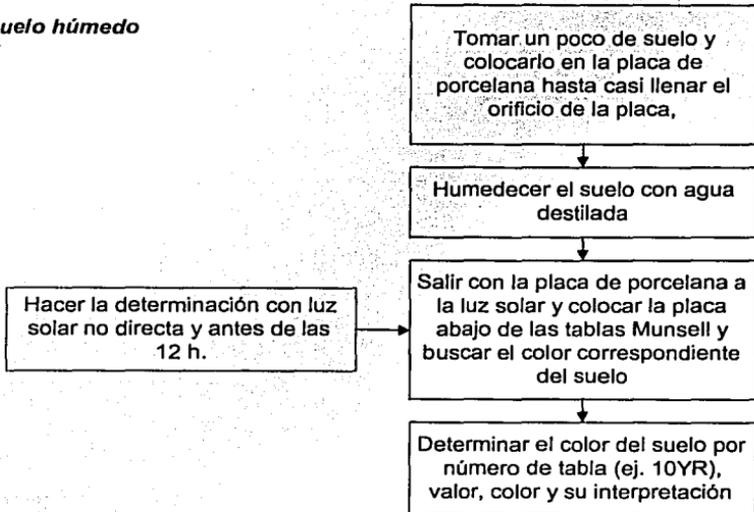
Agua destilada

DIAGRAMA PARA DETERMINAR COLOR ¹

Suelo seco

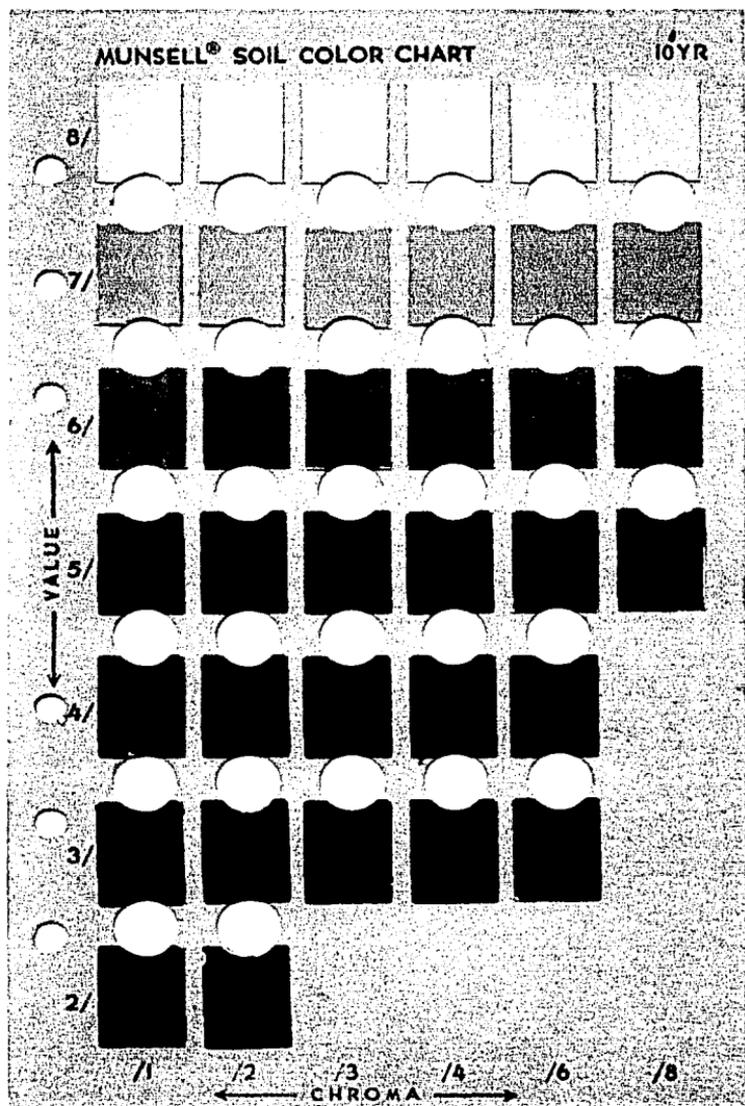


Suelo húmedo



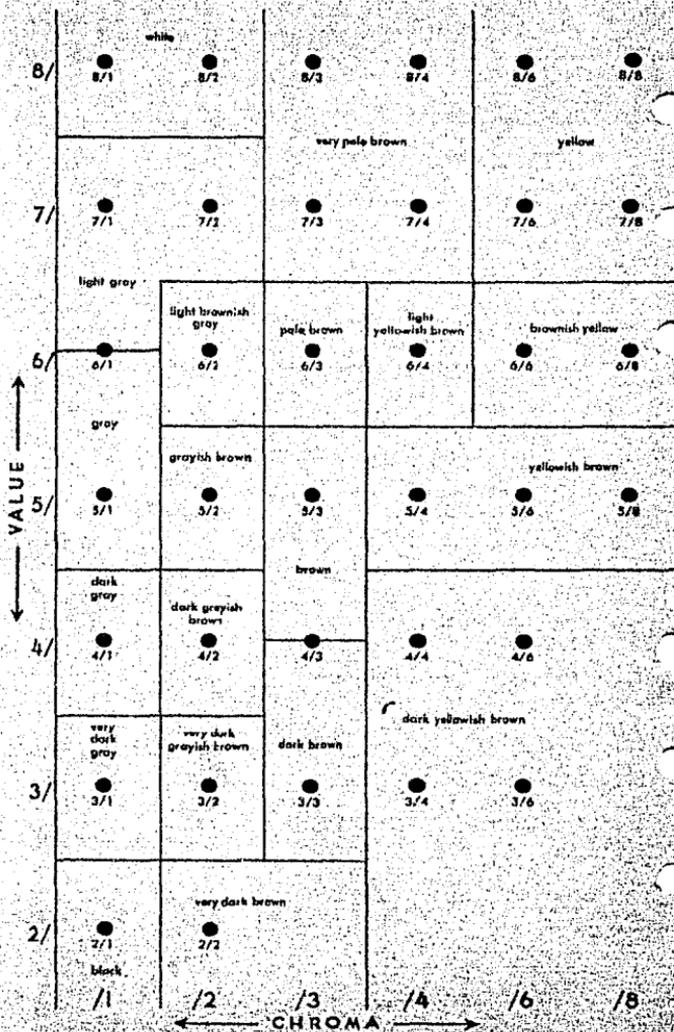
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2 TABLAS MUNSELL



HUE 10YR

SOIL COLOR NAMES



2.3 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	COLOR			
		Seco	Interpretación	Húmedo	Interpretación
Suelo original		10YR 5/2	café grisáceo	10YR 3/1	gris muy oscuro
Industrial (T ₁)	I	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
	II	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
	III	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
	IV	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
Habitacional (T ₂)	I	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
	II	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	III	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	IV	10YR 5/2	café grisáceo	10YR 3/1	gris muy oscuro
Riego (T ₃)	I	10YR 3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	II	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	III	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
	IV	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
Potable (T ₄)	I	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
	II	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	III	10YR 3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	IV	10YR 5/2	café grisáceo	10YR 3/1	gris muy oscuro

3. DENSIDAD

La densidad se define como el peso por unidad de volumen del suelo y se expresa en g/ml.

El suelo como material poroso presenta dos tipos de densidades, una real y una aparente.

3.1 Densidad Aparente

Se define como la masa por unidad de volumen de suelo seco, el volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. La densidad aparente aumenta con la profundidad en el perfil del suelo, esto se debe a niveles más bajos de materia orgánica, menor agregación y mayor compactación. La mayoría de los suelos son más pesados que el agua.

3.2 Densidad Real

Es la densidad media de la partículas de una muestra, sin incluir el volumen ocupado por el espacio poroso y se calcula dividiendo el peso del suelo entre el volumen de agua en que se desplaza éste. El tamaño y arreglo de las partículas del suelo no afectan la densidad real. Sin embargo, la materia orgánica que pesa mucho menos de un volumen igual de sólidos minerales influirá en la densidad de la partículas.

3.3 Espacio poroso

El espacio poroso es la porción no ocupada por partículas sólidas. Los espacios porosos están ocupados por aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la cantidad de espacio poroso, es decir está en función de la textura y estructura del mismo suelo.

Las cantidades relativas de aire y agua en el espacio poroso varían con frecuencia. El porcentaje de cualquier volumen de suelo que corresponde al espacio poroso, se calcula por la fórmula:

$$\text{Porcentaje de espacio poroso} = \left(1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right) \times 100$$

3.4 TÉCNICA PARA DETERMINAR DENSIDAD Y ESPACIO POROSO

Material

Densidad aparente

Probeta de 10 ml

Balanza analítica

Cálculos

$$D_a = \frac{(P_p + S) - P_p}{P_s}$$

Donde:

P_s = Peso del suelo

P_p = Peso de la probeta

$P_p + S$ = Peso de la probeta con el suelo

Densidad real

Balanza analítica

Matraz aforado de 25 ml

Piseta.

Espátula

Cálculos

$$Dr = \frac{Ps}{Ps + P_{H_2O} - (Ps + H_2O)}$$

Donde:

P_s = Peso del suelo

P_{H_2O} = Peso del agua

$P_s + H_2O$ = Peso de la mezcla suelo-agua

El espacio poroso se determina con la fórmula:

$$\% EP = \left(1 - \frac{D_a}{Dr} \right) \times 100$$

Reactivos

Agua destilada

DIAGRAMA PARA DETERMINAR DENSIDAD¹

Densidad Aparente

Pesar la probeta de 10 ml, llenar con suelo hasta la marca de 10 ml, golpear la probeta contra su mano aprox. 60 veces para asentar el suelo (procurando no compactarlo) golpeando cada muestra el mismo número de veces y con la misma fuerza

Pesar la probeta con suelo

Calcular la densidad aparente.

Densidad Real

Pesar el matraz de 25 ml
Pesar 20 g de suelo

Poner el suelo en el matraz con agua y agregar un poco de agua destilada moviendo en círculos para desalojar el aire.

Agregar unas gotas de alcohol cuando el nivel del agua este 0.5 cm. abajo de la marca de aforo (Esto se hace con el objeto de abatir la tensión superficial existente entre la disolución, las ramitas que el suelo contiene y las burbujas que se forman)

Aforar el matraz y pesarlo. Vacíarlo.
Afore el matraz exclusivamente con agua destilada y pese

Calcular la densidad real

3.5 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	DENSIDAD		
		Aparente g/cm ³	Real g/cm ³	Espacio poroso %
Suelo original		1.0896	2.1955	46.6327
Industrial (T ₁)	I	1.0615	2.0675	48.6582
	II	1.0781	2.2324	51.5475
	III	1.0816	2.0327	46.9625
	IV	1.0757	2.0108	46.5068
Habitacional (T ₂)	I	1.1088	2.2951	50.4407
	II	1.1375	2.3668	50.7708
	III	1.1651	2.2135	49.9101
	IV	1.1334	2.5931	56.2928
Riego (T ₃)	I	1.0614	2.1275	50.1138
	II	1.0714	2.2745	53.7459
	III	1.0520	2.4762	56.7317
	IV	1.0717	2.1369	49.8477
Potable (T ₄)	I	1.1711	2.2846	51.1237
	II	1.2432	2.1949	50.5893
	III	1.1123	2.1478	45.4720
	IV	1.0845	2.0809	48.5499

4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica de las aguas naturales o de los extractos obtenidos de los suelos permite establecer aproximadamente una estimación cuantitativa de la cantidad de sales que contienen.

La relación suelo / agua tiene influencia sobre la cantidad y composición de las sales extraídas. Para determinar la conductividad es necesario dejar que se equilibre el suelo saturado de agua, durante 10 minutos, si el suelo no contiene yeso o durante dos horas en caso de que lo contenga.

Los extractos de suelos, particularmente los obtenidos aplicando una elevada relación entre la cantidad de agua y la de suelo tratado, constituyen una medida menos exacta ya que el tratamiento puede extraer más sales de las que realmente se encuentran presentes en estado soluble.

Las especies iónicas extraídas pueden ser diferentes de las que se encuentran presentes en la solución del suelo. Si se encuentra presente $\text{Ca}(\text{CO}_3)$, los iones HCO_3^- y Na^+ aumentan con la dilución, siendo desplazado el último por iones Ca^{2+} disueltos a partir del $\text{Ca}(\text{CO}_3)$.

El contenido de Na^+ puede llegar a ser el doble en el extracto. La hidrólisis de sodio canjeable aumenta hasta cierto punto con la dilución. La concentración de cloruros y nitratos decrece más de lo que correspondería a la dilución de la

suspensión, efecto que es atribuido a una "adsorción negativa", o la presencia de agua ligada a los coloides que no actúa como disolvente.

La conductividad eléctrica específica del extracto de saturación, se encuentra relacionada linealmente con la presión osmótica, así como con el contenido de sales en solución, y se puede expresar directamente en términos de crecimiento de las plantas, mediante la escala de salinidad.

4.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.)

Material

Vasos de precipitados de 100 ml

Vasos de precipitados de 50 ml

Piseta

Agitador de vidrio

Embudos Büchner

Matraz Kitazato

Papel filtro Whatman No. 42

Soporte universal

Pinzas de tres dedos para soporte.

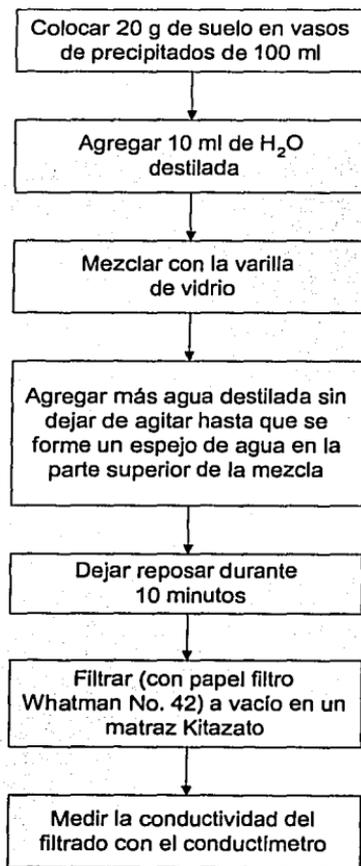
Conductímetro

Celda para conductímetro

Reactivos

Agua destilada

DIAGRAMA PARA DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ¹



4.2 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Conductividad eléctrica mmhos/cm
Suelo original		0.67
Industrial (T ₁)	I	1.52
	II	1.97
	III	2.65
	IV	3.49
Habitacional (T ₂)	I	1.32
	II	2.05
	III	2.93
	IV	3.75
Riego (T ₃)	I	1.93
	II	2.66
	III	3.05
	IV	4.15
Potable (T ₄)	I	0.83
	II	0.98
	III	1.02
	IV	1.13

5. pH

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de H^+ .

$$pH = -\log [H^+]$$

El pH en el suelo se determina en una suspensión del mismo, el cual es afectado por distintos factores como son:

- La desecación de la muestra del suelo durante su preparación.
- El contenido en agua del suelo que se utiliza.
- El contenido de sales solubles.
- La presencia de compuestos solubles tales como ácidos y bases libres
- El contenido de CO_2 que puede estar influido por la estación o la desecación.
- La intensidad de la molienda del suelo
- La temperatura
- El contenido de materia orgánica

El pH del suelo generalmente se mide potenciométricamente en una suspensión de suelo y agua (1:2.5)

Los factores experimentales que afectan al pH del suelo generalmente son la relación suelo / agua y el contenido de sales de la suspensión.

Los valores de pH de suelos fértiles se encuentran entre 6.5 – 7.2

El pH en suelos ácidos comúnmente es de 4 a 6.5 unidades y valores más bajos de 4 se obtienen solamente cuando los ácidos libres están presentes.

5.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR pH

Material

Balanza analítica

Vaso de precipitados de 100

Matraz aforado de 1000 ml

Matraces volumétricos de 25 ml

Tubos de ensaye

Pipetas volumétricas 10 ml

Pipetas volumétricas 25 ml

Potenciómetro.

Papel indicador

Reactivos

Agua destilada

Cloruro de potasio (KCl)

Ácido acético glacial

Hidróxido de amonio concentrado

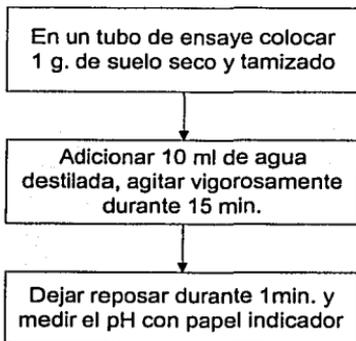
Preparación de soluciones

Solución de KCl 1 N, pH 7.

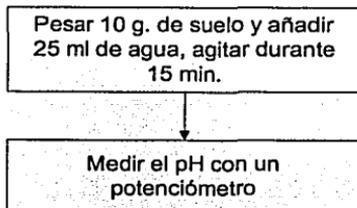
- ♦ Disolver 74.33 g de cloruro de potasio en 1000 ml de agua destilada. El pH debe ser ajustado con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario.

DIAGRAMA PARA DETERMINAR pH ¹

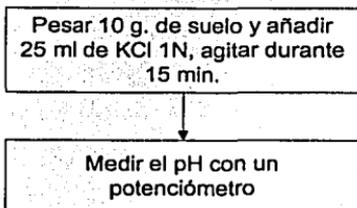
Método 1



Método 2



Método 3



5.2 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	pH		
		Papel Indicador	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5
Suelo original		6	6.8	6.3
Industrial (T ₁)	I	6	6.5	6.2
	II	6	6.8	6.3
	III	6	6.7	6.4
	IV	7	7.0	6.6
Habitacional (T ₂)	I	6	6.9	6.5
	II	6	6.8	6.4
	III	6	6.8	6.3
	IV	6	6.9	6.6
Riego (T ₃)	I	6	6.8	6.5
	II	6	6.7	6.4
	III	7	7.1	6.8
	IV	6	6.8	6.3
Potable (T ₄)	I	6	6.8	6.5
	II	6	6.8	6.5
	III	6	6.9	6.6
	IV	6	6.9	6.5

6. MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos.

La acumulación de la materia orgánica es favorecida en áreas de precipitación abundante, baja temperatura, vegetación de pastos o drenaje deficiente. La proporción en que se descompone la materia orgánica es la clave de su acumulación en el suelo

La materia orgánica en el suelo tiene diferentes funciones como son:

- ◆ Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua.
- ◆ La descomposición de la materia orgánica produce sustancias aglutinantes que ayudan a estabilizar la estructura del suelo.
- ◆ Las raíces de las plantas al descomponerse dejan conductos a través de los cuales penetran el agua y los gases, difundiéndose en el suelo y aumentando el desarrollo de las raíces de los cultivos.

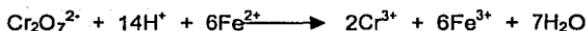
- ◆ Las cubiertas de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan al suelo más caliente en invierno.
- ◆ La pérdida de agua por evaporación es menor cuando el suelo dispone de cubierta de residuo orgánico.
- ◆ La descomposición de la materia orgánica produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.
- ◆ Un suelo de alto contenido de materia orgánica tiene mayor capacidad de agua aprovechable para el desarrollo de las plantas.
- ◆ La materia orgánica incrementa la capacidad amortiguadora de los suelos, compensando los cambios químicos producidos por los fertilizantes.
- ◆ El humus (materia orgánica descompuesta) constituye un almacén de los cationes intercambiables y aprovechables.

La materia orgánica suministra energía y nutrientes para todas las formas de vida en el suelo.

La descomposición de la materia orgánica es un proceso biológico, que involucra a los organismos del suelo. Las clases de organismos del suelo activos en el proceso de descomposición generan sustancias químicas originadas a partir de los residuos orgánicos y condiciones del suelo.

Existen diferentes métodos para determinar la materia orgánica en los suelos, entre ellos el método de Walkley y Black, el cual se basa en la oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ 1 N en exceso, en un medio fuertemente ácido y valorando éste posteriormente con sulfato ferroso $Fe(SO_4)$ 0.5 N.

Las reacciones son:



El indicador de óxido reducción utilizado es bariosulfonato de difenilamina que al agregársele al dicromato se forma la difenil bencidina de color violeta ($C_6H_5 \cdot NH \cdot C_6H_4 \cdot C_6H_4 \cdot NH \cdot C_6H_5$).

El método de Walkley y Black¹, se afecta por la presencia de otras sustancias fácilmente oxidables, también pueden interferir los cloruros, los óxidos de mayor estado de oxidación del manganeso y el hierro reducido.

En esta determinación se agrega ácido fosfórico para eliminar al ión férrico Fe^{3+} y formar diversos complejos de color amarillo pálido solubles en el medio ácido de la reacción.

El método de Walkley y Black¹ es un método rápido y preciso, tiene la ventaja de que el calentamiento producido espontáneamente por la disolución del ácido sulfúrico, al ser menos intenso que la ignición, permite diferenciar la materia orgánica que integra el humus del suelo de otras fuentes orgánicas extrañas que lo integran.

6.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA (MO)

Material

Balanza analítica

Pipeta volumétrica de 5 ml

Piseta

Matraces Erlenmeyer de 250 ml

Probetas de 10 ml

Probeta de 100 ml

Bureta de 25 ml

Vasos de precipitados de 250 ml

Soporte universal.

Pinzas para bureta

Reactivos

Ácido sulfúrico concentrado.

Ácido fosfórico concentrado

Agua destilada

Dicromato de potasio

Sulfato ferroso

Bariosulfonato de difenilamina

Preparación de soluciones

Dicromato de potasio 1 N

- ◆ Disolver 9.81 g de dicromato de potasio en 200 ml de agua destilada

Sulfato ferroso 0.5 N

- ◆ Disolver 139.01 g de sulfato ferroso en 100 ml de agua destilada

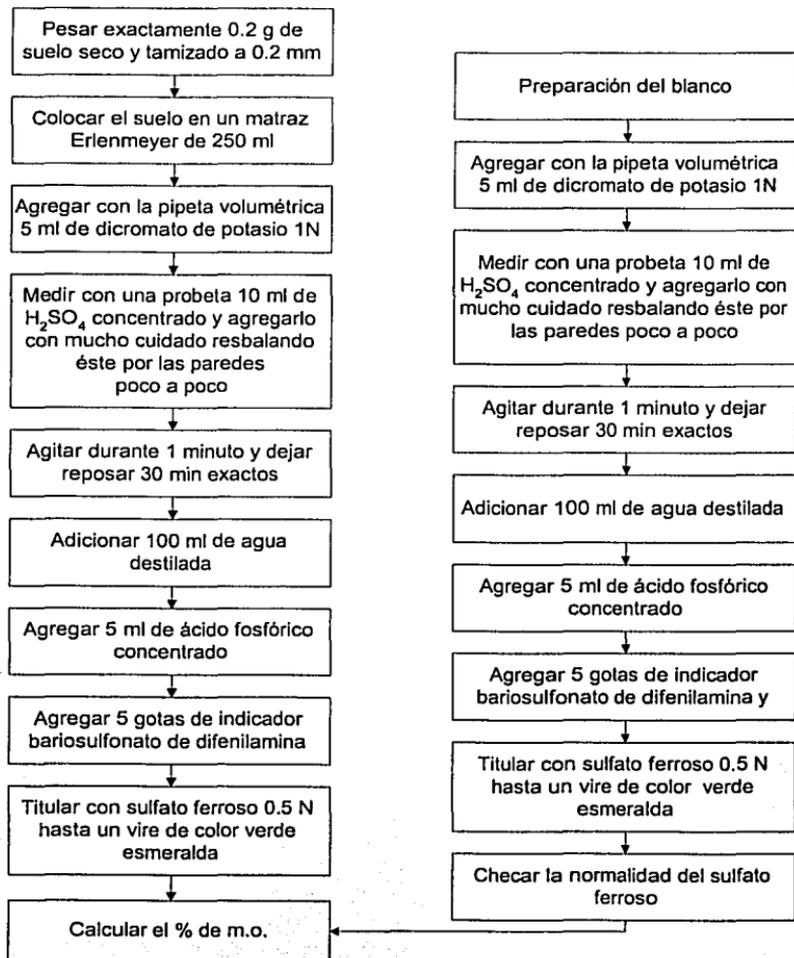
Indicador bariosulfonato de difenilamina

- ◆ Disolver 0.2 g de bariosulfonato de difenilamina en 10 ml de agua destilada.

