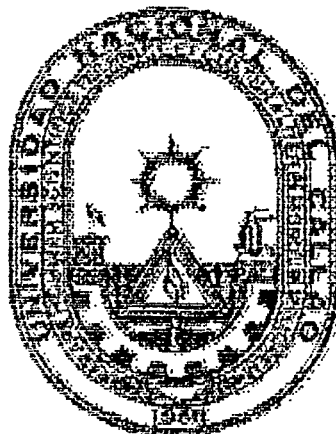


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**



**“IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS
QUIMICO DE SUELOS EN LA FACULTAD DE INGENIERIA
QUIMICA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTADO POR

PAJUELO DIAZ JUANA JACQUELINE

ASESOR

ING° RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ

CALLAO – PERU

2007

La presente Tesis fue Sustentada ante el JURADO DE SUSTENTACION conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° CARLOS ANCIETA DEXTRE	PRESIDENTE
QF WALTER TAPIA CHACALTANA	SECRETARIO
ING° ESTELA TOLEDO PALOMINO	VOCAL
ING° RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ	ASESOR

Según figura en el Libro de Actas N° 02, Folio N° 20 asentado en el Acta N° 203 de fecha VEINTINUEVE DE MARZO DE 2007, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de Titulación con Sustentación de Tesis, de acuerdo a lo normado por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 047-92-CU de fecha 18 de junio de 1992

INDICE

	Pag
I. INTRODUCCIÓN	01
1.1 Presentación del Problema	01
1.2 Objetivos de la Investigación para la Tesis	02
1.2.1 Objetivo General	02
1.2.2 Objetivos Específicos	02
1.3 Enunciado del Problema	03
1.3.1 Sub Problemas	03
1.4 Justificación de la Investigación	04
1.4.1 Justificación Económica	04
1.4.2 Justificación Social	04
1.4.3 Justificación Técnica	05
1.5 Antecedentes Vinculados a la Tesis	05
1.6 Enunciado de la Hipótesis	06
1.6.1 Hipótesis General	06
1.6.2 Metodología para la Contrastación y Demostración de la Hipótesis	07
II MARCO TEORICO	09
2.1 Generalidades	09
2.2 Suelo	10
2.2.1 El Suelo	10
2.2.2 Horizonte del suelo	11
2.2.3 Clasificación	12
2.2.4 Tipos de suelos	17
2.2.5 La Forma	22
2.2.6 Composición biológica y química del suelo	25
2.2.7 Características físico-químicas	27
2.2.8 Química del suelo	37
2.2.9 Los nutrientes en el suelo	43
2.2.10 Interacción entre nutrientes	47
2.2.11 Síntomas de deficiencia nutricional	49
2.2.12 Normas técnicas	50

	Pag
2.2.13 Muestreo	51
2.2.14 Conservación y manejo del suelo	54
2.2.15 Gestión y Calidad del suelo	55
2.2.16 Agricultura de rastrojo	58
III METODOS INSTRUMENTALES PARA EL ANALISIS QUIMICO DE SUELOS	61
3.1 Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica	61
3.2 Método Espectrofotométrico Ultravioleta-Visible	63
3.3 Método Potenciométrico	66
3.4 Método Conductimétrico	71
IV METODO DE ANALISIS QUIMICO	76
4.1 SUELOS	76
4.1.1 Preparación de la Muestra de suelos en el laboratorio	77
4.1.2 Determinación del contenido de humedad	79
4.1.3 Análisis del Tamaño de Partícula	81
4.1.4 Determinación del pH de los suelos	87
4.1.5 Conductividad eléctrica (CE. En sales solubles)	89
4.1.6 Determinación de Carbonatos: Calcita-Dolomita	91
4.1.7 Determinación de Aluminio	92
4.1.8 Determinación de la Materia Orgánica por colorimetría	94
4.1.9 Determinación del Nitrógeno Total en Suelos	96
4.1.10 Determinación del Fósforo Disponible	99
4.1.11 Capacidad de Intercambio Catiónico: CIC	102
4.1.12 Determinación de Cationes Cambiables	105
4.1.13 Determinación de Azufre disponible en suelos	107
4.1.14 Determinación de Boro disponible en suelos	108
4.1.15 Determinación de Micronutrientes : Fe, Cu, Zn, Mn.	110
4.1.16 Determinación de elementos pesados	111
4.2 PLANTAS	113
4.2.1 Tratamiento de la muestra	113
4.2.2 Determinación del contenido de humedad	115
4.2.3 Determinación del Nitrógeno Total Método Kjeldahl	116
4.2.4 Determinación de Fósforo	117
4.2.5 Determinación de azufre	118
4.2.6 Determinación de boro	120
4.2.7 Determinación del cloro en plantas	121

	Pag	
4.3	SUELO SALINO	123
4.3.1	Determinación del pH saturado	124
4.3.2	Conductividad eléctrica extracto saturado	125
4.3.3	Determinación de Cationes, Aniones y elementos pasados	126
4.3.3.1	Determinación de Cationes	126
4.3.3.2	Determinación de Aniones	127
4.3.3.3	Determinación de Boro	129
4.4	AGUAS CON FINES DE RIEGO	130
4.4.1	Determinación del pH	131
4.4.2	Determinación de la alcalinidad	132
4.4.3	Conductividad eléctrica	132
4.4.4	Determinación de Cationes, Aniones y elementos pesados	133
4.4.4.1	Determinación de Cationes	134
4.4.4.2	Determinación de Aniones	135
4.4.5	Determinación de Boro	140
V	METODO DE CALCULO	142
5.1	Interpretación de los Ensayos	174
5.1.1	Determinación de pH en Extracto de Suelo	179
VI	DISCUSION DE RESULTADOS	185
VII	EVALUACION DE EQUIPOS INSTRUMENTALES EXISTENTES EN EL LABORATORIO DE ANALISIS POR INSTRUMENTACION	191
7.1	Equipos Operativos	191
7.2	Equipos No Operativos	195
VIII	REACTIVOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS	197
8.1	Acondicionamiento del Ambiente	197
8.2	Estandares para la Calibración	198
8.3	Reactivos Necesarios para las Diferentes Determinaciones	199
8.4	Materiales de Vidrio y Plástico	199
8.5	Equipos Necesarios para la Implementación	199

	Pag
IX DISPOCISION DE LOS EQUIPOS EN EL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS	206
X ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES EN EL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS	211
10.1 Funciones	212
XI REQUEBIMIENTOS LEGALES PARA LA IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS	215
XII CONCLUSIONES	217
XIII RECOMENDACIONES	220
XIV FUENTES DE INFORMACION CONSULTADAS	223

I INTRODUCCION

1.1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Según los estudios realizados y la nueva tendencia agro ecológica, se ha determinado que existen nutrientes que juegan un rol importante en la nutrición mineral de la planta. Ahora bien estos nutrientes ingresan al ciclo orgánico de las plantas (estas formas son bastante complejas), las cuales deben de sufrir una serie de reacciones para llegar, en algunos casos, para llegar a formas minerales que pueden ser absorbidas por las plantas. Siendo el suelo el lugar donde se van a producir estas reacciones, las plantas van a tomar los nutrientes minerales mediante sus sistemas radiculares, así pues debemos remitirnos a su cuantificación de la capa superficial del suelo, pues todos los procesos químicos, fisico-químicos y bioquímicos tienen relación directa con los factores medio ambientales que afectan la capa superior del suelo.

Se advierte la importancia de abordar el concepto de suelo contaminado, y de incorporar al estudio componentes potencialmente contaminantes a todas las sustancias que intervienen en el ciclo del proceso industrial, aportando para ello una visión del ciclo completo del problema de suelos contaminados por actividades industriales.

La infraestructura con la que cuenta el laboratorio se puede implementar para el funcionamiento de un laboratorio de Suelos con fines agrícolas, el cual podría ser utilizado con fines de investigación, capacitación y servicios, mediante el cual se podrá captar recursos propios para la facultad. El Laboratorio de Análisis por Instrumentación de la UNAC, cuenta con el equipamiento básico, con lo que se permite facilitar la implementación de los análisis propuestos.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA TESIS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un laboratorio para el Análisis Químico de Suelos en la Facultad de Ingeniería Química

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Estudiar las características físicas y químicas de las muestras de suelos, aguas y plantas.
2. Presentar los conceptos fundamentales de suelos, aguas y plantas.
3. Presentar los conceptos básicos para la conservación del suelo.
4. Determinación de la calidad del suelo contaminado.
5. Conocer los principios del método de análisis de suelos, aguas y plantas.
6. Realizar el análisis químico de caracterización de suelos.
7. Realizar los análisis de aguas con fines de riego y plantas.
8. Conocer las herramientas básicas de evaluación de resultados en este tipo de análisis.

9. Relacionar los resultados obtenidos e interpretarlos.
10. Evaluar y determinar la necesidad de reactivos y materiales que faltarían para la implementación.
11. Definir la disposición de los materiales y equipos para los análisis a realizar.
12. Definir los requerimientos legales requeridos por las autoridades para la implementación.

1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Como realizar la implementación de un laboratorio para el Análisis Químico de Suelos en la Facultad de Ingeniería Química

1.3.1 SUB PROBLEMAS:

1. ¿Qué tipo de análisis químico se realizan para caracterizar suelos?
2. ¿Qué tipo de análisis químico se realizan para determinar aguas con fines de riego?
3. ¿Qué tipo de análisis químico se realizan para saber el contenido de metales en plantas?
4. ¿Cuáles son los rangos permisibles en la caracterización de suelos, plantas y aguas con fines de riego?
5. ¿Qué tipo de contaminación pueden sufrir los suelos?

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN ECOMONICA

Entre las muchas posibilidades de análisis con las que contamos conviene elegir aquella cuya realización sea un punto de apoyo y a la vez un estímulo para la facultad, porque las universidades pueden establecer actividades dedicadas a la producción y a la prestación de servicios de acuerdo a ley universitaria N° 23733 cap. XII Art. 79, porque es conocido que las rentas que destina el gobierno a las universidades son cada vez mas limitadas, Donde la generación de recursos propios puede ser una solución que contribuirá a mejorar la actividad académica, la investigación y al progreso de nuestra comunidad.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Dada la biodiversidad de los suelos en nuestras 8 regiones y las exigencias del mercado en los productos agro-industriales, la demanda de este tipo de análisis va en aumento y es el fin de la universidad extender su acción y prestación de servicios a la comunidad de acuerdo a la ley universitaria N° 23733 Cap. I, Art. 2, inciso d; el presente estudio esta destinado a la determinación de análisis químico de suelos, por métodos instrumentales, los cuales pueden ofrecerse a las personas o instituciones que lo soliciten.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, cuenta con la infraestructura y los equipos de instrumentación requeridos que posibiliten la implementación de una unidad dedicada a realizar análisis de suelos.

En cuanto a las actividades estas pueden desarrollarse con el apoyo de profesores y alumnos, con fines de capacitación, prestación de servicios e investigación.

1.5 ANTECEDENTES VINCULADOS A LA TESIS

En la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, se han reportado estudios de evaluación de modelos empresariales para la capacitación, investigación y prestación de servicios a los sectores productivos, si bien es cierto no se refieren al análisis de suelos; tienen un objetivo común, entre ellos :

- a) Implementación de un Laboratorio Metrológico en la Universidad Nacional del Callao. UNAC – FIME. 1991

- b) Anteproyecto de instalación para un Laboratorio de Análisis de Aceites Lubricantes de la Universidad Nacional del Callao. UNAC – FIQ. 1994

- c) Estudio para la implementación de una unidad de análisis de Aguas en la Universidad Nacional del Callao. UNAC – FIQ. 1996

Asimismo, existen universidades en Lima que tienen implementado un Laboratorio con fines similares, laboratorios que no solo están destinados a la enseñanza, a la investigación sino también a los análisis químico de diferentes sustancias y productos, incluyendo suelos, aguas y foliares :

- a) Universidad Nacional Agraria de la Molina, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Suelos, agua y foliares.
- b) Universidad Nacional San Marcos, Facultad de Física, Laboratorio de Suelos
- c) Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Metalurgia y Siderurgia, Instituto de Investigación.
- d) Universidad Nacional Agraria de la Molina, Instituto de desarrollo Agroindustrial, INDDA.
- e) La Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Servicios y Transferencias Tecnológicas CTT/PUCP.

1.6 ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

1.6.1 HIPOTESIS GENERAL

El análisis de caracterización de los suelos aguas y plantas que se propone no solo da a conocer el estado nutricional de estos, sino también se puede establecer para el monitoreo medio/ambiental.

1.6.2 METODOLOGIA PARA LA CONTRASTACION Y DEMOSTRACION DE LA HIPÓTESIS

Primeramente hay que Establecer que en el ecosistema existen: Suelos, Aguas y Plantas que se hace indispensable los análisis químicos adecuados para un monitoreo. El análisis de suelos, nos da una idea del contenido de nutrientes de estos paralelamente la solubilidad, la compatibilidad, el índice de salinidad y el índice de acidez que deben tomarse en cuenta para cada situación específica (suelo y agua)

Se dará a conocer los Conceptos fundamentales, tipos, características, propiedades fisicoquímicas e identificaremos los parámetros necesarios para la implementación de un laboratorio con este fin, de acuerdo a normas técnicas. Los suelos que trataremos a continuación serán estudiados para los fines agrícolas, las plantas requieren de diversos factores para su crecimiento; la textura del suelo es un factor determinante en la capacidad de almacenamiento y disponibilidad de agua, la misma que es un componente que determina a su vez, la frecuencia de riego. Por otro lado, la Capacidad de Intercambio Catiónico, es la que determina la relación de adsorción y liberación de cationes del complejo cambio, influyendo en el fraccionamiento de los nutrientes. La Salinidad del suelo influye considerablemente en el desarrollo del cultivo en función de la tolerancia específica de cada uno, cuando entra en equilibrio el suelo y el agua. Esto depende del tipo de especie vegetal que se quiere obtener.

Seguidamente daremos un alcance de la contaminación del suelo, los contaminantes en el proceso industrial y como el suelo puede sufrir degradaciones y pérdidas por estos, a través de la gestión y conservación de los suelos.

Continuaremos con el principio de los análisis, y su procedimiento experimental además del método de cálculo de diferentes muestras problema, donde se podrá apreciar que es bastante sencillo dado que los métodos de análisis han mejorado por el avance tecnológico en los equipos. Aquí se darán los rangos de aceptación para que las plantas puedan asimilar los nutrientes adecuadamente y sus deficiencias, además se darán las recomendaciones agrícolas para el tratamiento de las muestras.

II MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES

Los suelos que trataremos a continuación serán estudiados para los fines agrícolas, las plantas requieren de diversos factores para su crecimiento; la textura del suelo es un factor determinante en la capacidad de almacenamiento y disponibilidad de agua, la misma que es un componente que determina a su vez, la frecuencia de riego. Por otro lado, la Capacidad de Intercambio Catiónico, es la que determina la relación de adsorción y liberación de cationes del complejo cambio, influyendo en el fraccionamiento de los nutrientes. La Salinidad del suelo influye considerablemente en el desarrollo del cultivo en función de la tolerancia específica de cada uno, cuando entra en equilibrio el suelo y el agua. Esto depende del tipo de especie vegetal, como ejemplo, para nuestras condiciones $C.E.e = 8,0$ dS/m se considera como umbral de salinidad para el cultivo de espárrago. Finalmente, el pH o reacción del suelo, gobierna directamente la disponibilidad y absorción de nutrientes, siendo los más recomendables valores entre 6,0 y 6,8, para obtener una alta eficiencia, para ese cultivo.

El análisis de suelos, nos da una idea del contenido de nutrientes de estos paralelamente la solubilidad, la compatibilidad, el índice de salinidad y el índice de acidez de cada fertilizante deben tomarse en cuenta en su elección para cada situación específica (suelo y agua). Eso determinara su uso y eficiencia en el momento de fertilizar, para una mejor explicación el fertilizante se agrega al agua de riego, para mejorar la adsorción y aprovechamiento en este caso se considerará el hecho de fertilizar como un fertirriego.

Antes de iniciar un cultivo debe realizarse un análisis de caracterización, donde se observara las condiciones con las que cuenta el suelo en ese momento, posteriormente se recomienda una análisis de fertilidad, para reforzar el agotamiento de ciertos nutrientes indispensable para el mejoramientos de los cultivos y máximo aprovechamiento de estos y los análisis especiales, son para ciertos requerimientos especiales, puede tratarse de contenidos metálicos en suelos.

A continuación describiremos detalladamente los suelos.

2.2 SUELO

2.2.1 EL SUELO

El suelo se define como la capa superficial de la corteza terrestre, formada por un grupo de elementos, que le proporciona a las plantas sostén, almacenamiento de nutrientes, agua, aire y microorganismos, los cuales unidos permiten el desarrollo normal de las plantas.

El suelo requiere que tenga buena disponibilidad de nutrientes para las plantas, posea buena capacidad de retención de agua, tenga buena aireación y permita un buen desarrollo de la raíz. Por tal motivo se requiere que el suelo posea buenas propiedades químicas (contenido de nutrientes), físicas y biológicas.

El suelo no es un cuerpo estático sino que mantiene un equilibrio dinámico con el medio que lo rodea. De modo que continuamente se está formando y destruyendo. Su destrucción está provocada por los fenómenos erosivos cuya intensidad natural es similar a la de su formación, una

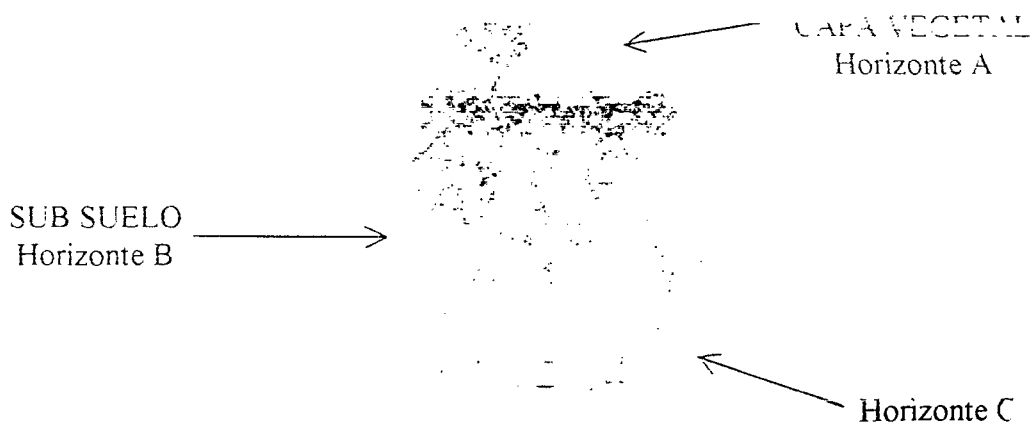
vez alcanzado el equilibrio y alcanzado el espesor máximo que corresponde a su situación natural. Desde este punto de vista, el suelo es un recurso natural renovable, mas la realidad es desgraciadamente diferente y en la actualidad se ha convertido en un recurso no renovable por la forma en que hemos incrementado la velocidad de destrucción mientras que la de formación permanece invariable.

2.2.2 HORIZONTE DEL SUELO

Los suelos tienen capas características llamadas horizontes. El hoyo o calicata se conoce como perfil del suelo, se recomienda que tenga las siguientes medidas 60 cm de ancho 150 cm de largo y 150 cm de profundidad. En este perfil observarás diferentes capas, como las que se muestran a continuación :

- a) Es la mejor capa y la que más tienes que cuidar y enriquecer con materia orgánica
- b) Si no proteges la capa superior los nutrientes serán llevados al fondo lejos de las raíces

FIGURA N° 1



En el suelo se distinguen tres horizontes :

- a) El horizonte A en el que se encuentran los elementos orgánicos, finos o gruesos, y solubles, que han de ser lixiviados.
- b) El horizonte B en el que se encuentran los materiales procedentes del horizonte A. Aquí se acumulan los coloides provenientes de la lixiviación del horizonte A. Tiene una mayor fracción mineral.
- c) El horizonte C es la zona de contacto entre el suelo y la roca madre. La región en la que la roca madre se disgrega

La lixiviación es un proceso por el cual los minerales arcillosos son transportados mecánicamente, por el agua infiltrada (percolación), hacia abajo provocando la descalcificación de los horizontes superiores del suelo y la iluviación (deposición de sustancias en los horizontes bajos del suelo) de los horizontes inferiores.

2.2.3 CLASIFICACION

El suelo se clasifica según :

- a) **Por su Textura - Fina o Gruesa.**- El suelo está constituido por partículas de muy diferente tamaño. Para clasificar a los constituyentes del suelo según su tamaño de partícula se han establecido muchas clasificaciones granulométricas. Básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla. Las escalas granulométricas, son la de Atterberg o Internacional

(llamada así por haber sido aceptada por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo) y la americana del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) . Ambas clasificaciones se reproducen en la **Tabla N° 1**.

TABLA N° 1

INTERNACIONAL						
piedra	grava	arena gruesa	arena fina	limo	arcilla	
	20	2	0,2	0,02	0,002	mm

USDA									
piedra	grava	arenas					limo	arcilla	
		muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina			
20		2	1	0,5	0,25	0,1	0,05	0,002	mm

La clasificación del USDA reconoce varios órdenes de suelos, cuyos nombres se forman anteponiendo una partícula descriptiva a la terminación – sol.

TABLA N° 2

ORDEN	CARACTERÍSTICAS
ENTISOL	Casi nula diferenciación de horizontes; distinciones no climáticas: aluviones, suelos helados, desierto de arena.
VERTISOL	Suelos ricos en arcilla; generalmente en zonas sub. húmedas a áridas, con hidratación y expansión en húmedo y agrietados cuando secos.
INCEPTISO L	Suelos con débil desarrollo de horizontes; suelos de tundra, suelos volcánicos recientes, zonas recientemente deglaciadas.
ARIDISOL	Suelos secos (climas áridos); sales, yeso o acumulaciones de carbonatos frecuentes.
MOLLISOL	Suelos de zonas de pradera en climas templados; horizonte superficial blando; rico en materia orgánica, espeso y oscuro.
ALFISOL	Suelos con horizonte B arcilloso enriquecido por iluviación; Suelos jóvenes, comúnmente bajo bosques de hoja caediza.
SPODOSOL	Suelos forestales húmedos; frecuentemente bajo coníferas. Con un horizonte B enriquecido en hierro y/o en materia orgánica y comúnmente un horizonte A gris-ceniza, lixiviado.
ULTISOL	Suelos de zonas húmedas templadas a tropicales sobre antiguas superficies intensamente meteorizadas; suelos enriquecidos en arcilla.
OXISOL	Suelos tropicales y subtropicales, intensamente meteorizados formándose recientemente horizontes lateríticos y suelos bauxíticos.
HISTOSOL	Suelos orgánicos. Depósitos orgánicos: turba, lignito.... sin distinciones climáticas.

Fuente : Clasificación de los suelos

b) Por su Estructura.- Es la cantidad de poros por volumen que existe en el suelo, cuanto más poros más materia orgánica, en arenas muy finas la porosidad es baja. Los poros de los suelos condicionan el desarrollo de los sistemas radiculares. Ej.: en canteros florales, con herbáceas de periodos breves, la tierra debe estar suelta para permitir el arraigo de raíces y la fácil absorción de agua y aire. Las dimensiones de los poros también son importantes, existiendo poros de dimensiones capilares, donde el agua no circula, siendo mayor la posibilidad de adherencia que la de percolación; y poros no capilares, que facilitan el drenaje y la aireación. Las raíces van a tomar el agua de los poros capilares. Podemos determinar la densidad del suelo según el grado de porosidad que presente, un suelo con más poros es menos denso que otro con inferior porosidad.

En el suelo se distinguen de forma tradicional una macroporosidad y una microporosidad.

1. **La Macroporosidad, o Porosidad No Capilar.**- Esta formada por huecos grandes, que están ocupados frecuentemente por aire. A menudo se presentan en forma de grietas que separan los agregados e incluso penetran en los mismos. Su importancia depende sobre todo de la estructura del suelo, de su grado de fisuración y parcialmente de la textura. Es mas elevada en suelos arenosos.

2. **La Microporosidad.**- Depende también de la estructura pero sobre todo de la textura y de la actividad biológica. Es muy grande en los suelos ricos en elementos finos y en los dotados de una microfauna numerosa y activa.

TABLA N° 3

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL SISTEMA POROSO EN RELACION AL TAMAÑO Y ESTADO DE ENERGIA DEL AGUA			
TIPO	TAMAÑO (micras)	TENSIÓN (atm)	FUNCIÓN
Macroporos	> 60	0,05	Aireación; Infiltración; Conductividad Saturada
Mesoporos	60 – 10	0,05 – 0,33	Conducción lenta
Microporos	10 – 0,2	0,33 – 15	Almacenaje
Microporos	< 0,2	< 15	Agua no disponible

Fuente : Edofología y Química Agrícola “Gestión y Conservación del Suelo”

Por encima de los 30 mm el agua de gravedad puede circular libremente; por debajo de 20 mm no pueden penetrar los protozoos, por debajo de 1 mm no pueden hacerlo los pelos radiculares y por debajo de 0,2 mm no les es posible a las bacterias. En un suelo bien constituido la porosidad se reparte aproximadamente a partes iguales entre macro y microporosidad.

Una porosidad elevada es extremadamente favorable a la vegetación ya que facilita el arraigamiento, asegura la conservación del agua y favorece los cambios entre el vegetal y el suelo, permitiendo la difusión del agua y del aire.

c) Por sus Características Químicas.- Por su poder de absorción de coloides y por su grado de acidez (pH), que permite la existencia de una vegetación más o menos necesitada de ciertos compuestos. Esta vegetación puede ser acidófila, halófila, etc.

1. Vegetación Halófila.- Aquella formada por plantas que toleran distintos niveles de salinidad, Las constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas, que se caracterizan por desarrollarse sobre los suelos con alto contenido en sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras.

2. Vegetación Acidófila.- Aquella formada por las plantas que toleran suelos ácidos. Los ambientes ácidos surgen naturalmente de actividades geoquímicas, como puede ser la producción de gases sulfurosos de emanaciones volcánicas. También es posible crear ambientes ácidos debido a la propia actividad o metabolismo de los organismos.

d) Por sus Características Biológicas.- Los suelos pueden ser :

1. Suelos Mull, o de Humus Elaborado.- Tiene una actividad biológica intensa, sobre todo de la fauna y microorganismos que se alojan en el suelo y descomponen rápidamente la materia orgánica del mismo. Aparecen en regiones de temperatura elevada y humedad mediana. El suelo está bien aireado. La roca madre suele ser calcítica y la vegetación rica en nitrógeno.

2. **Suelos Mor, o de Humus Bruto.**- Son suelos biológicamente poco activos. La vegetación tiende a ser acidificante, pobre en nitrógeno, y la roca madre silícica. La lentitud de los procesos de descomposición favorece que se forme un mantillo de materia orgánica mal descompuesta.
3. **Suelos Moder.**- Con un tipo de humus intermedio entre el mull y el mor. En realidad se trata de la degradación desde el bosque caducifolio a la pradera alpina.
4. **Suelos de Turba.**- Son suelos formados en condiciones anaeróbicas, permanentemente cubiertos de agua. La fauna y la flora se reduce a especies microscópicas y pequeños hongos. La transformación de la materia orgánica es muy lenta, y se acumula en grandes cantidades. Las turbas pueden ser tanto ácidas como básicas. Según las condiciones climáticas y topográficas los suelos pueden variar de un tipo a otro.
5. **Suelo Permafrost o Pergelisol.**- Por la falta de calor está permanentemente helado, lo que impide el desarrollo de la vegetación. En un suelo permafrost podemos diferenciar la zona helada de la capa de mollisol, que se deshiela en verano y se hiela en invierno.

2.2.4 TIPOS DE SUELOS

- a) **De Acuerdo a su Perfil.**- Thorp, Baldwin y Kellog (1938,1949). Distingue tres órdenes: suelos zonales, intrazonales y azonales, y, en cada uno de ellos, subórdenes y grupos. En esta clasificación se basan las más utilizadas tradicionalmente, como la tabla, muy resumida siguiente :

1. **Suelos Azonales.**- Corresponden a suelos inmaduros, que se encuentran en las primeras etapas de su desarrollo por no haber actuado los factores edafogénicos durante el tiempo suficiente (aclimáticos), en los que los caracteres predominantes son los debidos al tipo de roca madre. Son los presentes por ejemplo sobre sedimentos recientes (alóctonos), desiertos, suelos helados. Escaso o nulo desarrollo y diferenciación de horizontes.
2. **Suelos Intrazonales.**- Son los desarrollados bajo condiciones en que predominan los factores edafogénicos pasivos, como roca madre, pendiente, acción humana,... Son suelos aclimáticos, porque el factor clima no es determinante en su formación, y (climáticos)
3. **Suelos Zonales.**- Desarrollados bajo la acción de los factores activos de formación del suelo, en especial el clima, durante el tiempo suficiente. Son, por tanto, climáticos y climáticos. Se trata de suelos maduros y bien evolucionados

b) De Acuerdo a su Naturaleza de Evolución :

1. **Los Suelos no Evolucionados.**- Estos son suelos brutos muy próximos a la roca madre. Apenas tienen aporte de materia orgánica y carecen de horizonte B. Si son resultado de fenómenos erosivos, pueden ser: regosoles, si se forman sobre roca madre blanda, o litosoles, si se forman sobre roca madre dura. También pueden ser resultado de la acumulación reciente de aportes aluviales. Aunque pueden ser suelos climáticos, como los suelos poligonales de las regiones polares, los reg (o desiertos pedregosos), y los ergs, de los desiertos de arena.

2. Los Suelos Poco Evolucionados.- Los suelos poco evolucionados dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre. Existen tres tipos básicos: los suelos ránker, los suelos rendzina y los suelos de estepa :

- Los suelos ránker son más o menos ácidos y tienen un humus de tipo moder o mor. Pueden ser fruto de la erosión, si están en pendiente, del aporte de materiales coluviales, o climáticos, como los suelos de tundra y los alpinos.
- Los suelos rendzina se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, y suelen ser fruto de la erosión. El humus típico es el mull y son suelos básicos.
- Los suelos de estepa se desarrollan en climas continentales y mediterráneo subárido. El aporte de materia orgánica es muy alto, por lo que el horizonte A está muy desarrollado. La lixiviación es muy escasa. Un tipo particular de suelo de estepa es el suelo chernozem, o brunizem o las tierras negras; y según sea la aridez del clima pueden ser desde castaños hasta rojos

3. Los Suelos Evolucionados.- Estos son los suelos que tienen perfectamente formados los tres horizontes. Encontramos todo tipo de humus, y cierta independencia de la roca madre. Los suelos típicos son: los suelos pardos, lixiviados, podsólicos, podsoles, ferruginosos, ferralíticos, pseudogley, gley y halomorfos (solonchaks, alcalinos, solonetz y solods)

- Los suelos pardos son típicos del bosque templados y el tipo de humus es mull.

- Los suelos lixiviados son típicos de regiones de gran abundancia de precipitaciones en el clima templado, dominados por los procesos de lixiviación. El tipo de humus también es mull.
- Los podsoles son suelos de podsolización acentuada; es decir, tienen gran acumulación de elementos ferruginosos, silicatos y aluminicos en el horizonte B. La lixiviación arrastra estos elementos del horizonte A al B. El humus típico es el mor.
- Los suelos podsólicos tienen una podsolización limitada. Son de color ocre claro o rojizo. El tipo de humus es mor. Tanto este como el anterior son típicos de los climas templados.
- De acuerdo al tipo de humus : Los suelos ferruginosos se desarrollan en los climas cálidos con una estación seca muy marcada. A este tipo de suelo pertenece el suelo rojo mediterráneo. Se caracterizan por la rubefacción de los horizontes superficiales. En ocasiones se desarrolla la terra rossa sobre roca madre caliza.
- Los suelos ferralíticos se encuentran en climas cálidos y muy húmedos. La roca madre está alterada y libera óxidos de hierro, aluminio y sílice. Son suelos muy lixiviados. Estos suelos pueden tener caparazón si se ven sometidos a la erosión o a migraciones masivas de coloides.
- Los suelos gley son suelos hidromorfos, en los que los procesos de descomposición de la materia biológica se hacen de manera anaeróbica, y la carga orgánica es abundante y

ácida. Se encuentran en condiciones de agua estancada. Es un suelo asfixiante, poco propicio para la vida. La presencia de agua es permanente, como ocurre en la orilla de los ríos y lagos. Es de color gris verdoso debido a la presencia de hierro ferroso.

- Los suelos pseudogley son semejantes a los gley; pero la capa freática es temporal, por lo que se alternan los períodos húmedos con los secos. Este suelo y el anterior suelen tener humus de turba.