Cálculos

$$\% \text{ M.O.} = \frac{V_{\text{DICROMATO}} N_{\text{DICROMATO}} - V_{\text{SULFATO}} N_{\text{SULFATO}}}{\text{g de muestra}} \times 0.69$$

**DIAGRAMA PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA
(MÉTODO WALKLEY Y BLACK)**



6.2 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Materia orgánica %
Suelo original		6.2574
Industrial (T ₁)	I	7.5257
	II	6.7647
	III	5.5809
	IV	5.8346
Habitacional (T ₂)	I	4.5662
	II	3.5515
	III	4.7353
	IV	4.0588
Riego (T ₃)	I	4.3125
	II	3.7206
	III	3.8051
	IV	3.6360
Potable (T ₄)	I	3.8897
	II	3.4669
	III	3.8051
	IV	4.3125

7. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL

La suma total de cationes que un suelo puede adsorber se denomina capacidad de intercambio catiónico total y se expresa en miliequivalentes / 100 g de suelo .

Los cationes más importantes desde el punto de vista agrícola son:

- ◆ Potasio
- ◆ Calcio
- ◆ Magnesio
- ◆ Hidrógeno
- ◆ Sodio

Las arcillas que presentan una superficie específica grande, por lo general son de mayor carga eléctrica y por consiguiente mayor capacidad de intercambio de cationes.

Los cationes son adsorbidos por la arcilla y por los coloides orgánicos porque los coloides negativos atraen iones positivos..

Las características del suelo cambian con la clase y proporción de iones intercambiable presentes. Los cationes intercambiables están en equilibrio con los

cationes en solución y son una fuente de nutrientes para las plantas. En suelos normales los cationes intercambiables exceden a los cationes solubles.

Los cationes en la solución del suelo reemplazan a los cationes adsorbidos en el proceso denominado intercambio de cationes. Este intercambio es rápido y reversible.

La capacidad de intercambio puede ser alterada por muchos factores como son:

- ✓ Naturaleza del catión
- ✓ Concentración
- ✓ Naturaleza del anión
- ✓ Calor
- ✓ Naturaleza mineral
- ✓ Porcentaje de posiciones iónicas ocupadas.

El intercambio de cationes se considera el fenómeno más importante en el suelo ya que es el proceso por el que la planta puede obtener los elementos que le son necesarios para su nutrición y a la vez conservar el equilibrio químico al interior del suelo para preservar su fertilidad.

7.1 TÉCNICA PARA DETERMINAR CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL

Material

Balanza analítica

Embudos de vidrio

Vasos de precipitados de 250 ml

Matraces Erlenmeyer de 250 ml

Pipeta graduada de 10 ml

Piseta

Bureta de 25 ml

Soporte universal.

Pinzas para bureta

Papel filtro Whatman No. 2

Guantes

Cubre bocas

Potenciómetro

Reactivos

Agua destilada

Cloruro de calcio

Cloruro de sodio

Cloruro de amonio

Hidróxido de amonio

Cianuro de potasio (KCN) (venenoso a bajas concentraciones)

Clorhidrato de hidroxilamina

Negro de eriocromo T (NET)

Ácido etilén diamino tetraacético (EDTA)

Alcohol etílico 96%

Ácido acético glacial

Preparación de soluciones

Cloruro de calcio 1N, pH 7

- ◆ Disolver 28.99 g de cloruro de calcio en 500 ml de agua destilada. El pH debe ser ajustado con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario.

Cloruro de sodio 1N, pH 7

- ◆ Disolver 29.25g de cloruro de sodio en 500 ml de agua destilada. El pH debe ser ajustado con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario.

Buffer de amonio pH 10

- ◆ Disolver 67.5 g de cloruro de amonio en agua destilada y agregarlos a 570 ml de hidróxido de amonio, mezclar y aforar a 1000 ml con agua destilada.

Cianuro de potasio (KCN)

- ◆ Disolver 0.2 g de cianuro de potasio en 10 ml de agua destilada

Clorhidrato de hidroxilamina

- ◆ Disolver 2 g de clorhidrato de hidroxilamina en 10 ml de agua destilada

Negro de eriocromo T (NET)

- ◆ Disolver 1 g de negro de eriocromo T en 2.5 ml de etanol

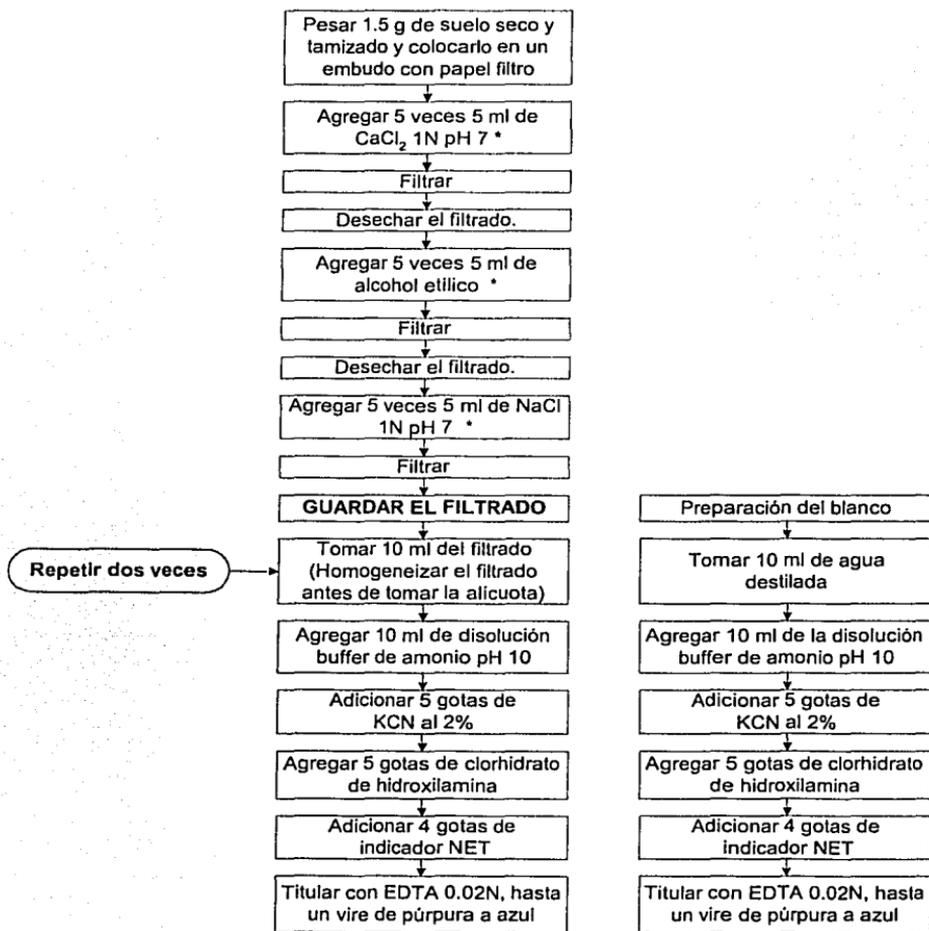
Solución de EDTA 0.02 N

- ◆ Disolver 15.67 g de EDTA en 4000 ml de agua destilada

Cálculos

$$\text{CICT miliequivalentes / 100 g de suelo} = \frac{\text{ml de EDTA} \times N_{\text{EDTA}} \times 5}{\text{g de muestra}} \times 100$$

DIAGRAMA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL¹



* NOTA: Es indispensable que en ningún momento se interrumpa el flujo de las soluciones a través del suelo. Si éste queda seco en algún momento, es necesario volver a empezar.

7.2 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Capacidad de intercambio catiónico total
		meq/100g
Suelo original		47.000
Industrial (T ₁)	I	63.333
	II	60.000
	III	54.000
	IV	62.000
Habitacional (T ₂)	I	57.000
	II	51.333
	III	55.667
	IV	62.667
Riego (T ₃)	I	52.000
	II	54.333
	III	50.000
	IV	55.333
Potable (T ₄)	I	54.333
	II	60.667
	III	55.667
	IV	57.667

8. NITRÓGENO

En la atmósfera el N_2 es una molécula estable, su transformación a NH_3 es efectuada por ciertas bacterias que viven en la materia orgánica del suelo y ciertas asociaciones de bacterias que viven en los nódulos de las leguminosas.

La mayor parte del nitrógeno que se encuentra en el suelo está como materia orgánica y se presentan en cantidades relativamente pequeñas, en forma de compuestos de amonio y nitratos, que son las formas asimilables.

La liberación del nitrógeno de la materia orgánica del suelo durante el período del desarrollo de los cultivos, depende del porcentaje de materia orgánica presente, de la textura del suelo, de la temperatura y condiciones de humedad existentes.

8.1 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE NITRÓGENO

Material

Tubos de ensaye de 15 cm.

Balanza analítica

Vasos de precipitados de 25 ml

Matraces volumétricos de 10 ml

Matraces volumétricos de 25 ml

Matraces volumétricos de 200 ml

Matraces volumétricos de 1000 ml

Matraces volumétricos de 2000 ml

Pipeta graduada de 1 ml

Pipetas volumétricas de 1 ml

Pipetas volumétricas de 2 ml

Pipetas volumétricas de 4 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Piseta

Agitador magnético

Barra magnética

Espátula

Papel filtro Whatman No. 42

Espectrofotómetro U.V.

Reactivos

Agua destilada

Peróxido de hidrógeno

Hidróxido de sodio

Ácido salicílico

Fosfato disódico heptahidratado

Ácido etilén diamino tetraacético (EDTA)

Hipoclorito (cloro blanqueador de ropa)

Nitroprusiato de sodio

Sulfato de amonio

Preparación de soluciones

Solución de hidróxido de sodio 10 M

- ◆ Disolver 40 g de hidróxido de sodio en 100 ml de agua destilada

Solución de salicilatos.

- ◆ Disolver 55 g de ácido salicílico en 50 ml de hidróxido de sodio 10 M y aforar a 100 ml con ml de agua destilada. (prepararse el día de uso)

Solución buffer pH 12.3

- ◆ Disolver 4.005 g fosfato disódico heptahidratado en 2000 ml de agua destilada y agregar 1 ml de hidróxido de sodio 10 M

Solución de EDTA

- ◆ Disolver 0.4 g de EDTA en 10 ml de agua destilada

Solución de hipoclorito.

- ◆ Diluir 20 ml de cloro (blanqueador de ropa) en 100 ml de agua destilada (prepararse el día de uso)

Solución de nitroprusiato

- ◆ Disolver 50 mg de nitroprusiato de sodio en 100 ml agua destilada (prepararse el día de uso)

Solución mezcla I

- ◆ Mezclar 50 ml de la solución de salicatos con 100 ml de la solución de nitroprusiato y 5 ml de la solución de EDTA

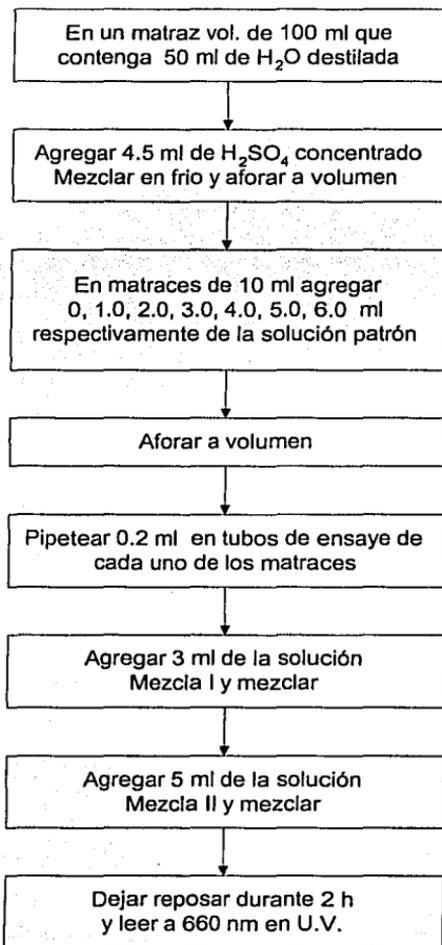
Solución mezcla II

- ◆ Mezclar 200 ml de la solución buffer pH 12.3 con 50 ml de la solución de hipoclorito.

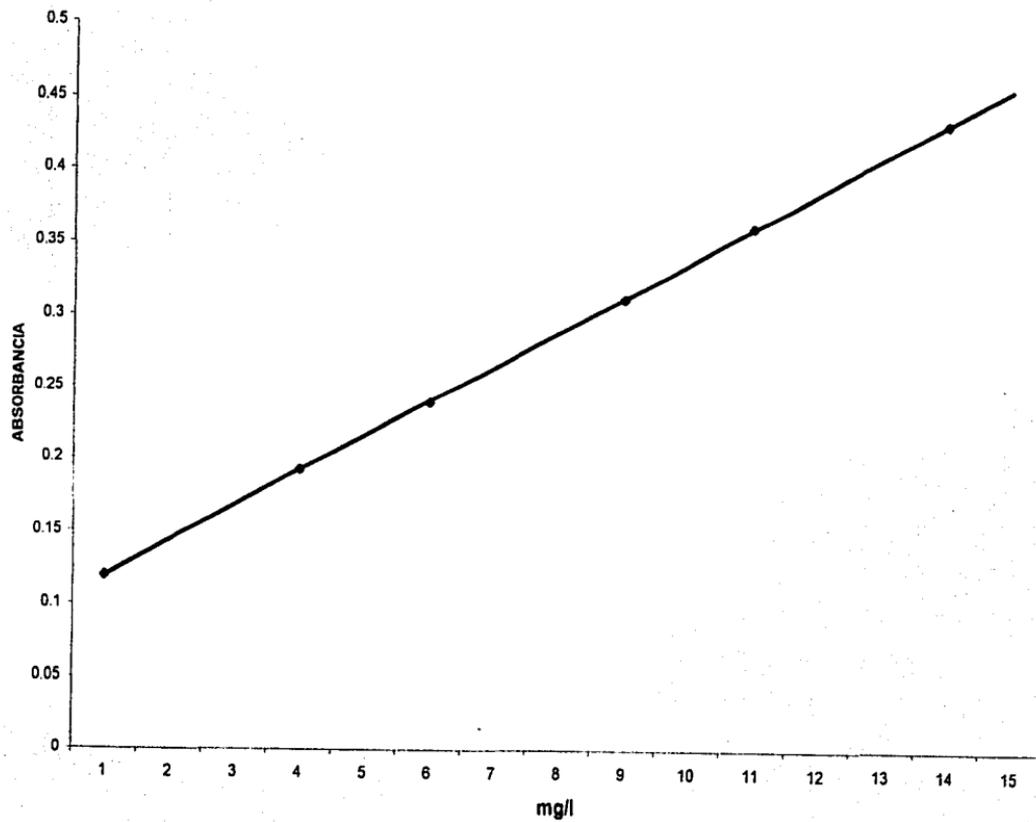
Solución patrón.

- ◆ Disolver 11.793 g de sulfato de amonio en 1000 ml de agua destilada

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE NITRÓGENO⁷



8.2 CURVA PATRÓN DE NITRÓGENO



8.3 TÉCNICA PARA DETERMINAR NITRÓGENO

Material

Tubos de ensaye de 15 cm.

Tubos de ensaye de 30 cm.

Balanza analítica

Embudos de vidrio

Vasos de precipitados de 25 ml

Matraces volumétricos de 10 ml

Matraces volumétricos de 25 ml

Matraces volumétricos de 200 ml

Matraces volumétricos de 1000 ml

Matraces volumétricos de 2000 ml

Piseta

Agitador magnético

Barra magnética

Espátula

Papel filtro Whatman No. 42

Parrilla con calentador

Espectrofotómetro U.V.

Reactivos

Ácido sulfúrico concentrado

Agua destilada

Peróxido de hidrógeno

Hidróxido de sodio

Ácido salicílico

Fosfato disódico heptahidratado

Ácido etilén diamino tetraacético (EDTA)

Hipoclorito (cloro blanqueador de ropa)

Nitroprusiato de sodio

Cloruro de calcio

Preparación de soluciones

Solución de cloruro de calcio 0.01 M

- ◆ Disolver 0.6430 g de cloruro de calcio en 500 ml de agua destilada

Solución de hidróxido de sodio 10 M

- ◆ Disolver 40 g de hidróxido de sodio en 100 ml de agua destilada

Solución de salicilatos.

- ◆ Disolver 55 g de ácido salicílico en 50 ml de hidróxido de sodio 10 M y aforar a 100 ml con agua destilada. (prepararse el día de uso)

Solución buffer pH 12.3

- ◆ Disolver 4.005 g fosfato disódico heptahidratado en 2000 ml de agua destilada y agregar 1 ml de hidróxido de sodio 10 M

Solución de EDTA

- ◆ Disolver 0.4 g de EDTA en 10 ml de agua destilada

Solución de hipoclorito.

- ◆ Diluir 20 ml de cloro (blanqueador de ropa) en 100 ml de agua destilada (prepararse el día de uso)

Solución de nitroprusiato de sodio.

- ◆ Disolver 50 mg de nitroprusiato de sodio en 100 ml agua destilada (prepararse el día de uso)

Solución mezcla I.

- ◆ Mezclar 50 ml de la solución de salicilatos con 100 ml de la solución de nitroprusiato y 5 ml de la solución de EDTA

Solución mezcla II

- ◆ Mezclar 200 ml de la solución buffer pH 12.3 con 50 ml de la solución de hipoclorito.

Cálculos.

$$N \text{ (mmol/Kg)} = 0.714 \times (A - B) \times \frac{V}{M}$$

Donde:

A = Concentración de la muestra (mg/l).

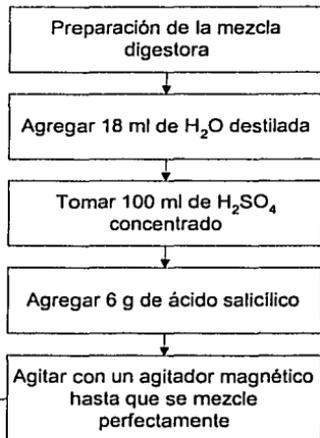
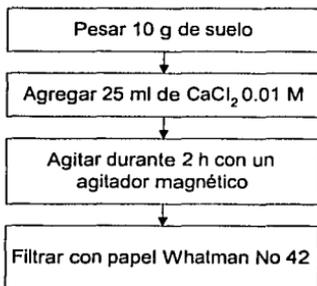
B = Concentración de la solución blanco (mg/l).

V = Volumen de aforo de la digestión (ml).

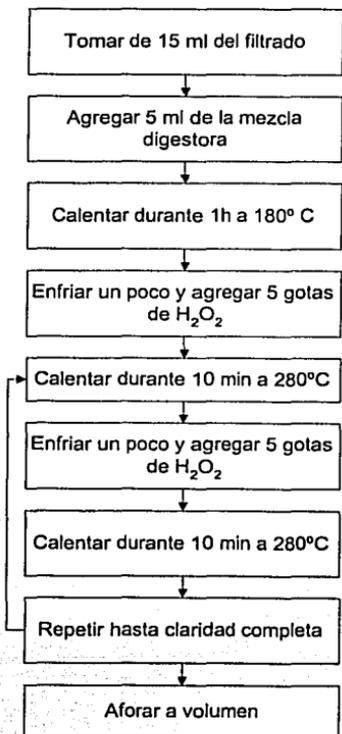
M = Los gramos de suelo utilizados (g).

DIAGRAMA PARA DETERMINAR NITRÓGENO

I. Extracción

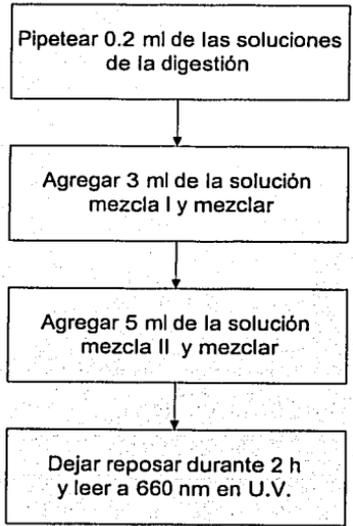


II. Digestión



.....

.....



8.4 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Nitrógeno
		mmol/Kg
Suelo original		1.5588
Industrial (T ₁)	I	1.0801
	II	0.9782
	III	1.6092
	IV	1.2024
Habitacional (T ₂)	I	0.8904
	II	0.7161
	III	1.3861
	IV	1.1633
Riego (T ₃)	I	0.7019
	II	0.5988
	III	1.1348
	IV	0.7469
Potable (T ₄)	I	0.1996
	II	0.3306
	III	1.0541
	IV	0.6590

9. FÓSFORO ASIMILABLE

La determinación de fósforo asimilable por el método del azul de molibdeno⁴ se basa en la formación del complejo fosfomolibdato, el cual se puede reducir con cloruro estañoso, dando el compuesto azul de molibdeno. La intensidad del color varía dependiendo la concentración de fósforo.

El método del azul de molibdeno es de los más sencillos porque puede determinar el fósforo en extractos de suelo que contienen cantidades muy pequeñas de fósforo asimilable.

La fijación del fósforo se presenta en tres formas:

- El fósforo que cambió a una forma menos soluble como resultado de la reacción con el suelo. Este es el fósforo moderadamente aprovechable
- El fósforo que no es absorbido por las plantas durante el primer año de cultivo.
- El fósforo soluble que se ha adherido a la fase sólida del suelo es el fósforo no aprovechable.

9.1 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN EXTRACTORA PARA DETERMINAR FÓSFORO Y POTASIO

Material

Balanza analítica

Vaso de precipitados de 250 ml

Matraz volumétrico de 1000 ml

Agitador magnético

Probeta de 50 ml

Soporte universal

Pinzas de tres dedos

Papel filtro

Potenciómetro

Reactivos

Ácido acético glacial

Agua destilada

Acetato de sodio trihidratado

Carbón activado

Hidróxido de amonio

Sulfato de bario

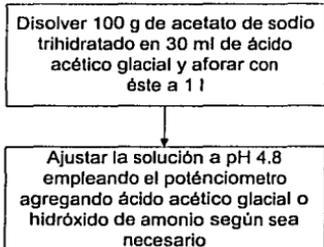
Preparación de soluciones

Solución Morgan

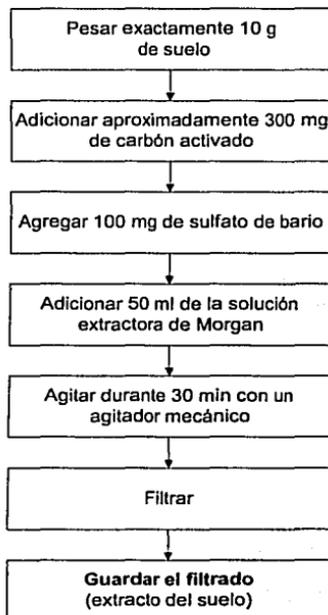
- Disolver 100 g de acetato de sodio trihidratado en 30 ml de ácido acético glacial y aforar a 1 l. El pH debe ser ajustado a pH 4.8 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario.

DIAGRAMA PARA PREPARAR LA SOLUCIÓN EXTRACTORA PARA LA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO Y POTASIO ASIMILABLE¹

Preparación de la solución extractora (Sol. Morgan¹)



Preparación de la extracción del suelo con la sol. de Morgan¹)



9.2 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE FÓSFORO.

Material

Tubos de ensaye

Matraz volumétrico de 10 ml

Matraz volumétrico de 1000 ml

Matraces volumétricos de 100 ml

Pipeta volumétrica de 1 ml

Pipeta volumétrica de 4 ml

Pipeta volumétrica de 5 ml

Pipeta graduada de 10 ml

Probeta de 100 ml

Estufa

Espectrofotómetro U.V

Potenciómetro

Reactivos

Ácido clorhídrico

Ácido acético glacial

Agua destilada

Cloruro estañoso

Fosfato dibásico de sodio dihidratado

Molibdato de amonio tetrahidratado

Acetato de sodio trihidratado

Hidróxido de amonio

Preparación de soluciones

Solución Morgan

- ◆ Disolver 100 g de acetato de sodio trihidratado en 30 ml de ácido acético glacial y aforar a 1 l. El pH debe ser ajustado a 4.8 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario

Solución concentrada de cloruro estañoso.

- ◆ Disolver 2.2 g de cloruro estañoso dihidratado en 5 ml de ácido clorhídrico concentrado.

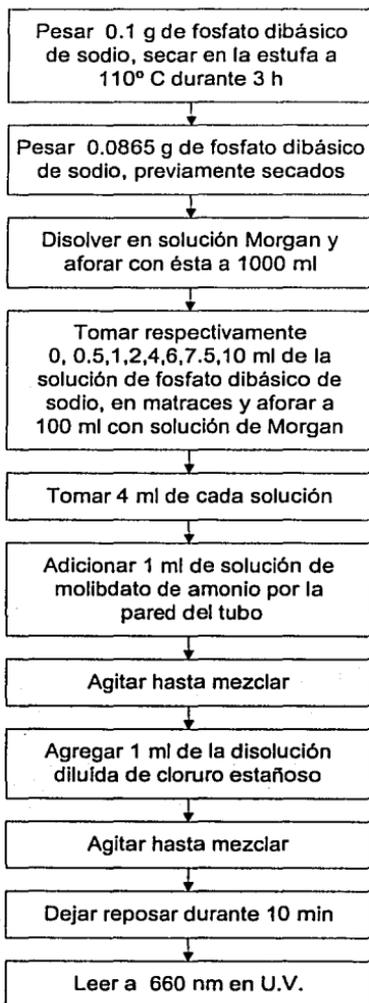
Solución diluida de cloruro estañoso.

- ◆ A 0.1 ml de la solución concentrada de cloruro estañoso diluirla con 50 ml de una solución 1 a 9 de ácido clorhídrico con H₂O destilada. (Por cada ml de HCl se agregan 9 ml de H₂O destilada) (Esta solución se prepara diariamente)

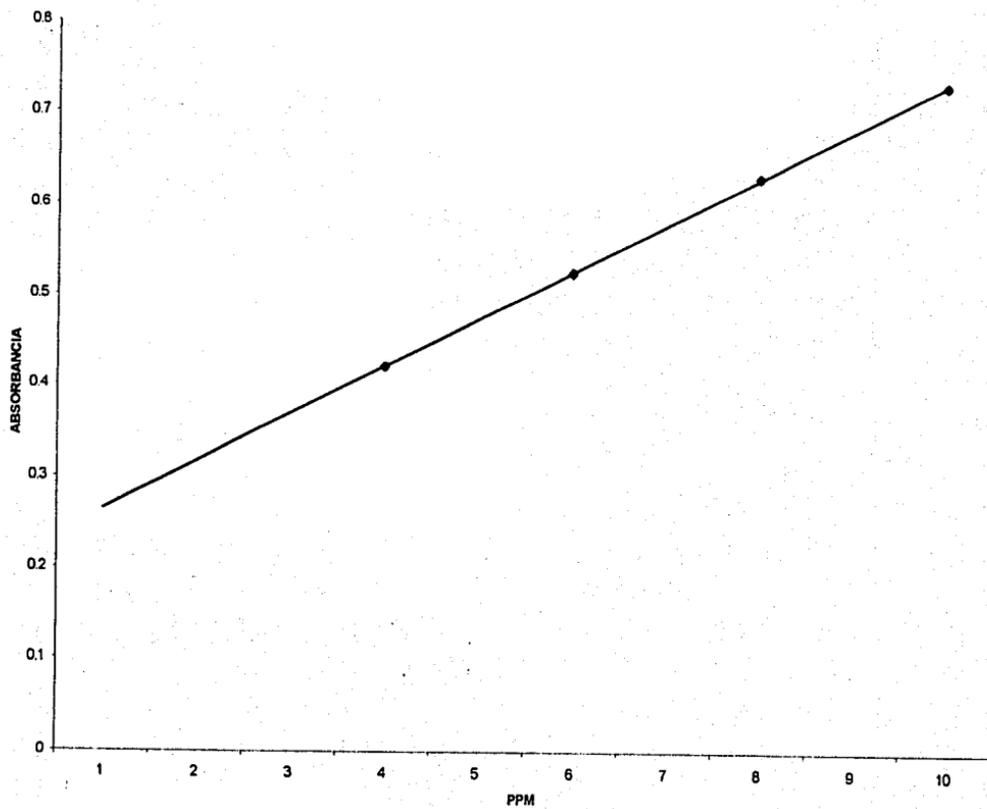
Solución de molibdato de amonio.

- ◆ Disolver 1.75 g de molibdato de amonio tetrahidratado en 300 ml de H₂O destilada, agregar 57.5 ml de ácido clorhídrico concentrado.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE FÓSFORO¹



9.3 CURVA PATRÓN DE FÓSFORO



9.4 TÉCNICA PARA DETERMINAR FÓSFORO ASIMILABLE

Material

Tubos de ensaye

Pipeta volumétrica de 1 ml

Pipeta volumétrica de 4 ml

Espectrofotómetro U.V

Reactivos

Ácido clorhídrico

Agua destilada

Cloruro estañoso dihidratado

Molibdato de amonio tetrahidratado

Preparación de soluciones

Solución de molibdato de amonio.

- ◆ Disolver 1.75 g de molibdato de amonio tetrahidratado en 300 ml de H₂O destilada, agregar 57.5 ml de ácido clorhídrico concentrado

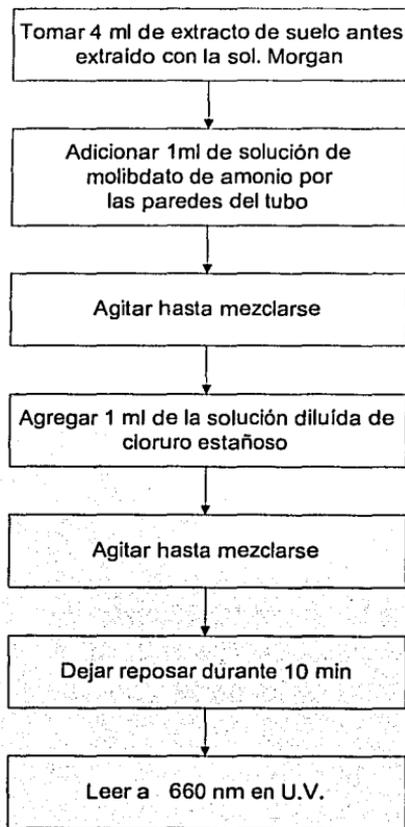
Solución concentrada de cloruro estañoso.

- ◆ Disolver 2.2 g de cloruro estañoso dihidratado en 5 ml de ácido clorhídrico concentrado

Solución diluida de cloruro estañoso.

- ◆ A 0.1 ml de la solución concentrada de cloruro estañoso diluirla con 50 ml de una solución 1 a 9 de ácido clorhídrico con H₂O destilada. (Por cada ml de HCl se agregan 9 ml de H₂O destilada, esta solución se prepara diariamente.)

DIAGRAMA PARA DETERMINAR FÓSFORO ASIMILABLE



9.5 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Fósforo
		ppm
Suelo original		5.7594
Industrial (T ₁)	I	8.2035
	II	8.4682
	III	8.0273
	IV	6.9132
Habitacional (T ₂)	I	7.7793
	II	8.2556
	III	8.0053
	IV	6.3358
Riego (T ₃)	I	6.054
	II	7.4206
	III	7.9023
	IV	7.0956
Potable (T ₄)	I	5.8689
	II	7.1032
	III	7.3488
	IV	6.9987

10. POTASIO ASIMILABLE.

Existen diferentes métodos para determinar potasio en los suelos, entre ellos el método de cobaltinitrito de sodio¹ $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ para precipitar al potasio en forma de cobaltinitrito de sodio y potasio $\text{NaK}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$; para mantener en suspensión el precipitado que se obtiene se usa alcohol isopropílico. Este método tiene la enorme ventaja de su sensibilidad para pequeñas cantidades de potasio, además de ser rápido y sencillo.

La temperatura es un factor que afecta en esta determinación, ya que la sensibilidad para pequeñas cantidades de potasio, aumenta con la disminución de la temperatura. Se adiciona alcohol isopropílico que permite bajar la temperatura.

Se adiciona formaldehído para eliminar la presencia de amonio

El potasio en suelos, se clasifica en: no intercambiable, intercambiable y soluble en agua. El primero de ellos se encuentra en la mayoría de los suelos, comprende la mayor parte de este nutrimento, siguiéndolo el intercambiable y por último el soluble en agua.

10.1 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE POTASIO.

Material

Matraz volumétrico de 1000 ml
Matraces volumétricos de 100 ml
Tubos de ensaye
Pipeta volumétrica de 1 ml
Pipetas volumétricas de 2 ml
Agitador para tubos
Gotero
Estufa
Potenciómetro
Espectrofotómetro U.V

Reactivos

Ácido acético glacial
Agua destilada
Alcohol isopropílico.
Acetato de sodio trihidratado
Formaldehído.
Hidróxido de amonio
Nitrato de potasio.
Nitrato de cobalto (II) hexahidratado
Nitrito de sodio

Preparación de soluciones

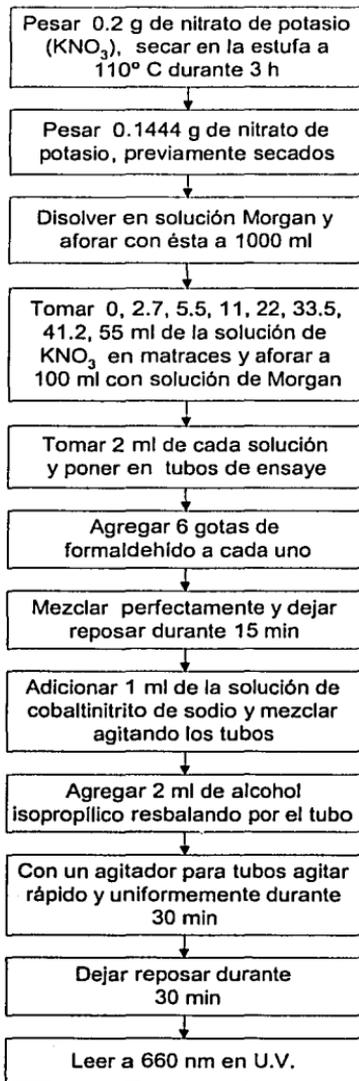
Solución Morgan¹

- ◆ Disolver 100 g de acetato de sodio trihidratado en 30 ml de ácido acético glacial y aforar a 1 l. El pH debe ser ajustado a 4.8 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario.

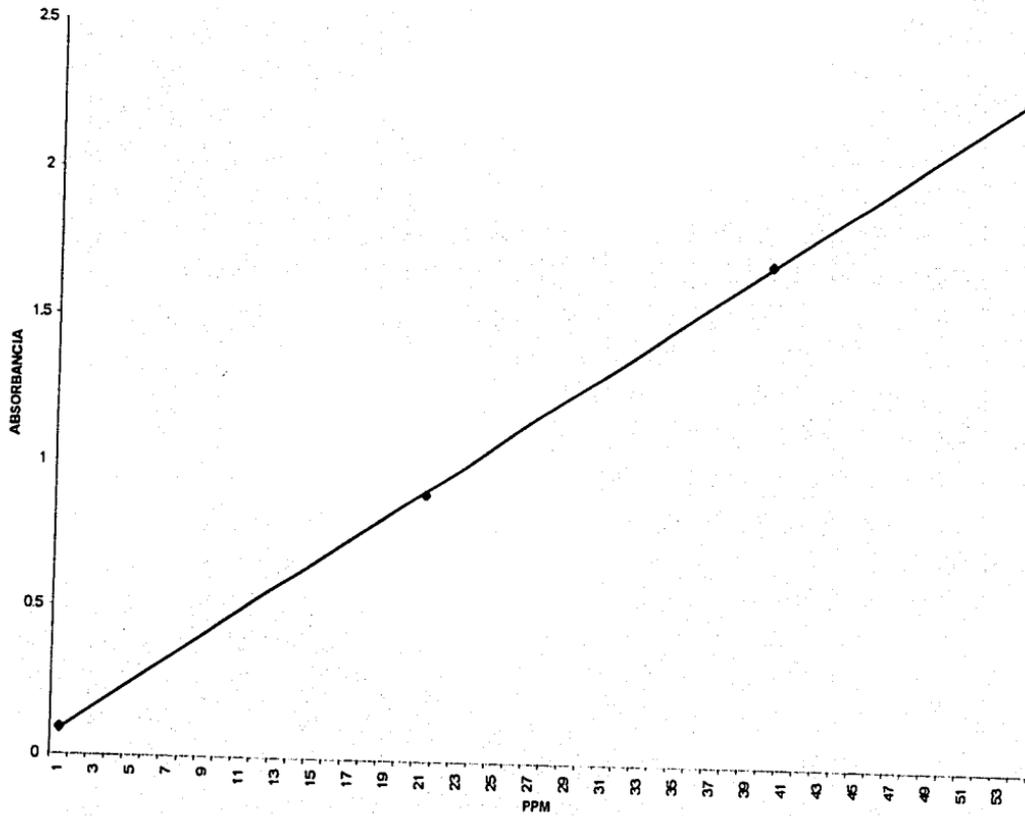
Solución de cobaltinitrito de sodio.

- ◆ Disolver 6.25 g de nitrato cobalto (II) hexahidratado en 80 ml de H₂O destilada. En otro matraz disolver 75 g de nitrito de sodio en 80 ml de H₂O destilada más 5 ml de ácido acético glacial; mezclar lentamente las dos soluciones, dejar reposar toda la noche y al día siguiente aforar a 250 ml.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE POTASIO ¹



10.2 CURVA PATRÓN DE POTASIO



10.3 TÉCNICA PARA DETERMINAR POTASIO ASIMILABLE

Material

Tubos de ensaye

Pipeta volumétrica de 1 ml

Pipetas volumétrica de 2 ml

Gotero

Agitador para tubos

Espectrofotómetro U.V

Reactivos

Ácido acético glacial

Agua destilada

Alcohol isopropílico

Formaldehído

Nitrato de cobalto (II) hexahidratado

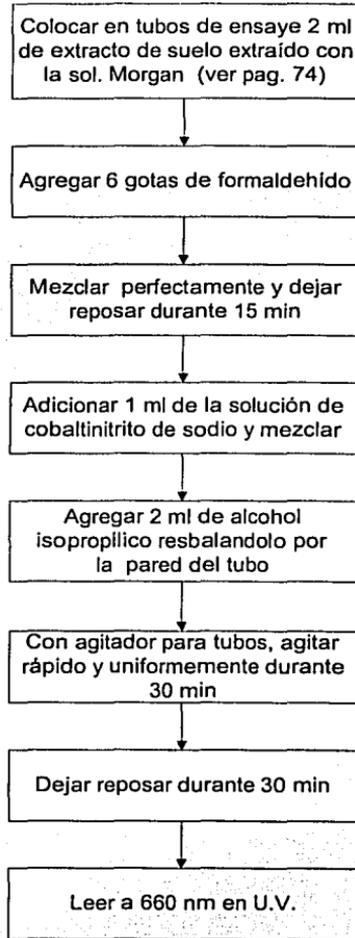
Nitrito de sodio

Preparación de soluciones

Sol. de Cobaltinitrito de sodio.

- Disolver 6.25 g de nitrato cobalto (II) hexahidratado en 80 ml de H₂O destilada. En otro matraz disolver 75 g de nitrito de sodio en 80 ml de H₂O destilada más 5 ml de ácido acético glacial; mezclar lentamente las dos soluciones, dejar reposar toda la noche y al día siguiente aforar a 250 ml.

DIAGRAMA PARA DETERMINAR POTASIO ASIMILABLE ¹



10.4 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Potasio
		ppm
Suelo original		5.5450
Industrial (T ₁)	I	10.5900
	II	14.8210
	III	12.7480
	IV	9.1042
Habitacional (T ₂)	I	10.8090
	II	6.3674
	III	12.4750
	IV	8.5172
Riego (T ₃)	I	8.7446
	II	5.7407
	III	9.0804
	IV	8.7076
Potable (T ₄)	I	6.5631
	II	5.1352
	III	8.2290
	IV	5.4657

11. CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES.

La estructura granular del suelo originada por la floculación de la fracción coloidal es la más apropiada para el desarrollo de las plantas. Las especies catiónicas intercambiables de más interés en los suelos son los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Mn^{2+} y Na^+ , que pueden ser extraídos con facilidad de estas unidades estructurales floculadas.

La determinación del Ca^{2+} y del Mg^{2+} en el suelo es importante debido a que:

- Son dos macronutrientes esenciales para el desarrollo adecuado de las plantas.
- Son las bases de intercambio más abundantes en la mayoría de los suelos.

Esto permite predecir su comportamiento en relación a la reacción del suelo.

La cuantificación de estos elementos permite establecer un valor aproximado del porcentaje de saturación de bases en el suelo, e indica el porcentaje de sitios de intercambio total ocupados en las unidades estructurales floculadas, por elementos útiles a la nutrición vegetal.

Su determinación es un método clásico de complejación con ácido etilendiamino tetraacético (EDTA), pero el suelo debe ser previamente extraído con acetato de sodio, el cual sirve para que el sodio ocupe todos los sitios de intercambio y puedan ser liberados el calcio y el magnesio.

El EDTA compleja a los metales pesados que se encuentran en el suelo antes que al calcio por lo que se agrega clorhidrato de hidroxilamina, el cual lleva a los metales a su estado de valencia más baja y no interfieren con la titulación.

11. TÉCNICA PARA DETERMINAR CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES

Material

Balanza analítica

Espátula

Embudos de vidrio

Vasos de precipitados de 250 ml

Matraces Erlenmeyer de 250 ml

Matraz volumétrico de 10 ml

Matraz volumétrico de 200 ml

Matraz volumétrico de 1000 ml

Matraz volumétrico de 2000 ml

Pipetas volumétricas de 2 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Pipetas volumétricas de 10 ml

Piseta

Bureta de 50 ml

Soporte universal

Pinzas para bureta

Agitador de vidrio

Agitador magnético

Barra magnética

Espátula

Papel filtro Whatman No. 2

Goteros

Guantes

Cubre bocas

Reactivos

Acetato de sodio

Murexida

Carbón activado

Cianuro de potasio (KCN)

Cloruro de amonio

Ácido etilén diamino tetraacético (EDTA)

Hidróxido de sodio (NaOH)

Negro de eriocromo T (NET)

Hidróxido de amonio

Etanol al 96%

Preparación de soluciones

Buffer de amonio pH 10

- ◆ Disolver 67.5 g de cloruro de amonio en agua destilada y agregarlos a 570 ml de hidróxido de amonio, mezclar y aforar a 1000 ml con agua destilada

Cianuro de potasio

- ◆ Disolver 0.2 g de cianuro de potasio en 10 ml de agua destilada

Solución de EDTA 0.02 N

- ◆ Disolver 15.67 g de EDTA en 4000 ml de agua destilada

Hidróxido de sodio 5%

- ◆ Disolver 10 g de hidróxido de sodio en 200 ml de agua destilada

Acetato de sodio 1N, pH 7

- ◆ Disolver 27.27 g de acetato de sodio en 200 ml de agua destilada. El pH debe ser ajustado con ácido acético glacial o hidróxido de amonio concentrado, según sea necesario.

Negro de eriocromo T (NET)

- ◆ Disolver 1 g de negro de eriocromo T en 2.5 ml de etanol

Cálculos

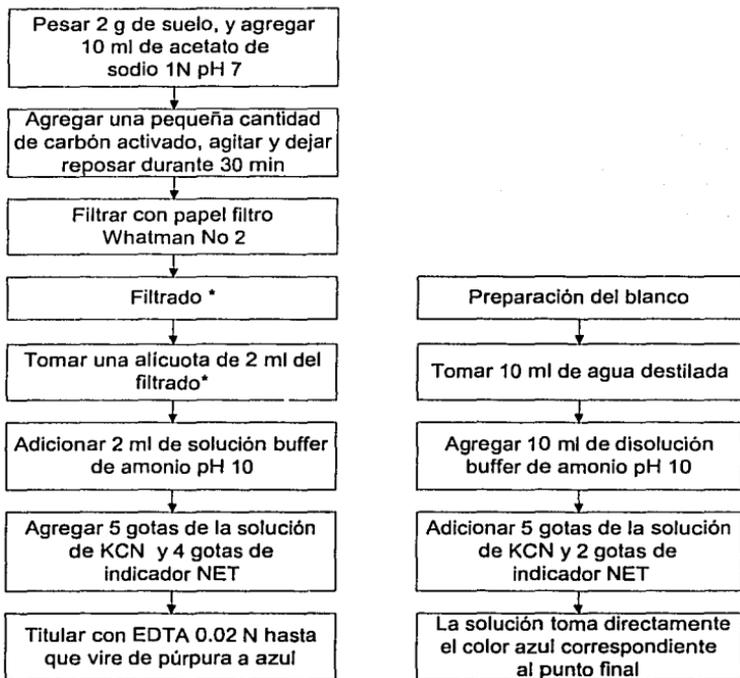
$$\text{miliequivalentes Ca}^{2+} / 100 \text{ g de suelo} = \frac{\text{ml de EDTA} \times N_{\text{EDTA}} \times 5}{\text{g de muestra}} \times 100$$

ml de EDTA para Mg^{2+} = (ml de EDTA para calcio más magnesio) – (ml EDTA para calcio) el valor obtenido de EDTA gastados se sustituye en la fórmula.

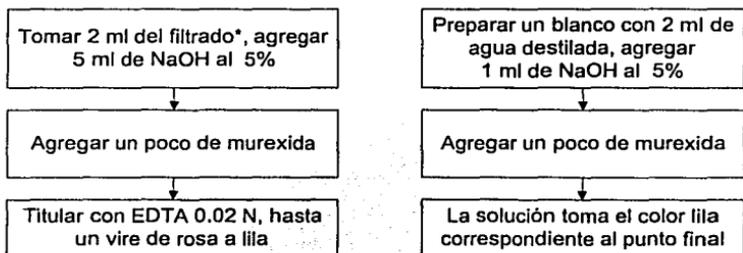
$$\text{miliequivalentes Mg}^{2+} / 100 \text{ g de suelo} = \frac{\text{ml de EDTA} \times N_{\text{EDTA}} \times 5}{\text{g de muestra}} \times 100$$

DIAGRAMA PARA DETERMINAR CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES¹

Titulación con EDTA para Ca^{2+} y Mg^{2+}



Procedimiento para determinar calcio solo



11.2 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Calcio	Magnesio
		meq/100g	
Suelo original		5.20	9.20
Industrial (T ₁)	I	14.20	5.95
	II	13.50	6.00
	III	13.30	6.65
	IV	15.10	5.40
Habitacional (T ₂)	I	11.30	6.95
	II	11.60	9.95
	III	9.40	9.90
	IV	9.80	12.25
Riego (T ₃)	I	10.20	15.70
	II	9.90	10.40
	III	10.80	6.60
	IV	10.40	8.35
Potable (T ₄)	I	9.20	8.80
	II	11.80	8.05
	III	12.40	6.05
	IV	9.80	10.20

12. METALES PESADOS

Contaminación es la presencia en el suelo de toda sustancia química y/o biológica que perjudique la salud de los seres vivos. Los contaminantes causan la degradación del medio, éste puede ser: aire, agua o suelo, siendo éstos los recursos naturales de un país y de sus habitantes.

A diferencia de la contaminación la degradación es la pérdida de la capacidad de producción debido a varios factores como son:

- Pérdida de fertilidad
 - Sobreevolución (envejecimiento)
 - Defloculación argílica (desestructuración)
 - Desbalance del pH.

- Erosión

- Contaminación
 - Calidad deficiente del agua de riego
 - Otros factores químicos y/o biológicos de origen antropocéntrico

Las aguas residuales para el riego agrícola deben tener parámetros de una calidad que no afecten las características naturales del suelo. El deterioro de ésta repercute en la disminución de opciones en la producción de alimentos y como consecuencia en la salud de quien los consume (el hombre y los animales). Las aguas contaminadas usadas en el riego agrícola son el inicio de un ciclo perjudicial suelo-planta-animal-hombre, debido al impacto económico que sus consecuencias provocan: disminución de la producción y en la salud ambiental vegetal y humana.

Los metales pesados analizados están en función de los distintos tratamientos de agua de riego.

12.1 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE CADMIO.

Material

Vaso de precipitados de 2000 ml.