Los fenómenos de hidromorfia son los responsables de la lixiviación de los suelos y de la capacidad de estos para contener vida en las épocas secas. Si la hidromorfia no es muy acusada tendremos otro tipo de suelo.

Los suelos halomorfos presentan abundancia de cloruro sódico, sea de origen marino o geológico. Según el grado de saturación y de lixiviación se distinguen :

- Suelos solonchaks, que aparecen en regiones con una estación muy seca, debido a los fenómenos de migración ascendente de los coloides salinos, y no tiene horizonte B.
- Suelos alcalinos, que aparecen en climas ligeramente más húmedos, se trata de suelos solonchaks que reciben aportes de agua dulce.
- Suelos solonetz son alcalinos y reciben aportes minerales y orgánicos producto de la lixiviación. Estos coloides forman un horizonte B salino, pero el horizonte A está menos saturado.

- Y suelos solods que tienen una lixiviación más intensa que los solonetz, lo que permite que se produzcan fenómenos de podsolización.

2.2.5 LA FORMA

Según la formación mecánica, el suelo consta de los siguientes componentes o elementos: materias minerales, materia orgánica, aire y agua.

Las propiedades beneficiosas y explotables se originan de la cantidad de arcilla que contienen. Este componente se presenta en estado coloidal, con el agua del suelo, como si fuera una especie de gelatina; cuando no existe agua, aparece dura y seca.

Las arcillas se caracterizan por su gran capacidad para absorber el agua, elementos orgánicos, iones y gases.

El agua, permite la formación de disoluciones coloidales que podrán dar alimento a las plantas. Sin embargo, los vegetales no aprovechan de forma directa toda el agua de la tierra. La máxima cantidad que se retiene sin que se pierda a consecuencia de la gravitación, se denomina capacidad de campo.

La forma en que se asocian las partículas elementales del suelo para formar agregados. Es una consecuencia del estado de los coloides del suelo, cuando están floculados forman agregados mas o menos estables. Por el contrario cuando están dispersos los componentes texturales quedan aislados. Resulta decisiva en la distribución del espacio poroso del mismo, que será el regulador

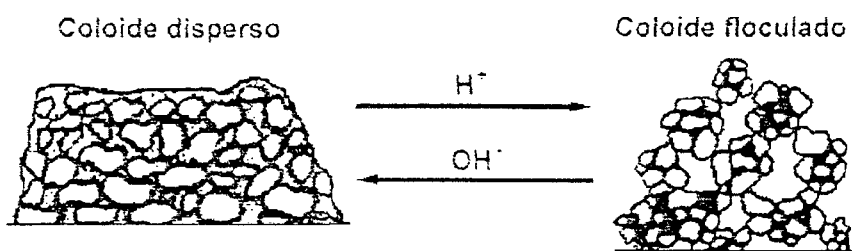
de la distribución de los fluidos. Dentro de los coloides del suelo podemos distinguir dos grandes grupos según su carga.

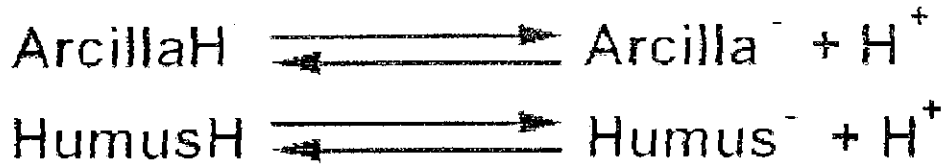
a) Los Coloides Electropositivos o Basoides.- Los que están representados por los óxidos de hierro y aluminio, más o menos hidratados, que se comportan como bases débiles y se encuentran dispersos en medio ácido y coagulados en medio alcalino.

b) Los Coloides Electronegativos o Acidoides.- Los que están cargados negativamente y que son los más abundantes en el suelo; Están representados por los minerales arcillosos, los complejos ferro-silícicos y las sustancias húmicas; se comportan como ácidos débiles y se encuentran dispersos en medio alcalino y flocculan en medio ácido.

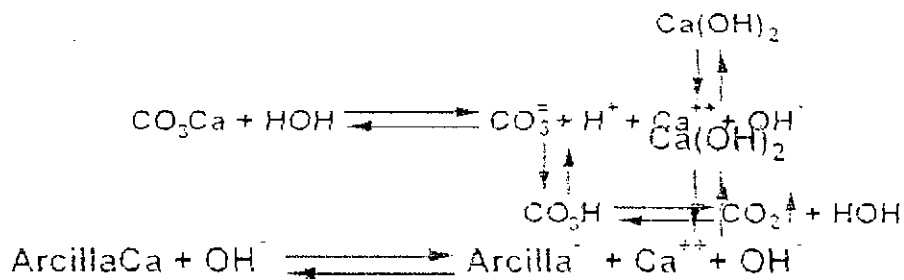
Cuando aumenta la concentración de hidrogeniones el equilibrio se desplaza hacia la izquierda provocando la floculación, mientras que cuando existe un exceso de hidroxilos, neutralizan los hidrogeniones y el equilibrio se desplaza hacia la derecha y se produce una mayor dispersión. Ahora bien los hidrogeniones y oxhidrilos no son los únicos que influyen en el estado de los coloides del suelo, pues los diversos cationes presentes en la solución ejercen también una acción floculante de los coloides electronegativos.

FIGURA N° 2

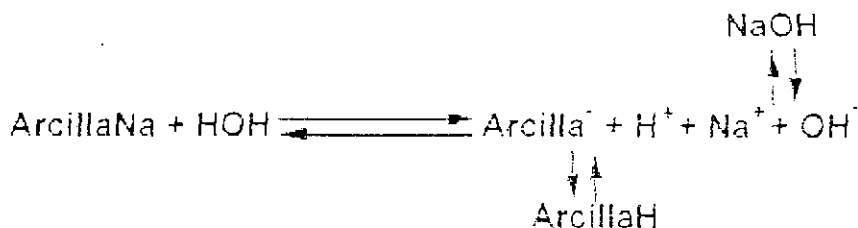




Un caso es el de las arcillas cálcicas de los suelos calizos. En un medio alcalino, la arcilla cálcica tiende a dispersarse por el exceso de hidroxilos que favorece que parte del calcio se encuentre como hidróxido en forma no disociada haciendo que la reacción se desplace hacia la derecha. Pero cuando hay caliza activa, parte del carbonato cálcico se disuelve y la eliminación del dióxido de carbono provoca el desplazamiento de la reacción hacia la derecha, sobre todo cuando el medio está bien aireado.



La arcilla sódica puede disociarse de la siguiente manera :



En esta situación la arcilla aparece dispersa en su totalidad así como las sustancias húmicas; esta dispersión elimina la presencia de poros y el agua no puede circular por el suelo produciendo un medio asfixiante por la carencia de aire. El mantenimiento del agua durante largo tiempo solubiliza las sales presentes en el suelo, no olvidemos que se trata de un suelo salino. Al producirse esa solubilización aparece una alta concentración de sodio que desplaza la reacción principal hacia la izquierda, esto hace disminuir el valor del pH hasta las cercanías de siete y las arcillas floculan por efecto del ión sodio.

2.2.6 COMPOSICION BIOLÓGICA Y QUÍMICA DEL SUELO

La composición biológica abarca desde las materias orgánicas y los microorganismos hasta los organismos vegetales y animales.

Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, porque esta constituida por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas.

Dentro de la composición química encontramos cloruros, fosfatos, sulfatos, carbonatos y nitratos, calcio, magnesio, boro, cobre, zinc, silicio, yodo, cloro, flúor, cobalto, estroncio y bario.

a) Aspectos de la Tierra.- Atendiendo a su estructura, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos de la tierra: densidad, textura, estructura, tenacidad, porosidad, permeabilidad, capilaridad y humedad. Vamos a verlos uno a uno.

1. **Densidad.**- Es el peso de la unidad de volumen y se expresa en gramos. Hay dos tipos de densidad: la real, cuya cifra ordinaria es 2.65 g/cm^3 y es la de los elementos constitutivos sin aire. Por otro lado se encuentra la aparente cuya cifra media es de 1.30 g/cm^3

2. **Estructura.**- Se refiere a la forma en la que se unen las partículas para constituir agregados de distintos tamaños y formas. Según esto los terrenos pueden ser :
 - De estructura simple y suelta como los arcillosos.
 - De estructura definida y suelta como los arcillosos.
 - De estructura intermedia en los que hay una proporción equilibrada de arena, arcilla y limo.

3. **Tenacidad.**- Es la resistencia que la tierra opone a la deformación o rotura de los conglomerados de partículas. Si un terreno tiene tenacidad se ve si proporciona soporte firme a la planta y deja que sus raíces se puedan expandir.

4. **Porosidad.**- La porosidad del suelo viene representada por el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total. Para una correcta aireación del suelo y una buena retención de agua, es conveniente que la porosidad se sitúe entre el 40 % y el 60 %. Valores menores del límite inferior pueden crear asfixia en las raíces, contenidos de agua retenida muy bajos, o ambas cosas a la vez. Un valor superior al límite máximo supone una dificultada para el contacto entre el suelo y las raíces de las plantas.

5. **Permeabilidad.**- Esta propiedad es aquella que posee la tierra que permite pasar al agua. Atendiendo a esta característica las tierras pueden dividirse en secas, frescas, húmedas y pantanosas.
6. **Capilaridad.**- Es la propiedad que permite al agua moverse en todas direcciones en la masa terrosa. Cuando el suelo tiene gran poder capilar casi no se puede retener el líquido.
7. **Humedad.**- Es la medida de agua que contiene la tierra como consecuencia de hallarse retenida en espacios superficiales o subterráneos.

2.2.7 CARACTERÍSTICAS FISICO – QUÍMICAS

Se tiene los siguientes :

- a) **Características Físicas del Suelo.**- De ellas depende el comportamiento del aire y del agua en el suelo, y por lo tanto condicionan los fenómenos de aireación, de permeabilidad y de asfixia radicular. Por otra parte, las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo.

Un suelo con buenas propiedades físicas se caracteriza por tener una buena aireación, un buen drenaje, una buena textura, buena consistencia y un color oscuro (indica alto contenido de materia orgánica). Un suelo con malas propiedades físicas es muy difícil y costoso mejorarlo, en cambio un suelo con malas propiedades químicas es más fácil solucionarlo, simplemente agregándole los nutrientes que necesita.

1. **Color.** - Es una propiedad fácil de apreciar, los colores van de la gama de negros a pardos, pasando por ocres o ferrugineos determinando la mayor cantidad de materia orgánica (negros) o la presencia de hierro o manganeso (ocres)

FIGURA N° 3



El escurrimiento rápido con la fuerte acción del agua determina el grado de oxidación dando colores grises y azulados. Los colores claros denotan la existencia de calcio o sodio (excepcionalmente). Siempre el escurrimiento estará determinando el grado de oxidación por lo tanto el color de los horizontes.

2. **Textura.** - Será dada por las porciones finas que contiene el suelo al deshacer un terrón.
 - Define la cantidad y el tamaño de los espacios que existen entre las partículas del suelo. Estos espacios determinan la facilidad que tiene el agua para circular a través del suelo y la cantidad de agua que el suelo puede retener. El tamaño de las partículas también influye sobre el arado y laboreo de los suelos, de igual manera que sobre el cultivo.
 - Influye directamente en otras propiedades físicas como: estructura, densidad, porosidad y sobre todo capacidad de almacenamiento, disponibilidad y fracción aprovechable de

agua para los cultivos, como puede observar el cuadro de características hidrodinámicas del suelo.

- Existen tres clases de partículas: arena, limo y arcilla. Las partículas de arena son las de mayor tamaño y se caracterizan por presentar un tacto grumoso. El limo es la partícula de tamaño intermedio, situada entre la arena y la arcilla. La arcilla es la partícula más pequeña. Las combinaciones de arena, limo y arcilla normalmente se describen de la siguiente manera :

- **Textura Fina.**- Suelos formados por partículas de arcilla.
- **Textura Media.**- Suelos de naturaleza limosa.
- **Textura Gruesa.**- Suelos con un alto contenido en arena.

Sedimentación de las partículas según la ley de Stockes

$$V(cm/s) = \frac{2g^2(Dp - De)}{9n}$$

Donde :

- | | | |
|-----------|---|---|
| V | : | Velocidad de la caída de la partícula (cm/sg) |
| g | : | Aceleración de la gravedad |
| r | : | Radio de la partícula |
| n | : | Viscosidad del líquido |
| Dp | : | Densidad de las partículas |
| De | : | Densidad del líquido |

3. Estructura.- Es la forma en que las partículas finas están ordenadas, formando agrupamientos de distintas proporciones sucesivas, la estructura del suelo esta relacionada estrechamente con la textura.

- Se entiende por estabilidad estructural la resistencia de los agregados a modificar su forma o su tamaño por la acción de factores externos. Son numerosos los factores degradadores de la estructura, pero el más importante es el agua, porque ocasiona los efectos de dispersión, estallido, golpeteo, etc.

- En los distintos horizontes se pueden encontrar diferentes texturas: prismática, bloques, granular o laminar. La estructura prismática no aparece generalmente en el horizonte A, en cambio podemos encontrar estructuras granulares en este horizonte. La estructura también tiene importancia en la vida de las plantas, el espacio poroso que va a quedar entre las diferentes estructuras, va a determinar los valores de agua y aire, los poros facilitan el crecimiento de las raíces, haciéndose esto dificultoso si el suelo presenta estructuras prismáticas; en algunos casos podemos modificar las condiciones del suelo, al menos las superficiales.

Generalmente el agricultor a penas puede modificar la textura del suelo, pero si puede influir beneficiosamente sobre su estructura realizando las siguientes labores :

- Suministrando materia orgánica al suelo, para aumentar su contenido de complejo arcillo
 - húmico.

- Facilitando, en los suelos ácidos, la formación de complejo mediante la aplicación de enmiendas calizas.

- Evitando el laboreo del suelo en periodos desfavorables (falta de buen tempero), evitando así la pérdida de materiales fértiles por procesos de erosión.

- Evitando en lo posible el empleo de abonos que contengan sodio, que favorece la dispersión de los coloides.

- No empleando en los regadíos más cantidad de agua que la necesaria, porque el agua puede actuar como agente destructor de la estructura, por dislocación de los agregados, dispersando los coloides y formando costra en la superficie del suelo.

b) Características Químicas del Suelo.- La composición química del suelo incluye la medida de la reacción de un suelo (pH) y de sus elementos químicos (nutrientes). Su análisis es necesario para una mejor gestión de la fertilización, cultivo y para elegir las plantas más adecuadas para obtener los mejores rendimientos de cosecha.

1. Capacidad de Intercambio.- Esta propiedad química del suelo está estrechamente relacionada con el complejo arcilla - humus, es la capacidad de este complejo de ceder nutrientes a las plantas por intermedio de la captación de partículas minerales que el vegetal posteriormente va a absorber.

- **Capacidad Máxima.**- Momento en el que todos los poros están saturados de agua. No existe fase gaseosa. La porosidad total del suelo es igual al volumen total de agua en el suelo.

- **Capacidad de Retención.**- Cantidad máxima de agua que el suelo puede retener. Representa el almacenaje de agua del suelo. Se produce después de las precipitaciones atmosféricas cuando el agua gravitacional abandona el suelo; No obstante, durante ese período se producen pérdidas por evaporación, absorción de las plantas, etc. Por ello es muy difícil de medir. Hay una medida equivalente que se realiza en el laboratorio a un $pF = 3$. Corresponde al agua higroscópica más la capilar, es decir el agua que ocupa los poros < 8 micras.

- **Capacidad de Campo.**- Surge este término para paliar la dificultad de medida de la capacidad de retención. Representa un concepto más práctico, que trata de reflejar la cantidad de agua que puede tener un suelo cuando se pierde el agua gravitacional de flujo rápido, después de pasados unos dos días de las lluvias (se habrá perdido algo de agua por evaporación). La fuerza de retención del agua variará para cada suelo, pero se admite generalmente una fuerza de succión de $1/3$ de atmósfera o $pF = 2,5$ y corresponde a poros < 30 micras (para algunos suelos el pF de $1,8$ es más representativo)

- **Punto de Marchitamiento.**- Representa cuando el suelo se deseca a un nivel tal que el agua que queda está retenida con una fuerza de succión mayor que las de absorción de las raíces de las plantas. Es el agua que queda a una presión de 15 atmósferas o $pF = 4,2$. El agua contenida corresponde al agua higroscópica más el agua capilar no absorbible.

- **Agua Util.**- Es el agua de flujo lento más la absorbible menos la no absorbible e higroscópica. Representa el agua en capacidad de campo menos la que hay en el punto de marchitamiento.

Tamaño del poro con relación al tipo de agua :

TABLA N° 4

CLASE DE AGUA	DIÁMETRO DEL PORO (mm)	DIÁMETRO DE PARTICULAS QUE CONFORMAN LOS POROS (mm)
AGUA HIDROSCOPICA	NO RELLENA POROS	---
AGUA CAPILAR	$D < 0,008$	$D < 0,05$ (LIMO Y ARCILLAS)
AGUA GRAVITACIONAL DE EVACUACIÓN LENTA	$0,008 < D < 0,05$	$0,05 < D < 0,02$ (ARENA FINA)
AGUA GRAVITACIONAL DE EVACUACIÓN RAPIDA	$D > 0,05$	$D > 0,02$ (ARENA MEDIA)

Fuente : Suelos salinos y Sódicos

Capacidad de retención de agua (CC)

La capacidad de campo marca el limite entre el agua capilar y gravitacional, indica la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo después de tres días de aporte de agua.

En la capacidad de campo de un suelo franco o arcilloso, este retiene agua a 0,3 atm, mientras que los suelos arenosos lo hacen a 0,1 atm

- Suelos arenosos, muy baja capacidad de campo, pero casi toda su humedad es agua útil pues la cantidad de agua en punto de marchitamiento es muy pequeña.

- Suelos arcillosos, muy alta capacidad de campo, pero con gran cantidad de agua inútil en punto de marchitamiento.
- Suelos de granulometrias equilibradas, buenas características al compensarse los efectos de las arenas y de las arcillas

2. Fertilidad Actual.- Se denomina de esta forma a los nutrientes que están a disposición de la planta en el momento, porque existen otros que se encuentran en el suelo pero de manera potencial, están en determinado estado químico que necesitan de un periodo de tiempo para poder ser absorbidos, el vegetal lo toma a largo plazo.

Algunos suelos contienen cantidades sustanciales de macronutrientes y están bien provisto de micronutrientes. Para estimar la capacidad de almacenamiento de nutrientes de un suelo es necesario los siguientes parámetros.

- **Profundidad del Sistema Radicular.**- La cantidad de nutrientes disponibles en el suelo es estimada hasta la profundidad de suelo en que las raíces son activas.
- **Suelo Ocupado por las Raíces (%).**- Fracción de suelo ocupada por las raíces.

$$\text{Masa de suelo} = \text{área (m}^2\text{)} \times \text{Prof. de raíz (m)} \times \text{d.a. (t/m}^3\text{)}$$

- **Capacidad de Almacenamiento del Suelo QN.**- La determinación del nivel de nutrientes permiten que las deficiencias sean detectadas por el análisis y corregidas mediante la fertirrigación

$$QN = \text{Peso suelo (t/ha)} \times \text{nutrientes disponibles (g/t)}$$

3. pH (potencial hidrogeno).- En términos generales los líquidos o fluidos tienen en consideración la cantidad de hidrógenos libres existentes en una solución, dependiendo de una determinada situación química, teniendo esto en cuenta existe acidez, neutralidad o alcalinidad.

TABLA N° 5

14	7	1
básico	neutro	ácido

Fuente : Suelos salinos y Sódicos

Los suelos en general (suelos medios) oscilan entre 4,5 (ácidos) y 7,5 (neutros o ligeramente alcalinos)

Existen floras naturales que tienen requerimientos según sus condiciones naturales, se dan una gran cantidad que viven en suelos neutros o ligeramente ácidos, estas se llaman ACIDOFILAS (ej: papa, azaleas), y en suelos básicos (salinos) las plantas que allí encontramos las denominamos HALOFILAS (también denominamos así a las que viven al borde del agua, ej: alfalfa, remolacha)

El pH es uno de los principales responsables de la producción de reacciones para que las sustancias nutricias estén a disposición de las plantas, por este motivo existe la

FACTORES que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente :

- **Naturaleza del Material Original.**- Según que la roca sea de reacción ácida o básica.
- **Factor Biótico.**- Los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida.
- **Precipitaciones.**- Tienden a acidificar al suelo y desaturarlo al intercambiar los H^+ del agua de lluvia por los Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ de los cambiadores.
- **Complejo Adsorbente.**- Según que esta saturado con cationes de reacción básica (Ca^{++} , Mg^{++} ...) o de reacción ácida (H^+ o Al^{+++}). También dependiendo de la naturaleza del cambiador variará la facilidad de liberar los iones adsorbidos.

IMPORTANCIA DEL pH.- Influye en las propiedades físicas y químicas.

- **Propiedades Físicas.**- Los pH neutros son los mejores para las propiedades físicas de los suelos. A pH muy ácidos hay una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable. En pH alcalino, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico.
- **Propiedades Químicas y Fertilidad.**- La asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH, porque determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas

Alrededor de pH 6 – 7,5 son las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas

CORRECCION DEL pH.- Siempre dependiendo de las magnitudes a trabajar. *Suelo excesivamente ácido: podemos usar cal (óxido de calcio CaO o carbonato de calcio CaCO₃) el ión H⁺ de la molécula se reemplaza por el cation de calcio Ca⁺², llamamos enmiendas a los encalados del suelo.

Suelo excesivamente alcalino: agregamos azufre (en polvo o molido), primero se oxida y luego esos radicales oxidados toman el hidrógeno del suelo formando H₂SO₄ (ácido sulfúrico), este se disocia y los H pasan a sustituir las bases de la molécula. Ej.: en las hortensias se acidifica con sales de hierro u óxido de hierro (sulfato de hierro)

2.2.8 QUIMICA DEL SUELO

Como ya sabemos, la estructura es la forma en que se asocian las partículas elementales del suelo para formar agregados. Es una consecuencia del estado de los coloides del suelo, cuando están floculados forman agregados mas o menos estables. Por el contrario cuando están dispersos los componentes texturales quedan aislados.

Encontramos que dentro de los coloides del suelo podemos distinguir dos grandes grupos según su carga. En primer lugar están los coloides electropositivos o basoides que están representados por los óxidos de hierro y aluminio, más o menos hidratados, que se comportan como bases débiles y se encuentran dispersos en medio ácido y coagulados en medio alcalino. En segundo lugar tenemos los coloides electronegativos o acidoides, cargados negativamente y que son los más abundantes en el suelo; están representados por los minerales arcillosos, los complejos ferro – silícicos y las sustancias húmicas; se comportan como ácidos débiles y se encuentran dispersos en medio alcalino y floculan en medio ácido.

La materia orgánica está formada por compuestos carbonatados y proviene de tres fuentes diferentes: tejidos vegetales existentes, elementos parcialmente descompuestos y humus; es formada por la descomposición de residuos de origen vegetal y animal, es importante para el suelo por ser fuente de elementos nutritivos para las plantas, disminuye la erosión y mejora las propiedades físicas del suelo.

a) Funciones de la Materia Orgánica en el Suelo.- La importancia de agregar materia orgánica para mejorar la fertilidad del suelo la conocen los agricultores desde hace miles de años.

Generalmente, la materia orgánica del suelo regula los procesos químicos, biológicos y físicos que en él ocurren.

En los procesos químicos la materia orgánica interviene en :

- El suministro de elementos químicos (mediante la mineralización) como el nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio y micronutrientes disponibles para las plantas.
- La estabilización de la acidez del suelo.
- La capacidad de cambio catiónico de los suelos. La capacidad de intercambio de la materia orgánica es alta, varía entre 100 y 400 cmol(+)/kg. (centimoles de carga positiva por kilogramo de suelo)
- La capacidad de intercambio aniónico, donde se acumulan nitratos, fosfatos y sulfatos.

- La regularización de los niveles de disponibilidad de nutrimentos principales y de elementos químicos menores.

- Los fenómenos de adsorción que inactivan a los plaguicidas.

- La materia orgánica también afecta propiedades físicas del suelo como :
 - En la estructura del suelo, favorece la formación de agregados, disminuye la plasticidad y la agregación global del suelo.

 - En el uso del agua mejora la infiltración, reduce la evaporación, mejora el drenaje y la estructura lo que favorece la aireación, favorece el calentamiento y a través de los coloides orgánicos ayuda a retener el agua.

 - En el color del suelo favorece o dificulta la absorción de la energía solar.

1. MATERIA ORGANICA.- Todos los vegetales necesitan para su desarrollo un alto contenido de materia orgánica. En los nutrientes minerales no está presente el nitrógeno, pero sí en la materia orgánica. Las sustancias orgánicas del suelo provienen de la descomposición de seres animales y vegetales.

Los organismos vivos están constituidos por proteínas, que son sustancias cuaternarias porque contienen cuatro componentes : carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Las plantas al descomponerse liberan el nitrógeno que contienen, formando sales en forma de

nitratos, los cuales el vegetal puede absorber. ((NO₃)Ca nitrato de calcio, NO₃K nitrato de potasio)

Las bacterias y microorganismos que viven en la materia orgánica, juegan un papel importante en la vida de las plantas, determinando síntomas en los vegetales. Ej.: en los cultivos encharcados las bacterias aerobias mueren al carecer de aire determinando también la muerte de la microflora.

- 2. HUMUS.-** Es el último estadio de la materia orgánica, rico en ácidos orgánicos suaves (ácidos húmicos), y actúa en las propiedades de agregación de las partículas (estructura), estando también íntimamente ligado a la materia mineral (complejo Arcilla – Humus)

En las leguminosas se producen en las raíces nudosidades de color castaño claro, es una respuesta de la epidermis de la raíz cuando es atacada por bacterias llamadas RHIZOBIUM, estas bacterias toman de los poros de la tierra el aire asimilando el nitrógeno que la planta absorbe, a su vez toman los glúcidos que necesitan directamente de la planta.

- 3. COMPLEJO ARCILLA – HUMUS.-** La arcilla nunca está totalmente pura en el sustrato, sino que está íntimamente ligada con la materia orgánica. Las arcillas desde el punto de vista material se componen de distintos minerales, estas pequeñas partículas provienen de diferentes elementos, por lo tanto las arcillas serán también diferentes. La arcilla no funciona aisladamente como ya dijimos se fusiona con el producto final de la materia orgánica (el humus)

Los cristales de arcillas cuando tienen cierto grado de humedad poseen cargas eléctricas negativas muy tenues, pero si lo suficientemente fuertes como para retener cargas eléctricas del signo opuesto que están contenidas en las sustancias desprendidas de ciertos minerales, a estas cargas positivas se les denomina cationes, son átomos predominantemente de calcio, magnesio, potasio y sodio.

La arcilla se encuentra dispuesta como en láminas que al penetrar el agua en los intersticios esta se hincha y los cationes de las sustancias minerales se depositan en los vértices del cristal de arcilla.

b) Fase Líquida del Suelo.- Siendo estrictos, los suelos son sistemas sin equilibrio, porque continuamente están ocurriendo reacciones físicas, químicas o biológicas que les están alterando sus propiedades. No obstante, se pueden alcanzar equilibrios parciales en algunos suelos en los que los sólidos del suelo no cambian. Por ejemplo, el intercambio de cationes de Na^+ y de Ca^{2+}

Uno de los aspectos importantes del conocimiento de un suelo es el estudio de sus propiedades químicas porque la fase líquida del suelo está formada por la solución del suelo que proporciona los nutrientes a las plantas y es el medio en el que se llevan a cabo la mayoría de las reacciones químicas del suelo, las cuales se tratan de explicar con base en los principios de la química. Los minerales son óxidos cuyas cargas son contrarrestadas por los iones de silicio, aluminio, fierro y pequeñas cantidades de otros cationes.

Gran parte del comportamiento químico del suelo se puede explicar considerando la competencia entre las especies químicas del oxígeno, O_2 , OH^- y H_2O para captar cationes y

aniones en la solución de suelo y en los sólidos adyacentes, ya que el agua es un óxido cuya carga es contrarrestada por los iones de hidrógeno.

La cantidad de átomos, iones y moléculas que participan en una reacción química es tan grande que no se pueden medir directamente, sin embargo, es importante conocerlo porque determina la magnitud de una reacción química.

Como el medio químico de un ion en una solución acuosa es muy semejante en algunos aspectos al medio que rodea al mismo ion en un mineral resulta importante el estudio de las soluciones acuosas.

El que las moléculas de agua interactúan fuertemente entre sí se pone de manifiesto en la temperatura de ebullición tan alta y en el gran valor del calor específico del agua. Por ejemplo, el sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico) H_2S es una molécula químicamente muy similar a la del óxido de hidrógeno, H_2O , pero tiene una temperatura de ebullición muy baja, $- 61^\circ\text{C}$, debido a que la interacción entre sus moléculas es mucho menor que la de las moléculas de H_2O . La razón principal para que existan las interacciones tan fuertes entre las moléculas de H_2O son sus puentes de hidrógeno y que los iones hidrógeno forman un ángulo de 105° , lo que genera un dipolo con extremos positivos en los hidrógenos y negativos del lado del oxígeno.

La atracción electrostática del extremo positivo de una molécula de H_2O con el extremo negativo de otra molécula de H_2O forma una estructura interna que se pone de manifiesto en el hielo (agua sólida) y se observa débilmente en el agua líquida. Esto hace que se formen en el agua líquida pequeños grupos de moléculas de agua que tienen una estructura parecida a la del hielo, es decir, que a nivel molecular el agua líquida es como una suspensión de hielo en agua.

En una solución acuosa, las moléculas de agua y los solutos en el agua interactúan todas entre sí (las moléculas de agua con las de agua y con las de los solutos y viceversa). Las moléculas de los solventes y de los solutos iónicos y no iónicos nunca están libres de la influencia de las otras moléculas o iones de su alrededor. Sin tales interacciones el estudio de la química de soluciones sería sencillo porque las soluciones líquidas se comportarían como los gases ideales, sin considerar interacciones entre las partículas que los constituye.

2.2.9 LOS NUTRIENTES EN EL SUELO

Son los siguientes :

a) Nitrógeno.- El nitrógeno es un elemento fundamental en la materia vegetal, porque es un constituyente básico de las proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas, etc. Las plantas lo absorben principalmente por las raíces en forma de NH_4^+ y de NO_3^- . El nitrógeno permite el desarrollo de la actividad vegetativa de la planta, causando el alargamiento de troncos y brotes y aumenta la producción de follaje y frutos. Sin embargo, un exceso de nitrógeno debilita la estructura de la planta creando un desequilibrio entre las partes verdes y las partes leñosas, siendo la planta más sensible al ataque de plagas y enfermedades.

Más del 95% del nitrógeno del suelo está en forma de materia orgánica, cuya fracción menos susceptible de sufrir una descomposición rápida es el humus. El nitrógeno inorgánico está fundamentalmente como NH_4^+ , del cual sólo una pequeña parte está en la solución del suelo y en las sedes de intercambio, pues nitrifica rápidamente, el restante está en forma difícilmente cambiante formando parte de los silicatos.

La cantidad de nitrógeno disponible para las plantas depende del equilibrio entre mineralización (conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral, sea por aminización, amonificación o nitrificación) e inmovilización (proceso contrario). Esta mineralización depende, entre otros factores, de la temperatura del suelo, siendo muy activa con temperaturas altas.

El nitrógeno es el elemento más frecuentemente aplicado vía agua de riego. Esto se debe a su alta movilidad en el suelo, por tanto, también existe un alto potencial de pérdida por lixiviación como nitrato (NO_3). Ante esta situación la fertirrigación permite aplicar los fertilizantes nitrogenados en función de la demanda del cultivo.

Del nitrógeno total de la capa superficial del suelo agrícola, más del 85% está en forma orgánica y sujeto a mineralización por procesos microbiológicos para pasar a amonio (NH_4^+) y posteriormente por la nitrificación transformarse a nitritos (NO_2) y finalmente a nitratos (NO_3)

Por otro lado, es de conocimiento general que, aumentado el número de aplicaciones de abonos nitrogenados aumenta la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado y reduce las pérdidas, principalmente por lixiviación, ante esta situación es necesario fraccionar teniendo en cuenta :

- Cuando se usa altas dosis de N (>200 Kg/ha)
- Cultivo sobre suelos de textura arenosa
- Áreas sujetas a lluvias muy intensas

b) Fósforo.- El fósforo forma parte en la composición de ácidos nucleicos, así como las sustancias de reserva en semillas y bulbos. Contribuye a la formación de yemas, raíces y a la floración así como a la lignificación. Una falta de fósforo provoca un ahogo de la planta, crecimiento lento, una reducción de la producción, frutos más pequeños y una menor expansión de las raíces. La mayor parte del fósforo presente en el suelo no es asequible a las plantas y su emisión en la solución de suelo es muy lenta.