Matraz volumétrico de 1000 ml

Matraces volumétricos de 100 ml

Pipetas volumétricas de 0.5 ml

Pipetas volumétricas de 1 ml

Pipetas volumétricas de 2 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Pipetas graduada 1 ml

Frascos de 100 ml

Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos

Nitrato de cadmio

Ácido nítrico concentrado

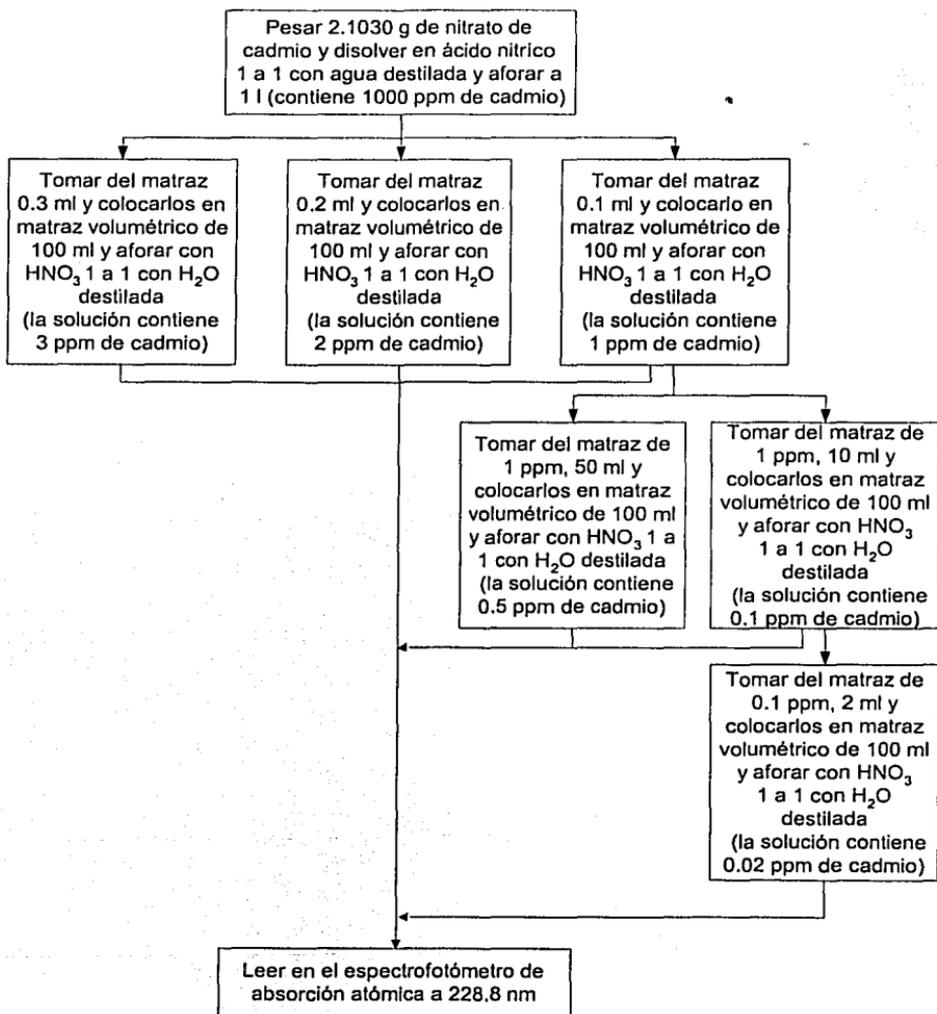
Agua destilada

Preparación de soluciones

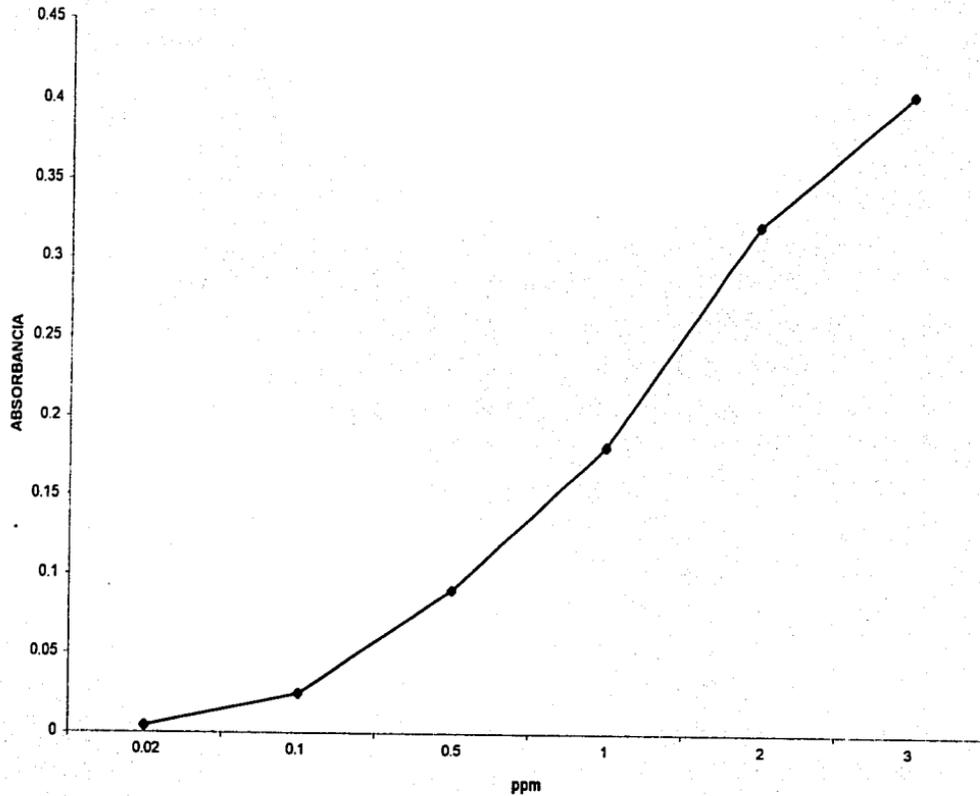
Solución de ácido nítrico 1 a 1

- ◆ A 1000 ml de agua destilada agregar 1000 ml de ácido nítrico por las paredes del vaso y mezclar.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE CADMIO



12.2 CURVA PATRÓN DE CADMIO



12. 3 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE COBRE.

Material

Vaso de precipitados de 2000 ml.

Matraz volumétrico de 1000 ml

Matraces volumétricos de 100 ml

Pipetas volumétricas de 0.5 ml

Pipetas volumétricas de 1 ml

Pipetas volumétricas de 2 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Pipetas graduada 1 ml

Frascos de 100 ml

Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos

Cobre metálico (granalla)

Ácido nítrico concentrado

Agua destilada

Preparación de soluciones

Solución de ácido nítrico 1 a 1

- ♦ A 1000 ml de agua destilada agregar 1000 ml de ácido nítrico por las paredes del vaso y mezclar.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE COBRE

Pesar 1 g de cobre metálico y disolver en ácido nítrico 1 a 1 con agua destilada y aforar a 1 l (contiene 1000 ppm de cobre)

Tomar del matraz 6 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO_3 1 a 1 con H_2O destilada (la solución contiene 60 ppm de cobre)

Tomar del matraz 5 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO_3 1 a 1 con H_2O destilada (la solución contiene 50 ppm de cobre)

Tomar del matraz 3 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO_3 1 a 1 con H_2O destilada (la solución contiene 30 ppm de cobre)

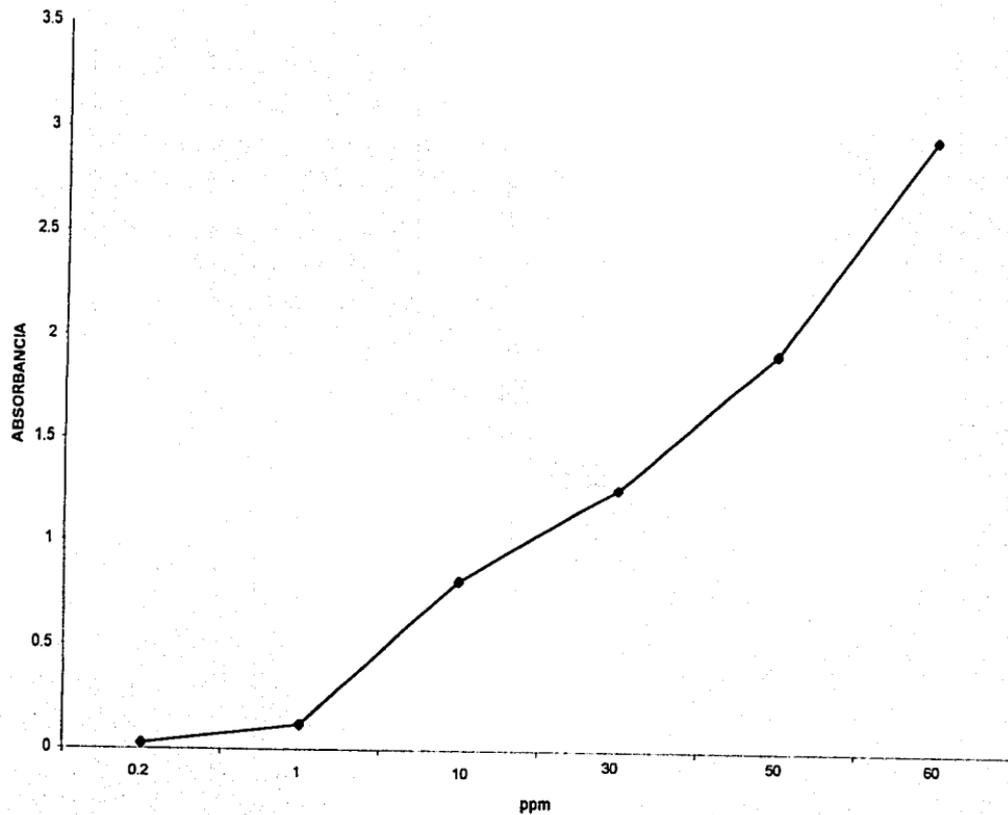
Tomar del matraz 1 ml y colocarlo en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO_3 1 a 1 con H_2O destilada (la solución contiene 10 ppm de cobre)

Tomar del matraz 0.1 ml y colocarlo en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO_3 1 a 1 con H_2O destilada (la solución contiene 1 ppm de cobre)

Tomar del matraz de 1 ppm, 20 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO_3 1 a 1 con H_2O destilada (la solución contiene 0.2 ppm de cobre)

Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica a 217.9 nm

12.4 CURVA PATRÓN DE COBRE



12.5 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE CROMO.

Material

Vaso de precipitados de 2000 ml.
Matraz volumétrico de 1000 ml
Matraces volumétricos de 100 ml
Pipetas volumétricas de 0.5 ml
Pipetas volumétricas de 1 ml
Pipetas volumétricas de 2 ml
Pipetas volumétricas de 5 ml
Pipetas graduada 1 ml
Fascos de 100 ml
Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos

Dicromato de potasio
Ácido clorhídrico concentrado
Agua destilada

Preparación de soluciones

Solución de ácido clorhídrico 1 a 1

- ◆ A 1000 ml de agua destilada agregar 1000 ml de ácido clorhídrico por las paredes del vaso y mezclar.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE CROMO

Pesar 2.8288 g de dicromato de potasio y disolver en ácido clorhídrico 1 a 1 con agua destilada y aforar a 1 l (contiene 1000 ppm de cromo)

Tomar del matraz 4 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 40 ppm de cromo)

Tomar del matraz 3 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 30 ppm de cromo)

Tomar del matraz 2 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO₃ 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 20 ppm de cromo)

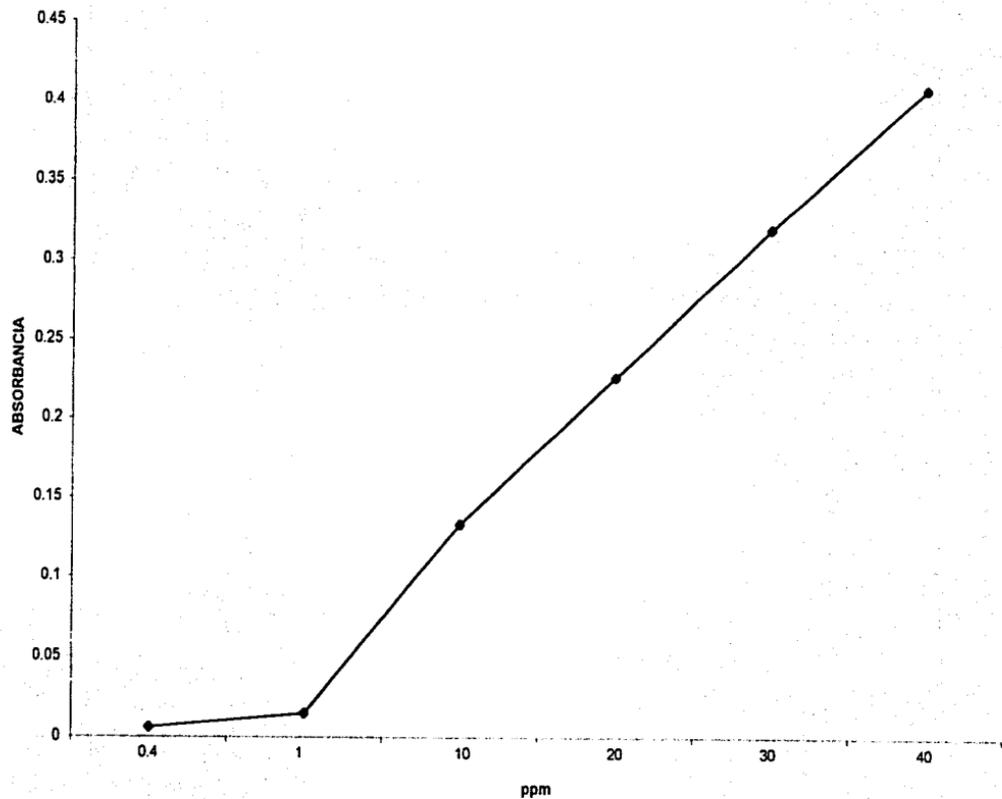
Tomar del matraz 1 ml y colocarlo en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HNO₃ 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 10 ppm de cromo)

Tomar del matraz 0.1 ml y colocarlo en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 1 ppm de cromo)

Tomar del matraz de 1 ppm, 40 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 0.4 ppm de cobre)

Leer en el espectrofotómetro absorción atómica a 425 nm

12.6 CURVA PATRÓN DE CROMO



12.7 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE PLOMO.

Material

Vaso de precipitados de 2000 ml.

Matraz volumétrico de 1000 ml

Matraces volumétricos de 100 ml

Pipetas volumétricas de 0.5 ml

Pipetas volumétricas de 1 ml

Pipetas volumétricas de 2 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Pipetas graduada 1 ml

Frascos de 100 ml

Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos

Nitrato de plomo

Ácido nítrico concentrado

Agua destilada

Preparación de soluciones

Solución de ácido nítrico 1 a 1

- ◆ A 1000 ml de agua destilada agregar 1000 ml de ácido nítrico por las paredes del vaso y mezclar.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE PLOMO

Pesar 1.5987 g de nitrato de plomo
y disolver en ácido nítrico 1 a 1 con
agua destilada y aforar a 1 l
(contiene 1000 ppm de plomo)

Tomar del matraz
0.9 ml y colocarlos en
matraz volumétrico de
100 ml y aforar con
 HNO_3 1 a 1 con H_2O
destilada
(la solución contiene
9 ppm de plomo)

Tomar del matraz
0.6 ml y colocarlos en
matraz volumétrico de
100 ml y aforar con
 HNO_3 1 a 1 con H_2O
destilada
(la solución contiene
6 ppm de plomo)

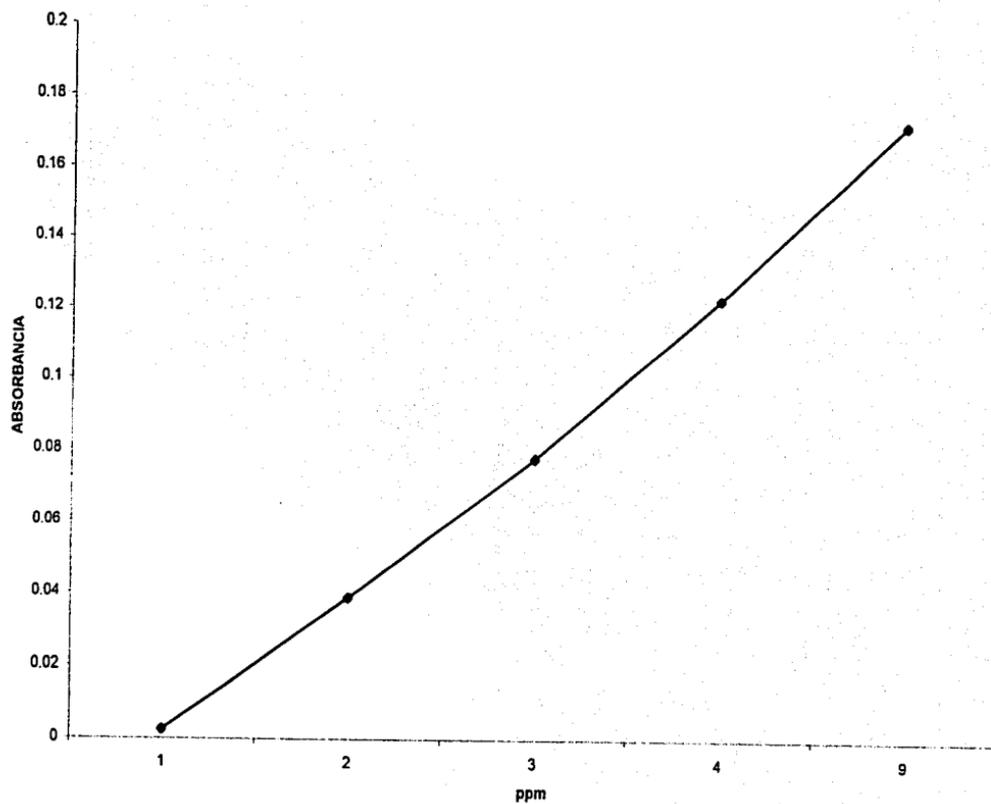
Tomar del matraz
0.3 ml y colocarlos en
matraz volumétrico de
100 ml y aforar con
 HNO_3 1 a 1 con H_2O
destilada
(la solución contiene
3 ppm de plomo)

Tomar del matraz
0.1 ml y colocarlo en
matraz volumétrico de
100 ml y aforar con
 HNO_3 1 a 1 con H_2O
destilada
(la solución contiene
1 ppm de plomo)

Tomar del matraz de
1 ppm, 15 ml y
colocarlos en matraz
volumétrico de 100 ml
y aforar con HNO_3
1 a 1 con H_2O
destilada
(la solución contiene
0.15 ppm de plomo)

Leer en el espectrofotómetro de
absorción atómica a 217 nm

12.8 CURVA PATRÓN DE PLOMO



12.9 TÉCNICA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE ZINC.

Material

Vaso de precipitados de 2000 ml.

Matraz volumétrico de 1000 ml

Matraces volumétricos de 100 ml

Pipetas volumétricas de 0.5 ml

Pipetas volumétricas de 1 ml

Pipetas volumétricas de 2 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Pipetas graduada 1 ml

Frascos de 100 ml

Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos

Zinc metálico en polvo

Ácido clorhídrico concentrado

Agua destilada

Preparación de soluciones

Solución de ácido clorhídrico 1 a 1

- ♦ A 1000 ml de agua destilada agregar 1000 ml de ácido clorhídrico por las paredes del vaso y mezclar.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LA CURVA PATRÓN DE ZINC

Pesar 1 g de zinc metálico en polvo y disolver en ácido clorhídrico 1 a 1 con agua destilada y aforar a 1 l (contiene 1000 ppm de zinc)

Tomar del matraz 0.2 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 2 ppm de zinc)

Tomar del matraz 0.15 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 1.5 ppm de zinc)

Tomar del matraz 0.1 ml y colocarlo en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 1 ppm de zinc)

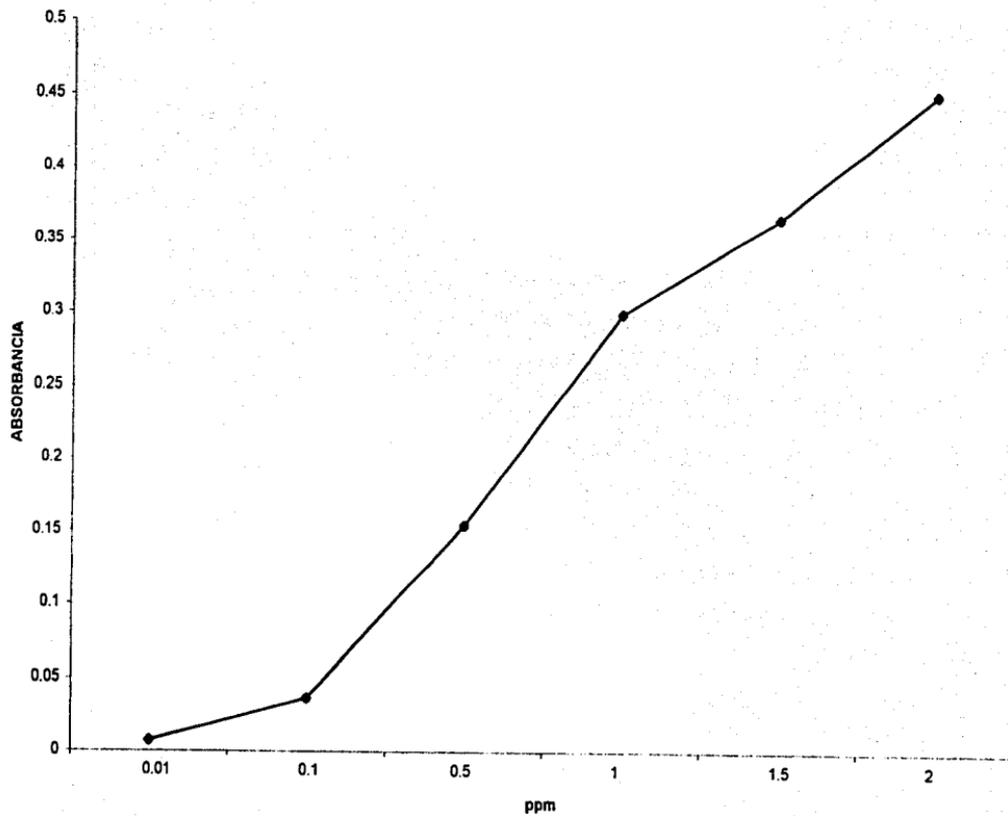
Tomar del matraz de 1 ppm, 50 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 0.5 ppm de zinc)

Tomar del matraz de 1 ppm, 10 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 0.1 ppm de zinc)

Tomar del matraz de 0.1 ppm, 10 ml y colocarlos en matraz volumétrico de 100 ml y aforar con HCl 1 a 1 con H₂O destilada (la solución contiene 0.01 ppm de zinc)

Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica a 213.9 nm

12.10 CURVA PATRÓN DE ZINC



12.11 TÉCNICA PARA DETERMINAR METALES PESADOS

Material

Balanza analítica

Matraz volumétrico de 1000 ml

Pipeta graduada 10 ml

Frascos de polipropileno de 100 ml

Frascos de polipropileno de 50 ml

Embudos de polipropileno

Parafilm

Piseta

Potenciómetro

Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos

Agua desionizada

Cloruro de calcio dihidratado

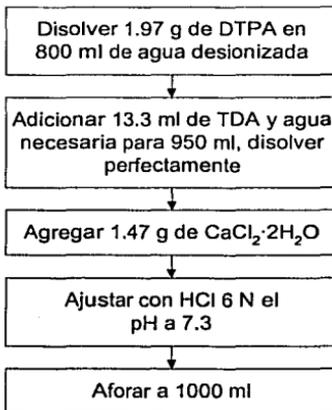
Ácido dimetil triamino penta acético (DTPA)

Trietanol amina (TEA)