Ningún nutriente tiene tan estudiado su comportamiento como el fósforo. Desde el punto de vista del manejo del fertilizante fosfatado, los principios básicos importantes para su manejo en fertirrigación son :

1. El fósforo se encuentra en el suelo en diferentes combinaciones químicas, siendo sus características: baja solubilidad, recuperación por el cultivo muy baja, no se mueve largas distancias de donde es aplicado y por lo tanto no se lixivia.
2. La movilidad del fósforo en el suelo es en términos generales baja, por lo que cuando es aplicado en suelos fijadores, se temía que quedara retenido en los primeros centímetros del suelo, sin alcanzar la zona de mayor densidad radicular. Sin embargo, en fertirrigación se ha demostrado una movilidad del fósforo aplicado por fertirrigación muy superior al previsto y comparable a la que se consigue con la incorporación por laboreo.
3. Una alta frecuencia de aplicación de fósforo por fertirrigación puede aumentar sustancialmente el tiempo promedio de la concentración de fósforo en la solución suelo arriba de las consideraciones de solubilidad.

4. Los fosfatos pueden precipitar con facilidad, causando alteraciones en la instalación de riego.

c) Potasio.- Siempre se encuentra en forma inorgánica, y en parte en equilibrio reversible entre la fase en solución y la fácilmente cambiante, dependiendo de la temperatura. Las plantas difieren en su capacidad de utilizar las distintas formas de potasio, según la capacidad de intercambio catiónico de la raíz. Las plantas leguminosas poseen el doble de capacidad de cambio que las gramíneas.

El potasio actúa como un cofactor en reacciones enzimáticas, metabolismo y translocación del almidón, absorción del ión NO_3 , apertura de los estomas y síntesis de proteínas. Las carencias de potasio se pueden corregir aportando materia orgánica (compost), sales minerales ricas en potasio, etc.

La aplicación del potasio junto con el nitrógeno vía agua de riego, es una práctica bastante utilizada en la agricultura moderna, esto debido a que presentan una alta solubilidad, la mayoría de fertilizantes potásicos.

El potasio es menos móvil que el nitrato y su distribución en el suelo puede ser más uniforme porque se distribuye lateralmente y en profundidad simétricamente cuando es aplicado por goteo.

La utilización del sulfato de potasio puede ser limitada debido a las grandes cantidades de calcio en las aguas de riego que provocan precipitaciones de sulfato de calcio. En tanto, el cloruro de potasio no es recomendable su utilización en suelos de alta salinidad, principalmente de cloruros porque pueden causar toxicidad a los cultivos.

Existen dos reglas básicas para fraccionar el fertilizante potasio :

1. Potencial pérdidas por lixiviación en función de la textura del suelo (es mayor en suelos arenosos)
2. Exigencias del cultivo con relación a la curva de la demanda.

d) Otros Nutrientes.- La nutrición de Calcio y Magnesio constituye un problema en los programas de fertilización especialmente en fértil riego bajo condiciones de suelos arenosos, debido a su marcada incompatibilidad con gran parte de fertilizantes. El Azufre, en términos generales es suplido por muchos fertilizantes portadores de macro y micronutrientes. Finalmente, las fuentes de micronutrientes, son diluidos en agua formando soluciones o suspensiones siguiendo los mismos principios de, solubilidad, compatibilidad y movilidad.

2.2.10 INTERACCION ENTRE NUTRIENTES

La importancia de la nutrición mineral en la cantidad y calidad de crecimiento en plantas es importante, pero no debe ser sobre enfatizada, la fertilización controla tanto la tasa como el tipo de crecimiento.

Los nutrientes minerales son los elementos esenciales que las plantas obtienen del suelo, los efectos benéficos resultantes de agregar sustancias “minerales” al suelo, como ceniza de madera o limo, para mejorar el crecimiento de las plantas los elementos como el nitrógeno, fósforo y azufre, entre otros son esenciales para el crecimiento de las plantas. Los científicos (Jones 1983; Marschner 1986), establecen tres criterios de esencialidad :

- a) La omisión del elemento debe resultar en crecimiento anormal, en la incapacidad para completar todas las fases del ciclo de la vida, o en la muerte prematura de la planta.
- b) La función del elemento debe ser específica y no reemplazable por algún otro elemento.
- c) El elemento debe ejercer efecto directo en el crecimiento y metabolismo de la planta; ser un constituyente de la planta. Como el caso de una enzima; o ser requerido para un proceso metabólico distinto tal como una enzima de reacción. De acuerdo con esta definición, los elementos minerales que tengan efectos indirectos en el crecimiento de las plantas, no son considerados como esenciales.

Han sido identificados trece elementos esenciales para el crecimiento de plantas Superiores, aunque se ha aprobado que el cloro es esencial solo para un número limitado de especies, los trece elementos están clasificados en seis macronutrientes, que son utilizados por las plantas en cantidades relativamente grandes, y en siete micronutrientes, que son requeridos en muy pequeñas cantidades :

- a) **Los Macronutrientes.**- Son constituyentes de los compuestos orgánicos, como las proteínas y los ácidos nucleicos, o actúan en la regulación osmótica, y por lo tanto son encontrados en cantidades relativamente grandes en los tejidos vegetales.
- b) **Los Micronutrientes.**- Por otro lado primeramente son constituyentes de enzimas, y se encuentran en proporciones relativamente pequeñas en los tejidos vegetales.

2.2.11 SINTOMA DE DIFERENCIA NUTRICIONAL

Las deficiencias nutrimentales están caracterizadas por síntomas específicos y observables. Aunque existe variación considerable entre síntomas para diferentes especies, se proporciona una lista de síntomas de deficiencia nutrimental típicos. Estos síntomas son de alguna utilidad en el diagnóstico de deficiencias de nutrientes, pero muchos (por ejemplo, la clorosis), pueden ser causados por deficiencias de varios nutrientes y, por tanto, el análisis de nutrientes en la planta con frecuencia es necesario para conseguir un diagnóstico preciso. También cabe recordar que para el momento en que el síntoma aparece, una cantidad significativa de crecimiento ya se ha perdido.

- a) Síntoma de deficiencia de nitrógeno. Incluyen clorosis y reducción del crecimiento, comúnmente llamado “achaparamiento”; la clorosis aparece primero sobre las hojas o acículas inferiores, pues el nitrógeno es un elemento móvil dentro de la planta, y es transferido hacia el follaje nuevo. El “achaparamiento” por deficiencia de nitrógeno, comúnmente es fácil de diagnosticar, y fácil de corregir, porque las plantas con deficiencia responden rápidamente a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado.

- b) Síntoma de deficiencia de fósforo. Estos síntomas son extremadamente variables entre especies y, por tanto, se dificulta la diagnosis de deficiencia de solo este nutriente. Debido a que el fósforo (P), es requerido relativamente temprano en el desarrollo de las plantas, uno de los síntomas clásicos es “el corazón púrpura”, en que las nuevas acículas se tornan de un color morado. Los síntomas varían de acuerdo a cada planta en el follaje, varían desde ningún cambio de color hasta una tonalidad de gris oscuro, rosa o púrpura, clorosis general

quemadura del margen, moteado clorótico, entre las nervaduras, y clorosis de las hojas inferiores.

2.2.12 NORMSA TECNICAS

- a) **NTP 339.178-2002.- SUELOS.** Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.

- b) **NTP 339.152-2002.- SUELOS.** Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.

- c) **NTP 339.176-2002.- SUELOS.** Método de ensayo normalizado para la determinación del valor de pH en suelos y agua subterránea.

- d) **NTP 339.177-2002.- SUELOS.** Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.

- e) **NTE-CCA-032/91.- NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA**

Las normas se encuentran en el **ANEXO I**

2.2.13 MUESTREO

El éxito o fracaso del análisis de suelos, como ayuda para usar fertilizantes o cualquier otro uso, depende de si se obtienen o no muestras representativas del suelo, y de las operaciones subsecuentes de manejo.

1. Debe constituirse una serie de núcleos tomados de acuerdo con un plano sistemático de red de la zona, de diámetros iguales y profundidades comparables.
2. Deben analizarse núcleos separados de suelos o constituir conjuntos duplicados de compuestos para determinar la importancia estadística de los resultados sobre un compuesto final.
3. El número de núcleos del suelo que deben componerse dependerá de la variabilidad del suelo, el grado de exactitud que se desee, el o los elementos particulares que deban determinarse y el objetivo primordial general.
4. Los suelos cultivados son generalmente más variables que los vírgenes, y los salinos y alcalinos son extremadamente variables.
5. Deben tomarse muestras compuestas separadas que representen varias porciones del perfil de suelos o la zona de las raíces.
6. Debe evitarse la contaminación con materiales de la superficie del suelo (residuo de cultivo, abonos, fertilizantes, etc.) y, asimismo, la contaminación de las muestras profundas de un suelo, con las de otro.

7. En las zonas en que se deban tomarse muestras e intervalos sucesivos, es importante hacer un mapa que presente los puntos iniciales de muestreo, y tomar muestras subsiguientes en puntos situados a distancias pequeñas, pero definidas, del punto precedente del muestreo.

a) Tratamiento de la Muestra.- Los resultados del análisis de un suelo dependen de la calidad de la muestra recogida por el agricultor al centro de análisis. Por ello a continuación se recogen las recomendaciones a seguir en la toma de muestras de suelo para análisis físico-químico.:

1. Frecuencia de Análisis.- La frecuencia del análisis del suelo depende de la cosecha y de cómo se ha cultivado. Para la mayoría de los cultivos, la recolección de muestras cada dos o tres años debe ser suficiente. Los cultivos intensivos como las frutas u hortalizas necesitan de un muestreo anual, y los cultivos de invernadero realizan sus análisis más a menudo. Se debe realizar el análisis antes de sembrar o plantar.

Cualquier cambio en las prácticas de cosecha debe ir precedido de un análisis de comprobación del suelo. Por ejemplo, si un agricultor pretende cambiar de un laboreo normal a uno de conservación, se debe realizar un análisis de suelo antes del primer año. Un agricultor que cambia de cultivo debe también realizar un análisis del suelo antes del nuevo cultivo.

2. Zonas de Muestreo y Número de Submuestras.- La finca debe dividirse en parcelas homogéneas de muestreo en cuanto a color, textura, tratamientos y cultivos. El número de muestras depende de la variabilidad o heterogeneidad de la parcela. La estimación será tanto más exacta cuanto mayor sea el número de submuestras. De modo orientativo, se considera

adecuado tomar de 15 á 40 muestras en cada parcela, haciéndolo en zig – zag y metiendo todas las muestras en una bolsa común. No deberá tomarse ninguna muestra que represente una superficie mayor de 4 hectáreas. Se aconseja tomar de 10 á 20 submuestras para parcelas comprendidas entre 5000 v 10000 m².

3. **Profundidad del Muestreo.**- Depende del tipo de cultivo, pero por lo general siempre se recomienda desechar los primeros 5 cm de suelo superficial. Para la mayoría de los cultivos basta con tomar muestras de los primeros 20 – 40 cm. del suelo. En el caso de cultivos de césped y praderas la profundidad de muestreo recomendada es de 5 á 10 cm. Por otro lado, en aquellos cultivos de raíces profundas y frutales se recomienda realizar muestreos a una profundidad de 30 á 60 cm.
4. **Procedimiento del Muestreo.**- Para la toma de muestras se empleará barrenas o tubos de muestreo de suelo. También se puede utilizar una pala. Para ello se ha de realizar un hoyo en forma de V, cortar una porción de 1,5 cm. de la pared del hoyo y retirar la mayor parte de la muestra con la hoja. Cada muestra de suelo debe incluir suelo de toda la profundidad de muestreo.

Una vez terminada la toma de muestras, se recomienda mezclar todas las muestras juntas para obtener una mezcla de suelo homogénea. Tomar aproximadamente 1 Kg de esta mezcla, dejarla secar al aire y enviarlo al laboratorio de análisis, especificando al máximo todos los datos de la parcela.

2.2.14 CONSERVACION Y MANEJO DEL SUELO

Para que el suelo brinde a las plantas las condiciones adecuadas para su normal desarrollo y además para evitar procesos erosivos que ocasionen que el suelo pierda su capa de materia orgánica, es conveniente realizar las siguientes prácticas :

- a) Drenajes y desagües. Un suelo encharcado, con alto contenido de humedad se erosiona fácilmente, disminuye la producción de la planta y favorece el ataque de plagas y enfermedades, por lo que es necesario construir drenajes que desagüen el exceso de aguas.
- Labranza mínima. Practica que consiste en arar lo menos posible, porque se afectan las propiedades físicas del suelo, en casos en que es necesario porque los suelos son muy compactados, se debe utilizar arado de cincel vibratorio o rígido, nunca arado de disco.
- Plantación directa.
- b) Practica recomendada para conservar la estructura grumosa del suelo de la erosión, consiste en sembrar directamente las semillas o plántulas, retomando el concepto de labranza mínima.
- Siembra en curvas a nivel. Practica adecuada para disminuir la erosión, sembrando en hileras siguiendo el contorno de la pendiente, cada hilera sembrada retiene el suelo que se desprende de la anterior.
- Barreras vivas. Hileras de plantas de crecimiento denso que se siembran siguiendo las curvas a nivel y disminuyen la erosión, actuando como barreras de la acción de las aguas de esorrentía.
- Coberturas verdes y muertas. Sistema consistente en colocar coberturas verdes o muertas (pastos, hojarasca, desechos de cosecha), a manera de acolchado sobre el suelo lo que preteje el este de la erosión, además de regular la humedad, temperatura y actividad biológica.
- Rotación y asociación de cultivos. La rotación de cultivos permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y si se hace con leguminosas se enriquece el

suelo con nitrógeno debido a la simbiosis que se establece entre las raíces de las leguminosas y las bacterias fijadoras de Nitrógeno.

c) La asociación de cultivos permite un mejor aprovechamiento del espacio, brindando al suelo una excelente cobertura y constituye un gran método de control biológico de plagas y enfermedades. Abonos verdes. Técnica consistente en el cultivo de especies vegetales para proteger el suelo y mejorar sus condiciones biológicas, físicas y nutricionales. Se siembran durante un determinado tiempo, luego se cortan, se dejan 15 días como cobertura muerta y finalmente se incorporan al suelo, se recomienda la utilización de leguminosas, crucíferas y gramíneas. Aplicación de materia orgánica. La fertilidad física, química y biológica del suelo se mejora con la aplicación de la materia orgánica la cual al descomponerse en humus libera gran cantidad de nutrientes que son aprovechados por las plantas.

2.2.15 GESTION Y CALIDAD DEL SUELO

Cualquier acción encaminada a la recuperación de suelos salinos pasa por un lavado del suelo, hasta alejar las sales de la esfera de absorción de las raíces, además de tratar de evitar la entrada incontrolada de nuevas sales.

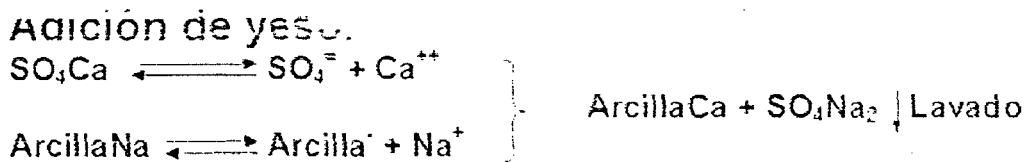
Este proceso no presenta dificultad cuando el suelo es permeable y el manto freático está suficientemente profundo. Cuando la circulación del agua está restringida a algunas direcciones preferentes de flujo, es necesario que las sales del suelo se difundan hacia los canales de circulación del agua. En el caso de suelos arcillosos profundos requerirán un tiempo largo y el establecimiento de un drenaje artificial, lo que solo es posible en aquellos cuya potencialidad productiva posterior sea suficiente para sufragar el coste inicial.

Cuando existen aportes subterráneos de aguas salinas procedentes de las zonas circundantes, será necesario establecer un sistema de drenes de contorno que impidan el paso de tales aguas al terreno que se está recuperando.

El control de salinidad de una zona elevada debe realizarse de una forma suficientemente lenta, pues hay que evitar que los vertidos al río principal eleven su salinidad, de tal forma que se vean afectados los terrenos ubicados aguas abajo. Siempre se producirá una exportación de sales hacia ellos, máxime teniendo en cuenta que puede ser necesario eliminar más de 10 Mg/ha de sales. La evapotranspiración provoca una concentración del agua eliminada, y si a ello le sumamos la posible precipitación de carbonatos cálcico y magnésico, el RAS del agua puede elevarse considerablemente.

Cuando la salinidad va asociada a la sodicidad el problema es mayor pues es necesario, además del lavado, la sustitución del sodio presente en el complejo de cambio por calcio. Cuando el suelo contiene yeso puede bastar con inundarlo, tras haber establecido un sistema de drenaje que favorezca la percolación del agua. Si el suelo no posee yeso, la inundación provoca la dispersión de los coloides y disminuye la permeabilidad de la capa superficial, con lo cual no hay lavado posible.

Una forma de prevenir esta dispersión es favorecer la permanencia de una gran cantidad de sales, que por efecto de la alta presencia iónica mantenga los coloides floculados y no se destruya la estructura, lo que favorecerá la penetración del agua. Por ello en la primera etapa del lavado de sodio intercambiable es muy aconsejable inundar con aguas salinas, además de adicionar yeso si el suelo no lo contiene. El yeso actúa como se observa en las reacciones siguientes :

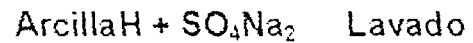
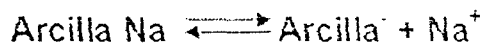
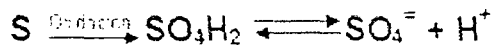


La mayor parte de los suelos sódicos presentan una fuerte impermeabilidad superficial, por ello es necesario ir estabilizando la capa superficial y mejorando su drenaje, para continuar avanzando en profundidad con la capa estabilizada. Para ello se añade yeso y se realizan varios ciclos de humedecimiento y secado; en los suelos más ligeros puede adicionarse estiércol o compost para facilitar la formación de una estructura estable en los primeros centímetros. Una vez creada esa estructura es posible inundar el suelo para que el yeso vaya penetrando hasta las capas más profundas. Cuando existen capas compactadas, puede ser conveniente realizar una labor muy profunda que esponja estas capas en la superficie, en donde pueda fragmentarse por el mismo procedimiento de humedecimiento y secado realizado en la primera fase.

La segunda operación es establecer una cubierta vegetal sobre el suelo para favorecer que las raíces de las plantas vayan favoreciendo el paso del agua, una planta muy indicada para esto es el arroz que puede sobrevivir en terrenos encharcados y que tiene una buena resistencia a la salinidad. Algunas especies de melilotus o de trifolium, pueden resultar también muy eficaces, junto con algunas gramíneas e incluso alfalfa. Todos estos cultivos se entierran como abono verde que ayuda a incorporar al suelo, fósforo, hierro, manganeso y cinc de los que estos suelos suelen presentar carencias importantes.

Cuando es posible, se puede adicionar azufre en lugar de yeso o acompañándolo, pues se requiere menor cantidad, aproximadamente un quinto. El azufre necesita pasar por una oxidación previa según el siguiente conjunto de reacciones :

Adición de azufre:



Algo siempre conveniente es una buena rotación de cultivos para mejorar la estructura superficial del suelo. El uso de pastos para ser consumidos "a diente" favorece la incorporación de materia orgánica y mejora notablemente la estructura. Es un buen seguro para evitar la entrada de sodio de nuevo.

El Calculo del yeso necesario no debe hacerse en función del sodio a eliminar, por la dificultad que entraña conocer el valor del sodio de cambio en un suelo, en presencia de sales sódicas, por ello es preferible basar el calculo en las necesidades del suelo para saturar el suelo de este elemento.

2.2.16 AGRICULTURA DE RASTROJO

La agricultura de rastrojo es un sistema de producción en el cual los cultivos en plena producción, no se limpian o sea se dejan enmalezados, este sistema esta basado en el principio del equilibrio de la naturaleza, logrando reducción de costos de producción y obteniendo buenas

cosechas. No requiere el uso de fertilizantes químicos, pesticidas, insumos, se reduce el riego y la mano de obra.

Las mal llamadas malezas en la agricultura orgánica tienen las siguientes funciones :

- a) Suministran biomasa (abono) para nutrir los cultivos. Mejoran las propiedades físicas de los suelos (textura, estructura, aireación etc.) Alimentan los insectos que se alimentan de los cultivos disminuyendo los costos de control de plagas.

- b) Los cultivos se siembran en terrenos enmalezados, si el terreno esta limpio se enmaleza con plantas nativas, cuando estas tengan frutos o semillas se cortan con guadañadora, todo el residuo vegetal que queda en el suelo forma una especie de colchón o mulch. Se abren los huecos con azadón, se aplica abono orgánico (compost), se siembran las plantas y se hace un plateo de 20 cm para que la hojarasca no evite el paso de la luz solar a la planta y se disminuya el exceso de humedad.

- c) En la agricultura química de suelos desnudos sin maleza se desperdicia la gran riqueza y poder de la energía del sol, cuando se guadaña las malezas el colchón de materia orgánica que queda en el suelo se transforma rápidamente en humus por acción de los microorganismos nutriendo eficazmente las plantas y haciéndolas más productivas.

De esta manera podemos esperar una buena cosecha a un bajo costo y aprovechando el equilibrio natural que se logra, protegiendo el medio ambiente ya que no se aplican productos tóxicos.

TABLE N° 6

CARACTERÍSTICA		CARACTERÍSTICA	
ZONAS maduros o brutos. horizontes mal desarrollados	LITOSUELOS		Delgados. Influidos por el tipo de roca madre debido a poca evolución temporal o desarrollo en grandes pendientes
	REGOSOLES		Sobre depósitos muy recientes: aluviones, arenas, dunas.
INTERZONALES poco evolucionados. Influenciados por roca madre y mal desarrollados	RANKER		Sobre rocas silíceas (granitos, gneises). Propio de climas fríos de montaña y fuerte pendiente. Suelo ácido pobre en carbonatos. Sin horizonte B
	RENDSINA		Sobre rocas calizas en climas diversos. Poco espesor. Sin horizonte B. Es el equivalente al anterior en terrenos calcáreos.
	SALINOS		Ricos en sales. Climas secos. Escasa vegetación (halófitas). Pobre en humus.
	GLEYS		Zonas pantanosas. Horizontes inferiores encharcados en los que se acumula Fe que le da color "gris azulado"
	TURBERAS		Terreno encharcado con abundante vegetación y exceso de materia orgánica. Suelo ácido.
ZONAS condicionados por el clima, que ha durado largo tiempo. Suelos maduros, evolucionados.	Alta lat.		TUNDRA Vegetación escasa. Evolución lenta limitada al período estival.
	Latitudes medias	Clima frío	PODSOL Tierras grises o de cenizas. Asociados a bosques de coníferas (taiga). Rico en humus bruto. Suelo ácido y arenoso
			TIERRA PARDA DE BOSQUE En bosques de caducifolios. Rico en humus. Horizonte B poco desarrollado.
	Latitudes medias	Climas templados	MEDITERRÁNEOS Veranos secos. Asociados a bosques de encinas y arbustos. Pobres en humus y arcillosos por descalcificación de calizas. Destacan los suelos rojos mediterráneos o terra rossa.
			CHERNOZIOM Tierras negras de estepa. Climas continentales. Horizonte A muy desarrollado y rico en humus y óxidos de Fe. Suelos muy fértiles.
			DESÉRTICOS Poca materia orgánica, por lo que tienen un color claro. Presentan concreciones de carbonatos precipitados a partir de aguas capilares o caliches.
	Latitud intertropical		LATERITAS Clima ecuatorial, cálido y muy lluvioso. Intensa meteorización química: suelos de gran espesor. Carecen de horizonte A por el lavado intenso. El horizonte B presenta hidróxidos de Fe y Al. Se forma una costra rojiza muy dura.

Fuente : Guía de Edología : La Física de los Suelos con Enfoque Agrícola

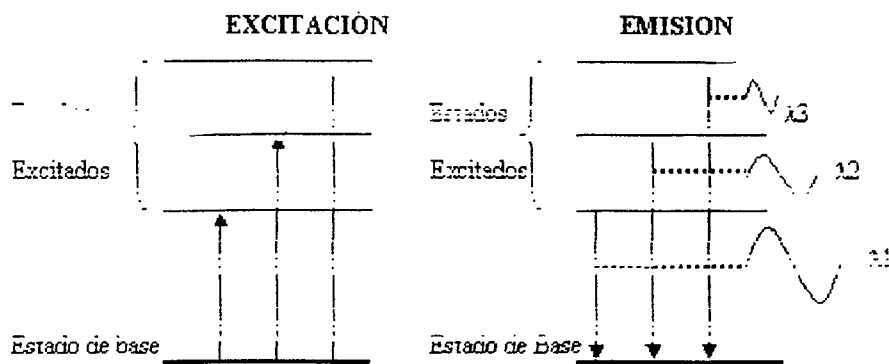
III METODOS INSTRUMENTALES PARA EL ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

3.1 METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCIÓN ATOMICA

Si a un átomo se le aplica energía en una magnitud apropiada, esta será absorbida por él e inducirá que el electrón exterior sea movido a un orbital menos estable o estado excitado. Como este estado es inestable, el átomo inmediatamente y espontáneamente retornara a su configuración fundamental. El electrón por lo tanto retornara a su orbital inicial estable y emitirá energía radiante equivalente a la cantidad de energía inicialmente absorbida en el proceso de excitación.

Mediante la medida de la cantidad de luz absorbida se puede realizar determinaciones cuantitativas, el proceso se ilustra en la **Figura N° 4** El paso 1 del proceso de excitación, es producido al suministrar energía. El proceso inverso, es el decaimiento del paso 2, emisión de luz, esto ocurre espontáneamente.

FIGURA N° 4



Proceso de Excitación y decaimiento

Calibración del Espectrofotómetro de Absorción Atómica

a) Calibración del Sistema Optico :

1. Encender el instrumento
2. Seleccionar la longitud de onda del elemento que se va a utilizar
3. Suministrar energía mínima continua que se indica en la lámpara de cátodo hueco.
4. Poner en condiciones de operación el detector de manera que pueda medir la intensidad luminosa de la línea espectral seleccionada (gain)
5. Mover las perillas del soporte del cátodo en direcciones vertical y horizontal a fin de lograr que llegue la mayor cantidad de luz al detector lo cual puede verificarse mirando el galvanómetro o algún otro dispositivo de medida (gain). El ajuste optimo se logra moviendo finamente las perillas del selector de longitud de onda y observando el máximo valor en el dispositivo de medida.

b) Calibración del Atomizador de los Gases :

1. Habiendo terminado la calibración del sistema óptico, colocar la superficie del cabezal del atomizador aproximadamente un centímetro bajo la trayectoria del haz luminoso, luego hacer movimientos verticales, horizontales y rotacionales de modo que asegure que el haz se ubique exactamente encima de la abertura rectangular del cabezal a fin de que ocurra la absorción con la mayor eficiencia.
2. Suministrar aire y acetileno (en ese orden), al atomizador y luego encender la llama.

3. Colocar el capilar en una probeta conteniendo agua y utilizando un reloj y los cambios de volúmenes consumidos, determinar la velocidad de aspiración, esto es, la cantidad de mililitros por segundo, lo cual puede lograrse con el movimiento de la perilla del nebulizador hasta que se obtenga la mayor cantidad de liquido aspirado en el menor tiempo.

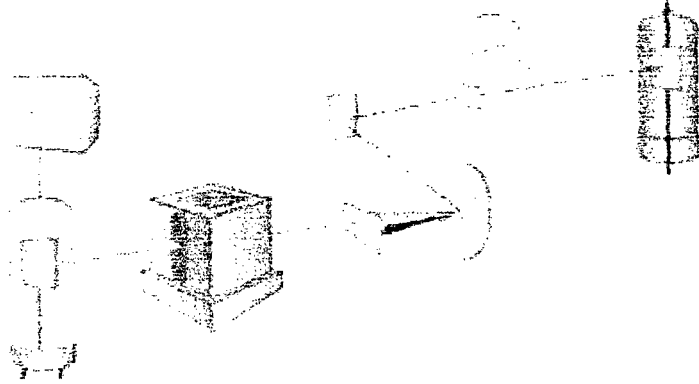
4. A fin de obtener la máxima eficiencia aspirar una solución del elemento del cátodo que se tiene encendido y, teniendo el dispositivo de lectura en modo absorbancia, girar lentamente la perilla del nebulizador hasta obtener la mayor lectura en modo absorbancia, girar lentamente la perilla del nebulizador hasta obtener la mayor lectura. Luego con las perillas en movimiento vertical, horizontal y rotacional del mechero obtener una máxima absorbancia. Mover si fuera necesario las perillas de control de gases, también para obtener la máxima absorbancia. Con estas dos calibraciones el instrumento esta apto para trabajar analíticamente.

3.2 METODO ESPECTROFOTOMETRICO ULTRAVIOLETA - VISIBLE

Un espectrofotómetro convencional enfoca la luz policromática de la fuente en un monocromador. Este tiene como componentes principales una ranura de entrada, un elemento que dispersa la luz en sus longitudes de onda componentes (en general una red de difracción), y una ranura de salida que permite seleccionar la longitud de onda deseada.

Esa luz “monocromática” atraviesa la muestra, y llega al detector. Las mediciones fotométricas se hacen en base a la relación entre la potencia de luz que alcanza al detector cuando está interpuesta la muestra (P) y cuando no lo está (P0) o cuando está interpuesto un “blanco”.

FIGURA N° 5



La transmitancia se define como :

$$T = P/P_0$$

y la absorbancia como :

$$A = -\log T = -\log P/P_0$$

La base de la espectrometría de absorción y su uso para el análisis cuantitativo está dada por la relación conocida como ley de Beer :

$$A_e = a_e \times b \times C$$

Donde :

- a_e** : Es la absorptividad, un coeficiente característico de la sustancia absorbente a cada longitud de onda e ,
- b** : Es la longitud del camino óptico (distancia que atraviesa la luz dentro de la muestra), y
- C** : Es la concentración de la sustancia absorbente.

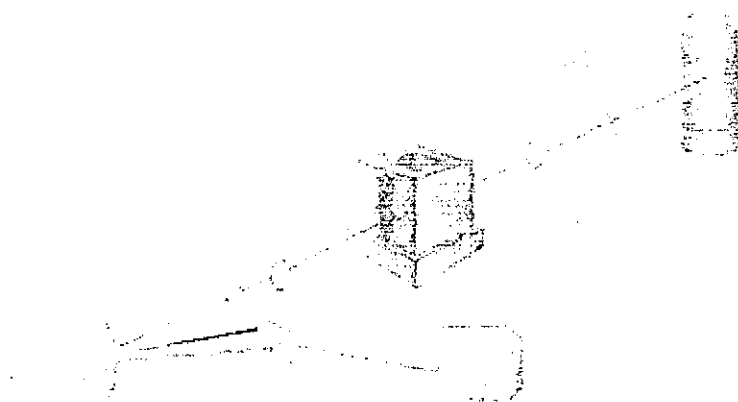
En realidad el monocromador no selecciona una única longitud de onda, sino un rango, cuya amplitud depende de la calidad (resolución) del mismo. Esta resolución depende fundamentalmente del diseño (montaje) del monocromador, de su distancia focal y de las dimensiones y densidad de líneas en la red de difracción.

Para cambiar la longitud de onda de medición, o para hacer un barrido espectral, se mueve el elemento dispersor o algún espejo por medio de un motor por pasos.

a) El Espectrofotómetro de Dispositivo de Diodos.- El espectrofotómetro de dispositivo de fotodiodos (diode array, mal traducido como arreglo de diodos) fue introducido a mediados de los '70. Utiliza una óptica invertida respecto del convencional: toda la luz de la fuente atraviesa la muestra, luego es dispersada en un monocromador que en lugar de una ranura de salida tiene en el plano focal un dispositivo que integra en un pequeño circuito varios cientos de detectores tipo fotodiodo de silicio. El número de elementos varía actualmente entre 64 y 4096, siendo los más comunes de 512 y 1024 elementos.

Cada elemento del dispositivo recibe luz de un rango particular de longitudes de onda, y una computadora procesa los datos recibidos. Las principales ventajas del espectrofotómetro de dispositivo de fotodiodos son que para obtener un espectro no hace falta mover ningún elemento, y los espectros se obtienen en forma casi instantánea.

FIGURA N° 6



3.3 METODO POTENCIOMETRICO

Una manera simple de determinarse si un material es un ácido o una base es utilizar papel de tornasol . El papel de tornasol es una tira de papel tratada que se vuelve color color de rosa cuando está sumergida en una solución ácida, y azul cuando está sumergida en una solución alcalina. Aunque otros papeles de pH pueden ahora proporcionar una estimación más exacta del pH.

El método más exacto y comúnmente más usado para medir el pH es usando un medidor de pH (o pHmetro) y un par de electrodos. Un medidor de pH es básicamente un voltímetro muy

sensible, los electrodos conectados al mismo generarán una corriente eléctrica cuando se sumergen en soluciones. Un medidor de pH tiene electrodos que producen una corriente eléctrica; ésta varia de acuerdo con la concentración de iones hidrógeno en la solución. La principal herramienta para hacer las mediciones de pH es el electrodo de bombilla de vidrio. Tal vidrio tiene una composición especial, sensible a los iones hidrógeno. Un tipo de voltímetro conectado a los electrodos relaciona con el pH la corriente eléctrica producida en la membrana de vidrio. Para cerrar el circuito y brindar una referencia estable y reproducible, se requiere un segundo electrodo. El medidor debe estar calibrado con una solución de pH conocido, llamada "amortiguador" (también solución tampón o buffer) Los amortiguadores resisten las variaciones de pH y tienen valores de pH específicos a temperaturas determinadas.

Dos tipos de electrodos se utilizan para medir el pH, y cada electrodo tiene un propósito específico. El electrodo "de cristal" tiene un bulbo hecho de composición de cristal especial que es muy selectivo y sensible a los iones de hidrógeno. Cuando este bulbo de cristal se sumerge en una solución, el voltaje generado en la superficie de los bulbos se relaciona con el pH de la solución.

El otro electrodo se llama "electrodo de referencia" y proporciona un voltaje estable y reproducible cuando se sumerge en una solución. Cuando los dos electrodos están conectados con un medidor de pH, la diferencia de voltaje se amplifica y se visualiza en un indicador analógico o digital. Un electrodo que combine el bulbo de cristal sensible al pH y una celda de la referencia en un cuerpo de electrodo se llama " electrodo de combinación " y se utiliza de la misma manera que un par del electrodos.

a) **UN MÉTODO PARA LA CALIBRACIÓN.**- Utilice el método siguiente para medir el pH de soluciones de proceso fotográficas. Usted puede utilizar jarras de boca ancha con tapas (tamaño 8 onzas) para llevar mantener los búferes y soluciones de muestra. Cubra las soluciones de muestra y los búferes mientras los lleva a la temperatura de equilibrio para reducir la oxidación aérea , la evaporación , prevenir la contaminación y la dilución accidental.

1. Lleve los búferes frescos y las soluciones que usted está midiendo a una temperatura estable de 25°C (77°F)
2. Cambie la solución de llenado del electrodo de referencia-según lo descrito antes y conecte los electrodos al pHmetro.
3. Calibre el pHmetro tanto en la gama alta com en la baja.
4. Enjuague los electrodos con agua destilada o desmineralizada; excurra el exceso de agua de los extremos de los electrodos (y de cualquier dispositivo protector) con un tejido fino suave. No frote la membrana del electrodo con el tejido; sostenga el tejido fino cerca de la superficie del electrodo y permita que absorba el agua.
5. Sumerja los electrodos en el búfer de calibración de pH 7 agitando con una barra de recubierta de teflón.
6. Espere un minuto hasta que los electrodos alcancen el equilibrio y que la lectura de pHmetro se estabilize. Luego si el pHmetro no muestra el valor de pH dado por el

fabricante para el búfer de calibración de pH 7 para 25°C (77°F) ajuste el control de la calibración al valor correcto.

7. Enjuague los electrodos con agua destilada o desmineralizada, escúrralos , y sumérjalos en el búfer de calibración de pH 10 (agitado como antes)
8. Espere un minuto hasta que los electrodos alcancen el equilibrio y la lectura de pHmetro se estabilice. Después si el pHmetro no exhibe el valor de pH dado por el fabricante para el búfer de calibración de pH 10 para 25°C (77°F) ajuste el control de pendiente (o también llamado control "slope") al valor correcto.
9. Repita los pasos 5 á 9 hasta que el pHmetro exhiba los valores de pH de los búferes de calibración.
10. Lea el valor de la pendiente. Si ésta no está dentro de 98 á 102 por ciento de la respuesta óptima del electrodo, repita los pasos 5 á 9. Si la pendiente todavía está fuera de rango , pruebe otro electrodo de cristal.

Calibración del pHmetro en rango bajo

1. Repita los pasos 5 á 11, pero substituya el búfer de pH 4 por el búfer de pH 10
2. Lleve la muestra a una temperatura estable de 25°C (77°F) , una muestra de 80 á 120 mL es adecuada. Usted puede utilizar un recipiente de boca ancha de 8 onzas (aproximadamente 250 mL) como envase de muestra.

3. Calibre el pHmetro para el rango requerido de pH y temperatura de la muestra. Verifique que la temperatura de la muestra sea $25 \pm 0,25^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 0,5^{\circ}\text{F}$)
4. Enjuague los electrodos con agua destilada o desmineralizada, séquelos , y sumérgalos en la muestra mientras que se está revolviendo.
5. Espere un minuto hasta que los electrodos alcancen el equilibrio y que la lectura de pHmetro se estabilice.
6. Lea y registre el valor de pH á 0,01 unidades de pH.
7. Vuelva a calibrar el pHmetro entre las mediciones de las muestras, si es posible, si usted mide varias muestras de pH similar, no hacer más de tres medidas, midiendo más muestras sin la recalibración puede aumentar la variabilidad del sistema. Si usted mide muestras de pH con grandes diferencias (por ej. 7,5 y 12), vuelva a calibrar entre las muestras.

Si usted mide más de una muestra, calibre siempre el pHmetro después de la muestra final para comprobar que ningún mal funcionamiento ocurrió durante la medida. Si usted tiene dificultad en calibrar el pHmetro o si la tolerancia de la pendiente no se alcanza, vuelva a medir cualquier muestra leída desde la calibración pasada.

1. **Temperatura.**- El control cuidadoso de la temperatura es esencial para la medida exacta del pH.La temperatura afecta a los electrodos. Por lo general, el medidor tiene un ajuste para control de temperatura, que compensa esos efectos. La temperatura también afecta al

amortiguador (búfer , solución tampón) de referencia. La mayoría de los amortiguadores se venden junto con una tabla que relaciona el pH y la temperatura.

2. Agitación.- Para una precisión mayor , revuelva las soluciones durante la calibración del pHmetro. Revuelva la muestra en forma moderada durante la medida para exponer los electrodos a una muestra uniforme. Evite agitar excesivamente porque esto acarrea una gran cantidad de aire dentro de la solución, y se puede oxidar la solución.

3.4 METODO CONDUCTIMETRICO

a) Principios.- La conductividad eléctrica es el recíproco de la resistencia a – c en ohms, medida entre las caras opuestas de un cubo de 1,0 cm de una solución acuosa a una temperatura especificada. Esta solución se comporta como un conductor eléctrico donde se pueden aplicar las leyes físicas de la resistencia eléctrica.

Las unidades de la conductividad eléctrica son el Siemens/cm (las unidades antiguas, eran los mhos/cm que son numéricamente equivalentes al S/cm) En la práctica no se mide la conductividad entre electrodos de 1 cm³ sino con electrodos de diferente tamaño, rectangulares o cilíndricos, por lo que al hacer la medición, en lugar de la conductividad, se mide la conductancia, la cual al ser multiplicada por una constante (k) de cada celda en particular, se transforma en la conductividad en S/cm.

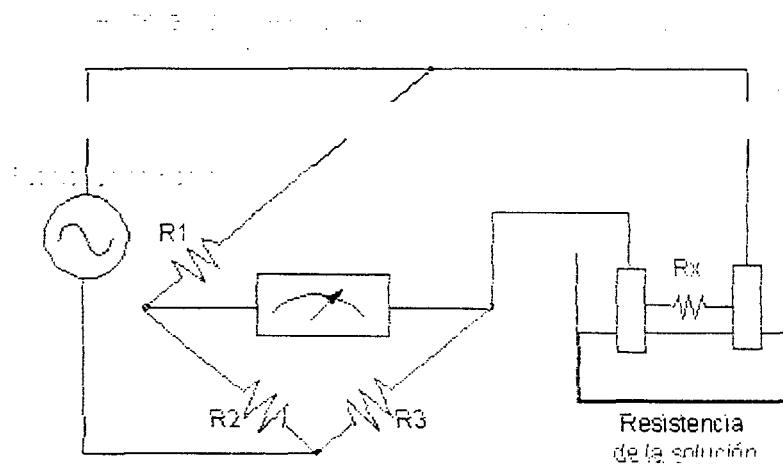
Conductividad	:	Conductancia de la muestra * k
k	:	d/A
k	:	Constante de la celda
d	:	Distancia de la separación de los electrodos
A	:	Area de los electrodos

Así, un electrodo de 1 cm de separación y con área de un cm, tendrá una $k = 1$

La medición eléctrica se efectúa mediante un puente de Wheastone para medir resistencias.

Las resistencias R1 y R2 son fijas y su valor va de acuerdo al intervalo de conductividad que se pretende medir. La resistencia Rx es la que proporciona la solución a la cual se le va a medir la conductividad. La resistencia R3 se varía en forma continua hasta poner en equilibrio el puente, de tal forma que no pase corriente hacia el medidor.

FIGURA N° 7



b) Interferencias.- La exposición de la muestra al aire atmosférico, puede causar cambios en la conductividad, debido a pérdida o ganancia de gases disueltos, en especial el CO₂. Esto es especialmente importante para aguas de alta pureza, con concentraciones bajas de gases y sustancias ionizables. Para evitar esto se debe tener una atmósfera inerte de nitrógeno o helio sobre la muestra.

Sustancias no disueltas o materiales que precipiten lentamente en la muestra, pueden causar ensuciamiento en la superficie de los electrodos y causar lecturas erróneas.

El ensuciamiento por sustancias orgánicas, bioensuciamientos y corrosión de los electrodos, causan lecturas inestables o erróneas.

El factor de correlación para obtener los valores cuantitativos de los sólidos totales disueltos solo es válido cuando la muestra tiene un pH entre 5 y 8, a valores mayores o menores de pH, los resultados no serán confiables. Se tendrá que ajustar el valor del pH cerca de 7,0 utilizando un ácido o una base débil según sea necesario.

c) Procedimiento.- Porque hay un gran número de marcas y modelos de conductímetros en el mercado, para un detallado procedimiento habrá que referirse al manual de manejo del instrumento que se este usando.

A continuación enlisto algunas recomendaciones para la medición que aparecen en el instructivo de operación del conductímetro Yellow Spring Instruments (YSI) modelo 32 (medidor de conductancia) :

Después de escoger la celda de la constante adecuada, observe los siguientes pasos para obtener resultados exactos y repetitivos :

1. La celda deberá estar limpia antes de hacer cualquier medición.
2. La celda debe de estar suspendida en la solución de tal manera, que los orificios de venteo estén sumergidos. La cámara del electrodo no debe tener aire entrampado (esto se logra inclinando ligeramente la celda y golpeando suavemente los lados)
3. La celda deberá estar separada de las paredes y el fondo del recipiente, por lo menos 0,5 cm
4. Si es posible, el recipiente o el sistema en donde se va a hacer la medición deberá estar aislado del potencial de la tierra. Si no es posible, el medidor YSI modelo 32 deberá operarse sin conexión a tierra.
5. La presencia de campos eléctricos y corrientes espurias causadas por agitadores magnéticos, calentadores, etc., pueden causar dificultad para obtener lecturas adecuadas. El usuario deberá evaluar estos efectos y hacer las correcciones necesarias, utilizando cableado blindado o desconectándolos por un momento al hacer la lectura.
6. Manejar la celda con cuidado, para evitar que se rompa o que pierda su calibración.
7. La celda no se deberá transferir de una solución a otra, no sin antes lavarla cuidadosamente.
8. No guarde la celda sucia o contaminada.
9. No debe lavarse la celda con Agua regia, ya que esta disolverá la soldadura de oro que se utiliza en la construcción de las celdas del medidor YSI modelo 32

d) Cálculos :

Si el instrumento da lecturas en conductancia :

$$\text{Conductividad} = \text{Conductancia} * k$$

$$K = \text{Constante de la celda}$$

Si el instrumento da lecturas en conductancia, anotar el valor tal como se observa en la escala.

Para ambos casos el valor de la conductividad está en micro Siemen/cm; referido a una temperatura de 25°C

IV METODO DE ANALISIS QUÍMICOS

Los tipos de análisis que se realizan son procedimientos que han sido propuestos desde el punto de vista agronómico y son los siguientes :

5.1 SUELOS

- a) **ANALISIS DE RUTINA.**- Recomendable para agricultores
- b) **ANALISIS DE CARACTERIZACION.**- Permite conocer las características físicas y químicas de los suelos. Especial para estudios de reconocimiento.
- c) **ANALISIS DE SALINIDAD.**- Comprende análisis de caracterización más aniones y cationes solubles.
- d) **ANALISIS ESPECIALES.**- Entre ellos, Sulfato disponible, Coeficientes hídricos, Micro elementos, Elementos pesados, Granulometría, etc.
- e) **AGUAS.**- El análisis de aguas permite conocer la calidad del agua con fines de riego.
- f) **MATERIAS ORGANICAS.**- Análisis de guanos, compost, turbas, etc.
- g) **TEJIDOS VEGETALES**
- h) **FERTILIZANTES**

5.1.1 PREPARACION DE LA MUESTRA DE SUELOS EN EL LABORATORIO

Se deben realizar los siguientes tipos de análisis :

- a) **Preparación de la Muestra de Suelo a Nivel de Campo.**- Se toman muestras de suelos verdaderamente representativas. Por consiguiente, es necesario poner sumo cuidado en el manejo de las muestras cuando llegan al laboratorio. Las operaciones que implican son identificación, secado, molienda tamizado.

1. Equipos :

- Molino a motor
- Tamiz de 2 mm de diámetro
- Mortero de ágata para casos especiales.
- Cajas de cartón pequeñas
- Marcadores indelebles o etiquetas.
- Cuaderno para registro

2. **Identificación.**- El cuaderno de registro se anota todas las muestras que llegan al laboratorio para su análisis. En este se anotan el numero de laboratorio y de campo corresponde a la muestra de suelo, datos sobre el lugar de procedencia así como el tipo de análisis que se va hacer. Cualquier dato que permite su identificaciones anotado.

- 3. Secado.**- Al llegar la muestra se coloca en una bandeja de la siguiente manera, se extiende una bolsa de plástico dentro de la bandeja luego se extiende papel periódico seguido de coloca la tierra lo mas dispersa que se pueda, para que se seque con mas rapidez, finalmente colocamos la bolsa con la que ingresa la muestra debajo de la bandeja para la codificación donde se encuentra su tarjeta de datos como alicuota, profundidad, etc. estas bandejas van sobre una mesa en un ambiente adecuado donde circule el aire (libre de contaminación), por lo que se puede observar aquí se trata de un secado natural.
- 4. Molienda y Tamizado.**- En el análisis de suelos con fines agrícolas, se emplean el concepto tierra fina seca al aire TFSA. Es aquella que ha pasado por el tamiz de 2,00 mm de diámetro. En consecuencia los agregados de suelo deben ser rotos mediante molienda.

Se puede realizar de dos formas :

- **De forma Artesanal.**- Sobre una base de madera con una piedra tipo batan.
- En un molino pequeño de martillo, tal que cuando se termina de moler la muestra limpiar con un cepillo para evitar se contamine la muestra siguiente.
- **Tamizado.**- El suelo pasa por un tamiz de 2mm de diámetro el cual se limpia con un cepillo después de cada tamizada para evitar se contamine la muestra siguiente.

5.1.2 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad es determinado por el peso de una muestra de suelo con contenido de humedad original, seguido por el secado del suelo en una estufa de aire forzado y luego pesada. La pérdida en peso (agua) es expresada en porcentaje sobre la base de peso seco.

En algunos suelos la materia orgánica puede ser descompuesta a 105°C . La mayoría de los suelos, esto no es un problema serio de error, pero si lo es para suelos que contienen cantidades significativas de compuestos volátiles.

a) Equipos :

- Estufa
- Balanza con aproximación de 0,01g
- Desecador
- Caja de aluminio con tapa (preferentemente de peso conocido)

b) Procedimiento :

1. Pesar la caja de aluminio. W_1
2. Transferir un peso de suelo húmedo 20 g. Es una cantidad suficiente para suelos minerales. Peso de caja muestra de suelo húmedo es W_2

3. Colocar la Caja mas muestra de suelo en la estufa á 105°C asta Peso constante. Esto se logra en mas o menos 24 horas
4. Enfriar en un desecador durante 30 minutos. Pesarse con una aproximación de 0,01 g peso de caja mas muestra seca es W3

c) Cálculos :

$$\text{Peso de suelo seco en gramos} = W3 - W1$$

$$\text{Humedad en gramos} = W2 - W3$$

$$\text{Porcentaje de Contenido de Humedad} = \frac{\text{Humedad en Granos}}{\text{Peso del Suelo Seco}} 100$$

Nota :

1. Contenido de humedad de un suelo secado al aire es denominado: humedad giroscópica.
2. Los resultados analíticos de N – P – K etc. en muchos casos son expresados sobre las bases del peso seco a la estufa. Si el análisis es hecho en muestras secada al aire o sobre muestra húmeda, los resultados pueden ser convertidas a la base de peso seco ala estufa por determinación de la humedad en una submuestra del suelo. Los resultados analísticos hechos en muestras húmedas se multiplican por el factor de humedad, donde :

$$\text{Factor de Humedad} = \frac{100 + \text{Porcentaje de Humedad}}{100}$$

5.1.3 ANALISIS DEL TAMAÑO DE PARTICULA

a) **Análisis de la Textura.**- Es la cantidad relativa expresada en porcentaje de arena, porcentaje de limo y porcentaje de arcilla contenida en una porción de suelo.- Este término se refiere a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose de la siguiente manera :

1. **ARENAS.**- Si sus tamaños son de 2,00 á 0,05 mm de diámetro
2. **LIMOS.**- Si sus tamaños son de 0,05 á 0,002 mm de diámetro.
3. **ARCILLAS.**- Si sus tamaños son menores de 0,002 mm de diámetro. De acuerdo con el separado que domine en el suelo, éste recibe un nombre especial; así como por ejemplo si domina la arena, el suelo se denomina arenoso o liviano; si domina la arcilla se denomina arcilloso; si denomina el limo se denomina limoso, si hay una mezcla adecuada de los tres separados se le denomina franco o mediano.

Para determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla se utilizo un cilindro de 1000 cc y se le aplicó 40 g de la muestra pero esto puede variar de acuerdo con la ley de STOKES que dice o establece que las partículas que recorre se diferenciar de la siguiente manera :

- Todas las arenas sedimentadas, se utiliza un hidrómetro para determinar la densidad, la cual mide desde cero á 60 g por litro. Para saber la concentración en un litro de agua,

se toma un hidrómetro con agua pura mide cero grados, y se le aplico partículas de arena y siguió midiendo cero grados; pero se puede medir en el momento que las partículas se encuentran en suspensión.

- Todos los limos sedimentados en 120 minutos (2 horas) otra vez se midió con el hidrómetro e indicó la temperatura y se detectó el porcentaje de arcilla y limo.
- La separación de las partículas de mayor tamaño, es un proceso que se puede realizar directamente utilizando una serie de tamices, el problemas presenta en la terminación de las partículas mas finas (limo y arcilla).- Para ello, se utiliza el método de sedimentación basado en la ley de STOKES, que dice "que la velocidad de caída de las partículas esféricas en un medio fluido es proporcional al cuadrado del radio de dichas partículas".

4. Equipo :

- Hidrómetro Bouyoucos calibrado desde 0 – 60 g/L; sirve para medir la densidad de la muestra.
- El cilindro graduado de 1000 cc; usado para medir el agua y aplicar la muestra.
- Batidora; para homogeneizar la muestra.
- Embolo de agitación; Para mantener la muestra en suspensión constante mediante la agitación.
- Agente dispersante (hexametáfosfato de sodio 1N); Su función es de separar las partículas de limo y arcilla.
- Alcohol amílico, para quitar la espuma que pueda impedir la lectura del hidrómetro

5. Reactivos :

- Agente dispersante (hexametáfosfato de sodio 1N); Su función es de separar las partículas de limo y arcilla.
- Alcohol amílico, para quitar la espuma que pueda impedir la lectura del hidrómetro.

6. Procedimiento :

- Pesar y transferir al baso de la licuadora, 50 g de suelo seco, y tamizado con 2,00 ml
- Agregar 100 ml de agua destilada y 10 ml al agente dispersante
- Dejar reposar durante 5 minutos y luego agitar durante 5 minutos en la licuadora
- Después de agitar, se vierte todo el contenido en una probeta de 1130 cc, cuidando de no perder material de suelo, luego completar a volumen con el hidrómetro dentro
- Una vez enraizado, se agita la suspensión con el embolo, unas 10 veces para lograr homogeneidad en la suspensión. Si se produce espuma, que impida leer en el hidrómetro, se agrega 5 gotas de alcohol amílico.
- La Primera lectura debe efectuarse a los 40 seg y la segunda lectura a las 4 horas

7. Cálculos :

- Se tomó la primera lectura, a los 40 seg y dio como resultado L1.

L1 en 50 g entonces en 100 g será el doble :

$$\text{porcentaje de Arena} = (100 - 2 L 1)$$

- Resultado a las 4 horas, se toma la segunda lectura L2
- L2 en 50 g entonces en 100 g será el doble :

$$\text{Porcentaje de Arcilla} = 2 (L2)$$

$$\text{Porcentaje de Limo} = 100 - (\text{Porcentaje de Arena} + \text{Porcentaje de Arcilla})$$

En la primera lectura a los 40 segundos toda la arena ha caído, en la segunda lectura todo el limo a caído por lo que en suspensión queda la arcilla.

Interpretación de Resultados

Nos dio como resultado suelos Arcillosos o Pesados, los cuales tienen las siguientes características, son suelos secos, su forma es en terrones firmes, en húmedo se adhiere ligeramente a los dedos y presenta plasticidad, son suelos fértiles con buenas propiedades químicas, pero de propiedades físicas, poco manejables, poco permeables, se erosionan fácilmente, porque el agua, no penetra, sino que corre superficialmente, arrastrando nutrientes; son duros para trabajarlos, se quedan pegados a las herramientas, se encharcan fácilmente, afectando los cultivos por falta de aire en las raíces tornándose amarillentas. Sin embargo estos suelos son muy ricos en nutrientes, y cuando se adiciona materia orgánica, mejoran sus propiedades físicas.

b) Determinación de los Coeficientes Hídricos.- Son los indicadores del límite mas bajo del agua aprovechable para las plantas cuando estas se relacionan en un suelo no salino, depende de la textura. Las condiciones hidráulicas que caracterizan la situación del campo y estas quedan determinadas con la capacidad de cambio y con el punto de marchitez, que son evaluadas con la humedad equivalente, que es la humedad del suelo sometido a una fuerza de 100 veces la gravedad por media hora el cual ha sido previamente saturado, y se expresa en porcentaje de agua.

1. Equipos :

- Centrifuga (3500 rpm)
- Estufa
- Cápsula para humedad
- Cajas de aluminio para humedad
- Balanza analítica
- Papel de filtro
- Fuente de plástico

2. Procedimiento :

- Recubra las cápsulas para humedad con papel de filtro
- Pese en el 30 g de suelo ó 50 g si se tratase de arenas.
- Sumerja la caja en agua durante 24 horas, sin cubrir el suelo.

- Deje escurrir por unos minutos sobre un trapo húmedo y coloque la caja en la centrífuga
- Haga funcionar la centrífuga por media hora.
- Saque las cajas de aluminio para humedad, taradas previamente
- Pese y lleve el contenido a una estufa por 24 horas a 105°C, una vez seco pese nuevamente.

3. Cálculos :

- Con los datos anteriores halle el peso de la muestra seca (Pss) y húmedo (Psh), para hallar la humedad equivalente :

Humedad Equivalente :

$$He = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

- Capacidad de Campo : Depende de la textura del suelo :

Si se tratase de Arenas, Arena Franca o Franco arenosos, se utilizara la siguiente fórmula :

$$CC = 0,774 * He + 4,40$$

Para el resto de suelos la formula será :

$$CC = 0,862 * He + 2,62$$

Donde la capacidad de campo esta expresada en porcentaje

— Punto de marchites : Se utiliza :

$$PM = \frac{CC}{1,5}$$

5.1.4 DETERMINACION DEL pH DE LOS SUELOS

El pH es medio potencialmente en una pasta saturada o en liquido sobrenadante que esta en equilibrio en una suspensión suelo – liquido en una relación 1 : 1, 1 : 2 ó 1,5 es peso: peso o peso : Volumen o volumen : Volumen. El liquido es agua o electrolito : 0,01M de cloruro de calcio (CaCl₂) o cloruro de potasio (KCl)

REACTIVOS :

a) Solución buffer de pH : 4,0; 7,0; 10,0 :

1. **Solución buffer de pH 4,0.**- Pesar 5,105 g de biftalato de potasio eco á 105°C y disolver en agua destilada previamente hervida y enfriada, llevar a volumen de 500 ml, agregue un cristal de timol 1 ml de cloroformo para preservar.

2. **Agua Destilada.** - En análisis se usa agua destilada o desionizada. Al estar en contacto con el CO_2 del medio ambiente el pH es de 5,8 – 6,0, su conductividad eléctrica es de 3 –5 micromhos/cm. En algunos casos se requiere agua destilada libre de CO_2 , esta puede ser preparada hirviendo, esta agua tendrá un pH de 6,8 – 7,2 y muy probable que tenga una conductividad eléctrica menor a 3 micromhos/cm

b) pH DE LA PASTA SATURADA

1. En un vaso de plástico de 400 ml, adicionar suelo hasta mas o menos limitad de volumen.
2. Adicionar suficiente de agua destilada hasta que todo suelo se encuentre húmeda (estado de humedad cercano ala capacidad de campo)
3. Con la ayuda de una espátula mezclar el suelo. Adicionar algunos ml de agua y mezclar. De esta forma llegar a una pasta saturada caracterizada por que fluye lentamente por las paredes de vaso cuando se inclina pero no se cae o derrama del vaso cuando el vaso esta vertical. En la superficie de la masa se observa una película de agua que refleja la luz.
4. Cubrir el vaso y dejar por unas horas para obtener el equilibrio. Si se mide el volumen de suelo la cantidad de agua adicionada, se puede calcular porcentaje de saturación (ml de agua /100 ml de suelo)
5. Introducir los electrodos de potenciómetro de la masa hasta encontrar la lectura de definida en el potenciómetro.

c) pH DEL SUELO EN RELACION 1:1, v/v :

1. Medir 20 g de suelo en un vaso de 50 ml ó 100 ml
2. Adicionar 20 ml de agua destilada o solución de NKCl o solución de 0,01M CaCl₂
3. Agitar intermitentemente durante 20 minutos. Dejar en reposo por 30 minutos.
4. Leer el pH en el potenciómetro el o los electrodos. El potenciómetro debe ser previamente calibrado con los buffer.

– **Nota.**- Si usas electrodo de combinación o electrodos de vidrio y de referencia, esto deben estar sumergidos el líquido sobrenadante. Siempre debe existir buen contacto electrolítico

– **Nota.**- El potenciómetro debe ser previamente calibrado con buffer 7,0 y luego con un buffer ácido o alcalino de acuerdo a la característica del suelo.

5.1.5 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE EN SALES SOLUBLES)

Las sales solubles en el suelo son estimados a partir de la conductividad eléctrica(CE) en un extracto acuoso. Este extracto sirve, también, para determinar aniones y cationes solubles.

El extracto es obtenido a partir de una pasta saturado de la filtración de una relación suelo-agua 1:2 ó 1:5 el extractó de una pasta saturada, de mejor representación de las condiciones de la salinidad del suelo con relación a las plantas.

a) **Reactivos.**- (KCl) en agua destilada y llevar al volumen de 1000 ml. Esta solución tiene una conductividad eléctrica (CE) de 1,413 mm hos/cm

b) Equipos y Materiales :

- Celda de conductividad y conductímetro.
- Vaso plástico.
- Suelo problema.

c) Procedimiento :

1. Colocar 10 – 15 ml de la solución de KCl en un vaso tomar la temperatura.
2. Llenar la pipeta de celda de conductividad con la solución de KCl 0,01M si se trata de una celda de inmersión, sumergir esta solución de KCl 0,01M
3. Fijar la temperatura en el equipo. Realizar la lectura de la solución de KCl y que debe ser 1,412 mm hos/cm, en caso contrario fijar este valor en el ideal de la lectura del equipo. Este procedimiento permite la calibración del equipo de la celda.

Lavar la pipeta de la celda y luego proceder a tomar la lectura de los extractos acuosos de las muestras para poder conocer el valor de la conductividad eléctrica.

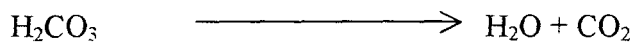
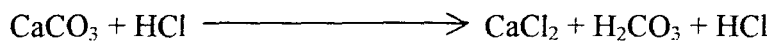
4. Se toma el extracto obtenido del análisis de pH

5. Se filtra y se toma la lectura en el conductímetro

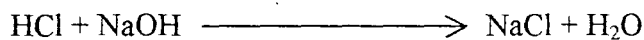
* unidad interior		unidad actual
1 mm ho/cm	=	1 mS cm (mili Simens por centímetro)
1 mm ho/cm	=	1 dS ml (de Simens por metro)

5.1.6 DETERMINACION DE CARBONATOS : CALCITA – DOLOMITA

Los carbonatos son minerales que están presentes en muchos suelos. Son de formula : CaCO_3 y MgCO_3 . Ambos reaccionan con el ácido clorhídrico (HCl). El CO_2 generado puede ser medido en un calcímetro a temperatura y presión atmosférica. También puede ser calculado en base a la cantidad de HCl gastado de acuerdo a la siguiente reacción :



El exceso de HCl adicionado es titulado con NaOH, ajustándose a la siguiente reacción :



En una placa porcelana, colocar la muestra de suelo con una cucharita la mínima cantidad, luego agregar ácido clorhídrico al 50%. La muestra que tiene carbonato de calcio reacciona con una botella de (HCl). Botando espuma y a esto se le determina el carbonato de calcio para luego será por cada 5 g de muestra.

a) **Reactivos.**- HCl 50%, HCl.H₂O (1:1)

b) **Equipos.**- Calcímetro

c) **Procedimiento :**

1. En un tubo de erlenmeyer de 150 ml colocar 5 g de muestra de suelo.
2. Conectar el erlenmeyer al calcímetro. Agregar 10 ml de HCl al 50%, Equilibrar presiones.
3. Agitar. Si en la muestra hay calcáreo, la columna de agua saturada se desplaza. Cuando no hay mas cambio en la altura de la columna, leer los mililitros desplazados.

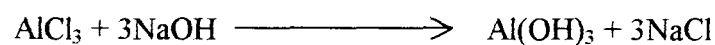
d) **Cálculos :**

$$\text{CO}_3 = \text{Lectura} * \text{Factor}$$

$$\text{Factor} : 0,0952$$

5.1.7 DETERMINACION DE ALUMINIO

En suelos con un pH menor á 5,5; el catión Al⁺³ es predominante. La determinación consiste en la extracción de este con una sal neutral no amortiguada y luego la titulación de ambos en el extracto, para lo cual se usa una base estandarizada. La reacción de titulación puede ser simplificada :



a) Reactivos :

- NaOH 0,01N
- Indicador fenolftaleina
- KCl

b) Procedimiento :

1. Pesar 2,5 g de muestra de suelo
2. Agregar 25 ml de cloruro de potasio
3. Agitar 15 minutos
4. Sedimentar o filtrar según sea el caso
5. Tomar una alícuota de 10 ml y agregar 6 – 8 gotas de fenolftaleina.
6. Titular con NaOH 0,01N, hasta que vire de incoloro a rosado bajo (muy tenue)
7. Anotar el gasto

c) Cálculos :

$$\text{Factor} = \frac{V_{ext}}{W_{muestra}} * \frac{NaOH}{V_{alicuota}}$$

$$\text{Factor} = (25/2,5) * (0,01/10) = 1/100$$

$$Vg = \text{Volumen de Gasto}$$

$$Al^{+3} = (\text{Factor} * Vg * 100)\%$$

5.1.8 DETERMINACION DE LA MATERIA ORGANICA POR COLORIMETRIA

El carbono orgánico, materia orgánica, puede ser determinada por el proceso de oxidación del C a CO_2 , la oxidación usando un agente fuertemente oxidante ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en una solución ácida de H_2SO_4 mediante la medida de la transmitancia de la solución coloreada de la reacción carbono – dicromato de potasio.