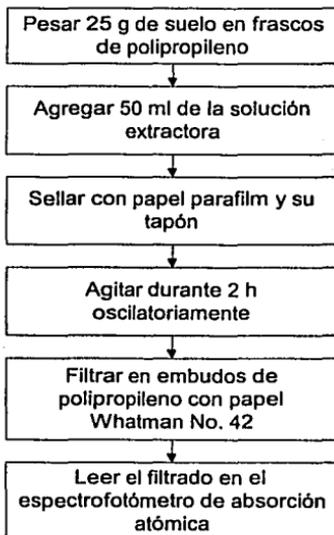
Ácido clorhídrico

**DIAGRAMA PARA DETERMINAR METALES PESADOS
(MÉTODO LINDASY Y NORVELL)**

**Preparación de la
solución extractora**



**Extracción de los
metales pesados**



12.12 RESULTADOS

Tratamiento (Agua)	Ciclo	Cadmio	Cobre	Cromo	Plomo	Zinc
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Suelo original	.	0.027	0.272	-	0.73	0.7443
Industrial (T ₁)	I	0.028	0.380	-	1.01	2.5070
	II	0.028	0.437	-	0.97	3.3548
	III	0.030	0.472	-	0.93	3.9600
	IV	0.028	0.534	-	1.00	4.1885
Habitacional (T ₂)	I	0.029	0.338	-	0.82	0.7523
	II	0.028	0.311	-	0.87	0.7440
	III	0.030	0.400	-	0.89	0.7875
	IV	0.028	0.321	-	0.92	0.7652
Riego (T ₃)	I	0.029	0.316	-	0.85	2.2170
	II	0.036	0.320	-	0.88	2.6200
	III	0.033	0.397	-	0.96	3.1148
	IV	0.034	0.470	-	0.96	3.3785
Potable (T ₄)	I	0.039	0.374	-	0.73	1.3700
	II	0.035	0.348	-	0.76	1.4738
	III	0.034	0.390	-	0.80	1.5883
	IV	0.033	0.318	-	0.91	1.6178

CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS

CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS

Tratamiento	Prof. cm	Ciclo	TEXTURA			
			Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Suelo Original	0-30		51.28	42	6.72	Migajón arenoso
T ₁	20	I	57.64	35.64	6.72	Migajón arenoso
	20	II	54.92	42.00	3.08	Migajón arenoso
	20	III	59.64	33.64	6.72	Migajón arenoso
	20	IV	46.56	48.00	5.44	Migajón arenoso
T ₂	20	I	58.00	31.64	10.36	Migajón arenoso
	20	II	51.28	44.36	4.36	Migajón arenoso
	20	III	56.36	35.64	8.00	Migajón arenoso
	20	IV	51.28	42.36	6.36	Migajón arenoso
T ₃	20	I	60.00	31.28	8.72	Migajón arenoso
	20	II	46.92	46.36	6.72	Migajón arenoso
	20	III	46.92	46.00	7.08	Migajón arenoso
	20	IV	53.64	29.64	16.72	Migajón arenoso
T ₄	20	I	51.64	42.00	6.36	Migajón arenoso
	20	II	52.92	38.72	8.36	Migajón arenoso
	20	III	55.64	32.00	12.36	Migajón arenoso
	20	IV	54.92	36.36	8.72	Migajón arenoso

CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS

Tratamiento	Prof. cm	Ciclo	COLOR			
			Seco	Interpretación	Húmedo	Interpretación
Suelo Original	0-30		10YR 5/2	café grisáceo	10YR 3/1	gris muy oscuro
T ₁	20	I	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
	20	II	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
	20	III	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
	20	IV	10YR 2/2	café muy oscuro	10YR 2/1	negro
T ₂	20	I	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
	20	II	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	20	III	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	20	IV	10YR 5/2	café grisáceo	10YR 3/1	gris muy oscuro
T ₃	20	I	10YR 3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	20	II	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	20	III	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
	20	IV	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
T ₄	20	I	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 2/1	negro
	20	II	10YR 4/2	café grisáceo oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	20	III	10YR 3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR 3/1	gris muy oscuro
	20	IV	10YR 5/2	café grisáceo	10YR 3/1	gris muy oscuro

CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS

Tratamiento	Prof. cm	Ciclo	DENSIDAD			C.E mmhos/cm	pH		
			Ap g/cm ³	Real g/cm ³	% E.P.		Papel Indicador	H ₂ O 1:25	KCl 1:25
Suelo Original	0-30		1.0896	2.1955	46.6327	0.67	6	6.8	6.3
T ₁	20	I	1.0615	2.0675	48.6582	1.52	6	6.5	6.2
	20	II	1.0781	2.2324	51.5475	1.97	6	6.8	6.3
	20	III	1.0816	2.0327	46.9625	2.65	6	6.7	6.4
	20	IV	1.0757	2.0108	46.5068	3.49	7	7.0	6.6
T ₂	20	I	1.1088	2.2951	50.4407	1.32	6	6.9	6.5
	20	II	1.1375	2.3668	50.7708	2.05	6	6.8	6.4
	20	III	1.1651	2.2135	49.9101	2.93	6	6.8	6.3
	20	IV	1.1334	2.5931	56.2928	3.75	6	6.9	6.6
T ₃	20	I	1.0614	2.1275	50.1138	1.93	6	6.8	6.5
	20	II	1.0714	2.2745	53.7459	2.66	6	6.7	6.4
	20	III	1.0520	2.4762	56.7317	3.05	7	7.1	6.8
	20	IV	1.0717	2.1369	49.8477	4.15	6	6.8	6.3
T ₄	20	I	1.1711	2.2846	51.1237	0.83	6	6.8	6.5
	20	II	1.2432	2.1949	50.5893	0.98	6	6.8	6.5
	20	III	1.1123	2.1478	45.4720	1.02	6	6.9	6.6
	20	IV	1.0845	2.0809	48.5499	1.13	6	6.9	6.5

CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS

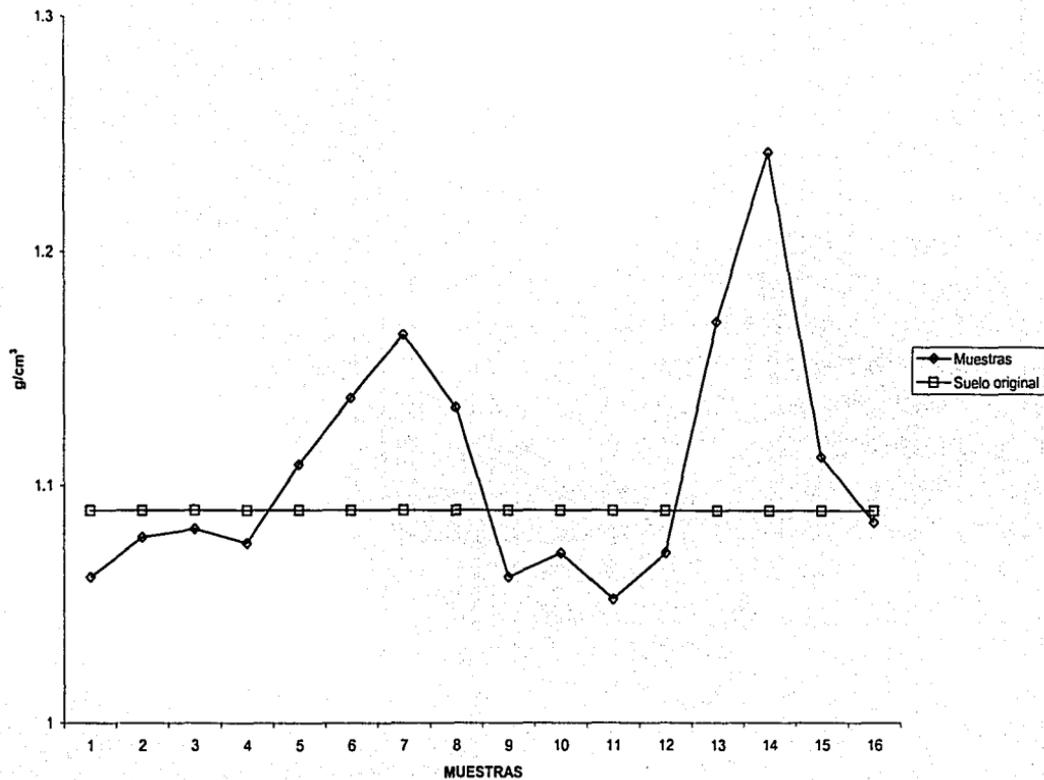
Tratamiento	Prof. cm	Ciclo	M.O.	CICT	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			%	meq/100 g	mmol/Kg	ppm	ppm	meq/100 g	
Suelo Original	0-30		6.2574	47.000	1.5588	5.7594	5.5450	5.20	9.20
T ₁	20	I	7.5257	63.333	1.0801	8.2035	10.5900	14.20	5.95
	20	II	6.7647	60.000	0.9782	8.4682	14.8210	13.50	6.00
	20	III	5.5809	54.000	1.6092	8.0273	12.7480	13.30	6.65
	20	IV	5.8346	62.000	1.2024	6.9132	9.1042	15.10	5.40
T ₂	20	I	4.5662	57.000	0.8904	7.7793	10.8090	11.30	6.95
	20	II	3.5515	51.333	0.7161	8.2556	6.3674	11.60	9.95
	20	III	4.7353	55.667	1.3861	8.0053	12.4750	9.40	9.90
	20	IV	4.0588	62.667	1.1633	6.3358	8.5172	9.80	12.25
T ₃	20	I	4.3125	52.000	0.7019	6.0540	8.7446	10.20	15.70
	20	II	3.7206	54.333	0.5988	7.4206	5.7407	9.90	10.40
	20	III	3.8051	50.000	1.1348	7.9023	9.0804	10.80	6.60
	20	IV	3.6360	55.333	0.7469	7.0956	8.7076	10.40	8.35
T ₄	20	I	3.8897	54.333	0.1996	5.8689	6.5631	9.20	8.80
	20	II	3.4669	60.667	0.3306	7.1032	5.1352	11.80	8.05
	20	III	3.8051	55.667	1.0541	7.3488	8.2290	12.40	6.05
	20	IV	4.3125	57.667	0.6590	6.9987	5.4657	9.80	10.20

CONCENTRACIÓN DE RESULTADOS

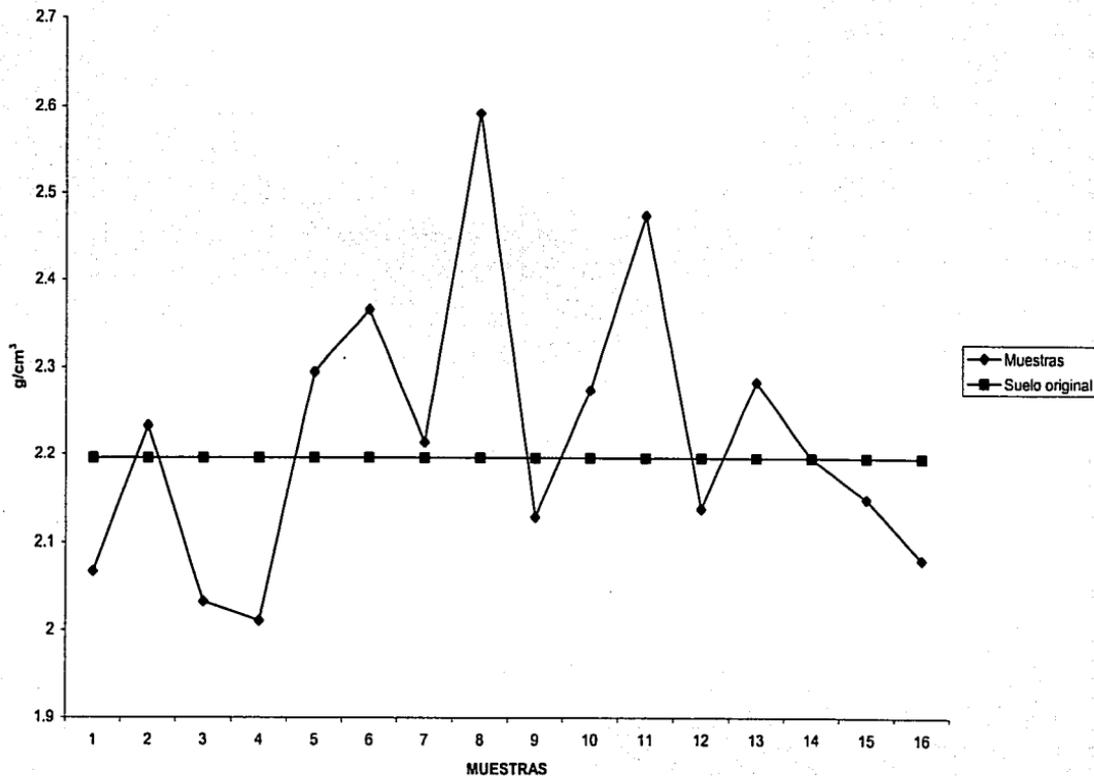
Tratamiento	Prof. cm	Ciclo	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Suelo Original	0-30		0.027	0.272	-	0.73	0.7443
T ₁	20	I	0.028	0.380	-	1.01	2.5070
	20	II	0.028	0.437	-	0.97	3.3548
	20	III	0.030	0.472	-	0.93	3.9600
	20	IV	0.028	0.534	-	1.00	4.1885
T ₂	20	I	0.029	0.338	-	0.82	0.7523
	20	II	0.028	0.311	-	0.87	0.7440
	20	III	0.030	0.400	-	0.89	0.7875
	20	IV	0.028	0.321	-	0.92	0.7652
T ₃	20	I	0.029	0.316	-	0.85	2.2170
	20	II	0.036	0.320	-	0.88	2.6200
	20	III	0.033	0.397	-	0.96	3.1148
	20	IV	0.034	0.470	-	0.96	3.3785
T ₄	20	I	0.039	0.374	-	0.73	1.3700
	20	II	0.035	0.348	-	0.76	1.4738
	20	III	0.034	0.390	-	0.80	1.5883
	20	IV	0.033	0.318	-	0.91	1.6178

GRÁFICAS

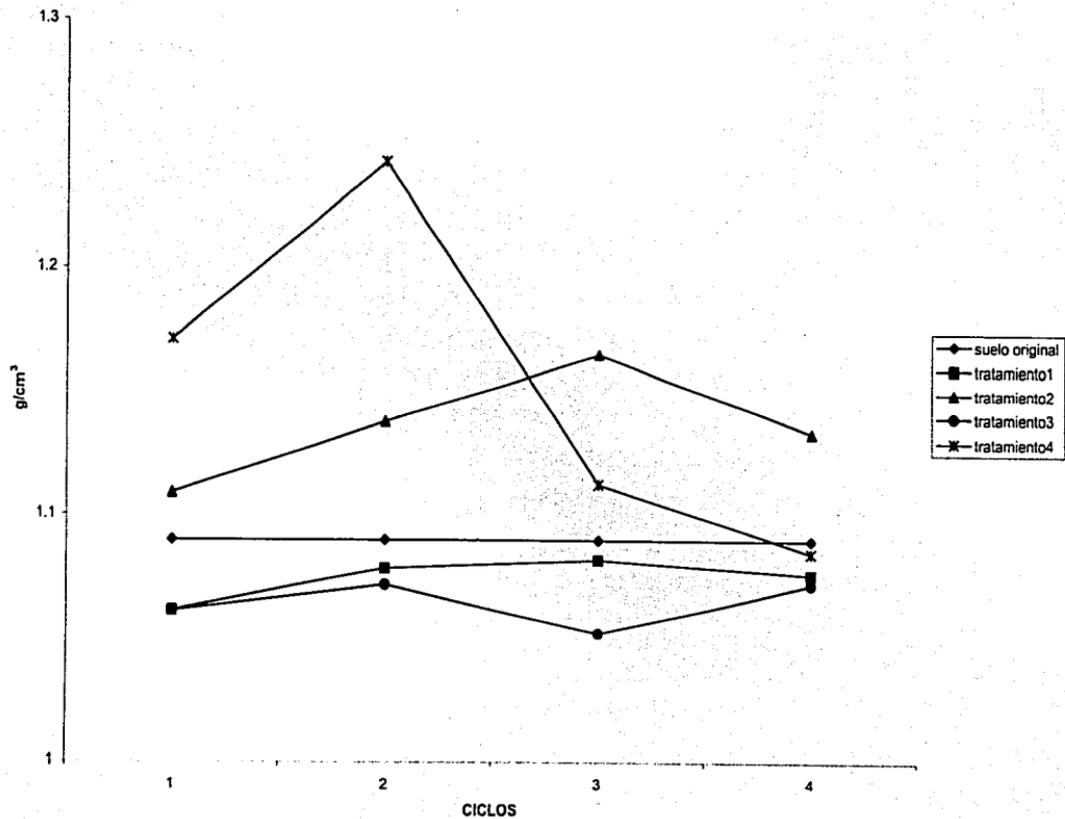
I. GRÁFICA DE DENSIDAD APARENTE DE TODAS
LAS MUESTRAS ANALIZADAS



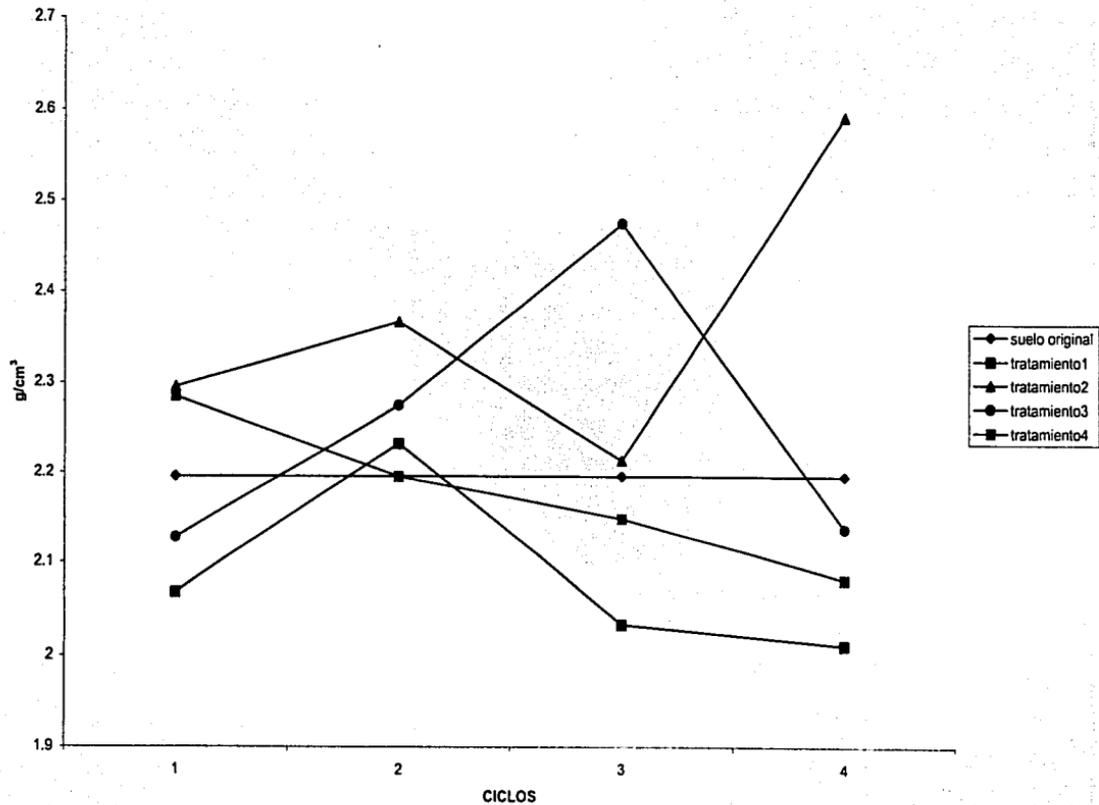
III. GRÁFICA DE DENSIDAD REAL DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



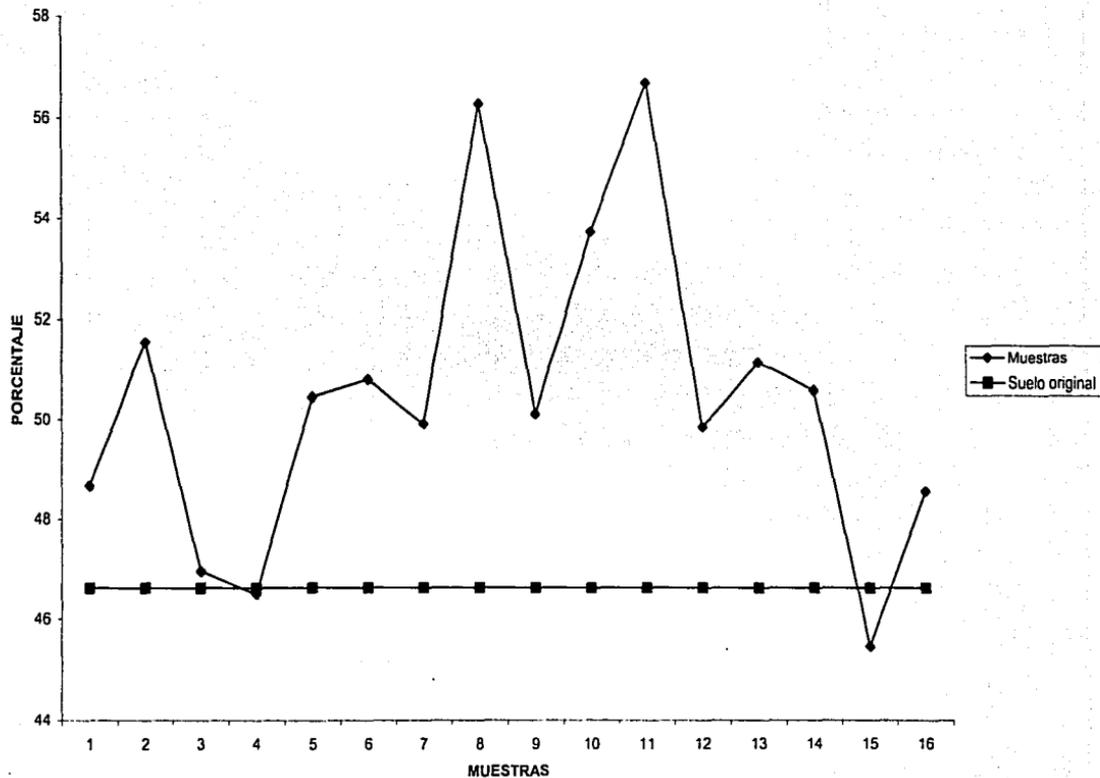
II. GRÁFICA DE DENSIDAD APARENTE POR CICLOS



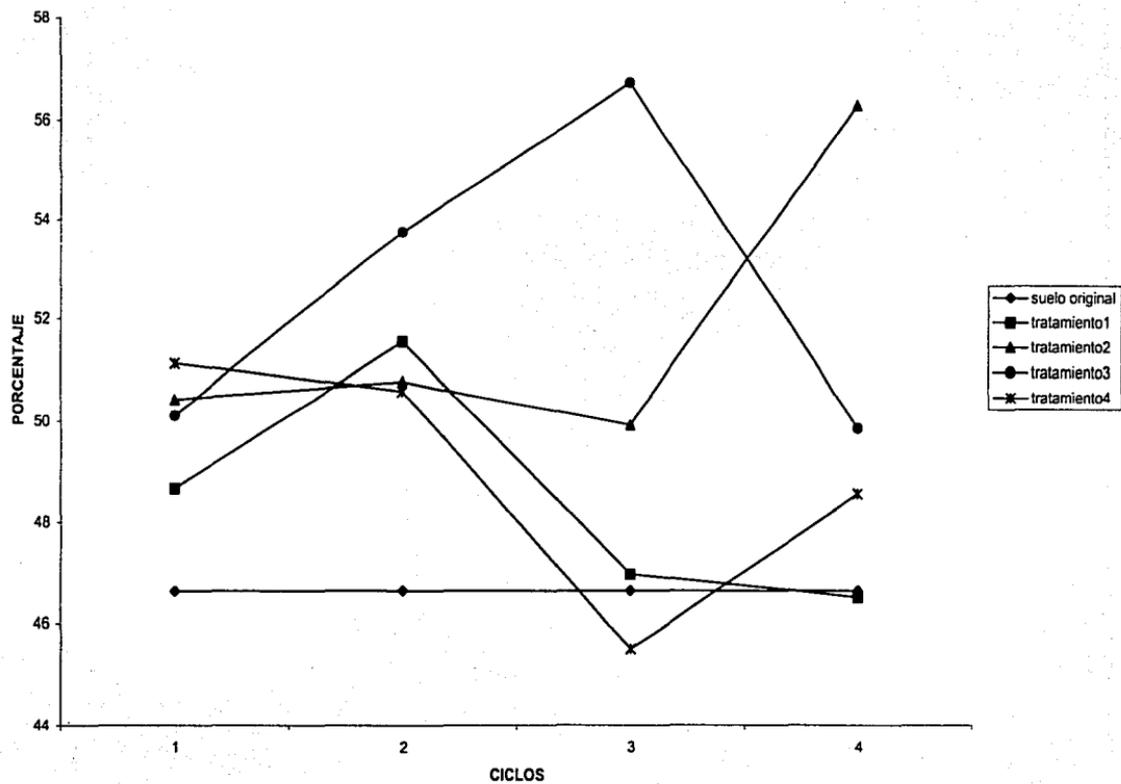
IV. GRÁFICA DE DENSIDAD REAL POR CICLOS



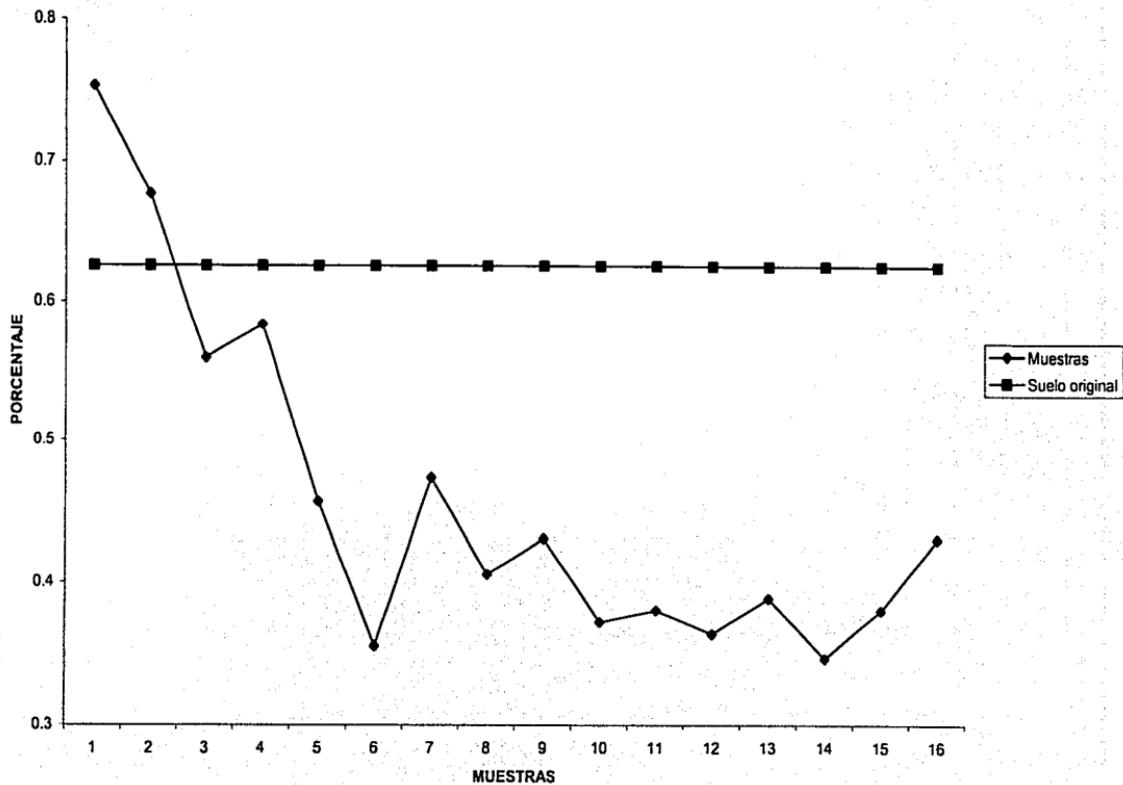
V. GRÁFICA DE ESPACIO POROSO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



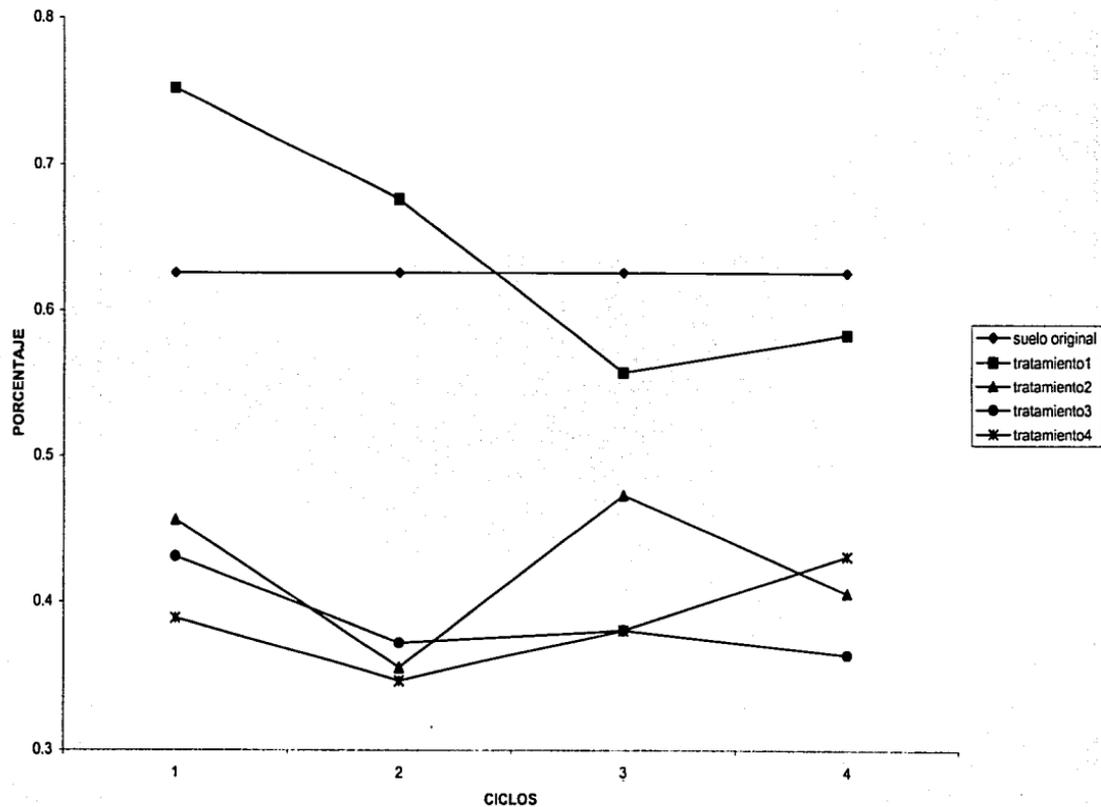
VI. GRÁFICA DE ESPACIO POROSO POR CICLOS



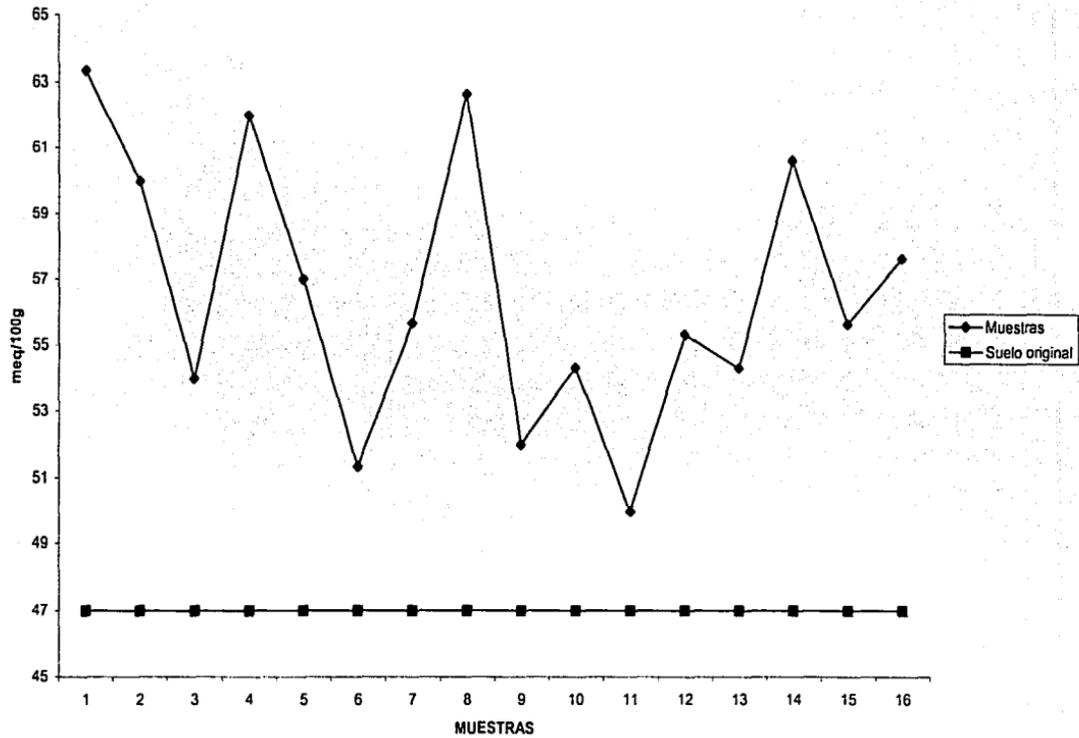
VII. GRÁFICA DE MATERIA ORGÁNICA DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



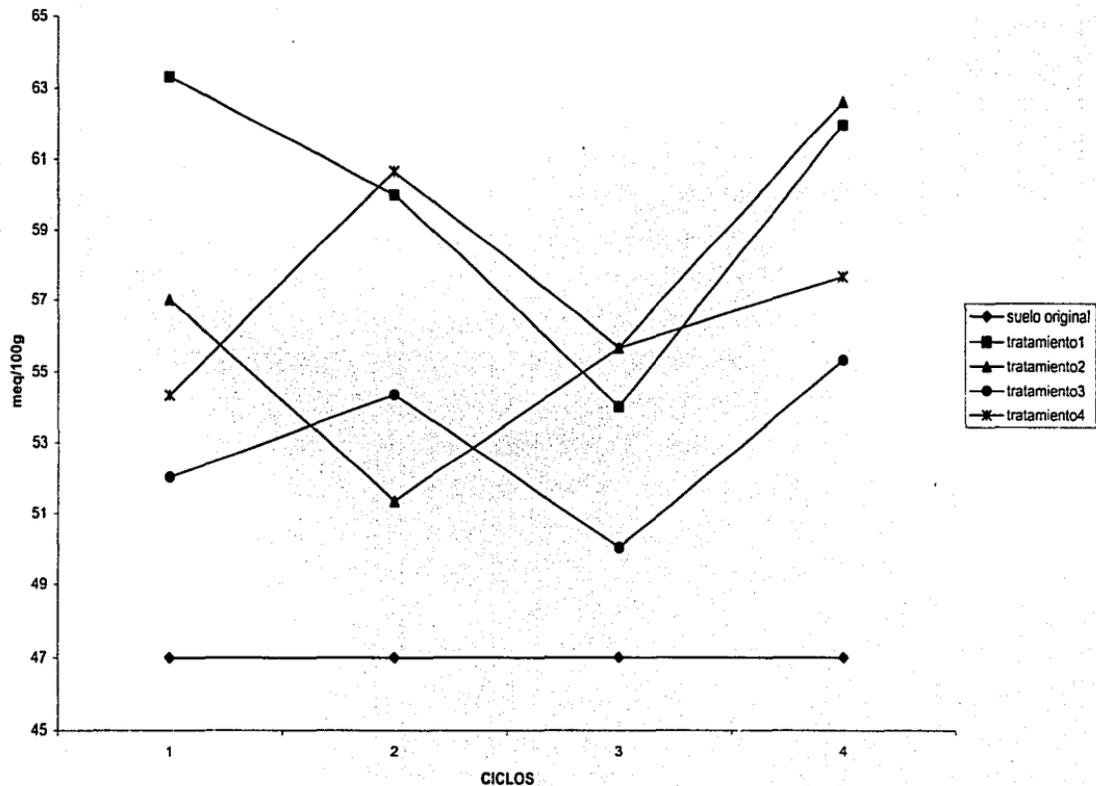
VIII. GRÁFICA DE MATERIA ORGANICA POR CICLOS



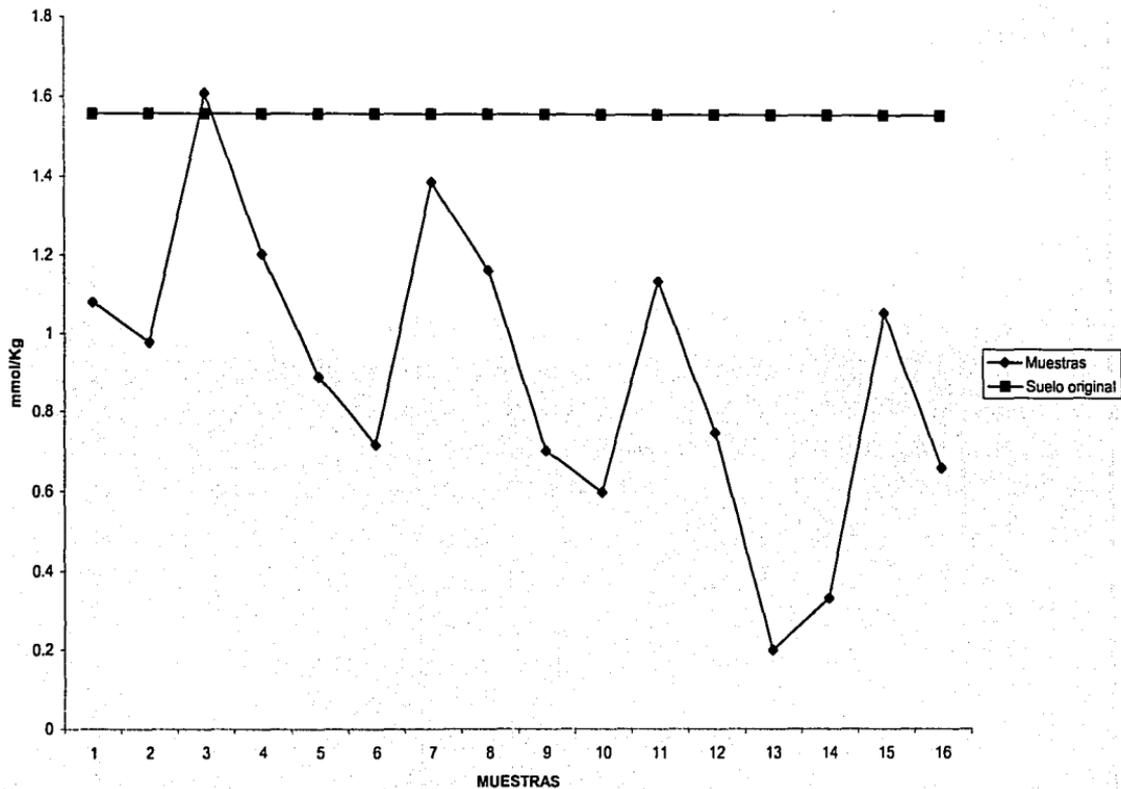
IX. GRÁFICA DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO TOTAL
DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



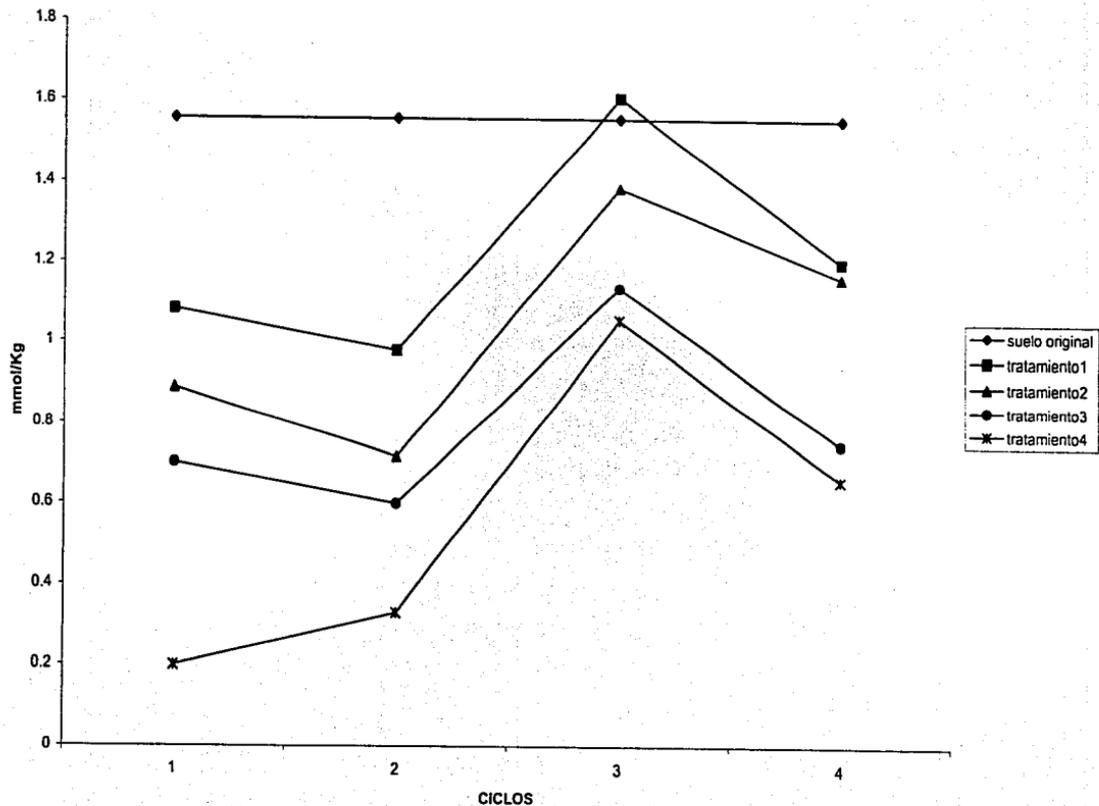
X. GRÁFICA DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO
TOTAL POR CICLOS



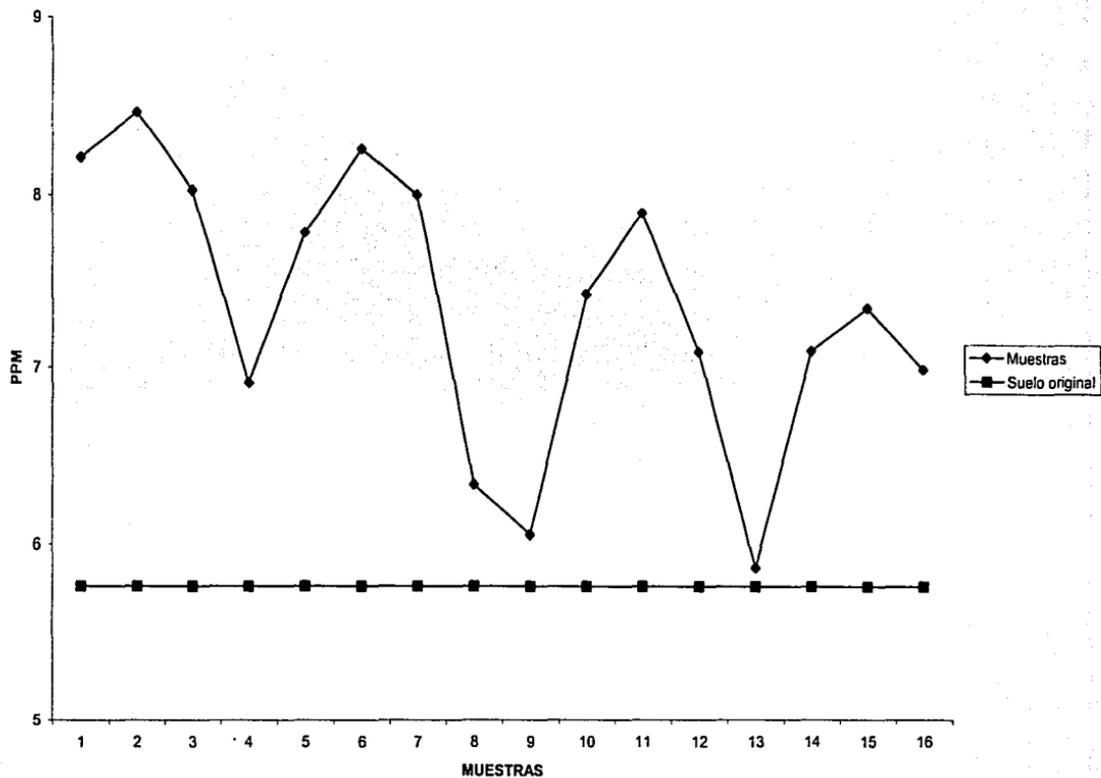
XI. GRÁFICA DE NITRÓGENO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



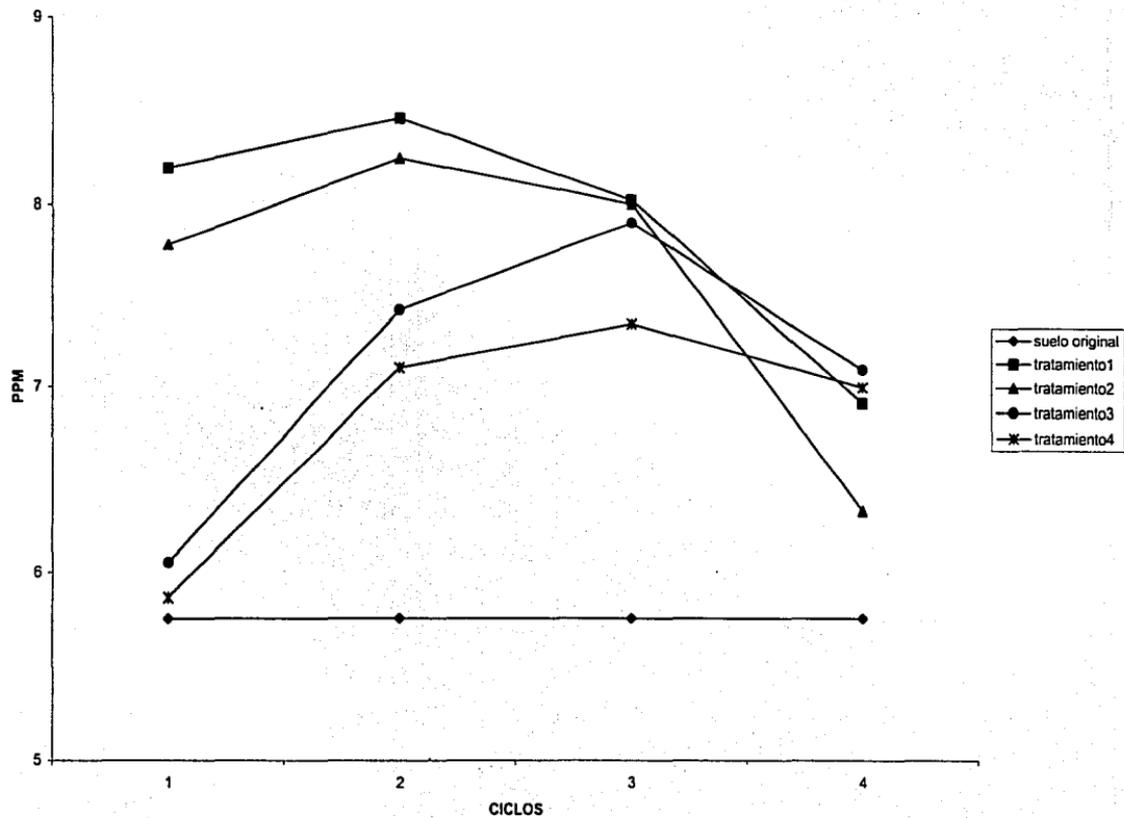
XII. GRÁFICA DE NITRÓGENO POR CICLOS



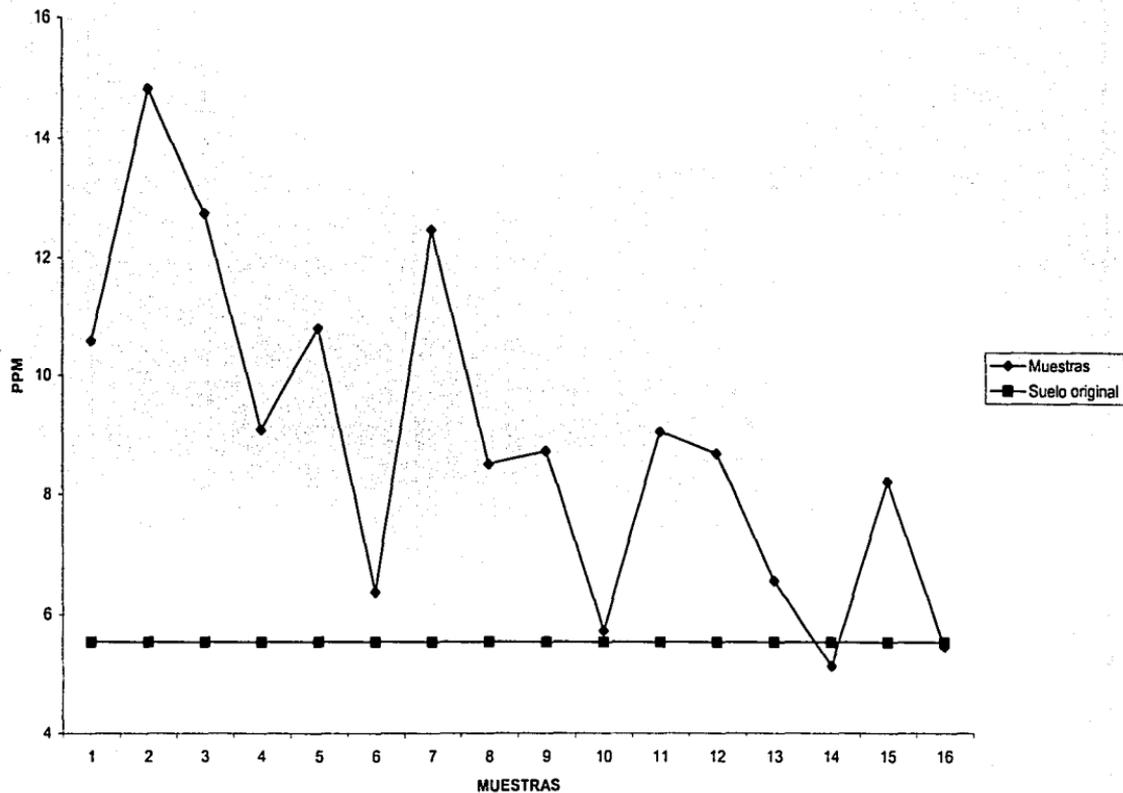
XIII. GRÁFICA DE FÓSFORO ASIMILABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