Durante el proceso de oxidación de la materia orgánica, el dicromato sufre variación en su capacidad de absorber la luz.

a) Materiales :

- Erlenmeyer de 150 ml
- Tubos de prueba.
- Pipetas.
- Buretas

b) Reactivos :

- Dicromato de potasio 2N
- Ácido sulfúrico
- Almidón
- Agua destilada

- Solución de superfloc. Disolver mediante agitación 0.5 gramos de superfloc *
- En 10 L de agua destilada. Superfloc : polímero de alta peso molecular

c) Procedimiento :

1. En un erlenmeyer de 150 ml, poner 1 g de muestra, use 0,5 g en muestras de alto contenido de materia orgánica (que pesen poco)
2. Adicionar 10 ml, de dicromato de potasio 2N, seguidamente adicionar 10 ml de H₂SO₄
3. Dejar reposar por 8 horas. Si a la media hora el suelo se pone de color verdoso es indicativo que tiene mucha materia orgánica, por tanto hay que agregar 10 ml mas de dicromato de potasio.
4. Al cabo del tiempo esperado, adicionar 25 ml de solución de superfloc. Dejar en reposo por 20 minutos.
5. Tomar alícuota de 2 ml del sobrenadante verter en un tubo y luego adicionar 10 ml de agua destilada.
6. Leer absorbancia a longitud de onda de 650 nm un nanómetro es igual : 10⁹ m
7. En forma paralela correr una curva de calibración de acuerdo a la siguiente :

TABLA N° 6

PESO DE ALMIDON	PORCENTAJE DE T	PORCENTAJEE DE MATERIA ORGANICA
0,000 g	100	0,0 blanco.
0,025 g	8,8	1,3
0,050 g	78,6	2,6
0,075 g	69	3,9
0,100 g	52,9	5,2

Fuente : Clasificación de los Suelos

8. Con los datos del porcentaje de T (tramicancia) y el porcentaje de m.o. de la curva de calibración construir una línea de regresión. Para esta línea hallar el valor de r (coeficiente), este valor debe ser lo más cercano á 1. Si se intercepta el valor de porcentaje de T de la muestra en la curva, se puede encontrar el valor del porcentaje de m.o. de la muestra.

d) **Calculo.**- Extrapolar los datos de la curva y reportar los datos directamente R%.

$$\text{Resulta} = \text{R\%} * \text{factor}$$

$$\text{Factor} = 1/W \text{ de la muestra}$$

$$\text{Factor} = 1$$

5.1.9 DETERMINACION DEL NITRÓGENO TOTAL EN SUELOS

En el método kjeldahl la muestra de suelo se ataca con H₂SO₄ concentrado caliente, en presencia de catalizadores La materia orgánica se transforma por oxidación en CO₂ y HO₂. el nitrógeno se fija por el H₂SO₄ en forma de sulfato amoniaco

La introducción de ácido en la mezcla de ataque permite la reducción de los nitratos sin pérdida de nitrógeno.

Por destilación en presencia de fuerte alcalinidad, se libera el amoníaco que por arrastre de vapor se recoge y titula con H_2SO_4 de normalidad conocida.

a) Reactivos :

1. H_2SO_4 técnico comercial
2. Solución de soda (NaOH) 40%, con 1g de fenolftaleina disuelta por litro
3. El catalizador tiene la siguiente formula: sulfato de cobre 540 g, sulfato de potasio 270 g, sulfato ferroso 180 g, ácido salicílico 10 g, tiosulfato de sodio 1 g, esta tiene una coloración azul, pero la que viene de fabrica, tiene una coloración blanca. Este catalizador es tanto para nitrógeno como para materia orgánica.
4. Indicador mixto. Preparar una mezcla en igualdad de volúmenes de 0,0066% de rojo de metilo y 0,099% de verde de bromocresol en alcohol etílico 96°
5. Ácido bórico al 2% 20 g de ácido bórico es disuelto en 600 ml de agua destilada. adicionar 10 ml del indicador mixto y llevar a volumen de 1000 ml
6. Solución 0,02N de H_2SO_4

b) Procedimiento :

1. En un balón tipo micro Kjeldahl de 100 ml, Colocar 1,00 g de muestra de suelo, luego 0,1 – 0,2 g de catalizador para nitrógeno total
2. Adicionar 3 ml de la mezcla ácido sulfúrico técnico comercial y dejar en la cocinilla por espacio de una hora, luego de la cual se vigilara que presente una coloración pastosa amarillenta o acaramelada (a veces incolora) y retirar
3. Una vez frío el balón agregar agua, solo con la finalidad de hacer volumen (10 – 20 ml) y homogenizar un poco el contenido.
4. Se coloca en el método de destilación Micro Kjeldahl, se le agrega la solución de NaOH y fenolftaleina, hasta que se torne de color rojo
5. Calentar el inicio en forma suave y luego fuerte, hasta que el contenido del balón se aclare
6. Destilar, a partir de que la solución que recibe se torne verde, previa neutralización de la acidez mediante adición de NaOH al 40% con indicado
7. Recibir el destilado en 20 ml de ácido bórico H_3BO_3 al 2% que contiene el indicador mixto
8. Terminada la destilación, titular el destilado con H_2SO_4 0,02N hasta el cambio de color de verde a rojo.

c) Cálculos :

$$Factor = (NxMeqx100)7Wmuestra = \frac{(0,02x0,014x100)}{1,00} = 0,028$$

Porcentaje N = Gasto x factor

5.1.10 DETERMINACION DEL FÓSFORO DISPONIBLE (METODO DE OLSEN MODIFICADO, EXTRACTO DE NaHCO₃)

A través de los años una gran cantidad de investigaciones se han realizado para poder estimar el fósforo disponible en los suelos como una base para hacer las recomendaciones de fertilización.

En los suelos ácidos los compuestos dominantes de fósforo son los de aluminio, fierro y manganeso; mientras que en los suelos alcalinos lo son los fosfatos de calcio y magnesio. Esta química del fósforo, ha hecho que se desarrollen diferentes extractantes en el análisis de fósforo disponible. Una vez que el fósforo ha sido extractado, la determinación en la solución es un procedimiento de tipo analítico.

El Dr. Bray ha desarrollado diferentes investigaciones sobre extractantes en suelos ácidos. Los mas ampliamente conocidos son extractantes ácidos basado en NH₄F y HCl en diferentes concentraciones. De acuerdo a esto, las reacciones en estos extractantes pueden ser resumidas.

Además de estos extractantes, se ha trabajado con extractantes doblemente ácidos del tipo H_2SO_4 y HCl que son utilizados para suelos de baja capacidad de intercambio cationico, con presencia de caolinitas y fosfatos de aluminio y fierro.

Para remover la coloración orgánica en los extractos. Se recomienda el uso de carbón activado. Para cuantificar la cantidad de fósforo en el extracto, hay diferentes métodos disponibles.

a) Materiales :

- Balanza, cuchara, espátula
- Papel de filtro
- Bandejas para muestras
- Vaso de 250 ml
- Probeta de 20 ml
- Agitador mecánico
- Tubos de ensayo

b) Equipos :

Fraccionador 3/13

Colorimetría

c) **Reactivos :**

- Bicarbonato de sodio
- Estándares, 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm

d) **Procedimientos.**- Determinación por Olsen

1. En frasco de agitación colocar 2 g de suelo
2. Adicionar 100 mg de Carbo activado
3. Adicionar 20 ml de extractante (NaHCO_3 0,5M, pH 8,5)
4. Agitar por 30 minutos, filtrar
5. en un tubo colocar alícuota de 3 ml del extracto, adicionar 10 ml de solución (de trabajo de desarrollo de color) y llevar a un agitador Vortex. Después de 10 minutos leer tramitancia en el espectrómetro 660 nm de longitud de onda. En forma paralela preparar serie de patrones, de acuerdo a la **Tabla N° 7** :

TABLA N° 7

SOLUCION DE FÓSFORO Conc. EN ppm	SOLUCION DE COLOR ml	CONCENTRACIÓN FINAL ppm	TRAMITANCIA %
0,00	10	0,00	100
1,00	10	0,23	--
2,00	10	0,46	--
3,00	10	0,69	--

Fuente : La Física de los Suelos con Enfoque Agrícola

- e) **Cálculos.**- La concentración de fósforo en la solución coloreada se calcula en relación con su tramitancia y su valor de concentración en la serie de patrones, luego refirme el peso del suelo, volumen de extracto y alícuota usado.

mg de P/Kg suelo = Lectura en la curva x FD

$$Factor = \frac{Volumen\ de\ Extrac\ tante}{Pes\ del\ Suelo} * \frac{Volumen\ Total}{Volumen\ de\ Al\ cucion}$$

$$Factor = (22/2,0) * (13/3) = 43,33$$

Esto puede cambiar en el volumen final, porque al construir la curva de estándares si la solución problema colorea mucho, se deberá adicionar 10 ml más y así ajustarse a la curva.

5.1.11 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO : CIC (METODO DE ACETATO DE AMONIO 1N – pH 7,0)

Una de las propiedades mas importantes de los suelos en su capacidad de intercambio cationico (CIC) La CIC se puede definir como la capacidad de suelo para retener iones cargadas positivamente (cationes). Esta retención se debe a que el suelo (complejo coloidal) presenta cargas negativas originadas por procesos: sustitución isomórfica en las laminas tetraédricas u octaédricas, por procesos de rotura en los bordes de arcilla o por hidrólisis de los grupos COOH y OH en los coloides orgánicos.

Diferentes procedimientos son usados, actualmente para determinar la CIC. Todos ellos, están basadas en el principio del abaje del suelo con una solución que contiene un catión que no este presente en el suelo.

El método más usado para suelos, es el acetato de amonio (NH_4OAC). El complejo es saturado en el catión amonio (NH_4^+), Luego el exceso de este catión es lavado con alcohol etílico. El NH_4^+ absorbido es determinado cuantitativamente por destilación, titulación o por colorimetría.

a) Reactivos :

1. **Acetato de amonio (NH_4OAC)N pH 7,0.**- 58 ml ácido acético (CH_3COOH) es adicionado á 850 ml de agua destilada. Adicionar 70 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH). Homogenizar, enfriar ajustar a pH 7,0, llevar al volumen de 1000 ml
2. Alcohol etílico 95
3. Magnesia calcinada ligera (MgO) puede ser remplazada por NaOH 10N
4. Ácido clorhídrico 0,1N
5. Hidróxido de sodio 0,1N
6. Indicador rojo de metilo :
 - Reactivo de nessler.
 - Fenofaleina á 1 0,1/ en etanol al 70/

- Indicador mixto. Es una mezcla de volúmenes iguales de rojo de metilo al 0,66/ y verde de brocomol al 0,99/ en etanol.
- Ácido bórico á 12/ en agua destilada y que contiene 10 ml de indicador mixto por litro

b) Equipo. - Absorción Atómica aire acetileno

c) Procedimiento :

1. Pesar 2,5 g de muestra de suelo y colocarla en un vaso con papel de filtro whatman N° 1
2. Proceder a lavar la muestra de suelo unas tres veces con agua destilada para eliminar las sales.
3. Agregar de 10 en 10 ml de acetato de amonio, hasta completar el volumen de 50 ml
4. Este filtrado se separa y se lleva a analizar en el equipo de A. A.
5. Lavar nuevamente con alcohol etílico por unas tres veces, para eliminar los residuos de acetato de amonio absorbido.
6. Agregar de 10 en 10 ml de KCl 1N, hasta completar la cantidad de 50 ml
7. Tomar una alícuota de 25 ml del extracto y destilarlo con el método micro kjeldahl añadiendo el indicador.
8. Recibir el destilado en la solución de ácido bórico 2%, mas el indicador mixto.

9. Titular con una solución de HCl 0,02N

10. Anotar el gasto

d) Cálculos :

$$Factor = \frac{W_{muestra\ de\ Suelo} \times Volumen\ Alicuota}{Volumen\ Total}$$

$$Factor^* = (2,5 * 25)/50 = 1,25$$

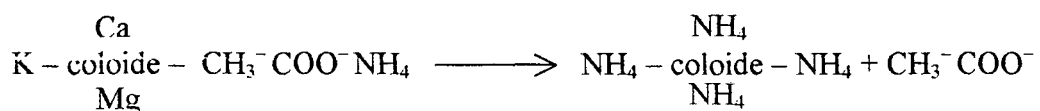
$$Factor = \frac{N \times 100}{Factor^*}$$

$$Factor = (0,02 \times 100)/1,25 = 1,6$$

$$CIC = L \times Factor$$

5.1.12 DETERMINACION DE CATIONES CAMBIABLES

La técnica utilizada para obtener la sumatoria de cationes intercambiables CIC, a sido por medio de la saturación de la muestra con acetato de amonio donde se reemplazo el catión intercambiable por el grupo amonio (NH_4^+), y el extracto obtenido fue separado para su lectura en el equipo de A.A. Las reacciones involucradas en este proceso son :



a) Reactivos :

- Agua destilada
- Cloruro de lantano 2%

b) Equipo.- Absorción Atómica (llama de aire acetileno)**c) Procedimiento :**

1. A partir del primer extracto obtenido en la CIC, se procede a la lectura en el equipo de Absorción Atómica (llama de aire acetileno)
2. Se efectuarán las diluciones de la siguiente manera :
 - Para la lectura se hacen diluciones si fuera necesario (D = dilución)

Primera dilución : 1/10, D = 10

Segunda dilución : 1/100, D = 100

Tercera dilución : 1/1000, D = 1000

d) Cálculos :

$$\text{Macromutriente} = \frac{\text{Lect.} \times D}{\%e}$$

Donde :

Pe = Peso Especifico del macronutriente en estudio

Se reporta en me/100 g de suelo

5.1.13 DETERMINACION DE AZUFRE DISPONIBLE EN SUELOS

La determinación del azufre disponible en suelos, se complica por la multiplicidad del origen de las formas disponibles de este elemento y por sus magnitudes en relación con los requerimientos por la plantas.

El método esta basado en la turbidimetría en la cual la absorción es medida en un espectrofotómetro y como extractante cloruro de bario.

a) **Reactivos.**- Cloruro de bario

b) **Equipo.**- Colorimétrico y agitador Vortex

c) **Procedimiento :**

1. Del extracto de suelo tomar una alícuota de 2 ml, adicionar 8ml de agua desionizada
2. Agregar 10 ml de cloruro de bario
3. Si al adicionar esta cantidad se hace presente la aparición de turbulencia se procede a completar la cantidad de 50 ml con agua destilada

4. En caso contrario se adicionara mas cantidad de cloruro de bario siempre en múltiplo de 10, hasta encontrar la turbidez, y completar hasta un volumen de 50 ml con agua deshionizada.
5. Esperar unos 15 minutos y proceder a la lectura en el espectrofotómetro, a una $\lambda = 420 \text{ nm}$

d) Cálculos. - Extrapolar los datos de la curva y reportar.

$$SO_4 = \frac{50}{a} \times \frac{\text{Lectura}}{48} \times \text{Factor de Dilución}$$

Factor de dilución = Puede ser (10/1) ó (100/1)

Peso en mg de 1 me de sulfato = $96/2 = 48$

a = alicuota variable, depende de la conductividad eléctrica.

5.1.14 DETERMINACION DE BORO DISPONIBLE EN SUELOS

En este caso se trata de estimar el boro disponible para las plantas, sin tener en cuenta el boro total debido a la extrema insolubilidad de los compuestos nativos de este elemento. Se utiliza el extractante fosfato de calcio, para la extracción carmín sulfúrico y carcúmina.

a) Reactivos. - Fosfato de Calcio

e) Equipo. - Colorimétrico y agitador Vortex

b) Procedimiento :

1. **Extracción.**- Pesar 5 g de suelo y agregar 25 ml de fosfato de calcio, agitar 25 minutos finalmente filtrar.
2. A partir del filtro original, tomar una alícuota de 0,50 ml, usar material plástico lo mas bajo en boro
3. Adicionar 4 ml de la solución curcumina en ácido acético. Mezclar (se observa color anaranjado)
4. Adicionar 1ml de H₂SO₄, mezclar y dejar en reposo por 20 minutos (se observa color rojo oscuro)
5. Adicionar 15 ml de Metanol, mezclar y nuevamente dejar en reposo 20 minutos
6. Leer la transmitancia á 555 nm de longitud
7. Preparar serie de estándares 0; 2,4 y 3,2 ppm

c) Cálculos.- Extrapolar los datos de la curva y reportar las lecturas directamente, como LRL.

$$Factor = \frac{VolumenTotal}{VolumenMuestra} \cdot \frac{VolumenEst.}{WMuestra}$$

$$V \text{ total} = 4 + 1 + 15 + 0,5 = 20,5\text{ml}$$

$$V \text{ muestra} = 0,5\text{ml}$$

$$V \text{ ext} = V \text{ extractante} = 25\text{ml}$$

$$W \text{ muestra} = 5 \text{ g}$$

$$Factor = (20,5/0,5) * (25/5) = 41 * 5 = 205\text{ç}$$

$$B = (\text{LRL}) * \text{Factor}$$

5.1.15 DETERMINACION DE MICRONUTRIENTES : Fe – Cu – Zn – Mn

El análisis de estos elementos para diagnosticar su presencia y disponibilidad en el suelo, generalmente no es llevada a cabo dentro de un análisis de rutina; sin embargo, en algunos casos puede relevar la existencia de un factor limitante para el crecimiento de las plantas. Dentro de los análisis se recomienda como extractante la solución Hunter y una vez extraído los elementos, estos pueden ser cuantificados mediante fotometría de absorción.

a) Reactivos :

1. **Solución Hunter.**- 42 g de NaHCO_3 (0,25N), 4,94 g de EDTA – di Na (0,01M), 0,74 g de NH_4F (0,01N), agregar 0,1 g de superfloc, llevar a un volumen de 2 L, pH = 8,4 y agitar por 2 horas.

b) Equipo.- Absorción Atómica , aire acetileno y agitador de bandejas múltiples

c) Procedimiento :

1. Pesar 2 g de suelo
2. Agregar 20 ml de extractante, solución Hunter
3. Agitar por 30 minutos y filtrar
4. Preparar los estándares para la calibración del equipo de acuerdo a su manual.

- Cu : 1, 3, 6 ppm
- Zn : 1, 3, 6 ppm
- Fe : 5, 15, 30 ppm
- Mn : 2, 6, 12 ppm

5. Equipo de absorción atómica, llama aire – acetileno

d) **Cálculos.**- Para la lectura se hacen diluciones si fuera necesario (D = dilución)

Primera dilución : 1/10, D = 10

Segunda dilución : 1/100, D = 100

Tercera dilución : 1/1000, D = 1000

Micronutriente = Lect * D

Se reporta en ppm

5.1.16 DETERMINACION DE ELEMENTOS PESADOS

a) **Reactivos :**

- Mezcla acida nitrico : perclórica (5:1)
- Mezcla sulfocrómica

b) **Equipo.**- Absorción Atómica , aire acetileno, Digestor y Compresor retractor

c) Procedimiento :

1. Lavar el matraz con una mezcla sulfocrómica, para eliminar residuos de otros minerales.
2. Pesar 1 g de suelo en un matraz de 125 ml de capacidad y adicionar 10 ml de la mezcla ácida nítrico – perclórica.
3. Digestar en caliente hasta que se forme una pasta blancuzco – amarillenta
4. Dejar enfriar, luego al contenido se le adiciona agua desionizada recién hervida
5. Filtrar y llevar a un volumen de 50 ml
6. Llevar el extracto al equipo de A.A.

d) Cálculos :

$$\text{Metal} = L * 50$$

$$L = \text{Lectura en el equipo}$$

Si fuera necesario diluir mas el factor seria : 50 * dilución

Los resultados están, dados en ppm.

Algunos suelos ligeros necesitan mas mezcla ácida, se soluciona agregando una cantidad de refuerzo hasta que se forme la pasta.

5.2 ANALISIS DE PLANTAS

Principios Básicos del Análisis Foliar. La investigación realizada hasta el presente ha demostrado que la concentración de los nutrientes minerales en los tejidos de la planta, con algunas excepciones, tienen una gran influencia sobre el crecimiento y la producción de las plantas.

El diagnóstico del estado nutricional de una planta se puede hacer con base observaciones visuales de síntomas de deficiencia o de exceso, con base de análisis de suelos o con base análisis del tejido vegetal tiene la ventaja de medir el contenido total del nutriente y, no solo, la parte disponible tal como sucede en los análisis de suelos. Sin embargo, el contenido de los nutrientes varía bastante entre los diferentes órganos de la planta (hojas, pecíolos, tallos, y rices, etc.), con la edad del tejido (por ejemplo hojas jóvenes, o viejas) y con la edad de la planta.

La técnica del análisis de planta comparten varios pasos: Muestreo, preparación de la muestra análisis de laboratorio e interpretación.

5.2.1 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

a) **Muestreo.**- Los procedimientos dados por Chapman (1946) han sido adoptados en muchos laboratorios desde que la mayoría de los nutrientes no se encuentran en iguales concentraciones en todas las partes de la planta, generalmente se prefieren a las hojas como las partes más representativas.

El muestreo se recomienda normalmente poco antes o en época en que la planta comienza su fase reproductiva de desarrollo los tejidos muertos o dañados no se incluyen en el muestreo. Las plantas bajo prolongados periodos de stress, desarrollan concentraciones extraordinarias de nutrientes, que pueden ser difíciles de interpretar. Cuando aparecen síntomas o sospechas de una deficiencia de nutriente, la interpretación.

Todo esto indica que la toma de muestra constituye un paso muy delicado. De nada sirve que los análisis químicos sean precisos sino se logra obtener una muestra representativa que refleje el estado nutricional promedio de la planta.

b) Lavado.- Las hojas deben recolectarse en bolsas de papel kraft y almacenar a una temperatura de 0°C a 5°C hasta que puedan ser lavadas, pues necesario que se mantengan frescas. No siempre es posible obtener una muestra de tejido vegetal libre de polvo o partículas de suelo. En estos casos es necesario el lavado cuando se considera que la muestra debe lavarse, el mejor procedimiento es lavar la muestra con una solución muy diluida de 0,03N HCl y luego enjuagarla con agua destilada o desionizada se debe tener presente que un exceso de lavado puede producir pérdidas de nutrientes (ejm. K)

Secado. Generalmente, las muestras después de lavadas y escurridas son puestas a secar en estufa con aire forzado a temperaturas de 60°C – 80°C. Temperaturas mayores a 100°C reducirán el peso en seco, debido a volatilizaciones de compuestos orgánicos.

c) Molido.- Durante la molienda de la muestra esta puede contaminarse con metales existentes en el equipo. El uso de cuchillas y tamices de acero inoxidable, reducen significativamente a la contaminación. La molienda en mortero de ágata puede ser indispensable en algunos casos.

Un aspecto de gran importancia en la finura del material molido, especialmente para asegurar una preparación homogénea. Un cedazo de criva N° 40 ó 60 es el generalmente usado la muestra molida es puesta en bolsas de polietileno o en frascos libres de boro y luego secados á 65°C por 24 horas para remover la humedad adsorbida durante la molienda.

5.2.2 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Para comparar los resultados estos deben ser expresados o calculados sobre la base de la materia seca, es decir que el material o tejido vegetal debe ser secado á 105°C. La pérdida de peso a 105°C es atribuida a la evaporación del agua adsorbida sobre la superficie. Un prolongado proceso de secado, resultara en la perdida de agua enlazada químicamente en las proteínas hidratadas, sales o en los polisacáridos.

a) Equipo :

- Estufa eléctrica
- Desecador
- Recipientes de aluminio con tapa

b) Procedimiento :

1. Pesar 1 g de muestra molida y colocar dentro del recipiente de aluminio, con tapa previamente seco y pesado.
2. Secar a 105°C en una estufa por 24 horas
3. Remover de la estufa, cubrir el recipiente de aluminio, enfriar en un desecador y pesar

c) Cálculos :

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{\text{PesodeMuestraSecaalAire} - \text{PesodeMuestraSevaá105°C}}{\text{PesodeMuestraSecaalAire}} \times 100$$

Nota : La muestra secada a la estufa tiende adsorber del medio ambiente muy rápidamente, por consiguiente esta debe ser puesta inmediatamente en el desecador.

Para análisis de rutina el contenido de humedad es determinado solo una vez y el resultado es usado para hacer la correcciones de todos los resultados o de una muestra es particular.

5.2.3 DETERMINACION DEL NITRÓGENO TOTAL : METODO KJELDAHL

En el método kjeldahl el tejido vegetal se ataca con H₂SO₄ concentrado caliente, en presencia de catalizadores La materia orgánica se transforma por oxidación en CO₂ y HO₂. el nitrógeno se fija por el H₂SO₄ en forma de sulfato amoniaco.

La introducción de ácido en la mezcla de ataque permite la reducción de los nitratos sin pérdida de nitrógeno.

5.2.5 DETERMINACION DE FOSFORO

a) Reactivos :

1. Molibdato de Amonio :

- Molibdato de amonio 25 g
- Acido sulfúrico QP 400 g
- Enrrasar a un litro de agua

2. Reductor de fósforo (sal) :

- Metadisulfito de sodio 6 g
- Sulfito de sodio 6 g
- 1 - amino, 2 - naftol, 4 - sulfónico 1g

3. Solución de Trabajo 25%.- 0,75 g del reductor de fósforo en 30 ml de agua destilada, mezclar cuidadosamente necesita solo una ligera agitación.

b) Procedimiento :

1. Del filtro original, tomar alícuota de 1 ml y adicionar 14 ml de agua : dilución 1:15
2. Adicionar 0,8 ml de molibdato de amonio, agregar 0,8 ml de reductor más 3,4 ml de agua.
3. Dejar en reposo por minutos y luego leer la tramitancia á 650 nm de longitud de onda.

4. Preparar una serie de patrones incluyendo un blanco para construir la curva. A partir de una solución patrón de 80 mg de P/L de acuerdo a la **Tabla N° 4** :

TABLA N° 8

SOLUCION STANDAR	AGUA DESTILADA	SULF. MOLIBDICA	SOLUCION REDUCTORA	VOLUMEN FINAL	Conc. Mg/l.	TRAMITANCIA PORCENTAJE
0,00	18,4	0,8	0,8	20	0,0	
0,20	18,2	0,8	0,8	20	0,8	
0,40	18,0	0,8	0,8	20	1,6	
0,60	17,8	0,8	0,8	20	2,4	
0,80	17,6	0,8	0,8	20	3,2	
1,00	17,4	0,8	0,8	20	4,0	

c) Cálculos :

Porcentaje de Fósforo = mg de p en curva x FD

Vol. extracción x Vol. final x 1 g 100 g de tejido vegetal

100 ml sol. Ext. alícuota 1000 mg peso de muestra.

Expresar el contenido de fósforo en el tejido vegetal en porcentaje de fósforo

5.2.6 DETERMINACION DE AZUFRE

a) Reactivos :

- Solución Ácida.**- A.500 ml de agua destilada adicionar 65 ml de HNO₃; luego adicionar 3 ml de una solución estándar de 1000 mg de S/l Llevar a volumen de 1000 ml. con agua destilada.

2. Solución de Cloruro de Bario.- Disolver 150 g de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en la solución formada por 562 ml de ácido acético glacial (CH_3COOH), más 300 ml de agua. Llevar a volumen 1000 ml

b) Equipo.- Colorimétrico

c) Procedimiento :

1. A 7 ml de la dilución 1 adicionar 9 ml de la solución ácida y 4 ml de la solución de cloruro de barios.
2. Mezclar. Dejar en reposo por 15 pero no, mas de 45 minutos antes de leer la tramitancia a longitud de onda de 535 nm.
3. Preparar series de estándares para hacer la curva patrón. La concentración mas alta del patrón puede ser 20 mg de S/I. La curva se prepara en forma similar a la muestra.

d) Cálculos.- Expresar los resultados en porcentaje de azufre. Extrapolar los datos de la curva y reportar.

$$\text{Porcentaje de Azufre} = \frac{50}{1} \times \frac{\text{Lectura}}{10,000 \times 3} \times \frac{50}{16}$$

$$\text{SO}_4/\text{S} = 96/32 = 3$$

5.2.7 DETERMINACION DE BORO

De la preparación del extracto clorhídrico se agrega solución de curcumina y ácido sulfúrico, lectura de la transmitancia a 555nm. De longitud de onda.

a) Reactivos :

1. **Curcumina en Acido Acético.**- Disolver 5 g de ácido oxálico en 1000 ml de ácido acético glacial curcumina se disuelve lentamente, por consiguiente, el reactivo debe ser preparado con 2 ó 3 días de anticipación
2. **Metanol.**- Mezclar un volumen de metanol con un volumen de agua.
3. H_2SO_4 QP.

e) Equipo.- Colorimétrico

b) Procedimiento :

1. A partir del filtro original, tomar una alícuota de 0,50 ml. Usar material lo mas bajo en boro
2. Adicionar 4 ml de la solución curcumina en ácido acético. Mezclar (se observa color anaranjado)
3. Adicionar 1 ml de H_2SO_4 , mezclar y dejar en reposo por 20 minutos (se observa color rojo oscuro)
4. Adicionar 15 ml de Metanol. mezclar y nuevamente dejar en reposo 20 minutos
5. Leer la transmitancia á 555 nm de longitud
6. Preparar serie de estándares 0; 2,4 y 3,2 ppm

c) **Cálculos.**- Extrapolar los datos de la curva y reportar las lecturas directamente, como LRL.

$$Factor = \frac{VolumenTotal}{VolumenMuestra} \times \frac{VolumenExt.}{WMuestra.}$$

$$V \text{ total} = 4 + 1 + 15 + 0,5 = 20,5 \text{ ml}$$

$$V \text{ muestra} = 0,5 \text{ ml}$$

$$V \text{ Ext} = V \text{ Extracto} = 50 \text{ ml}$$

$$W \text{ muestra} = 1 \text{ g}$$

$$Factor = \frac{20,5}{0,5} \times \frac{50}{1} = 41 \times 50 = 2050$$

$$B = (\text{LRL}) \times \text{Factor}$$

5.2.8 DETERMINACION DEL CLORO EN PLANTAS

El cloro extraído en la forma de Ion Cl en una solución acuosa, es titulado con nitrato de plata y ante la presencia del indicador cromato de potasio. El punto final de la titulación termina cuando un color marrón claro se presenta en la solución debida a la formación de cromato de plata.

a) **Reactivos :**

- 1. Indicador Cromato de Potasio al 5%.-** Disolver 5 g de K_2CrO_4 en aproximadamente 50 ml de agua destilada Adicionar gota a gota la solución patrón de nitrato de plata ($AgNO_3$)

Hasta la formación de un leve precipitado de color rojo permanente; filtrar y llevar a volumen de 100 ml

2. Solución patrón de nitrato de plata (AgNO_3). Disolver en agua destilada 4,791g de g AgNO_3 y llevar a volumen de 1000 ml. de esta solución 1 ml equivale á 1 mg de cloro
Controlar la normalidad de esta solución frente a una solución 0,03N de NaCl y la presencia del indicador K_2CrO_4 al 5%

b) Procedimiento :

1. Extracción de cloro :

- En un erlenmeyer de 125 ml colocar 1,00 g de material vegetal seco y molido.
- Adicionar 50 ml de agua destilada y colocar un tapón de jebe.
- Agitar usando agitador de movimiento horizontal durante 20 minutos
- Filtrar

2. Determinación de Cloro :

- En un vaso colocar una alícuota de 10 ml del extracto acuoso de cloro
- Adicionar 1 ml del indicador K_2CrO_4 al 5%, el indicador agregarlo en el momento justo antes de la titulación, por que al pasar el tiempo cambia de color, oxidándose.
- Titular con la solución patrón de nitrato de plata hasta al aparición de un color marrón claro Registrar el gasto (G)

c) Cálculos :

$$\text{Porcentaje de Cloro} = \frac{\text{Volumen Trabajado} \times N \times 1000 \times PM (Cl) \times \text{Lectura}}{W \text{ Muestra (g)} \times \text{Volumen Alícuota} \times 10,000}$$

5.3 SUELO SALINO

Principios Básicos del Análisis de Suelos Salinos. La formación y acumulación de sales en los suelos se debe a numerosos procesos geoquímicas que ocurren en la parte superior de la corteza terrestre. Cuando un suelo contiene un exceso de sales solubles, se le denomina salino. Los problemas de salinidad del suelo, surgen frecuentemente por la presencia de Na^+ ; Cl^- ; SO_4^{2-} y en menor escala por : Ca^{2+} ; Mg^{2+} y HCO_3^-

Por otro lado, se debe considerar que la fuerte alcalinidad de los suelos esta asociado con la condición de sodicidad que, generalmente se manifiesta por el pH del suelo suficientemente alto que pueda llegar hasta valores de 10,0 (presencia de carbonato de sodio)

Dentro de los principales sales solubles en suelos de las zonas áridas, se tienen diferentes grupos, el grupo carbonato, representando por el carbonato de calcio y carbonato de magnesio; el grupo sulfatos constituidos por el sulfato de calcio (yeso), el sulfato magnesio y el sulfato de sodio. El grupo cloruro, que conjuntamente con el sulfato son los principales compuestos de la formación de suelos salinos, incluye el cloruro de calcio, de magnesio, de sodio y potasio; luego el grupo nitrato y borato. Cada una de estas sales tienen diferente solubilidad en agua y también

diferente grado de toxicidad. El análisis de los suelos brinda la información necesaria para la evaluación de la cantidad de estas sales y su posible efecto en el desarrollo de los cultivos.

Para caracterizar químicamente un suelo salino, sódico o salino – sódico, se requieren los siguientes datos : pH, porcentaje de saturación de agua, conductividad eléctrica del extracto de saturación, cantidad de cationes solubles : Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ y K^+ ; Cantidad de aniones solubles : Cl^- ; SO_4^{2-} ; HCO_3^- ; CO_3^{2-} ; NO_3^- y boro soluble; CIC y cationes cambiables. Además yeso soluble.

5.3.1 DETERMINACION DEL pH SATURADO

a) Equipos.- Equipo de filtración al vacío múltiple.

b) Procedimientos :

1. Hacer una pasta saturada con 200 g de suelo, la cantidad de agua a agregar depende de la textura que este tenga, porque habrá suelos que absorban mas agua que otros para formar la pasta.
2. No debe de excederse la cantidad de agua en la saturación, por lo que se recomienda agregar el agua primero mojando la superficie de esta y luego agregando lo justo para incorporar toda la muestra.
3. Agitar con una paleta hasta notar que esta tome un brillo peculiar y dejar reposar por 20 minutos.
4. Filtrar al vacío, recogiendo el filtrado en pequeños tubitos de plástico para facilitar la operación.
5. Quedando el extracto listo para los análisis.

5.3.2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EXTRACTO SATURADO

Principio, Permite conocer el contenido de sales, que en exceso daña los cultivos, ello puede llevar a un problema de salinidad

a) Reactivos.- Solución de KCl 0,01N; CE = 1,412 mm ho/CM

b) Equipo.- Conductímetro y Celda de Conductividad

c) Procedimiento :

1. Calibrar el conductímetro con la solución estándar de Solución de KCl 0,01N; CE = 1,412 mmho/CM
2. Limpiar la celda con agua desionizada
3. Tomar la lectura con el extracto de suelo saturado
4. Anotar la lectura

d) Cálculos.- Lectura directa se reporta en ds/m, se toma del extracto de suelo.

5.3.3 DETERMINACION DE CATIONES, ANIONES Y ELEMENTOS PESADOS

5.3.3.1 DETERMINACIÓN DE CATIONES

La técnica utilizada para obtener la sumatoria de cationes intercambiables CIC, a sido por medio de la saturación de la muestra con acetato de amonio donde se reemplazo el catión intercambiable por el grupo amonio (NH_4^+), y el extracto obtenido fue separado para su lectura en el equipo de A.A.

a) Reactivos :

- Agua destilada
- Cloruro de lantano 2%

b) Equipo.- Absorción Atómica, llama aire acetileno

c) Procedimiento :

1. A partir del primer extracto obtenido en la CIC, se procede a la lectura en el equipo de A.A.
2. Se efectuaran las diluciones de la siguiente manera :
 - Para la lectura se hacen diluciones si fuera necesario (D = dilución)

- Primera dilución : 1/10, D = 10
- Segunda dilución : 1/100, D = 100
- Tercera dilución : 1/1000, D = 1000

d) Cálculos :

$$\text{Macronutriente} = \frac{\text{Lect.} \times D}{Pe}$$

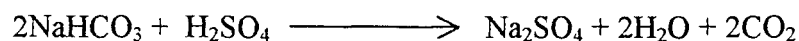
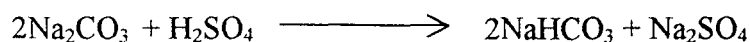
Donde :

Pe = Peso Especifico del macronutriente en estudio

Se reporta en mg/100 g de suelo

5.3.3.2 DETERMINACIÓN DE ANIONES

a) Carbonato CO_3 y Bicarbonatos HCO_3^- .- Los carbonatos (CO_3) y los bicarbonatos (HCO_3^-) en una solución pueden ser determinados por titulación de la solución usando un ácido normalidad conocida y los indicadores fenolftaleína y rojo de metilo – verde de bromocresol respectivamente. Cuando el color de la fenolftaleína desaparece indica la mitad de la neutralización del carbonato. En este momento el segundo indicador es adicionado y la titulación se continua cuando el color cambia de claro a rosado pálido, el punto final de la completa neutralización del bicarbonato es alcanzado las siguiente reacciones ilustran estos cambios :

**b) Reactivos :**

1. **Indicador Mixto.**- Disuelva 0,02 g de rojo de metilo y 0,10 g de verde de bromocresol en 100 ml de alcohol etílico 95°
2. Fenolftaleina al 1% en etanol alcohol 50%
3. Acido sulfúrico 0,01 N. (Si se presenta en la titulación turbidez, cambie el sulfúrico por clorhídrico)

c) Procedimiento :

1. En una cápsula de porcelana o en un vaso, colocar una alícuota del extracto de saturación
2. Agregue una gota de fenolftaleina y si la solución se enrojece, agregue gota a gota H_2SO_4 0,01N a intervalos de cinco segundos hasta que desaparezca el color. Anote este gasto
3. Agregue, luego tres gotas del indicador mixto y continúe la titulación con H_2SO_4 0,01N hasta la obtención de un color rosado – pálido. Designe este gasto como porcentaje

5.3.3.3 DETERMINACION DE BORO

Se trabaja con el extracto de suelos, el procedimiento es similar al que se utiliza en el análisis foliar.

a) Reactivos :

1. **Curcumina en Acido Acético.**- Disolver 5 g de ácido oxálico en 1000 ml de ácido acético glacial curcumina se disuelve lentamente, por consiguiente, el reactivo debe ser preparado con 2 ó 3 días de anticipación
2. **Metanol.**- Se obtiene tomando un volumen de metanol con un volumen de agua.
3. **H₂SO₄ QP**

b) Equipo.- Colorimétrico

c) Procedimiento :

1. A partir del extracto de suelo, tomar una alícuota de 0,50 ml, usar material lo mas bajo en boro
2. Adicionar 4 ml de la solución curcumina en ácido acético. Mezclar (se observa color anaranjado)
3. Adicionar 1ml de H₂SO₄, mezclar y dejar en reposo por 20 minutos (se observa color rojo oscuro)
4. Adicionar 15 ml de Metanol. Agitación ligera y nuevamente dejar en reposo 20 minutos
5. Leer la transmitancia á 555 nm de longitud

6. Preparar serie de estándares 0; 2,4 y 3,2 ppm

d) Cálculos. - Extrapolar los datos de la curva y reportar las lecturas directamente, como LRL.

$$\text{Factor} = \frac{\text{Volumen Total}}{\text{Volumen Muestra}}$$

$$\text{V total} = 4 + 1 + 15 + 0,5 = 20,5$$

$$\text{V muestra} = 0,5$$

$$\text{Factor} = 20,5/0,5 = 41$$

$$B = (\text{LRL}) \times \text{Factor}$$

5.4 AGUAS CON FINES DE RIEGO

Principios Básicos del Análisis de Aguas, El análisis de aguas con fines de riesgo, concierne a la presencia de sales en cantidad suficiente para producir interferencias en la germinación, crecimiento y en el consumo de agua por los cultivos.

5.4.1 DETERMINACION DEL pH

El pH de las mayorías de aguas esta entre el rango de 4 – 9. La mayoría de las aguas son ligeramente básicas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

El pH puede ser medido colorimétrica o eléctricamente los métodos colorimétricos, muchas veces sufren interferencias en su color por efecto de la turbidez, alta salinidad, la presencia de material coloidal o la presencia de ciertas sustancias oxidantes o reductoras. Por las razones expuestas, se recomienda el uso del potenciómetro para su determinación.

a) Reactivos.- Soluciones buffer de pH :4; 7; 9

b) Equipo.- Potenciómetro

c) Procedimiento :

1. Calibrar el potenciómetro usando las soluciones buffers : pH 7,0 y la otra debe ser de pH más aproximada al valor de la muestra.
2. En un volumen de 50 – 75 ml., determinar el pH de la muestra no filtrada

d) Cálculos.- La lectura es directa del potenciómetro.

5.4.2 DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD

La alcalinidad en las aguas es causada por la presencia de bicarbonatos. Carbonatos e hidróxidos de origen natural o por el efecto del tratamiento del agua. La alcalinidad es determinada por titulación usando un ácido fuerte de una determinada concentración por titulación usando un ácido fuerte de una determinada concentración y un indicador adecuado. Los indicadores fenolftaleína que cambia de color a pH 8,3 y el methyl orange que cambia a pH 4,5 son los más recomendados.

a) Procedimiento.- Se tomara en cuenta los datos obtenidos en los análisis de carbonatos y bicarbonatos, explicados mas adelante en el desarrollo de Determinación de Aniones.

b) Cálculos.- Se tomara en cuenta las cantidades obtenidas en carbonatos $\text{CO}_3^{=}$ y bicarbonatos (HCO_3^-), porque la alcalinidad se reportara como la suma de estos dos parámetros :

$$\text{Alcalinidad} = \Sigma(\text{CaCO}_3 + \text{HCO}_3)$$

5.4.3 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La conductividad eléctrica (CE) de una muestra de agua es un indicador, muy usado, de la concentración total de solutos en la muestra. Desde que la mayoría de las aguas tienen una CE menor a un milimho por centímetro y que se representan: mmho/cm.; para trabajos de salinidad, esta unidad es la más conveniente. En el nuevo sistema Internacional (SI) la unidad para expresar la CE es el Siemen por metro (S/m) un S/m es igual á 10 mmho/cm.

a) Equipo :

- Equipo para medir la conductividad
- Celda de conductividad con valor K conocido
- Solución de KCl 0,01N; CE = 1,412 mmho/CM á 25°C

b) Procedimiento :

1. Lavar la celda de conductividad con agua destilada
2. Llenar celda de conductividad con la muestra
3. Leer el valor de la CE

Nota : Concentración de sales en mg/ = 640 x CE mmhos/CM o 6400 x CE en S/m.

5.4.4 DETERMINACION DE CATIONES, ANIONES Y ELEMENTOS PESADOS

Los cationes : macroelementos : Ca; Mg; Na; K; microelementos: Fe; Mn; Cu; Zn y elementos pesados pueden ser determinados por aspiración directa de la muestra de agua dentro de la llama del equipo de absorción atómica o del fotómetro de llama. Los cationes de Ca y Mg pueden ser determinados, también con por titulación EDTA tal como se indico para la determinación de cationes cambiables Ca^{2+} y Mg^{2+} en extractos anónimos. Para el caso de aniones, las técnicas analíticas de titulación son bastantes buenas y precisas.

La muestra de agua debe ser siempre clara. En casos de turbidez se procede, previa a la determinación, a la filtración o eliminación de esta turbidez.

5.4.4.1 DETERMINACIONES DE CATIONES

a) Equipo.- Absorción atómica

b) Reactivos :

1. Estándares para la calibración
2. Solución de lantano al 1% para Ca y Mg disolver 59 g de La_2O_3 en 50 ml de agua y lentamente adicionar 250 ml de HCl. Llevar a volumen final de 5 litros con agua destilada

c) Procedimiento :

1. Para macroelementos, la lectura es directa y en caso se requiera se efectuaran las diluciones en Na y K con agua desionizada, Para el Ca y Mg se efectuaran las diluciones (1/10, 1/100), con solución de cloruro de lantano.
2. Para microelementos y elementos pesados, se procederé de la siguiente manera, se tomará 100 ml de muestra problema y agregar 1 ml de ácido nítrico QP, agitar y efectuar la lectura en A.A., si en caso se requiera efectuar diluciones con agua desionizada.
3. Calibrar el equipo de acuerdo a su manual.
4. Leer la concentración de cada uno de los cationes y elementos pesados

Se efectuarán las diluciones de la siguiente manera :

a) Para la lectura se hacen diluciones si fuera necesario (D = dilución)

- Primera dilución : 1/10, D = 10
- Segunda dilución : 1/100, D = 100
- Tercera dilución: 1/1000, D = 1000

En el caso que hubiera que diluir más :

$$\text{Factor} = \frac{50}{1} = 50$$

La concentración se expresa en me/100 g de suelo

$$\text{Macronutriente} = \frac{\text{Lect.} \times D}{\text{PesoEquivalente}}$$

5.4.4.2 DETERMINACIÓN DE ANIONES

a) **Determinación de Carbonatos.**- Si el pH es mayor que 7,9; entonces hay presencia de carbonato y se procede a hacer el análisis, si es menor se asumirá una lectura de cero, L = 0.

1. Reactivos :

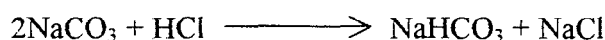
- **Indicador fenolftaleína.**- Disolver 0,5 g de fenolftaleína en 50 ml de alcohol y 50 ml de agua, luego adicionar gotas de NaOH 0,02N hasta que aparezca un débil color rosado.
- Solución de HCl 0,01N

2. Procedimiento.- Se toma una alícuota de muestra, se le incorporan unas gotas del indicador fenolftaleína se observa que la solución se torne rosada a rojo y se titula con HCl 0,01N, hasta que la solución vire a incoloro.

3. Cálculos :

$$CO^{3-} me / L = \frac{N(HCl) \times V(HCl) \times 1000 ml}{Muestra(ml)}$$

b) Determinación de Bicarbonatos.- Los carbonatos y bicarbonatos en una solución, puede ser determinada por titulación de la muestra usada un ácido de normalidad conocida y el indicador anaranjado de metilo. Cuando el color cambia de amarillo a rosado rojo, el punto final para la completa neutralización del bicarbonato se ha alcanzado. las ecuaciones que representan son :



1. Reactivos :

- Indicador anaranjado de metilo
- Acido clorhídrico 0,1N

2. Procedimiento :

- En un erlenmeyer poner una alícuota (20 ml) de muestra y cinco gotas de indicador anaranjado de metilo.

- Agitar y la solución se torna de color amarillo.
- Se titula una solución de HCl 0,1N desde una bureta hasta que la solución se vuelva color melón.
- Registrar el gasto

3. Cálculos :

$$HCO_3 \text{ me / L} = \frac{N (HCl) \times V (HCl) \times 1000 \text{ ml}}{\text{Muestra de 20 ml}}$$

c) **Determinación de Cloruros.**- Es el método de la titulación más común.

1. Reactivos :

- Nitrato de plata 0,01N
- Indicador Dicromato de potasio K_2CrO_4 5%

2. Procedimiento :

- Tomar una alícuota de la muestra de acuerdo a su CE :
 - $CE < 0,1$ entonces 40 ml
 - $CE < 1$ entonces 20 ml
 - $3 > CE > 1$ entonces 10 ml
 - $6 > CE > 3$ entonces 5 ml – 2 ml

Esto es para tener mayor confiabilidad en los resultados

- Adicionar 11 gotas de K_2CrO_4 5% agitar se notará una solución de color amarillo.
- Titular con solución de Nitrato de Plata $AgNO_3$ 0,01N hasta que la solución vire anaranjado.
- Anotar el gasto para los cálculos

3. Cálculos :

$$Cl^- me/L = \frac{N(AgNO_3) \times V(AgNO_3) \times 1000ml}{VolumendeMuestra}$$

d) Determinación de Nitratos.- La adición de ácido salicílico produce un color amarillo empleado para la estimación colorimétrica a una longitud de onda de 410 m

1. Reactivos :

- Acido salicílico
- Hidróxido de amonio 4,0N

2. Procedimiento :

- Se prepara la curva de la siguiente manera: se trabaja con las soluciones estándar de 0, 4 y 8 ppm ($N - NO_3$), de las cuales se tomará 0,5 ml de cada estándar y se colocara en tubos de ensayo a cada uno de estos se agregara 1ml de ácido salicílico. Y finalmente 10

10 ml de NaOH 4N, dejar enfriar y proceder a calibrar el equipo con dicha curva, con $\lambda = 410\text{nm}$.

- Para preparar las muestras de agua se tomará 0,5 ml de la muestra de agua a analizar se colocara en tubos de ensayo a cada uno de estos se agregara 1ml de ácido salicílico. Y finalmente 10 ml de NaOH 4N, dejar enfriar y proceder a la lectura en el equipo.

3. Cálculos.- Con los datos de la curva obtenemos el ajuste a una línea recta donde se pueden hallar con las lecturas tomadas los valores de concentración buscados, a través de graficar los valores de absorbancia obtenidos para la serie de patrones estándares versus concentración de nitrógeno---nitrato (N—NO₃). Para obtener de la Lectura la LRL :

$$\text{Factor} = \frac{\text{Volumen Total}}{\text{Volumen Muestra} \times \text{PM} (\text{NO}_3)}$$

$$\text{Factor} = \frac{11,5}{62 \times 0,5} = 0,371$$

$$\text{NO}_3^- = \text{Factor} \times \text{LRL}$$

e) Determinación de Sulfato.- Se basa en la medida de la turbidez

1. Reactivos.- Cloruro de bario

2. Procedimiento :

- Se mide 2 ml de muestra de agua y se coloca en tubo de ensayo

- Se adiciona 10 ml de cloruro de bario y agitar
- Se completa con agua destilada a un volumen de 50 ml esperar a la turbulencia y proceder a la lectura en el colorímetro a una $\lambda = 420 \text{ nm}$

3. Cálculos.- Extrapolar los datos de la curva y reportar.

$$SO_4^{2-} = \frac{50}{a} \times \frac{\text{Lectura}}{48} \times \text{Factor de Dilución}$$

Factor de dilución = Puede ser (10/1) ó (100/1)

Peso en mg de 1 me de sulfato = 96/2 = 48

a = Alícuota variable, depende de la conductividad eléctrica.

5.4.5 DETERMINACION DE BORO

a) Reactivos :

- Solución de curcumina
- Metanol/agua (1:1)
- H₂SO₄ QP

b) Equipo.- Colorimétrico

c) Procedimiento :

1. Preparar la curva 0; 2,4; 3,2 ppm, tomar 0,5 ml de cada estándar y de cada muestra a analizar y colocar en tubos de plástico (resistente al ataque y temperaturas elevadas)
2. A esto agregar 4ml de la solución de curcumina y luego adicionar 1ml de H₂SO₄ al 98%, esperar a que se enfríe, 20 minutos.
3. Agregar una solución de metanol/agua (1:1) 15 ml agitar y esperar 20 minutos.
4. Proceder a la lectura en el colorímetro a $\lambda = 555$ nm.

d) Cálculos.- Extrapolar los datos de la curva y reportar las lecturas directamente, como LRL.

$$Factor = \frac{VolumenTotal}{VolumenMuestra}$$

$$V \text{ total} = 4 + 1 + 15 + 0,5 = 20,5$$

$$V \text{ muestra} = 0,5$$

$$Factor = 20,5/0,5 = 41$$

$$B = (LRL) \times Factor$$

V METODO DE CALCULO

De acuerdo a los métodos descritos en el procedimiento experimental obtenemos los datos y su tratamiento para obtener un resultado lo detallamos a continuación :

a) Ejemplo de Cálculo, Muestra de Suelo.- La muestra de suelo, proviene del distrito de La Victoria.

1. Determinación del pH.- La lectura es directa en el pHmetro, de acuerdo al método se obtiene una lectura de :

$$\text{pH} = 7,2$$

2. Determinación de la Conductividad Eléctrica.- La lectura es directa en el conductímetro, con el extracto de suelo :

$$\text{CE} = 3,42 \text{ mmhos}$$

3. Análisis de la Textura.- Se tomó la primera lectura, a los 40 segundos y dio como resultado L1

L1 en 50 g entonces en 100 g será el doble :

$$\text{Porcentaje de Arena} = 100 - 2 (L1)$$

Resultado a las 4 horas, se toma la segunda lectura L2

L2 en 50 g entonces en 100 g será el doble :

$$\text{Porcentaje de Arcilla} = 2 (L2)$$

$$\text{Porcentaje de Limo} = 100 - (\text{Porcentaje de Arena} + \text{Porcentaje de Arcilla})$$

En la primera lectura a los 40 segundos toda la arena ha caído, en la segunda lectura todo el limo a caído por lo que en suspensión queda la arcilla.

$$\begin{aligned} L (40'') &= 22 \text{ lectura corregida : } 22 \times 100/50 = 44 \\ \text{Porcentaje de Arena} &= 100 - 44 = 56\% \\ L (2h) &= 5, \text{ lectura corregida : } 5 \times 100/50 = 10 \\ \text{Porcentaje de arcilla} &= 10\% \\ \text{Porcentaje de Limo} &= 100 - 56 - 10 = 34\% \end{aligned}$$

$$\text{Limo} = 34\%$$

$$\text{Arcilla} = 10\%$$

$$\text{Arena} = 56\%$$

De acuerdo al cuadro textural el tipo de suelo corresponde a un franco arenoso.

4. Determinación de los coeficientes hídricos.- Con los datos anteriores halle el peso de la muestra seca (Pss) = 29,19 g húmedo Psh = 48,58

– Humedad Equivalente :

$$He = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

– Capacidad de Campo : Depende de la textura del suelo :

- Si se tratase de Arenas, Arena Franca o Franco arenosos, se utilizara la siguiente fórmula :

$$CC = 0,774 \times He + 4,40$$

- Para el resto de suelos la formula será :

$$CC = 0,862 \times He + 2,62$$

Donde la capacidad de campo esta expresada en porcentaje

- Punto de marchitez : Se utiliza :

$$PM = CC/1,84$$

$$\text{Porcentaje de He} = (48,58 - 29,19)/29,19 = 66,43\%$$

Como se trata de un suelo Franco arenoso

$$CC = 0,774 \times He + 4,40$$

$$CC = 0,774 \times 66,43 + 4,40 = 55,81\%$$

$$PM = CC/1,84$$

$$PM = 55,81/1,84 = 30,33\%$$

$$He = 66,43\%$$

$$CC = 55,81\%$$

$$PM = 30,33\%$$

5. Determinación de Carbonatos :

$$CO_3 = \text{Lectura} \times \text{Factor}$$

$$\text{Factor} = 0,0952$$

$$L = 11,6$$

$$CO_3 = \text{Lectura} \times 0,0952 = 11,6 \times 0,0952$$

$$CO_3 = 1,1\%$$

6. Determinación de Aluminio.- Dado que el pH es mayor que 5,5, no se reporta presencia de aluminio, por lo tanto :

$$Al^{+3} = 0 \text{ ppm}$$

7. Determinación del Carbono Orgánico.- Materia Orgánica

TABLA N° 9

PESO DE ALMIDON	PORCENTAJE DE T	PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA
0,000g	100	0,0 blanco
0,025g	88,8	1,3
0,050g	78,6	2,6
0,075g	69	3,9
0,100g	52,9	5,2

Extrapolar los datos de la curva y reportar los datos directamente R %

$$R = 0,99953$$

$$L = 73,5 \quad \text{LRL} = 3,32$$

$$\text{Resulta} = R\% \times \text{Factor}$$

$$\text{Factor} = 1/W \text{ de la muestra}$$

$$\text{Factor} = 1$$

$$\text{M.O.} = 3,32\%$$

8. Determinación de Potasio :

Potasio disponible ppm = Lectura de absorción atómica x factor

$$Factor = \frac{VolumendeExtrante}{PesodelSuelo} \times \frac{VolumenTotal}{VolumendeAlicuota}$$

Factor = (25/2,5) x (5/1) = 50

L = 13,14

Potasio disponible = 13,14 x 50 = 657

Potasio disponible = 657 ppm

9. Determinación del Fósforo Disponible :

mg de P/Kg Suelo = Lectura en la curva x FD

$$Factor = \frac{VolumendeExtrante}{PesodelSuelo} \times \frac{VolumenTotal}{VolumendelaAlicuota}$$

Factor = (22/2,0) x (13/3) = 43,33

L = 0,32 LRL = 0,694 r = 0,9997 b = 0,465

P = 0,694 x 43,33 = 30,1

P = 30,1 ppm

10. Capacidad de Intercambio Catiónico.- Anotar el gasto : 7,6cc

$$Factor = \frac{WMurstradeSueloxVolumenAlicuota}{VolumenTotal}$$

$$Factor^* = (2,5 \times 25)/50 = 1,25$$

$$Factor = \frac{Nx100}{Facto^*}$$

$$Factor = (0,02 \times 100)/1,25 = 1,6$$

$$CIC = L \times Factor$$

$$CIC = 7,6 \times 1,6 = 12,16$$

$$CIC = 12,16 \text{ me}/100 \text{ g de suelo}$$

11. Determinación de Cationes Cambiables.- De acuerdo al método se obtienen las siguientes lecturas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica :

$$Ca^{+2} = 2,02 (2)$$

$$Mg^{+2} = 0,12 (2)$$

$$K^+ = 3,12 (1)$$

$$Na^+ = 0,06 (2)$$

La dilución :

$$- = 10$$

$$- = 100$$

$$- = 1000$$

Operando tenemos :

Macronutriente	=	(Lect x D)/Pe Ca^{+2}	=	2,02 x 100/20 =	10,09
Mg^{+2}	=	0,12 x 100/12	=	1,01	
K^+	=	3,12 x 10/39	=	0,8	
Na^+	=	0,06 x 100/23	=	0,26	
Ca^{+2}	=	10,09 me/100 g de suelo			
Mg^{+2}	=	1,01 me/100 g de suelo			
K^+	=	0,80 me/100 g de suelo			
Na^+	=	0,26 me/100 g de suelo			

12. Determinación de Micronutrientes : Fe – Cu – Zn – Mn.- Para la lectura se hacen diluciones si fuera necesario (D = dilución)

$$- \text{ Primera dilución} : 1/10, D = 10$$

$$- \text{ Segunda dilución} : 1/100, D = 100$$

$$- \text{ Tercera dilución} : 1/1000, D = 1000$$

$$\text{Micronutriente} = \text{Lect x D}$$

$$\text{Zn} = 0,67 \times 10 = 6,70 \text{ ppm}$$

$$\text{Cu} = 0,17 \times 10 = 1,70 \text{ ppm}$$

$$\text{Mn} = 0,40 \times 10 = 4,00 \text{ ppm}$$

$$\text{Fe} = 0,84 \times 10 = 8,40 \text{ ppm}$$

$$\text{Zn} = 6,7 \text{ ppm}$$

$$\text{Cu} = 1,7 \text{ ppm}$$

$$\text{Mn} = 4,0 \text{ ppm}$$

$$\text{Fe} = 8,4 \text{ ppm}$$

13. Determinación de Azufre Disponible en Suelos.- Extrapolar los datos de la curva y reportar.

$$\text{SO}_4 = (50/a) \times (\text{Lectura}/48) \times (\text{Factor de dilución})$$

$$\text{Factor de dilución} = \text{Puede ser } (10/1) \text{ ó } (100/1)$$

$$\text{Peso en mg de 1 mg de sulfato} = 96/2 = 48$$

$$a = \text{Alícuota variable, depende de la conductividad eléctrica.}$$

En este caso se tomará 2,5 cc

$$L = 0,6 \quad \text{LRL} = 0,6$$

$$\text{SO}_4 = 50 \times 0,6 \times 10 / (98 \times 2,5) = 2,5$$

$$\text{SO}_4 = 2,5 \text{ me/L}$$

14. **Determinación de Boro Disponible en Suelos.**- extrapolar los datos de la curva y reportar las lecturas directamente, como LRL.

TABLA N° 10

B (std)	ABSORBANCIA
0,00	0,00
0,0585	0,53
0,0780	0,74

Donde :

$$r = 0,9993, \quad B = 9,3886, \quad A = - 3,85 \cdot 10E(-3)$$

$$Factor = \frac{VolumenTotal}{VolumenMuestra} \times \frac{VolumenExt}{WMuestra}$$

$$V \text{ total} = 4 + 1 + 15 + 0,5 = 20,5 \text{ ml}$$

$$V \text{ muestra} = 0,5 \text{ ml}$$

$$V \text{ ext} = V \text{ Extractante} = 25 \text{ ml}$$

$$W \text{ muestra} = 5 \text{ g}$$

$$Factor = (20,5/0,5) \times (25/5) = 41 \times 5 = 205$$

$$B = (LRL) \times Factor$$

$$L = 0,11 \quad LRL = 0,01213$$

$$B = 0,01213 \times 205 = 2,487 \text{ ppm}$$

$$B = 2,487 \text{ ppm}$$

15. Determinación de Cd, Pb, Cr, Metales Pesados :

$$\text{Metal} = L \times 50$$

Se reportaron las siguientes lecturas :

$$L(\text{Pb}) = 2,95 \times 50 = 147,5 \text{ ppm}$$

$$L(\text{Cd}) = 0,05 \times 50 = 2,5 \text{ ppm}$$

$$L(\text{Cr}) = 0,29 \times 50 = 14,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Pb} = 147,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Cd} = 2,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Cr} = 14,5 \text{ ppm}$$

16. Determinación de Nitrógeno total en los Suelos.- De acuerdo al método obtenemos :

$$\text{Factor} = (\text{N} \times \text{meq} \times 100) / W \text{ muestra}$$

$$\text{Factor} = (0,02 \times 0,014 \times 100) / 1,00 = 0,028$$

$$L = 0,5$$

$$\text{Porcentaje de N} = \text{Gasto} \times \text{factor}$$

$$\text{N} = 0,5 \times 0,028 = 0,014$$

$$\text{N} = 0,014\%$$

b) Ejemplo de Cálculo Muestra de Planta. - Se ha tomado muestras de hoja de pimiento, y los resultados son los siguientes :

4. Determinación de la Humedad :

$$W \text{ muestra} = 1$$

$$W \text{ muestra seca} = 0,1839$$

$$\text{Materia seca} = (W \text{ muestra}/W \text{ muestra seca}) 100$$

$$\text{Materia seca} = 18,39\%$$

5. Determinación de Nitrógeno. - Se observa una gasto de 12,9 cc

$$\text{Factor} = (N^* \text{ meq} * 100)/W \text{ muestra}$$

$$\text{Factor} = (0,02 * 0,014 * 100)/0,10 = 0,28$$

$$\% N = \text{Gasto} * \text{factor}$$

$$N = 12,9 * 0,28 = 3,61\%$$

$$N = 3,61\%$$

6. Determinación de Fósforo :

TABLA N° 11

(std)	ABSORBANCIA
0	0
0,8	0,1
1,6	0,2
2,4	0,31
3,2	0,4
4,0	0,49

De los datos se obtiene :

$$r = 0,9998, \quad b = 12,54$$

$$R.L = 31,9$$

$$\text{Factor} = 50 * 20/10000 = 0,1$$

$$P = 31,9 * 0,1 = 0,32$$

$$P = 0,32\%$$

7. **Determinación de Sulfatos.**- De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 0,36$ y alícuota 2 cc, con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 12

$\text{SO}_4^- = (\text{std})$	ABSORBANCIA
0,00	0,00
2,00	0,020
4,00	0,040
8,00	0,080
16,00	0,160
32,00	0,320
64,00	0,640

Donde :

$$r = 1$$

Resulta :

$$R.L = 36$$

$$\text{Factor : } (50/1)(50/10)(1/(10000 * 3)) = 0,008333$$

$$\text{PM (SO}_4^{4-})/\text{PM(S)} = 96/32 = 3$$

$$\text{SO}_4 = 36 * 0,008333$$

$$\text{SO}_4 = 0,30\%$$

8. Determinación de Cloro Soluble. - De acuerdo al método, se ha reportado una lectura: L = 1,8

$$\% \text{ Cl} = (\text{V. TRAB/W. MUESTRA}) (N * 1000/\text{V alic}) (\text{PM} * \text{L}/10000)$$

$$\% \text{ Cl} = (50/1) (0,01 * 1000/10) (35,5 * 1,8/10000) = 0,31\%$$

$$\% \text{ Cl} = 0,31\%$$

9. Determinación de Boro Soluble. - De acuerdo al método, se determino una lectura L = 0,69 y con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 13