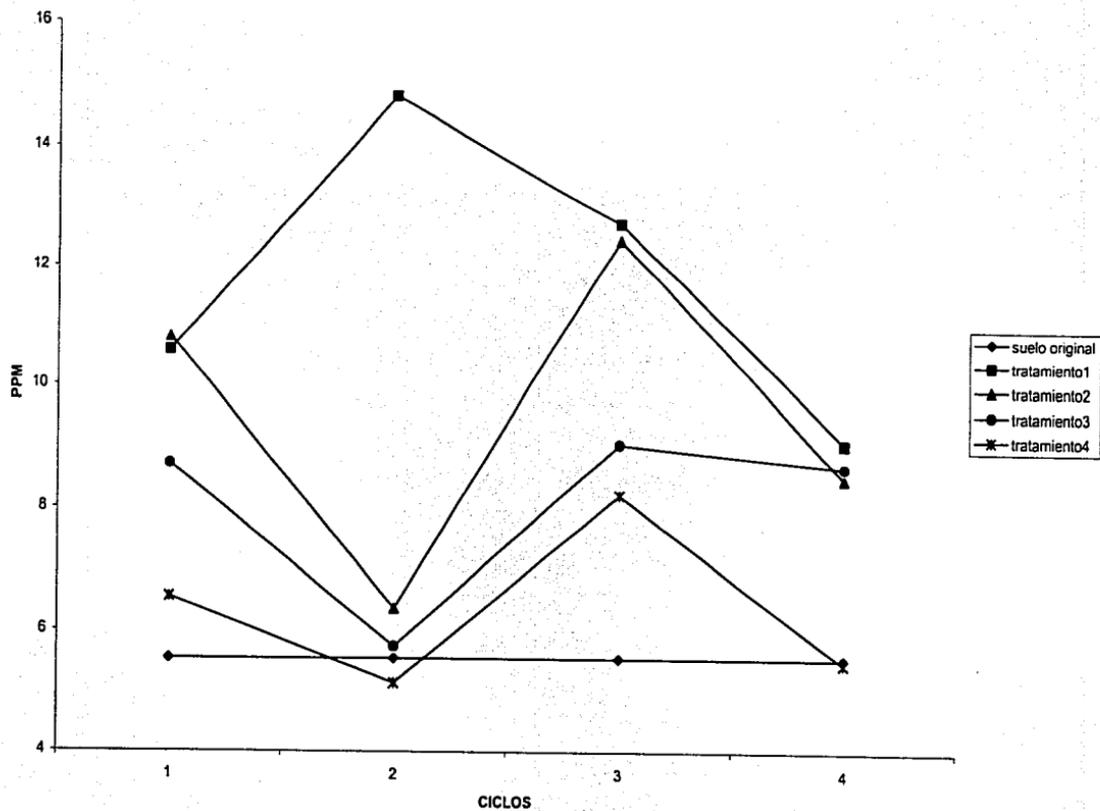
XIV. GRÁFICA DE FÓSFORO ASIMILABLE POR CICLOS



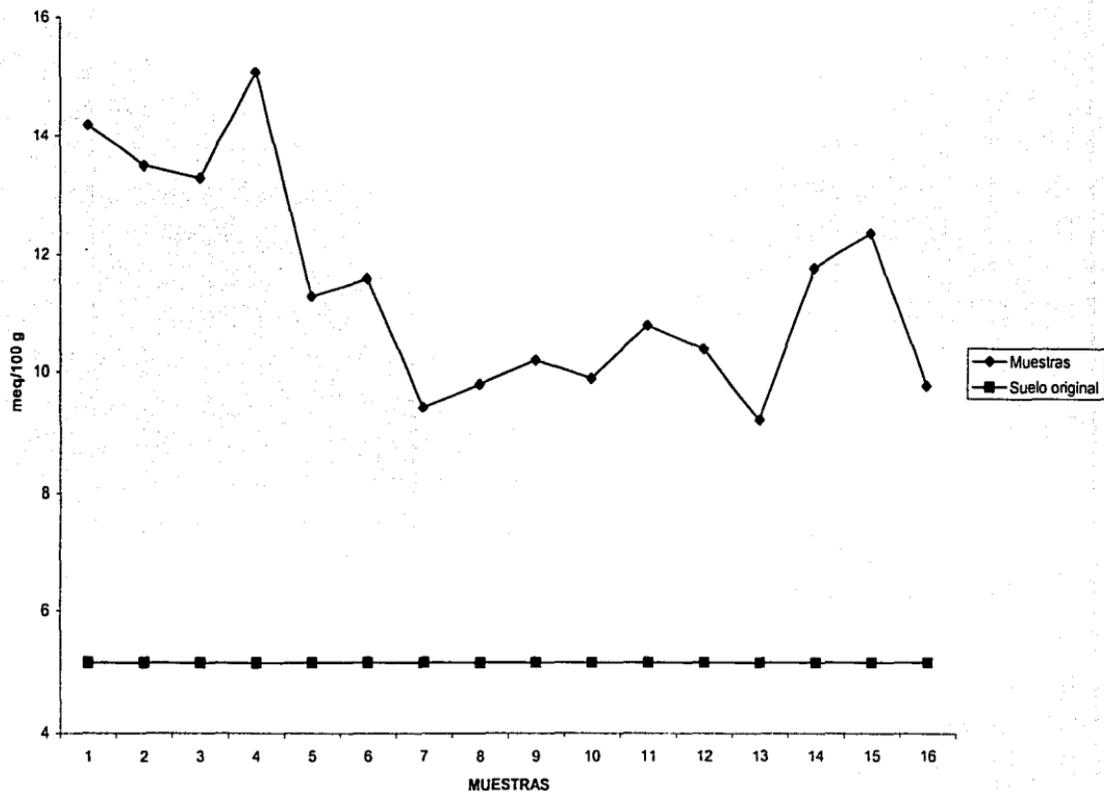
XV. GRÁFICA DE POTASIO ASIMILABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



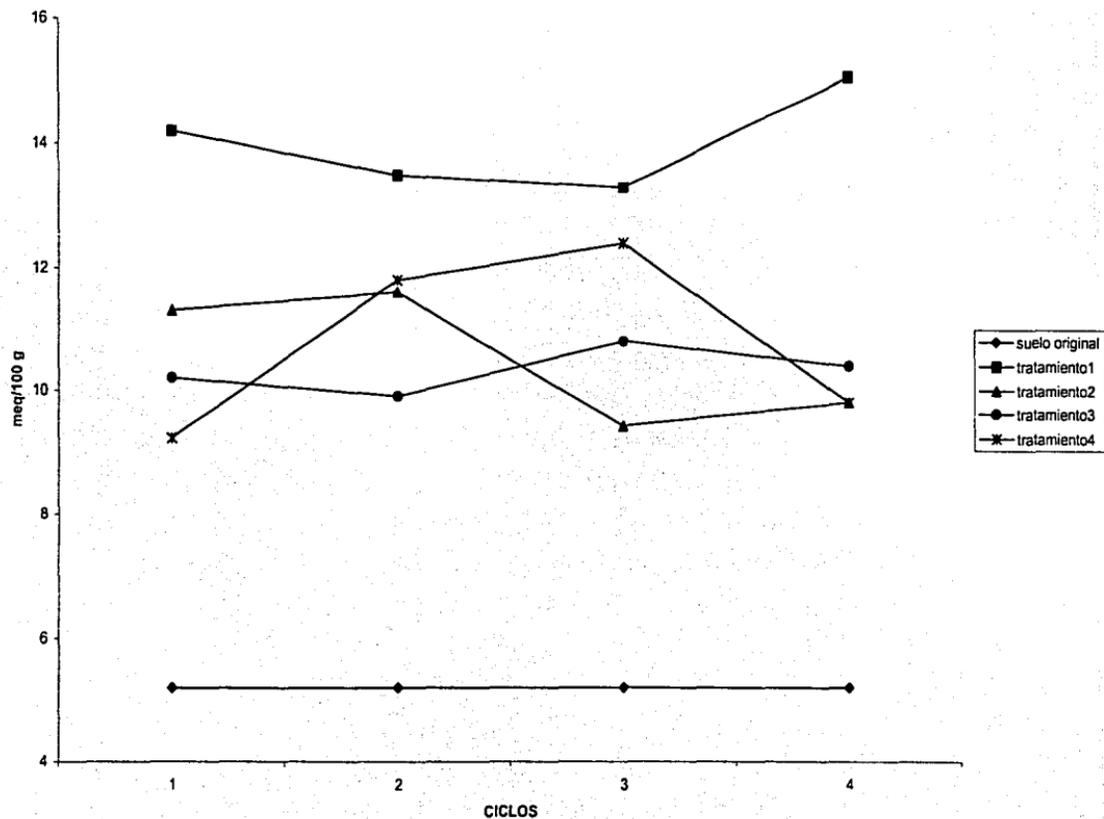
XVI. GRÁFICA DE POTASIO ASIMILABLE POR CICLOS



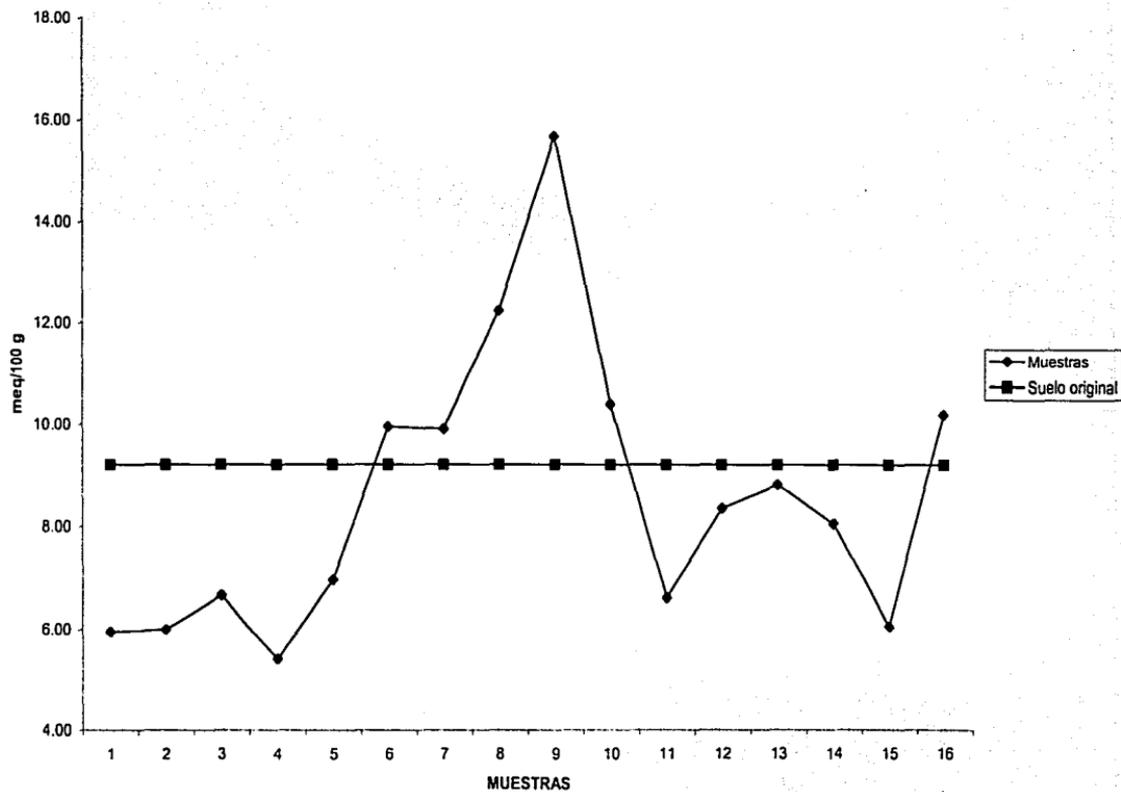
XVII. GRÁFICA DE CALCIO INTERCAMBIABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



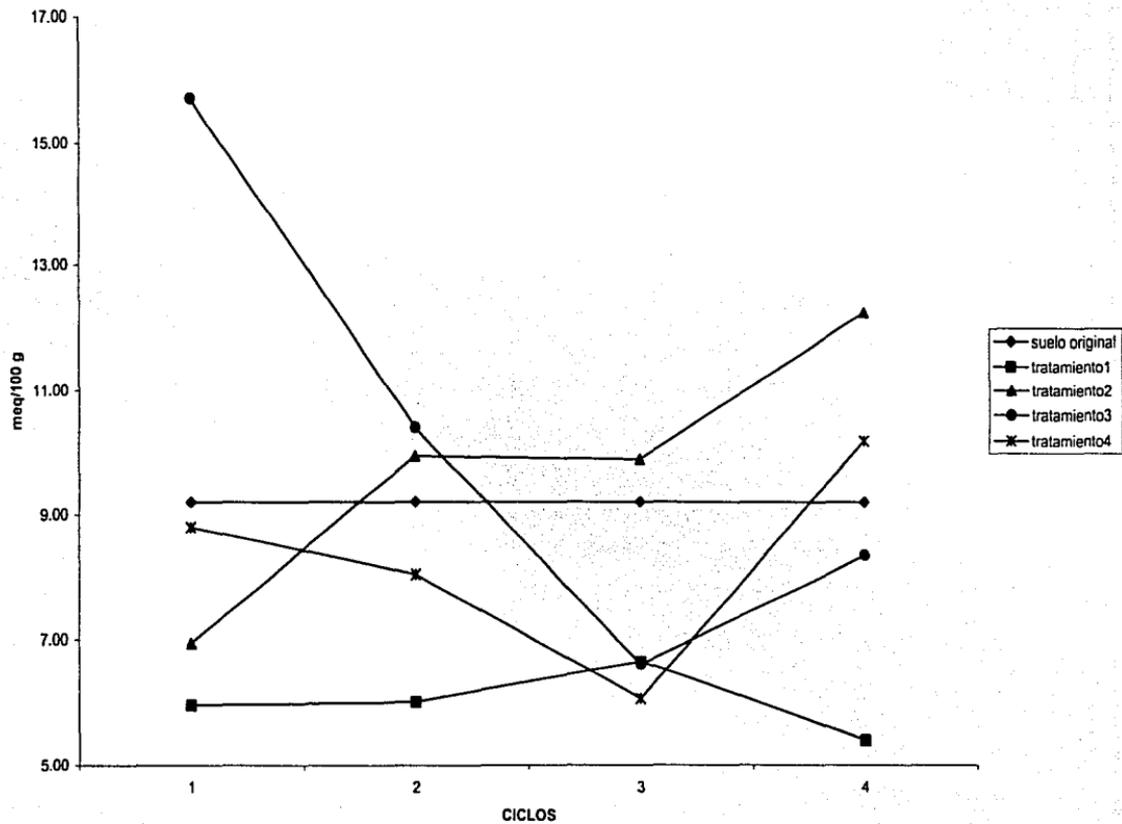
XVIII. GRÁFICA DE CALCIO INTERCAMBIABLE POR CICLOS



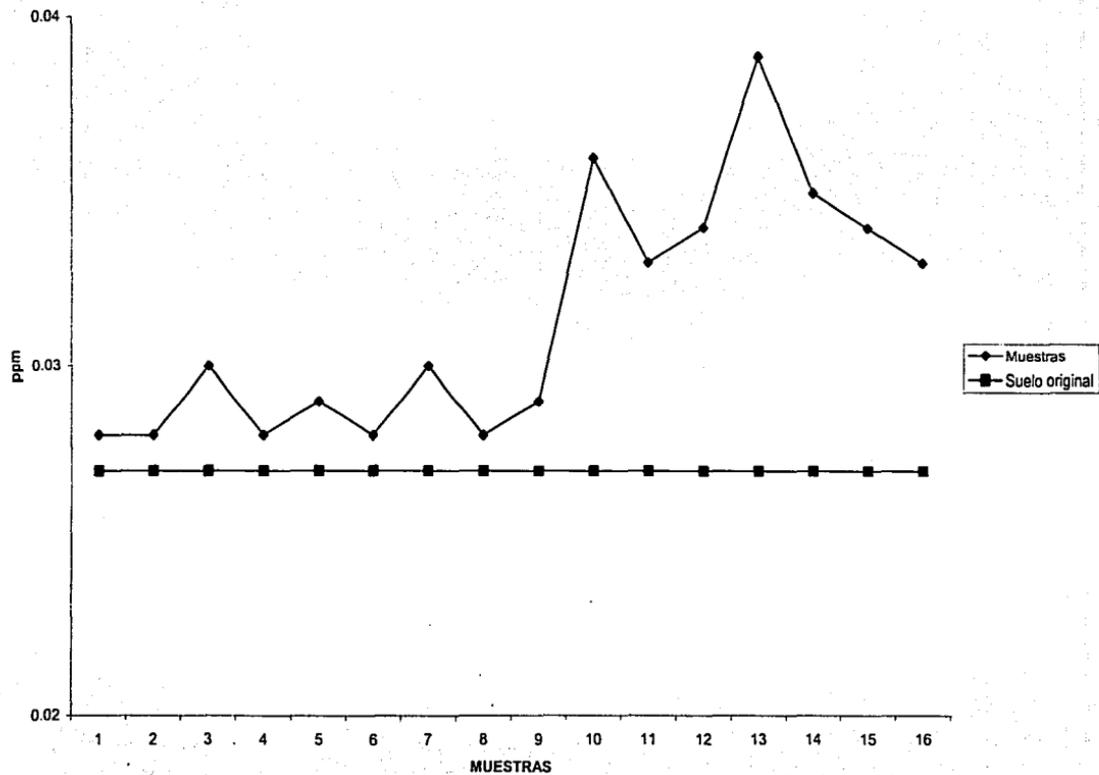
XIX. GRÁFICA DE MAGNESIO INTERCAMBIABLE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



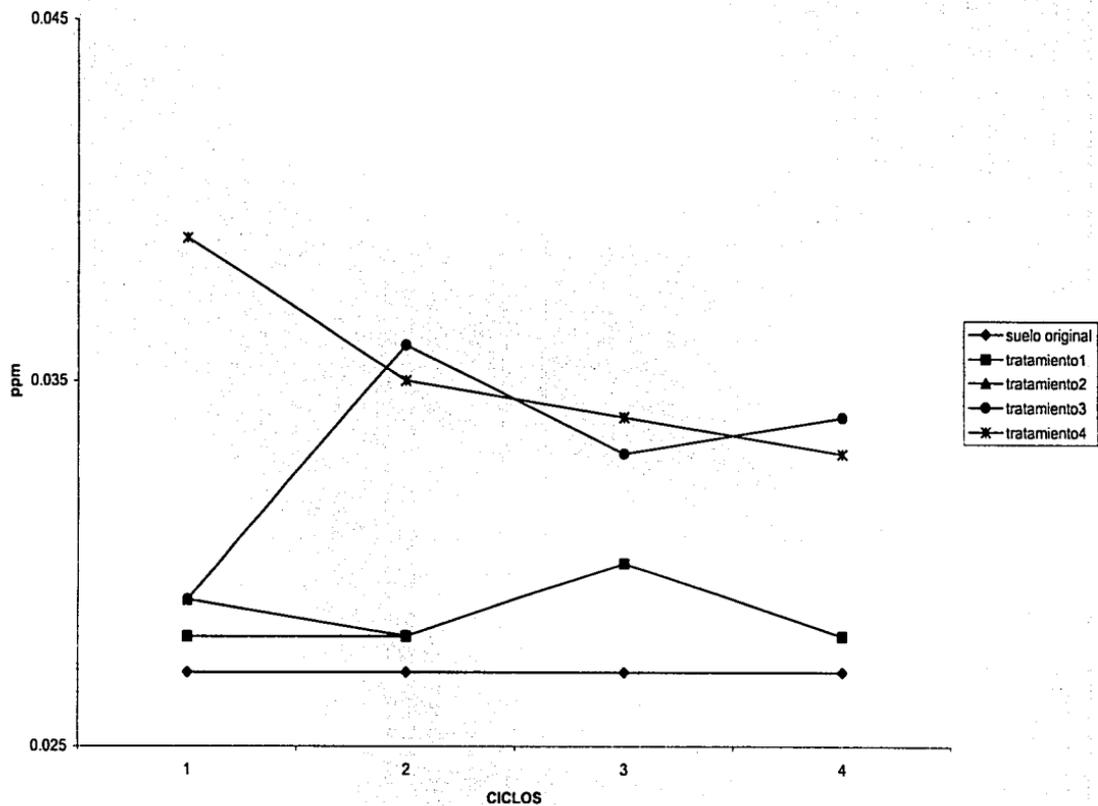
XX. GRÁFICA DE MAGNESIO INTERCAMBIABLE POR CICLOS



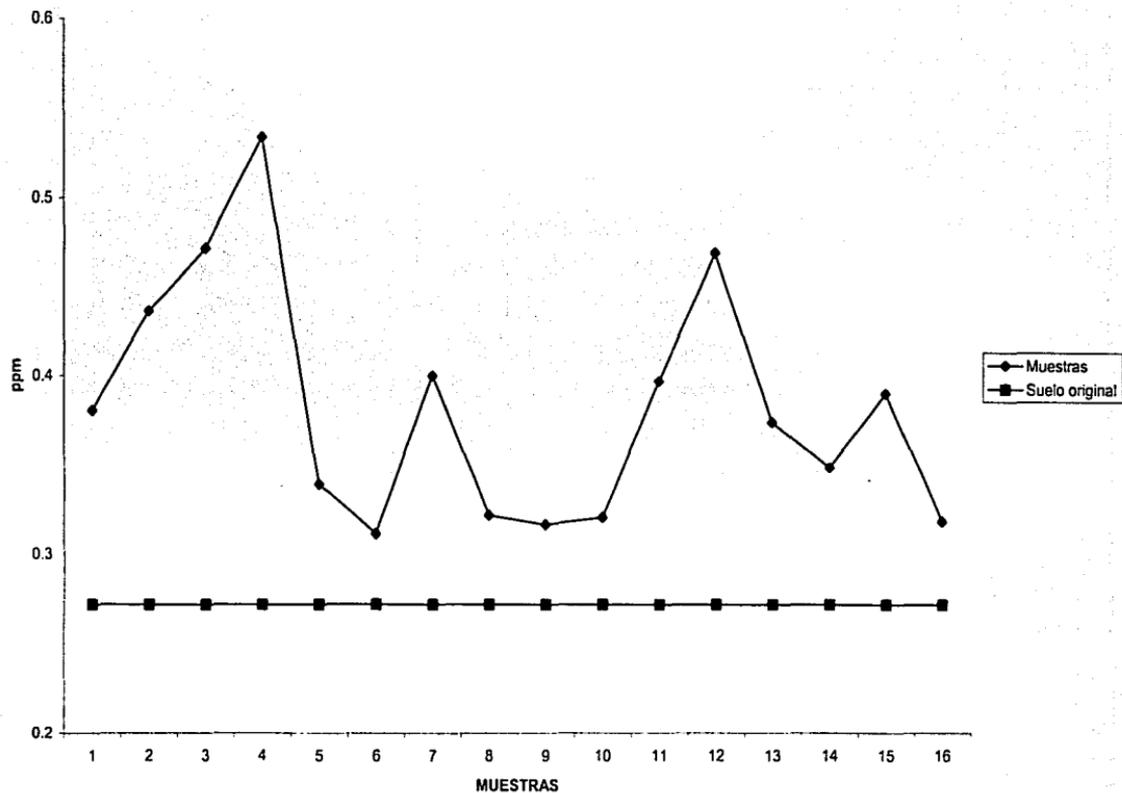
XXI. GRÁFICA DE CADMIO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



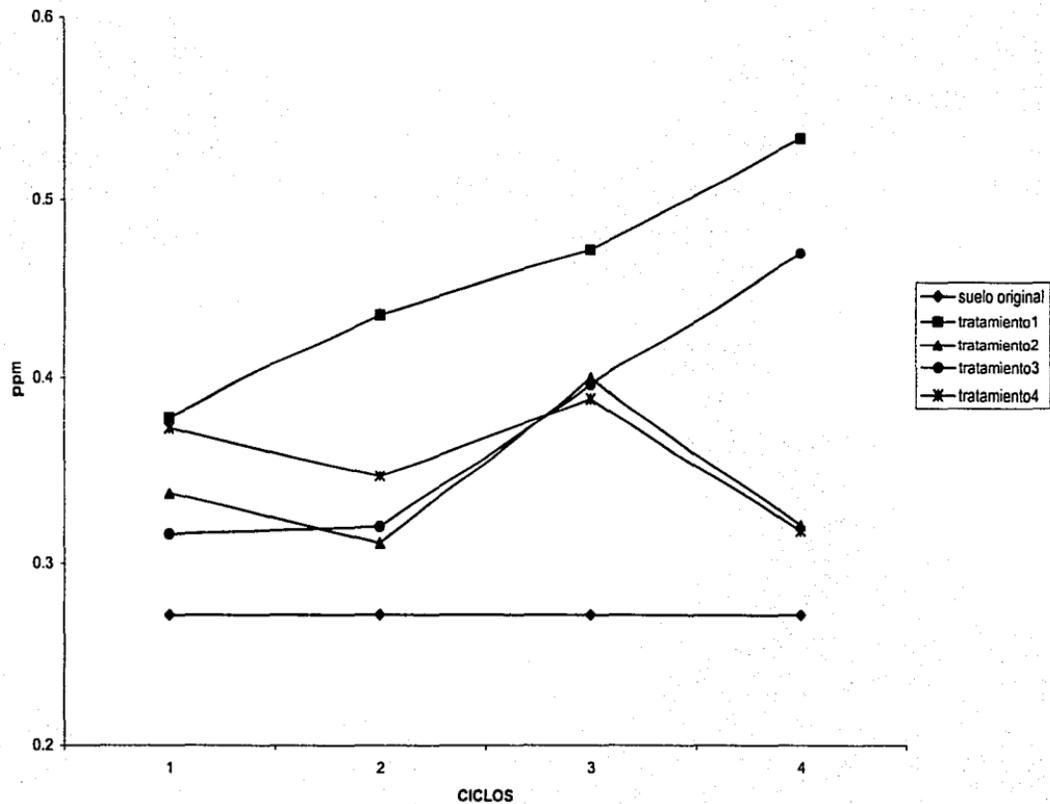
XXII. GRÁFICA DE CADMIO POR CICLOS



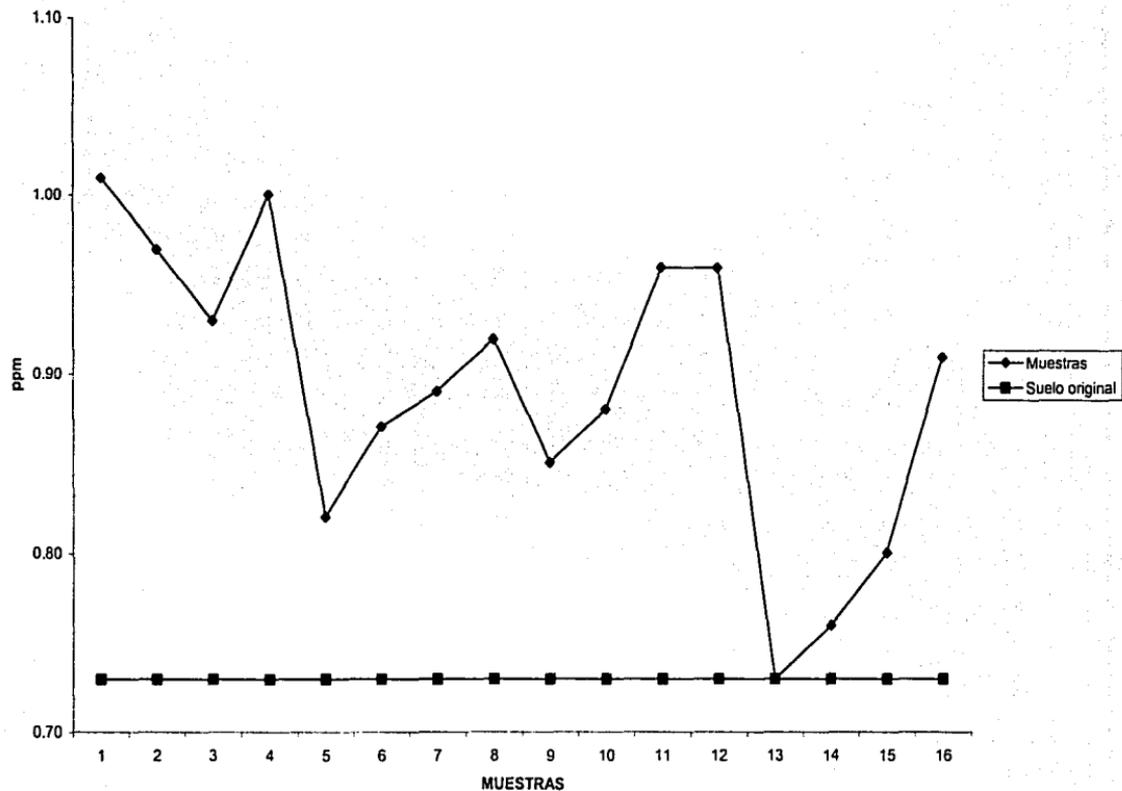
XXIII. GRÁFICA DE COBRE DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



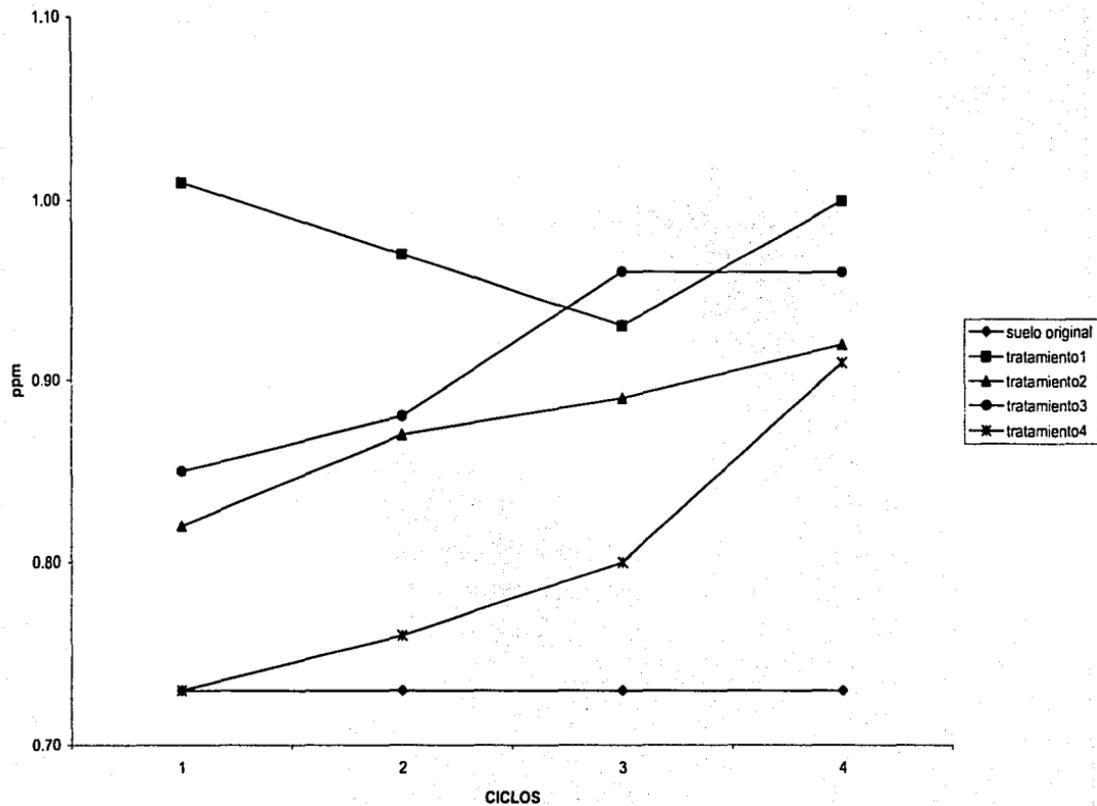
XXIV. GRÁFICA DE COBRE POR CICLOS



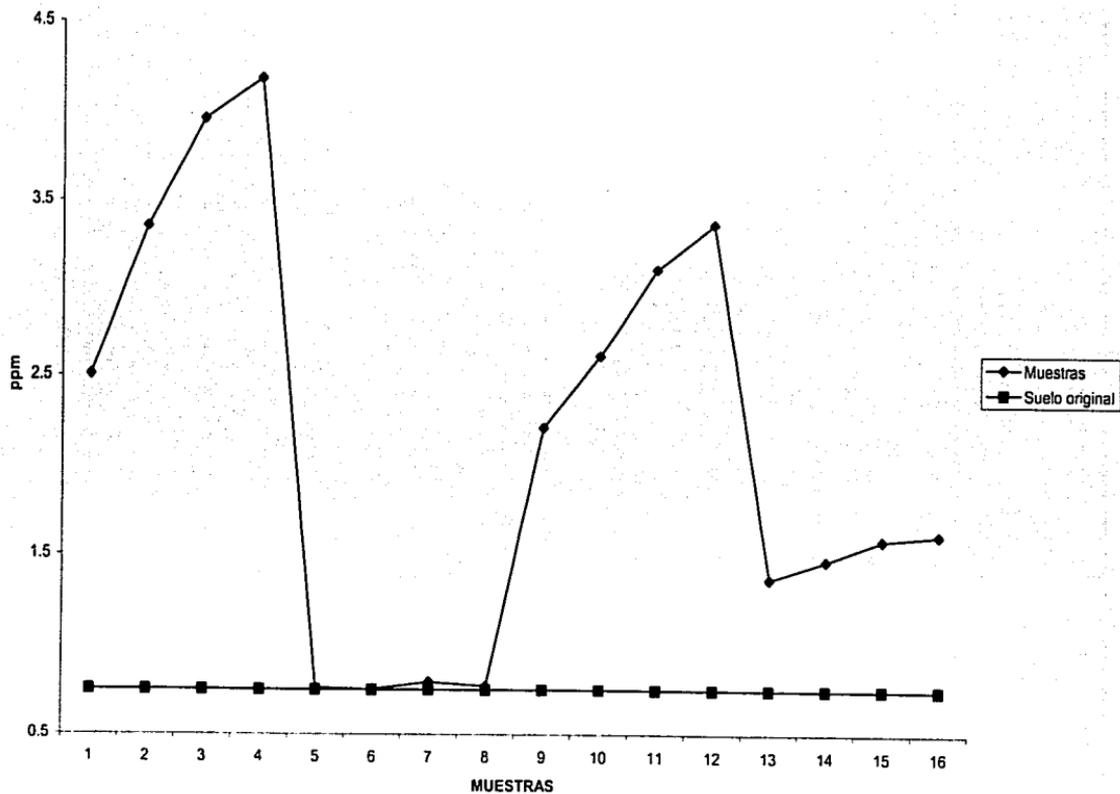
XXV. GRÁFICA DE PLOMO DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



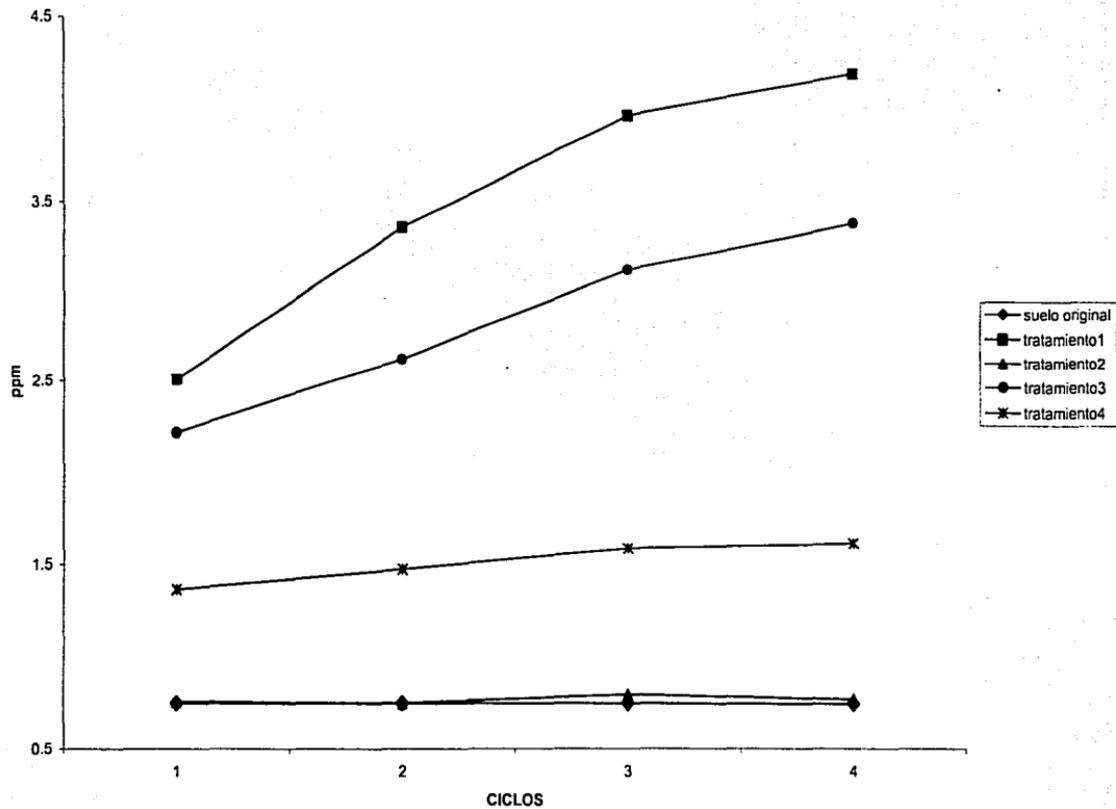
XXVI. GRÁFICA DE PLOMO POR CICLOS



XXVII. GRÁFICA DE ZINC DE TODAS LAS MUESTRAS ANALIZADAS



XXVIII. GRÁFICA DE ZINC POR CICLOS



ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para el suelo original.

- El resultado de su análisis mecánico o textural indica una composición de 51.28% de arena, 42% de limo y 6.72% arcilla, que de acuerdo con el Triángulo de Textura utilizado lo clasifican como **migajón arenoso**.
- El color del suelo original correspondió a la clasificación **HUE 10YR5/2¹³ café grisáceo en seco y 10YR3/1 gris muy oscuro en húmedo** lo cual es consistente con su origen.
- Tiene una densidad aparente de 1.0896 g/ml con un 46.63% de espacios porosos.
- La conductividad eléctrica indica que **no presenta efectos por acumulación de sales**; Manual 60²⁰, (1954).
- De acuerdo a Moreno²⁰, (1978) su valor de pH lo clasifica como un suelo **neutro**.
- El contenido de materia orgánica de 6.25 % de acuerdo a Moreno²⁰, (1978) es un suelo **extremadamente rico y muy rico** en la clasificación de Tavera²⁰, (1985).
- La capacidad de intercambio catiónico total de acuerdo a De la Teja²⁰, (1980), **es alta**.

Los contenidos de N,P,K (macronutrientes) corresponden a:

- Para nitrógeno total a **mediano** en la clasificación de Moreno²⁰, (1978) y **medio** en la de Tavera²⁰, (1985)
- Para fósforo como **mediano** conforme a Moreno²⁰, (1978).
- Para potasio como **extremadamente rico**; Moreno Dahme¹⁹, (1980).
- El contenido de calcio corresponde a un suelo **medianamente rico** de acuerdo a la clasificación de Moreno Dahme¹⁹, (1980).
- El contenido de magnesio corresponde a un suelo **extremadamente rico** según la clasificación de Moreno Dahme¹⁹, (1980).
- El análisis de metales pesados, indica que el suelo original **no presenta ningún problema**; OPS¹⁶ (Organización Panamericana de la Salud), (1991); NTE-CCAM-004/91¹² SEDUE; Viets y Lindsay, (1973); Friberg y Nordber, (1977).

Para el suelo por ciclos agrícolas y tratamientos.

El análisis de los resultados químicos, físicos y fisicoquímicos del suelo de cuatro ciclos agrícolas, regados con cuatro tipos de agua son:

- La clase textural **no cambió**.
- El color en seco que se presentó con mayor frecuencia corresponde a la clasificación **HUE 10YR4/2 café grisáceo oscuro y (HUE 10YR3/1) gris muy oscuro y(HUE 10YR2/1) negro**.
- Los valores de densidad aparente disminuyeron en general, **incrementándose** el por ciento de espacios porosos.

- La conductividad eléctrica **se incrementó** hasta valores de **3.49** para el **agua industrial** (T₁), de **3.75** para el **agua habitacional** (T₂) y **4.15** para el **agua de riego** (T₃); Manual 60²⁰, (1954).
- El valor de pH conservó la clasificación de **neutro** Moreno²⁰; (1978).
- El contenido del por ciento de materia orgánica **se incrementó** en el tratamiento de **agua industrial** (T₁) los dos primeros ciclos, **disminuyendo** en los restantes y **se abatió** en los otros tres tratamientos.
- La capacidad de intercambio catiónico total se incrementó a **muy alta**; De la Teja²⁰, (1980).
- La concentración de fósforo **se incrementó**.
- La concentración de potasio **se incrementó**, solo disminuyó en dos ciclos del tratamiento con agua potable (T₄).
- En general el contenido de calcio **se incrementó** obteniéndose los valores **más altos con agua industrial** (T₁) y **agua potable** (T₄).
- La cantidad de magnesio generalmente **disminuyó** obteniéndose los valores máximos para los tratamientos con **agua habitacional** (T₂) y **agua potable** (T₄).
- En todos los casos se presentó una sensible **disminución del contenido de nitrógeno**, que se evidencia al igual que en el caso de la materia orgánica, como una tendencia general para ciclos subsecuentes.
- Para metales pesados los valores para cadmio, están por **debajo del límite** de 0.5 ppm; OPS¹⁶, (1991).

- Para cobre se conservaron adecuados; Viets y Lindsay, (1973).
- **No se registró presencia de cromo** en el intervalo de **0.4 a 40 ppm**.
- El contenido de plomo, **alcanzó incrementos hasta del 138%** para el tratamiento con **aguas industriales** y del **hasta 131%** para el tratamiento con **agua de riego**.
- **La acumulación** alcanzada de zinc fue hasta de **564.22%** con **agua industrial** y de hasta **453.91%** con **agua de riego**.

CONCLUSIONES

- Al no cambiar la clase textural se confirma que ésta es una propiedad genética e invariable del suelo debido a su origen
- La variación del color observada no implica cambio de la tabla de clasificación correspondiente porque no hubo cambios estructurales en la composición del suelo, el oscurecimiento observado se debe a la materia orgánica incorporada.
- El incremento del espacio poroso debido a la disminución de la densidad implica la defloculación de la fracción coloidal y desestructuración del suelo
- El incremento en la conductividad eléctrica ubica al suelo como salino y sólo el tratamiento con agua potable (T₄), conservó el valor de conductividad óptimo para la agricultura.
- El pH del suelo tratado se mantiene neutro.
- Las variaciones en la materia orgánica influyen para su clasificación a un suelo rico.
- La capacidad de intercambio catiónico total se incrementó de alta a muy alta lo que implica una gran concentración de cationes adsorbidos en la fracción coloidal debido al aporte de éstos en los distintos tratamientos.
- El abatimiento del nitrógeno en todos los tratamientos muestra una disminución de la productividad del suelo.

- Las variaciones en las concentraciones de fósforo y potasio muestran una tendencia general a disminuir, lo que hace preveer, a mediano y largo plazo, si éstas se mantienen, un decremento en los rendimientos agrícolas, lo cual es congruente con lo reportado para el nitrógeno.
- Los valores encontrados para calcio influyeron el cambio de la clasificación del suelo de medianamente rico a extremadamente rico.
- Para metales pesados se concluye que para el cadmio no existe riesgo de impacto antropogénico; el cobre está en intervalos de concentración permisibles; el plomo aun se encuentra debajo de los límites recomendados por la OPS.

En el caso del zinc aun cuando se ubica en límites permisibles según la OPS no implicando un riesgo de impacto antropogénico, sus incrementos se ubican por arriba del límite y lo clasifica como no adecuado para uso agrícola con excepción del tratamiento con agua habitacional (T₂).

BIBLIOGRAFÍA.

1. Jackson, M. L., *Análisis Químico de los Suelos*, Ed. Omega, S.A., Barcelona , Madrid, 662, 1976
2. Aguirre, G. A., *Química de los suelos salinos y sódicos*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, México, 129, 1999.
3. Aguirre G. A., *Química de los suelos ácidos, templados y tropicales*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, México , 289, 2001.
4. Ortiz, V. B., *Edafología* Ed. Patena A.C., Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo México, 291, 1977.
5. Cajuste, L. *Química de Suelos* Ed. E.N.A. C.P., Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo México, 150, 1977.
6. Terzaghi, K., *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica* Ed. El Ateneo, S.A. México, 681, 1979

7. Houba, V. J. G., *Soil and Plant Analysis Part 7 Plant Analysis Procedures*, Department of Soil Science and Plant Nutrition, University Wageningen Agricultural, Netherland, 263, 1989
8. Cajuste, L., Carrillo, G. M. C. *La contaminación por metales pesados en suelos agrícolas y aguas residuales*. 1^{er} Simposium Nacional de Agricultura Sustentable : Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. C. P. - M. O. A. Internacional. Montecillos, México, 1991
9. Diario Oficial. *Reglamento para el aprovechamiento de aguas residuales en el riego agrícola en México*, 1990.
10. Faud, A. *Control de la contaminación del agua en México*. Información Científica y Tecnológica, 13, (13), 71, 1991.
11. Gutierrez-Ruiz, M-E. *Effects of land application of waste water from Mexico City on Soil fertility and heavy metal accumulation*. Environmental Reviews., 3, (3), 318. 1995
12. *Norma Técnica Ecológica (NTE-CCAM-004/91)*, SEDUE. 1991.
13. Munsell *Soil Color Charts*, Macbeth Division of Kollmorgen Corpotation, Baltimore, 1975

14. Reyes S. L. *Variación de las propiedades fisicoquímicas del suelo con su grado de contaminación y repercusiones agrícolas*. Rev. Soc. Quim. 1996, 40:80 memorias XXXII Congreso de Quimica. Guanajuato, Gto. 26-29 Agosto de 1996.
15. Reyes S. L. *Efectos físicos y químicos de la contaminación en suelos agrícolas*. Memorias del VI Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Monterrey, N.L. 14-16 Nov de 1996.
16. Secretaría Agricultura y Recursos Hidráulicos-Secretaría Salubridad y Asistencia *Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas*, 1976.
17. Tejeda, G. C. *El riego con aguas residuales en México: Efectos en la salud y propuestas técnicas*. Revista de Ingeniería Ambiental. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental A. C. 48, 1986.
18. Moreno R.O.; Turrent F.A. y Nuñez E.R. *Agrociencia* 14: 103, 1973.
19. Moreno D. *Interpretación de análisis químico*, Chapingo, México., 1985.
20. Richard L. A, Allison L. E. *Manual de Agricultura No. 60*, Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América, 172, 1974.