B (std)	ABSORBANCIA
0,00	0,00
0,0585	0,53
0,0780	0,74

Donde :

$$r = 0,9993, B = 9,3886, A = -3,85 \cdot 10E(-3)$$

Resulta :

$$R.L = 0,0739$$

Factor :

$$V \text{ total} = 20,5$$

$$V \text{ muestra} = 0,5$$

$$\text{Factor} = 20,5/0,5 = 41 * (50/1) = 2050$$

$$B = 151,5 \text{ ppm}$$

3. Determinación Macronutriente. - De acuerdo al método se obtienen las siguientes lecturas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, y los resultados se reportaran en porcentaje

$$\text{Ca}^{+2} = 3,29 (2)$$

$$\text{Mg}^{+2} = 1,99 (2)$$

$$\text{K}^{+} = 2,31 (3)$$

$$\text{Na}^{+} = 5,88 (1)$$

$$\text{Macroelemento} = (\text{L} * 50 * \text{D}/10,000)\%$$

La dilución :

$$- = 10$$

$$- = 100$$

$$- = 1000$$

Operando tenemos :

$$\text{Ca}^{-2} = 3,29 * 50 * 100/10000 = 1,645\%$$

$$\text{Mg}^{-2} = 1,99 * 50 * 100/10000 = 0,995\%$$

$$\text{K}^{-} = 2,31 * 50 * 1000/10000 = 11,55\%$$

$$\text{Na}^{-} = 5,88 * 50 * 10/10000 = 0,294\%$$

$$\text{Ca}^{-2} = 1,645\%$$

$$\text{Mg}^{-2} = 0,995\%$$

$$\text{K}^{-} = 11,55\%$$

$$\text{Na}^{-} = 0,294\%$$

4. Determinación Micronutrientes.-De acuerdo al método se obtienen las siguientes lecturas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica :

$$\text{Zn} = 0,53$$

El Factor es :

$$50/1 = 50$$

$$\text{Cu} = 0,46$$

$$\text{Mn} = 1,81$$

$$\text{Fe} = 41,6$$

Operando tenemos : Micronutriente = Lectura * factor

$$\text{Zn} = 0,53 * 50 = 26,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Cu} = 0,46 * 50 = 23,0 \text{ ppm}$$

$$\text{Mn} = 1,81 * 50 = 90,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Fe} = 41,6 * 50 = 2080 \text{ ppm}$$

$$\text{Zn} = 26,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Cu} = 23,0 \text{ ppm}$$

$$\text{Mn} = 90,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Fe} = 2080 \text{ ppm}$$

c) **Ejemplo de Calculo Muestra Suelos Salinos.**- Como se observo en el procedimiento experimental de las muestras de suelos salino, se basa en el análisis de los extractos ya que de otra manera los cálculos pueden hallarse con interferencias debido al exceso de iones sodio, la muestra en estudio proviene de

1. Determinación del pH.- La lectura es directa en el pHmetro, el agua incorporada en el suelo, pasta saturada, luego de tres a cuatro horas :

$$\text{pH} = 7,8$$

2. Determinación de la Conductividad Eléctrica.- La lectura es directa en el conductímetro, con el extracto de suelo :

$$\text{CE} = 7,2 \text{ mmhos}$$

3. Determinación de Aniones y Cationes Cambiables :

– **Cationes Cambiables.**- De acuerdo al método se obtienen las siguientes lecturas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica :

$$\text{Ca}^{+2} = 4,48 (2)$$

$$\text{Mg}^{+2} = 1,35 (2)$$

$$\text{K}^{+} = 2,75 (1)$$

$$\text{Na}^{+} = 6,31 (2)$$

La dilución :

$$- = 10$$

$$- = 100$$

$$- = 1000$$

Operando tenemos : Cación = Lectura * Dilución/PM

$$\text{Ca}^{+2} = 4,48 * 100/20 = 22,40$$

$$\text{Mg}^{+2} = 1,35 * 100/12 = 11,25$$

$$\text{K}^{+} = 2,75 * 10/39 = 0,705$$

$$\text{Na}^{+} = 6,31 * 100/23 = 27,43$$

$$\Sigma \text{ Cationes} = 22,40 + 11,25 + 0,705 + 27,43 = 61,78$$

$$\text{Ca}^{+2} = 22,40 \text{ me/L}$$

$$\text{Mg}^{+2} = 11,25 \text{ me/L}$$

$$\text{K}^{+} = 0,705 \text{ me/L}$$

$$\text{Na}^{+} = 27,43 \text{ me/L}$$

$$\Sigma \text{ Cationes} = 61,78 \text{ me/L}$$

- **Aniones**.- Son los siguientes :

- Determinación de cloruros

De acuerdo al método, se determinó una lectura :

$$L = 2,4$$

tomada con una alícuota de 0,6 cc

$$\text{Los me/L de Nitrato de plata : } 0,01 * 2,4 = 0,024$$

Luego 0,024 están contenidos en 0,6 cc, entonces en 1000 cc, será 40

Por lo tanto :

$$\text{Cl}^- = 40,0 \text{ me/L}$$

- 4. Determinación de Nitratos.-** De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 0,17$ y con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 14

NO_3^- (std)	ABSORBANCIA
0,00	0,00
0,174	0,13
0,348	0,26

Donde :

$$r = 0,9972$$

$$B = 0,6609$$

$$A = 0,005$$

$$\text{Resulta R.L.} = 0,1286$$

Factor :

$$V_{\text{total}} = 10 + 1 + 0,5 = 11,5$$

$$V_{\text{muestra}} = 0,5$$

$$\text{PM}(\text{NO}_3) = 62$$

$$\text{Factor} = 11,5 / (0,5 * 62) = 0,3707$$

$$\text{NO}_3^- = 0,048 \text{ me/L}$$

5. Determinación de Carbonatos y bicarbonatos :

- **Bicarbonatos.**- De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 0,72$ tomada con una alícuota de 5 cc Los me/L de Nitrato de plata : $0,01 * 0,72 = 0,0072$

Luego 0,0072 están contenidos en 5 cc, entonces en 1000 cc, será 1,44

Por lo tanto :

$$\text{HCO}_3 = 1,44 \text{ me/L}$$

- **Carbonatos.**- De acuerdo al método para $\text{pH} < 7,9$ la lectura es considerada cero, se determino una lectura $L = 0$

– Por lo tanto :

$$\text{CO}_3 = 0,00 \text{ me/L}$$

6. Determinación de sulfatos.- De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 0,11$ y alícuota 0,5 cc, con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 15

SO_4^- (std)	ABSORBANCIA
0,00	0,00
2,00	0,020
4,00	0,040
8,00	0,080
16,00	0,160
32,00	0,320
64,00	0,640

Donde :

$$r = 1$$

$$\text{Resulta R.L.} = 11$$

Factor :

$$a = \text{Alícuota} = 0,5 \text{ cc}$$

$$\text{PM} (\text{SO}_4^-) = 96/2 = 48$$

$$\text{SO}_4 = (50/a) (\text{LRL}/48) = 50 * 11 / (0,5 * 48) = 22,94$$

$$\text{SO}_4 = 22,94 \text{ me/L}$$

También hay que hallar :

$$\Sigma \text{Aniones} = 40,0 + 22,94 + 1,44 + 0,048 + 0,00 = 64,428 \text{ me/L}$$

$$(\text{Cl}^-) = 40,0 \text{ me/L}$$

$$(\text{SO}_4^{=}) = 22,94 \text{ me/L}$$

$$(\text{NO}_3^-) = 0,048 \text{ me/L}$$

$$(\text{CO}_3) = 0,00 \text{ me/L}$$

7. Determinación de Boro Soluble.- De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 0,4$ y con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 16

B (std)	ABSORBANCIA
0,00	0,00
0,0585	0,53
0,0780	0,74

Donde :

$$r = 0,9993$$

$$B = 9,3886$$

$$A = -3,85 \cdot 10E (-3)$$

$$\text{Resulta R.L.} = 0,043$$

Factor :

$$V_{\text{total}} = 20,5$$

$$V_{\text{muestra}} = 0,5$$

$$\text{Factor} = 20,5/0,5 = 41$$

$$B = 1,7636 \text{ ppm}$$

8. Determinación del PSI (Porcentaje de sodio intercambiable).- En equilibrio con el agua, de la siguiente ecuación :

$$\text{PSI} = (\text{Sodio}(\text{meq/L}) / \text{Suma de cationes}(\text{meq/L}))100$$

$$\text{Psi} = (27,43/ 61,78)100$$

$$\text{PSI} = 44,4\%$$

d) Ejemplo de Cálculo Muestra Agua.- La muestra de suelos proviene de la provincia de LANCHAS – PARACAS :

1. Determinación del pH.- La lectura es directa en el pHmetro

$$\text{pH} = 7,3$$

2. Determinación de la Conductividad Eléctrica.- La lectura es directa en el conductímetro:

$$CE = 3,83 \text{ dS/m}$$

3. Determinación de Aniones y Cationes cambiabiles:

- **Cationes Cambiables.**- De acuerdo al método se obtienen las siguientes lecturas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica :

$$Ca^{+2} = 2,49 (2)$$

$$Mg^{+2} = 1,81 (1)$$

$$K^{+} = 2,55 (1)$$

$$Na^{+} = 0,80 (3)$$

La dilución :

$$- = 10$$

$$- = 100$$

$$- = 1000$$

Operando tenemos :

$$\text{Cación} = \text{Lectura} * \text{Dilución/PM}$$

$$Ca^{+2} = 2,49 * 100/20 = 12,45$$

$$Mg^{+2} = 1,81 * 10/12 = 1,50$$

$$K^{+} = 2,55 * 10/39 = 0,65$$

$$Na^{+} = 0,80 * 1000/23 = 34,78$$

$$\Sigma \text{Cationes} = 12,45 + 1,50 + 0,65 + 34,78 = 49,38$$

Ca ⁺²	=	12,45 me/L
Mg ⁺²	=	1,50 me/L
K ⁺	=	0,65 me/L
Na ⁺	=	34,78 me/L

ΣCationes	=	49,38 me/L

– Aniones, son los siguientes :

- **Determinación de Cloruros.**- De acuerdo al método, se determino una lectura L = 6.5, tomada con una alícuota de 2. Los me/L de Nitrato de plata : $0,01 * 6,5 = 0,065$

Luego 0,065 están contenidos en 2 cc, entonces en 1000 cc, será 32,5

Por lo tanto :

$$\text{Cl}^- = 32,5 \text{ me/L}$$

- **Determinación de Nitratos.**- De acuerdo al método, se determino una lectura L = 0,17 y con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 17

(std)	Absorbancia
0,00	0,00
0,174	0,13
0,348	0,26

Donde :

$$r = 0,9972$$

$$B = 0,6609$$

$$A = 0,005$$

$$\text{Resulta R.L.} = 0,24965$$

Factor :

$$V_{\text{total}} = 10 + 1 + 0,5 = 11,5$$

$$V_{\text{muestra}} = 0,5$$

$$\text{PM}(\text{NO}_3^-) = 62$$

$$\text{Factor} = 11,5 / (0,5 * 62) = 0,3707$$

$$\text{NO}_3^- = 0,09 \text{ me/L}$$

- **Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos :**

Bicarbonatos.- De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 2.50$, tomada con una alícuota de 20 Los me/L de Nitrato de plata : $0,01 * 2,50 = 0,025$

Luego 0.0476 están contenidos en 20cc, entonces en 1000cc, será 1,25

Por lo tanto :

$$\text{HCO}_3 = 1,25 \text{ me/L}$$

Carbonatos.- De acuerdo al método para $\text{pH} < 7,9$ la lectura es considerada cero, se determino una lectura $L = 0$

Por lo tanto :

$$\text{CO}_3 = 0,00 \text{ me/L}$$

- **Determinación de Sulfatos.**- De acuerdo al método, se determino una lectura $L = 0,24$ y alicuota 2 cc, con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 18

SO_4^- (std)	Absorbancia
0,00	0,00
2,00	0,020
4,00	0,040
8,00	0,080
16,00	0,160
32,00	0,320
64,00	0,640

Donde :

$$r = 1$$

$$\text{Resulta R.L.} = 24$$

Factor :

$$a = \text{alícuota} = 2 \text{ cc}$$

$$\text{PM}(\text{SO}_4^-) = 96/2 = 48$$

$$\text{SO}_4 = (50/a)(\text{LRL}/48) = 50 * 24/(2 * 48) = 12,5$$

$$\text{SO}_4 = 12,5 \text{ me/L}$$

También hay que hallar :

$$\Sigma \text{Aniones} = 32,5 + 12,5 + 1,25 + 0,09 + 0,00 = 46,34 \text{ me/L}$$

$$(\text{Cl}^-) = 32,5 \text{ me/L}$$

$$(\text{SO}_4^{2-}) = 12,5 \text{ me/L}$$

$$(\text{NO}_3^-) = 0,09 \text{ me/L}$$

$$(\text{CO}_3^{2-}) = 0,00 \text{ me/L}$$

$$(\text{HCO}_2^-) = 1,25 \text{ me/L}$$

$$\Sigma \text{Aniones} = \text{-----} \\ 46,34 \text{ me/L}$$

4. Determinación de Boro soluble.- De acuerdo al método, se determino una lectura L = 0,09 y con los datos de la curva hacemos la regresión lineal :

TABLA N° 19

B (std)	Absorbancia
0,00	0,00
0,0585	0,53
0,0780	0,74

Donde :

$$r = 0,9993$$

$$B = 9,3886$$

$$A = -3,85 \cdot 10E(-3)$$

$$\text{Resulta R.L.} = 0,009996$$

Factor :

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= 20,5 \\ V_{\text{muestra}} &= 0,5 \\ \text{Factor} &= 20,5/0,5 = 41 \\ B &= 0,4098 \text{ ppm} \end{aligned}$$

5. Determinación de Sodio (Na+).- De la relación : 49,38 me/L contiene 34,78 me/L de sodio, entonces 100 me/L contendrá 70,43 de sodio

6. Determinación del SAR.- De la siguiente ecuación :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca^{+2}) + (Mg^{+2})}{2}}}$$

$$SAR = \frac{34,7}{\sqrt{\left(\frac{(12,45 + 1,5)}{2}\right)}} = 13,16$$

$$SAR = 13,16$$

7. Clasificación.- Según la norma americana de Riverside, con los datos : SAR = 13,16 y CE = 3830 micromhos/cm, podemos obtener la clasificación de: C4 – S4

Clasificación : C4 – S4

e) Rangos Tolerables de Nutrientes :

TABLA N° 20

MICRONUTRIENTES EN EL SUELO (ppm)

Nivel	Zinc	Manganeso	Cobre	Fierro	Boro	
Muy bajo	<0,4	<0,6	<0,1	<3,0	<0,2	<0,3
Bajo	0,8	1,0	0,2	5,0	0,21 – 0,5	0,31 – 0,6
Medio	1,0	3,0	0,3	7,0	0,51 – 1,0	0,61 – 1,2
Alto	2,0	20,0	0,4	20,0	1,01 – 1,75	1,21 – 2,5
Muy alto	3,0	30,0	0,6	30,0	1,76+	2,51+
toxico	>3,0	>50,0	>3,0	>50,0	>3,0	>4,0

TABLA N° 21

RANGOS DE CALIDAD EN LAS AGUAS DE RIEGO

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RANGO USUAL EN AGUA DE RIEGO
Contenido de Sales Conductividad eléctrica	CE	Mmho/cm	0 – 3
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	mg/L	0 – 20
Magnesio	Mg ²⁺	mg/L	0 – 5
Sodio	Na ⁺	mg/L	0 – 40
Carbonato	CO ₃ ⁽⁻²⁾	mg/L	0 – 0,1
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	mg/L	0 – 10
Cloruro	Cl ⁻	mg/L	0 – 30
Sulfato	SO ₄ ⁽⁻²⁾	mg/L	0 – 20
Nutrientes			
Nitrógeno nítrico	NO ₃ N	mg/L	0 – 10
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ N	mg/L	0 – 5
Fosfato	PO ₄ P	mg/L	0 – 2
Potasio	K ⁺	mg/L	0 – 2
Otros			
Boro	B	mg/L	0 – 2

5.1 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS

- a) **Interpretación de la Calidad del agua de Riego.**- La salinidad total es determinada por la medición de la conductividad de agua. (CE) es expresada en unidades deci Siemens por metro ($dSm - 1$) o en milimhos por centímetro ($mmhos\ cm - 1$). También puede ser expresada como la cantidad total de sales disueltas (TDS)

donde :

$$TDS\ (en\ ppm\ o\ mgL - 1) = 640 * CE\ (en\ dSm - 1\ o\ mmhos\ cm - 1)$$

TABLA N° 22

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE RIEGO BASADA EN SU CE y TDS

PELIGRO DE SALINIDAD	CARACTERISTICAS	CE dSm - 1	TDS ppm
Bajo (C1)	Bajo peligro de salinidad, no se espera efectos dañinos sobre las plantas y suelos	<0,25	<160
Medio (C2)	Plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderada lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo.	0,25 - 0,75	160 - 500
Alto (C3)	Salinidad afectara a muchas plantas, requiere selección de plantas tolerables a la salinidad, buen drenaje y lixiviación.	0,75 - 2,25	500 - 1500
Muy Alto (C4)	Generalmente no aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales, se requiere excelente drenaje y lixiviación.	>2,25	>1500

1. SAR (relación de absorción de sodio) :

$$SAR = \frac{Na \text{ en meq } L^{-1}}{\left(\frac{Ca^{+}Mg \text{ en meq } L^{-1}}{2} \right)^{(-1/2)}}$$

TABLA N° 23

PELIGRO DE SODIO BASADO EN EL VALOR DEL SAR

PELIGRO DE SODIO	SAR DEL AGUA	COMENTARIOS SOBRE EL PELIGRO DE SODIO
Bajo (S1)	<10	Puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura
Medio (S2)	10 – 18	Puede desmejorarse la permeabilidad de los suelos de textura fina con alta CIC. Puede usarse en suelos de textura gruesa con buen drenaje.
Alto (S3)	18 – 26	Se producen, daños de los suelos, por acumulación de sodio. Se requerirá intensivas prácticas de aplicación de enmiendas, drenaje y lixiviación.
Muy Alto (S4)	>26	Generalmente no recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajo contenido de sales. Se requerirá practicas de manejo.

2. Carbonato de sodio residual (RSC). Tercer criterio que se usa para juzgar el peligro de sodio en las aguas de riego. Es definido como :

$$RSC = (CO_3 + HCO_2) - (Ca + Mg)$$

TABLA N° 24

PELIGRO DE SODIO BASADO EN EL VALOR DEL RSC

VALORES DE RSC (meq L ⁻¹)	PELIGRO DE SODIO
<0 (valores negativos)	Ninguno. Ca y Mg del agua no participarán como carbonatos, ello se mantienen activos para prevenir la acumulación de sodio en los sitios de cambio de la CIC.
0 – 1,25	Bajo. Existe alguna democión del Ca y Mg del agua de Riego.
1,25 – 2,50	Medio. Apreciable remoción de Ca y mg del agua de riego.
>2,50	Alto. Todo o mayor parte del Ca y Mg del agua de riego es removido como carbonato precipitado produciendo acumulación de sodio.

b) Interpretación de la Calidad del Suelo Salino :

TABLA N° 25

SALINIDAD	
CLASIFICACION DEL SUELO	CE (es)
Muy ligeramente salino	<2
Ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 – 8
Fuertemente salino	>8

TABLA N° 26

REACCION O pH	
CLASIFICACION DEL SUELO	pH
Fuertemente ácido	<5,5
Moderadamente Ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente Ácido	6,1 – 6,5
Neutro	7,0
Ligeramente alcalino	7,1 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalino	>8,5

TABLA N° 27

MACROELEMENTOS	MATERIA ORGANICA	FOSFORO DISPONIBLE	POTASIO DISPONIBLE
Clasificación	%	Ppm P	Ppm K
Bajo	<2,0	<7,0	<100
Medio	2 – 4	7 – 14	100 – 240
Alto	>4,0	>14,0	>240

TABLA N° 28

RELACIONES CATIONICAS		
Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
Normal	0,2 – 0,3	5
Defc. Mg	>0,5	
Defc. K	<0,2	
Defc. Mg		>10

TABLA N° 29

DISTRIBUCION DE CATIONES %	
Ca ⁺²	60 – 75
Mg ⁺²	15 – 20
K ⁺	3 – 7
Na ⁺	<15

TABLA N° 30

COMPARACION DE LOS SUELOS DE ACUERDO A SU pH, CONTENIDO DE SALES Y SODIO CAMBIABLE			
SUELO	pH	C.E. (mmhos/cm)	%SATURACION DE SODIO
Normal	6.5-7.5	<4	<15
Acido	<6.5	<4	<15
Salino	<8.5	>4	<15
Salino – Sódico	<8.5	>4	>15
Sódico	<8.5	<4	>15

c) Interpretación de la Calidad del Suelo.- Caracterización

TABLA N° 31

SALINIDAD	
CLASIFICACION DEL SUELO	CE (es)
Muy ligeramente salino	<2
Ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 – 8
Fuertemente salino	>8

TABLA N° 32

REACCION O pH	
CLASIFICACION DEL SUELO	pH
Fuertemente ácido	<5,5
Moderadamente Ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente Ácido	6,1 – 6,5
Neutro	7,0
Ligeramente alcalino	7,1 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalino	>8,5

TABLA N° 33

MACROELEMENTOS	MATERIA ORGANICA	FOSFORO DISPONIBLE	POTASIO DISPONIBLE
Clasificación	%	Ppm P	Ppm K
Bajo	<2,0	<7,0	<100
Medio	2 - 4	7 - 14	100 - 240
Alto	>4,0	>14,0	>240

TABLA N° 34

DISTRIBUCION DE CATIONES %	
Ca ⁺²	60 - 75
Mg ⁺²	15 - 20
K ⁺	3 - 7
Na ⁺	<15

TABLA N° 35

RELACIONES CATIONICAS		
Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
Normal	0,2 - 0,3	5 - 9
Defc. Mg	>0,5	
Defc. K	<0,2	
Defc. Mg		>10

TABLA N° 36

CLASES ESTRUCTURALES	
A = arena	Fr. Ar. A = Franco arcillo arenoso
A.Fr = arena franca	Fr. Ar = Franco arcilloso
Fr. A = Franco Arenoso	Fr. Ar. L = Franco arcillo limoso
Fr. = franco	Ar. A = Arcillo arenoso
Fr. L = Franco Limoso	Ar. L = Arcillo limoso
L. = Limoso	Ar = Arcilloso

TABLA N° 37

CIC (me/100 g DE SUELO)	
CLASIFICACION	(me/100 g DE SUELO)
Muy bajo	Menos de 6
Bajo	6 - 12
Medio	13 - 25
Alto	25 - 40
Muy Alto	Más de 40

5.1.1 DETERMINACION DE pH EN EXTRACTO DE SUELO

a) Reactivos :

1. Solución de buffer de Pas : 4,0; 7,0; 10,0

- Solución buffer de pH. 4,0 : pesar 5,105 g de biftalato de potasio seco á 105°C y disolver en agua destilada previamente hervida y enfriada, llevar a volumen de 500ml, agregue un cristal de timol 1 ml de cloroformo para preservar.

- Agua destilada. En análisis se usa agua destilada o deshionizada. Al estar en contacto con el CO₂ del medio ambiente el pH es de 5,8 – 6,0, su conductividad eléctrica es de 3 – 5 micromhos/cm, en algunos casos se requiere agua destilada libre de CO₂, esta puede ser preparada hirviendo, esta agua tendrá un pH de 6,8 – 7,2 y muy probable que tenga una conductividad eléctrica menor á 3 micromhos/cm

2. Procedimiento :

- Calibrar el potenciómetro con las soluciones estándar.
- Enjuagar el electrodo
- Tomar la lectura del extracto de suelo y anotar la lectura.

3. Cálculos, la lectura es directa en el pHmetro cuidando homogenizar la mezcla suelo-agua.

b) Determinación de Cloruros.- El Ion cloruro se combina con el Ion plata, formado cloruro de plata. El indicador cromato de potasio, indica el punto final de la titulación del cloruro.

Posteriores modificaciones han desarrollado nuevos métodos por ser de interés se describe primero el basado en la reacción con el AgNO_3

1. Reactivos.- Indicador cromato de potasio al 5% disolver 5 g de la sal K_2CrO_4 polvo en 100 ml, estandarizar contra una solución de NaCl 0,14N. Almacenar en una botella de color ámbar.

2. Procedimientos :

- Tomar una alícuota del extracto de saturación, de 2,4 a 5ml
- Adicionar 1 ml del indicador K_2CrO_4
- Titular con el AgNO_3 estandarizado hasta cambio de color

3. Cálculos :

$$\text{Cl}^- \text{ me / L} = \frac{N(\text{AgNO}_3) * V (\text{AgNO}_3) 1000 \text{ ml}}{\text{Vol. d muestra}}$$

c) Determinación de Azufre en Extracto de Suelos :

- Reactivos

- Cloruro de bario

1. Procedimiento :

- Del extracto de suelo tomar una alícuota de 2 ml, adicionar 8 ml de agua desionizada
- Agregar 10 ml de cloruro de bario
- Si al adicionar esta cantidad se hace presente la aparición de turbulencia se procede a completar la cantidad de 50 ml con agua destilada.
- En caso contrario se adicionara mas cantidad de cloruro de bario siempre en múltiplo de 10, hasta encontrar la turbidez, y completar hasta un volumen de 50 ml con agua desionizada.
- Esperar unos 15 minutos y proceder a la lectura en el espectrofotómetro, a una $\lambda = 420$ nm

2. Cálculos.- Extrapolar los datos de la curva y reportar

$$SO_4 = \left(\frac{50}{a} \right) * \left(\frac{Lectura}{48} \right) * Factor\ de\ Dilución$$

Factor de dilución = Puede ser (10/1) ó (100/1)

Peso en mg de 1me de sulfato = $96/2 = 48$

a = alícuota variable, depende de la conductividad eléctrica.

d) Determinación de Nitratos en Extractos de Suelos :**1. Reactivos :**

- NaOH 4,0N
- Acido Salicilico al 5% H₂SO₄ QP
- Estándares N – NO₃

2. Procedimiento :

- Hacer la curva de la siguiente manera : Con los estándares (N – NO₃) de 0,4 y 8 ppm tomar 0,5 ml de alícuota.
- 1 ml de solución de ácido salicílico al 5% ácido sulfúrico QP, el cual es muy sensible a la luz, por lo que es preferible guardarlo en un lugar oscuro.
- Agitar y dejar reposar unos 20 minutos.
- Para lealmente se trabaja de la misma manera con el extracto de suelo, se toma una alícuota de 0,5 ml y se le adiciona 1 ml de ácido salicílico.
- Finalmente adicionar 10 ml de NaOH 4,0N, dejar enfriar y proceder a la lectura, en el espectrofotómetro. $\lambda = 410 \text{ nm}$

3. Cálculos.- Con los datos de la curva obtenemos el ajuste a una línea recta donde se pueden hallar con las lecturas tomadas los valores de concentración buscados, a través de graficar los valores de absorbancia obtenidos para la serie de patrones estándares versus concentración de nitrógeno---nitrato (N – NO₃). Para obtener de la Lectura la LRL :

$$Factor = \frac{V \text{ Total}}{V \text{ muestra} * PM(NO_3^-)}$$

$$Factor = \frac{11,5}{62 * 0,5} = 0,371$$

$$NO_3^- = Factor * LRL$$

e) **Determinación de Microelementos : Cu, Zn, Mn, Fe.**- En este caso procedemos a una lectura directa en el equipo de Absorción Atómica

1. Cálculos, para obtener el resultado de la Absorción Atómica se le debe multiplicar por un factor, el cual se calcula de la siguiente relación :

$$Factor = \frac{Volumen \text{ de enrrase}}{Peso \text{ de muestra atacada}}$$

$$Factor = \frac{50}{1} = 50$$

$$\text{Microelemento} = \text{Lect} * \text{Factor}$$

La concentración se expresa en ppm

f) **Determinación de Macroelementos : Ca, Mg, K, Na.**- En este caso se procede a diluir : Ca y Mg se diluyen con la solución de lantano al 1%, el K y Na se diluyen con agua deshionizada, una vez realizada esta operación se procede a la lectura.

Si por alguna razón la lectura no esta dentro de la curva de calibración deberá efectuarse una nueva dilución y esta se registrara para efectos de cálculo.

Se efectuaran las diluciones de la siguiente manera :

Para la lectura se hacen diluciones si fuera necesario (D = dilución)

Primera dilución : 1/10, D = 10

Segunda dilución : 1/100, D = 100

Tercera dilución : 1/1000, D = 1000

Cálculos, para obtener el resultado de la Absorción Atómica se le debe multiplicar por un factor, el cual se calcula de la siguiente relación :

$$\text{Factor} = \frac{\text{Volumen de enrrase}}{\text{peso de muestra atacada}}$$

En el caso que hubiera que diluir más :

$$\text{Factor} = \frac{50}{1000} = 50$$

La concentración se expresa en porcentaje debido a que los valores obtenidos en ppm son muy altos para lo cual dividimos entre 10,000

$$\text{Macromutriente \%} = \frac{\text{Lectura} * \text{D} * \text{Factor}}{10000}$$

VI DISCUSION DE RESULTADOS

De las muestras analizadas esta presentando el cuadro resumen, luego del cuadro con los rangos por elemento desarrollada en el capítulo V (Rangos tolerables de nutrientes), la interpretación viene dada por el cruce de ambas informaciones que nos reportara el estado actual de la muestra representativa que se ha analizado, a continuación el detalle de acuerdo a muestra:

a) Muestra de suelo.- Proveniente del distrito de La Victoria

De acuerdo a la Tabla de Interpretación se obtienen las siguientes conclusiones :

Ligeramente alcalino y salino

La materia orgánica se encuentra en un nivel medio

El fósforo y potasio bastante buenos

De acuerdo a su textura se trata de un suelo franco arenoso

Boro se encuentra dentro de los límites permisibles, buena tolerancia

No se dispone de buena cantidad de nitrógeno

Respecto a los micronutrientes están en un nivel alto: Zn, Cu, Mn y el Fe se encuentra en un nivel medio.

De las relaciones catiónicas :

$$K/Mg = 0,792$$

$$Ca/Mg = 9,99$$

Se concluye un déficit de magnesio, aunque las propiedades físicas son buenas.

TABLA N° 38

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	MUESTRA : SUELO
pH			7,2
Contenido de Sales			
Conductividad eléctrica	CE	Mmho/cm	3,42
Propiedades físicas			
Textura			Franco arenoso
{ - Arena		%	10
{ - Limo		%	34
{ - Arcilla		%	56
Coefficientes hídricos		%	
{ - HE		%	66,43
{ - CC		%	55,81
{ - PM		%	
Carbonatos		%	30,33
Aluminio		%	1,1
Materia orgánica		%	0
			3,32
Cationes y aniones			
CIC			
Calcio	Ca ²⁺	Me/100 g s	12,16
Magnesio	Mg ²⁺	Me/100 g s	10,09
Sodio	Na ⁺	Me/100 g s	1,01
Potasio	K ⁺	Me/100 g s	0,26
Sulfato	SO ₄ ⁽⁻²⁾	Me/100 g s	0,8
		mg/L	2,5
Nutrientes			
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ -N	%	0,014
Fósforo	PO ₄ -P	ppm	30,1
Potasio disponible	K ⁺	ppm	657
Micronutrientes			
Zinc	Zn	ppm	6,7
Cobre	Cu	ppm	1,7
Manganeso	Mn	ppm	4,0
Fierro	Fe	ppm	8,4
Elementos pesados			
Plomo	Pb	ppm	147,5
Cadmio	Cd		2,5
Cromo	Cr		14,5
Otros			
Boro	B		2,487

b) Muestra de Planta.- Son hojas de pimiento

De acuerdo a la Tabla de Interpretación se obtienen las siguientes conclusiones :

Los micronutrientes se encuentran altos

El boro se encuentra en un nivel toxico

El fósforo se encuentra en déficit y el nitrógeno en tolerancia media

De las relaciones catiónicas :

$$K/Mg = 0,295$$

$$Ca/Mg = 1.635$$

Se reporta un déficit de Ca y Mg, en un nivel intermedio se encuentra el potasio.

TABLA N° 39

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	MUESTRA : PLANTA
Materia seca		%	18,39
Macronutrientes			
Calcio	Ca ²⁺	%	1,645
Magnesio	Mg ²⁺	%	0,995
Sodio	Na ⁺	%	11,55
Potasio	K ⁺	%	0,294
Sulfato	SO ₄ ⁽⁻²⁾	%	0,30
Cloro	Cl ⁻	%	0,31
Nutrientes			
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ N	%	3,61
Fósforo	PO ₄ P	%	0,32
Micronutrientes			
Zinc	Zn	ppm	26,5
Cobre	Cu	ppm	23,0
Manganeso	Mn	ppm	90,5
Fierro	Fe	ppm	2080
Boro	B	ppm	151,5

c) Muestra de Suelo Salino.- Proveniente de Chiclayo

TABLA N° 40

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	MUESTRA : SUELO SALINO
pH	pH		7,8
Contenido de Sales			
Conductividad eléctrica	CE	Mmhos	7,2
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	Me/L	22,40
Magnesio	Mg ²⁺	Me/L	11,25
Sodio	Na ⁺	Me/L	0,705
Potasio	K ⁺	Me/L	27,43
Nutrientes			
Nitrato	NH ₄ ⁻ N	Me/L	0,048
Carbonato	CO ₃ ⁻	Me/L	0,00
Bicarbonato	HCO ₂ ⁻	Me/L	1,44
Cloruro	Cl ⁻	Me/L	40,0
Sulfato	SO ₄ ⁽⁻²⁾	Me/L	22,94
Otros			
Boro	B	ppm	1,7636
psi		%	44,4

De acuerdo a la Tabla de Interpretación se obtienen las siguientes conclusiones :

Ligeramente alcalino

Moderadamente salino

De las relaciones catiónicas :

$$K/Mg = 2,438$$

$$Ca/Mg = 1,99$$

La calidad de acuerdo al boro tolerancia media

De acuerdo al PSI la absorción de agua es media

En conclusión se reporta buena cantidad disponible de potasio y magnesio, pero existe un déficit de calcio, se recomienda no agregar aguas de calidades mayores a C2 – S2, para evitar absorción de sales.

d) Muestra de Agua.- Proveniente de Lanchas – PARACAS

TABLA N° 41

PARÁMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	MUESTRA : AGUA
pH	pH		7,3
Contenido de Sales			
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	3,83
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	Me/L	12,45
Magnesio	Mg ²⁺	Me/L	1,50
Sodio	Na ⁺	Me/L	34,78
Potasio	K ⁺	Me/L	0,65
Nutrientes			
Nitrato	NH ₄ ⁻ N	Me/L	0,09
Carbonato	CO ₃ ⁻	Me/L	0,00
Bicarbonato	HCO ₂ ⁻	Me/L	1,25
Cloruro	Cl ⁻	Me/L	32,5
Sulfato	SO ₄ ⁽⁻²⁾	Me/L	12,50
Otros			
Boro	B	ppm	0,4098
Psi		%	44,4
Sodio		%	70,43
SAR		%	13,16

De acuerdo a la Tabla de Interpretación se obtienen las siguientes conclusiones :

De acuerdo a la interpretación de datos tenemos :

Ligeramente alcalino

Moderadamente salino

De las relaciones catiónicas :

$$K/Mg = 0,43$$

$$Ca/Mg = 8,3$$

El boro se encuentra dentro de los límites permisibles, es tolerante a los cultivos

Contenido de SAR medio

De acuerdo a los datos obtenidos el agua tiene una calidad de C4-S4 y se considera no apta para cultivos, ya que provocaría una excesiva absorción de Na- que tendría efectos muy perjudiciales en cuanto a estructura física, también se reportara un déficit de magnesio.

VII EVALUACION DE EQUIPOS INSTRUMENTALES EXISTENTES EN EL LABORATORIO DE ANALISIS POR INSTRUMENTACION

En este capitulo daremos referencia a los equipos e instrumentos existentes características y su condición actual.

7.1 EQUIPOS OPERATIVOS

a) Equipo Espectrofotómetro Ultravioleta - Visible de Doble Haz :

Marca : Perkin Elmer

Modelo : Lambda 3B

Características :

Rango de longitud de onda : 190 – 900 nm

Modos ordinarios :

Absorbancia : – 0,301 á 3000^a

Transmitancia : 0,0 á 200% T

Concentración : 0,001 á 9999

Velocidad de scaneo :

480, 120, 60, 15 nm/min a una frecuencia de 60 ó 50 Hz

Humedad : 15 – 85% HR

Temperatura ambiente : 15 – 35°C

Requerimiento de energía :

105/210, 117/230, +15%, - 10% VAC. 50 ó 60Hz. 250 VA

Dimensiones :

Largo 0,65 m

Ancho 0,56 m

Altura 0,205 m

Accesorios : celda de cuarzo de 1 cm de paso de luz

Documentación :

Manuales de funcionamiento, Lambda 3 Spectrophotometers C099 - 0993, Mayo 1986

Norwalk, connecticut USA.

Estado actual de funcionamiento: Operativo

b) Conductímetro :

Marca : Radelkis K.T. sz. Budapest II, Lukacs u.6

Modelo : OK - 102/1

Características :

Alcance de medición: 0 - 500 mS en 12 bandas

Limites de medición :

0 - 1,5 μ S - 5 μ S - 15 μ S

50 μ S - 150 μ S, 500 μ S

0 - 1,5 mS - 5 mS - 15 mS

50 mS - 150 mS - 500 mS

Frecuencia de medición

0 – 150 μ S 80Hz \pm 20%

500 μ S – 500 mS 3KHz \pm 20 Hz

Tensiones de alimentación : 110, 127, 220 V

Frecuencia de la red : 50 Hz

Consumo de potencia : 18VA

Dimensiones

Largo 0,25 m

Ancho 0,22 m

Altura 0,19 m

Accesorios :

1 electrodo de medición, montado con cable de conexión (código: OK – 902)

2 cartuchos de fusibles de 0.1 A, para 220 V.

c) Documentación :

Manual de instrucciones

Estado actual de funcionamiento : Bueno

Potenciómetro digital pH/analizador de ión

Marca : ORION

Modelo : 701 A

Características :

Rangos

MV relativos : - 1999,9 á + 1999,9

MV absolutos : - 1999,9 á + 1999,9

Presión relativa

 $\pm 0,002$ pH $\pm 0,1$ mV ó 0,05% de una lectura

Selector de funciones

REL MV; STD BY; pH/.1; pH/.001

Perilla de compensación de temperatura : 0 – 100°C

Indicador de sople : 80 – 100%

Requerimientos eléctricos :

110/115/220/240 V ($\pm 10\%$) 50/60 Hz. 18 watts.

Dimensiones :

Largo 0,09 m

Ancho 0,33 m

Altura 0,18 m

Accesorios :

Un soporte para electrodos

Tres electrodos combinados de pH marca Orión modelo 9105

Electrodos de iones específicos de: Cadmio, plomo, cobre, sodio, plata, cloruros.

Documentación :

Manual de instrucción modelo 701 A Digital pH/mv meter ORION

RESEARCH INCORPORATED

Estado de funcionamiento : Operativo

7.2 EQUIPOS NO OPERATIVOS

a) Espectrofotómetro de Absorción Atómica :

Marca : Perkin Elmer

Modelo : 3110

Características :

Humedad : 20 – 80 % HR

Temperatura ambiente : 10 – 35°C, con una velocidad máxima de cambio de 2,8°C
por hora.

Requerimiento de energía :

100, 120, 220, 230, 240 voltios á 50 ó 60 Hz, 150 watts ó 250 watts con el
corrector opcional de fuente continua Background

Dimensiones :

Largo 0,72 m

Ancho 0,55 m

Altura 0,39 m

Accesorios :

1 campana extractora

2 cabezales de quemador, de 5 – 10 cm. Respectivamente

Lámparas de cátodo hueco : Calcio-magnesio, wolframio, plomo, cobre, zinc,
fierro, marca perkin Elmer, silicio, aluminio, marca
vWR scientific.

Un compresor de aire, marca Gast Modelo 3HBB – 34T-M300X

Un filtro secador de aire

1 balón de acetileno

1 balón de oxido nitroso (volumen 3,700 L, peso 7 Kg presión 454 bar á 15°C.)

Documentación :

Manuales de funcionamiento, modelo 3110 Atomic Absorption Spectrometer.

Estado actual de funcionamiento : No Operativo

Observación : El equipo se encuentra en buen estado, pero le faltan suministrar gases aire – acetileno, comprar los estándares de calibración.

VIII REACTIVOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

8.1 ACONDICIONAMIENTO DEL AMBIENTE

El laboratorio debe estar protegido en cuanto a exceso de calor, vibraciones, polvo o interferencias de cualquier tipo, la humedad es un riesgo que conduce a la corrosión de los instrumentos, para lo cual se requiere contar con un acondicionador y deshumecedor ya que para los equipos se requiere una temperatura de 10 – 35°C y una humedad relativa entre 15 y 85%.

Además de ello se requiere implementos de seguridad como son :

- a) Extintores en la sala de equipos del tipo C (gas carbónico)
- b) Botiquín de primeros auxilios
- c) Ducha de ojos, de preferencia cerca al lavadero

Todos los integrantes del laboratorio deben contar con :

- a) Guardapolvo blanco
- b) Guante
- c) lentes de protección
- d) Mascaras respiratorias de cartuchos

8.2 ESTANDARES PARA LA CALIBRACIÓN

Para garantizar la confiabilidad de los resultados los estándares deben ser adquiridos comercialmente de proveedores certificados, los estándares que utilizaremos para las determinaciones propuestas son los siguientes :

TABLA N° 42

ESTANDARES DE CALIBRACION				
MARCA	EQUIPOS	COTIZ N° 1	COTIZ N° 2	MODELO
	Solución estándar de calcio 1000ppm			
	Solución estándar de magnesio 1000ppm			
	Solución estándar de sodio 1000ppm			
	Solución estándar de potasio 1000ppm			
	Solución estándar de cobre 1000ppm			
	Solución estándar de zinc 1000ppm			
	Solución estándar de manganeso 1000ppm			
	Solución estándar de plomo 1000ppm			
	Solución estándar de cromo 1000ppm			
	Solución estándar de cadmio 1000ppm			
	Solución estándar de fierro 1000ppm			

8.3 REACTIVOS NECESARIOS PARA LAS DIFERENTES DETERMINACIONES

Al ingresar los reactivos deben ser codificados, rotulados y colocados en el lugar destinado para su conservación cabe resaltar que en cada método se esta detallando la preparación de los reactivos a utilizar.

8.4 MATERIALES DE VIDRIO Y PLASTICO

Es importante destacar que el material de vidrio mas adecuado es el tipo borosilicato resistente al calor, golpes, álcalis e inerte a continuación se presentan los cuadros correspondientes.

8.5 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACION

Los equipos necesarios para la implementación del laboratorio de Análisis Químico de Suelos, se encuentra en la relación siguiente, la cual expresa costos Nombre del equipo y modelo, más especificaciones y fichas técnicas de los equipos propuestos se encuentran en el anexo-equipos, a continuación la relación de Equipos y costos definidos para la inversión :

a) Estimación de la Inversión del Proyecto.-Es un factor decisivo para saber cuan rentable es nuestro proyecto.

1. Capital Fijo.- Nos fijaremos solo en costos de equipos y materiales para la instrumentación

TABLA N° 43

EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACION		
CODIGO	EQUIPOS	COTIZACIÓN (\$)
	Espectrofotómetro Uv – visible	12 772
CA – 0030	Agitador de tubos, Vortex	476,0
M6.1	Agitador magnético	635,46
SG – 0023	Conductímetro	1 618,4
SG – 0003	Potenciómetro	1 044,82
HO – 0050	Balanza electrónica 0,1mg	2 439,5
	Equipo de filtración al vacío	58,7
CC – 0180	Cabina extractora de gases	8 365,7
CA – 0040	Cocinillas calefactoras	247,52
	Centrifugador de 8 tubos	250
	Equipo de Secado	2 500,0
	Jarra para hidrómetros	
	Hidrómetro de suelo ASTM	
	Equipo ablandador de agua, destilador	1 200
	Termómetro	7,4
	Horno de fuego directo	2115
SC60C	Estufa de aire forzado	1 387,5
	Molino chico	1202
	Desecador con silicagel (desecante)	128,6
	Embudo con filtro y elemento de soporte	58,6
VB – 0100	Bomba de vacío de membrana	1 666,0
VB – 0120	Regulador de Vacío para bomba de membrana	278,46
H30/45C	Cocinilla Calefactora con Plancha de Ceran	1092
	Refrigeradora	1100

TABLA N° 44

MATERIALES DE PLASTICO Y OTROS			
CANTIDAD	EQUIPOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
12	Embudos	6,0	72,0
10	Frascos goteros	15,0	150,0
36	Tubo de plástico	3,0	108,0
6	Pizetas	10,0	60,0
3	Pinzas porta buretas	25,0	75,0
50	Papel de filtro Whatman / pliego	3,0	150,0
2	Mortero con pilón de porcelana	40,0	80,0
3	Bidones para agua destilada	12,0	36,0
2	Juego de Espátulas	14,0	28,0
6	Escobillas	1,0	6,0
12	bandejas	5,0	60,0
3	Pinzas balón + pinza bureta	49,0	147,0
3	Soporte universal	16,0	48,0
6	Gradillas	6,0	36,0
3	Bombilla de succión	15,0	45,0

TABLA N° 45

MATERIAL DE VIDRIO			
CANTIDAD	EQUIPOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
3	Embudos	15,00	45,00
24	Tubos de ensayo (4 medidas)	11,00	264
3	Fiolas (10 – 50 – 100 – 500 – 1000 cc)	188,00	564,00
5	Pipetas (0,1, 1, 5, 10, 25 ml)	52,00	260,00
2	Probeta (10, 25, 50, 100, 250 cc)	151,00	302,00
3	Bureta 10, 25, 50 cc	360,00	1080,00
6	Varilla de vidrio	8,00	48,00
3	Luna de reloj 9, 15, 12, 20 mm	50,00	150,00
2	Tubo refrigerante	70,00	140,00
3	Matraz (125, 250, 500, 1000 cc)	116,00	348,00
3	Erlenmeyer (50, 100, 250, 500, 1000 cc)	103,00	309,00
2	Balones de vidrio 4 L	200,00	400,00
3	Baguetas	3,00	9,00
5	Frasco de vidrio para reactivos (250, 500 cc)	60,00	300,00

2. **Capital de Trabajo.**- Es referido a la materia prima, solo consideraremos el costo en

1001361000	Ácido benzoico	133,30	No requiere permiso
1001650500	Ácido bórico	40,30	No requiere permiso
1002440500	Ácido cítrico monohidratado	34,40	No requiere permiso
1003171000	Acido clorhídrico	14,30	Si requiere permiso
1005460500	Acido metafosfórico	207,30	No requiere permiso
1004561000	Acido nítrico	19,00	Si requiere permiso
1004950500	Ácido oxálico dihidratado	56,30	No requiere permiso
1005192500	Acido perclórico	119,00	Si requiere permiso
8187310100	Acido salicílico	23,70	No requiere permiso
1006820250	Ácido succínico	40,90	No requiere permiso
1007311000	Acido sulfúrico	16,60	Si requiere permiso
1010570250	Alambre de aluminio	118,50	No requiere permiso
1009792500	Alcohol amílico (isoamílico)	99,50	No requiere permiso
1009831011	Alcohol etílico (etanol)	20,50	No requiere permiso
1060092500	Alcohol metílico	17,20	No requiere permiso
1060095000	Alcohol metílico	29,60	No requiere permiso
1012520250	Almidón soluble	51,60	No requiere permiso
1004030100	Anhidrido molibdicó	124,40	No requiere permiso
1063291000	Bicarbonato de sodio	28,50	No requiere permiso
1048850500	Bisulfato de potasio	55,70	No requiere permiso
1063080500	Borato de sodio	34,40	No requiere permiso
1063080500	Bórax	34,40	No requiere permiso
1019441000	Bromoformo	497,40	No requiere permiso
1049050500	Bromuro de potasio	48,60	No requiere permiso
1063601000	Bromuro de sodio	52,10	No requiere permiso
1020040250	Cadmio Granulado	174,70	No requiere permiso
1021861000	Carbón activado	113,70	No requiere permiso
1017140250	Carbonato de bario	65,20	No requiere permiso
1020660250	Carbonato de calcio	41,50	No requiere permiso
1058270250	Carbonato de magnesio	74,10	No requiere permiso
1049280500	Carbonato de potasio	58,10	Si requiere permiso
1063920500	Carbonato de sodio anhidro	46,20	Si requiere permiso
1063911000	Carbonato de sodio Decahidratado	37,90	Si requiere permiso
1047240025	Carmín índigo	35,60	No requiere permiso
1011540500	Citrato de amonio	59,20	No requiere permiso
1064481000	Citrato de sodio dihidratado	71,10	No requiere permiso
1049440500	Clorato de potasio	47,40	No requiere permiso
1064201000	Clorato de sodio	91,80	No requiere permiso
1010841000	Cloruro de aluminio hexahidratado	62,20	No requiere permiso
1011451000	Cloruro de amonio	29,60	Si requiere permiso
1017191000	Cloruro de bario dihidratado	50,40	No requiere permiso
1023821000	Cloruro de calcio dihidratado	52,10	No requiere permiso
1025390100	Cloruro de cobalto hexahidratado	207,30	No requiere permiso
1078150250	Cloruro de estaño dihidratado	77,10	No requiere permiso
1046160250	Cloruro de hidroxilamina	79,40	No requiere permiso
1056790100	Cloruro de litio	40,30	No requiere permiso
1044191000	Cloruro de mercurio II	88,90	No requiere permiso

1027030250	Cobre metálico	125,60	No requiere permiso
1049521000	Cromato de potasio	41,50	No requiere permiso
1048641000	Dicromato de sodio	12,00	No requiere permiso
1030860100	Difenilamina	52,70	No requiere permiso
1030920005	Dithizona	186,50	No requiere permiso
1065070500	Ditionito de sodio	74,20	No requiere permiso
1084180250	EDTA – sódico	53,30	No requiere permiso
1031700025	Ericromo negro T	41,50	No requiere permiso
1002061000	Fenol en cristales	52,70	No requiere permiso
1072330025	Fenoltaleina	35,60	No requiere permiso
1072330500	Fenoltaleina	47,40	No requiere permiso
1038190100	Fierro (EISEN)	68,10	No requiere permiso
1011641000	Fluoruro de amonio	44,40	No requiere permiso
1064490250	Fluoruro de sodio	207,30	No requiere permiso
1012070500	Fosfato de amonio	41,50	No requiere permiso
1050991000	Fosfato de potasio Trihidratado	103,10	No requiere permiso
1051041000	Fosfato de potasio anhidro	42,70	No requiere permiso
1065791000	Fosfato de sodio dodecahidratado	36,80	No requiere permiso
1065801000	Fosfato de sodio dihidratado	83,10	No requiere permiso
1065860500	Fosfato de sodio anhidro	71,10	No requiere permiso
1083370250	Glucosa anhidra PFB	37,90	No requiere permiso
8223330250	Hidroquinona	36,20	No requiere permiso
1054322500	Hidróxido de amonio 25%	26,10	No requiere permiso
1017370500	Hidróxido de bario octahidratado	23,70	No requiere permiso
1020470500	Hidróxido de calcio	24,30	No requiere permiso
1050330500	Hidróxido de potasio	22,30	No requiere permiso
1064981000	Hidróxido de sodio	74,20	No requiere permiso
8058170250	Magnesio metálico	42,70	No requiere permiso
1012260100	Metavanadato de amonio	23,70	No requiere permiso
1013220025	Metil orange	15,40	No requiere permiso
1065210250	Molibdato de sodio dihidratado	72,90	No requiere permiso
1011881000	Nitrato de amonio	69,90	No requiere permiso
1025360100	Nitrato de cobalto II hexahidratado	51,60	No requiere permiso
1058530500	Nitrato de magnesio hexahidratado	127,40	No requiere permiso
1065370500	Nitrato de sodio	50,40	No requiere permiso
1065490500	Nitrito de sodio	80,20	No requiere permiso
1067940025	3 – Nitrofenol Indicador	40,90	No requiere permiso
1011920250	Oxalato de Di -Amonio Monohidratado	35,10	No requiere permiso
1065570250	Oxalato Disódico	34,40	No requiere permiso
1021060500	Oxido de calcio	84,10	Si requiere permiso
1058650100	Oxido de magnesia	35,60	No requiere permiso
1039240100	Oxido férrico	58,70	No requiere permiso
1065640100	Perclorato de sodio monohidratado	40,30	No requiere permiso
1050821000	Permanganato de potasio	331,60	Si requiere permiso
1065910500	Pirofosfato de sodio	79,40	No requiere permiso
1060760100	Rojo de metilo indicador	47,40	No requiere permiso
1019691000	Silica gel con indicador de humedad	91,80	No requiere permiso

1117990100	Sulfanilamida	44,40	No requiere permiso
1012170100	Sulfato de amonio	111,30	No requiere permiso
1021610500	Sulfato de calcio dihidratado	59,20	No requiere permiso
1027901000	Sulfato de cobre pentahidratado	106,57	No requiere permiso
1058861000	Sulfato de magnesio heptahidratado	16,60	No requiere permiso
1027861000	Sulfato de manganeso	46,20	No requiere permiso
1044800050	Sulfato de mercurio II	42,70	No requiere permiso
1010471000	Sulfato de potasio y aluminio dodecahidratado	52,10	No requiere permiso
1066491000	Sulfato de sodio	99,50	Si requiere permiso
1088831000	Sulfato de zinc heptahidratado	67,50	No requiere permiso
1039651000	Sulfato ferroso heptahidratado	40,30	No requiere permiso
1037921000	Sulfato ferroso amoniacal	20,80	No requiere permiso
1048850500	Sulfato mono potásico	52,10	No requiere permiso
1066570500	Sulfito de sodio	64,10	No requiere permiso
1039561000	Sulfuro de fierro	106,60	No requiere permiso
1048740250	Ftalato ácido de potasio	54,50	No requiere permiso
1080920250	Tartrato de antimonio y potasio	31,40	No requiere permiso
1080871000	Tartrato sódico potásico	52,10	No requiere permiso
1012130500	Tiocianato de amonio	56,30	No requiere permiso

3. Estimación de la Inversión Total :

TABLA N° 47

COSTOS DIRECTOS	\$
Equipos Adquiridos	54 961,74
Materiales de plástico	314,6
Materiales de Vidrio	1 205,4
Total de Costos directos	56 481,74

TABLA N° 48

CAPITAL DE TRABAJO	\$
Costos de Reactivos Estándares	363,00
Costos de Materia Prima	8 725,1
Total de Capital de Trabajo	9 088,1

TABLA N° 49

Capital	\$
Total de Costos Directos	56 481,74
Total de Capital de Trabajo	9 088,1
Inversión Total del Capital	65 569,84

Para este proyecto se requerirá la suma de **65,569.84\$,** de inversión total

IX DISPOCISION DE LOS EQUIPOS EN EL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

El laboratorio Químico de suelos esta estudiado para ubicarse dentro de las instalaciones del Laboratorio de Instrumentación de la facultad de ingeniería química, se propone tres módulos de operación A, B, C y dos áreas de instrumentación, cuyas ubicaciones se muestran en la figura: Distribución de Planta.

Además se dispondrá de un ambiente dentro de la oficina del profesor (módulo A), en la cual se realizaran actividades administrativas y de consultaría para mejorar el servicio al cliente, como un valor agregado.

A continuación se hace la descripción de cada modulo :

- a) **MODULO A.-** Se encuentra en la oficina del profesor encargado del Laboratorio de Instrumentación. Aquí se propone instalar dos escritorios una computadora y fax, para la dirección de jefatura del laboratorio y una secretaria administrativa, donde se efectuará la atención al cliente y recepción de muestras.
- b) **MODULO B.-** Se encuentra al costado de la jefatura del laboratorio, aquí se ejecutaran las siguientes actividades :

Preparación de reactivos necesarios para los análisis, digestión de muestras y limpieza de materiales del laboratorio; para lo cual se requerirá de una campana extractora de gases, planchas de calentamiento, unidad de agua destilada que se encontrará pegada a la pared, armario con puertas corredizas, además se propone la construcción de mesas de concreto

revestidas con formica y se aprovechara la parte inferior para divisiones con puertas corredizas para guardar reactivos químicos, estándares, etc. Además del material portátil como agitadores magnéticos, equipos de filtración al vacío y un área libre para un eventual ensayo.

c) MODULO C.- Se encuentra en la sala de equipos, donde se ubicaran los equipos principales para las metodologías descritas como son: Espectrofotómetro de Absorción atómica, espectrofotómetro ultravioleta-visible, Phmetro, conductímetro y calcímetro, además debe contar con balanza analítica, desecador, estabilizadores de corriente y sistema de aire acondicionado – deshumecedor.

Los balones de gases (aire – acetileno) colocados al costado del espectrofotómetro de Absorción atómica, que deberán colocarse al lado de la pared y serán sujetados como medida de precaución y el compresor de aire entre ellos.

Debe contar con un mobiliario: Un armario, en donde se guardara lámparas, cátodo hueco, manuales originales y demás accesorios de los, cuadernos de registro, mesas rodantes que facilitaran las labores, sillas y bancas para los analistas

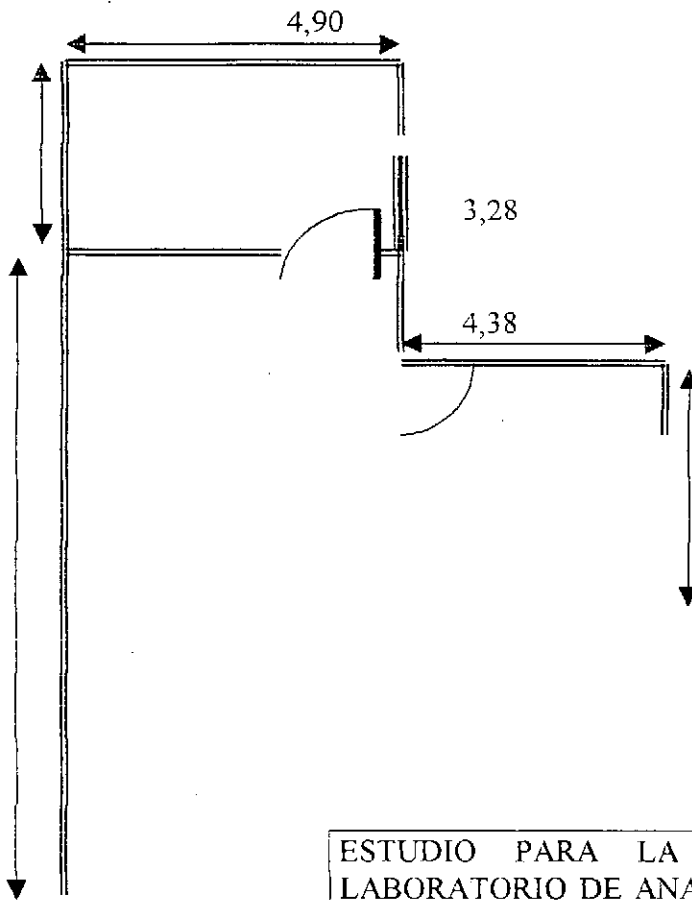
d) AREA DE INSTRUMENTACION N° 1.- Aquí se llevara a cabo la preparación de los extractos. Se habilitara un armario para reactivos químicos que correspondan al ensayo de una parte de los análisis mesas con mayólicas donde se habilitará un equipo de análisis micro Kjeldahl. Titulaciones, Agitadores, centrifuga y dilutores.

e) **AREA DE INSTRUMENTACION N° 2.**- Aquí se llevara a cabo la preparación de muestras el secado, molido, tamizaje y codificación por lotes para que ingresen al área de instrumentación.

Se habilitará una mesa para la determinación de textura, y en la parte inferior se guardarán materiales de vidrio y plástico, también un horno para la determinación del contenido de humedad y coeficientes hídricos.

FIGURA N° 1

MODULO C



ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS EN
LA FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Realizado : Juana Pajuelo Díaz

Plano : Distribución - Planta

Ubic : Lab. Instrumentación

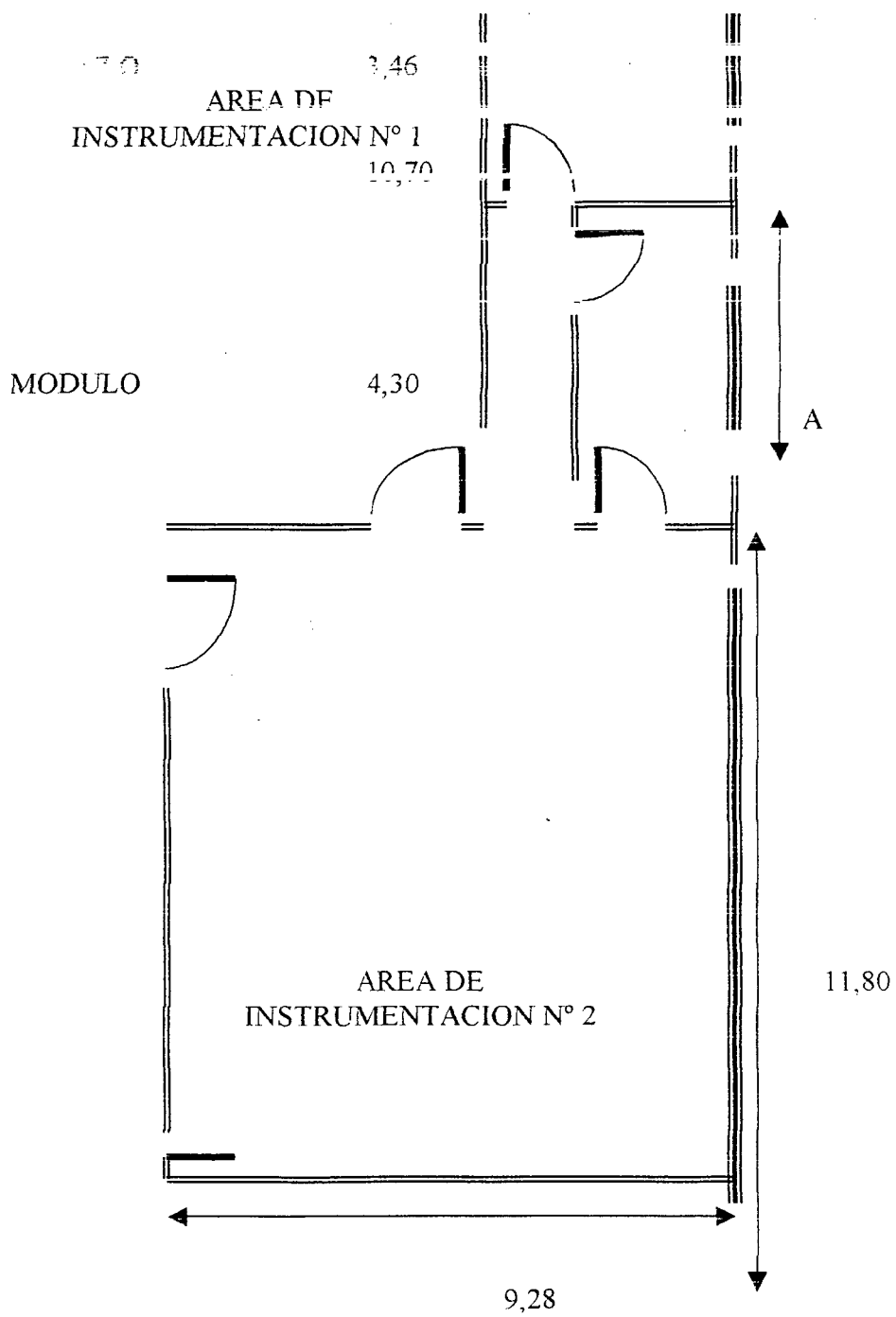
Escala : 1/120

F : Oct

2005

Figura N°

FIGURA Nº 2



X ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES EN EL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

El laboratorio Químico de suelos, en función de los objetivos trazados para el futuro de este ha estructurado la organización y distribución de cargos para facilitar el desarrollo del mismo en función de ello se ha procedido a la siguiente conformación :

a) Organización.- A continuación se presenta el organigrama propuesto para la conformación del Laboratorio de Análisis Químico de suelos :

1. Jefatura del Laboratorio de Análisis Químico de Suelos.- Se propone que la jefatura del Laboratorio este a cargo del profesor encargado de esta área.

– **Área Administrativa.-** Contara con una secretaria. la cual brindara servicios secretariales al laboratorio y será un órgano de apoyo a todas las áreas. Se recomienda una secretaria con conocimientos de administración y contabilidad.

– **Área de Análisis Químico.-**Esta sección se encargara de realizar los análisis de las muestras que ingresen al laboratorio

2. Sección de Lecturas y Muestras Especiales.- Aquí contaremos con un especialista en manejo de equipos y análisis de muestras especiales. Aquí se sugiere que este a cargo de un profesional con experiencia comprobada en manejo de estos equipos o que cuente con cursos de capacitación en estos equipos.

3. Sección de Tratamiento de Muestras.- Aquí se prepararan las muestras para los análisis y los extractos de acuerdo a los requerimientos y dependiendo del tipo de muestra. Se propone un analista que sea bachiller o titulado en Ingeniería Química con experiencia en laboratorios afines.

– **Área de Consultoría.**- esta sección interpretara los resultados obtenidos de los análisis para dar las recomendaciones y pautas necesarias de acuerdo a los requerimientos. Se recomienda un ingeniero agrónomo con experiencia de campo, experiencia en procedimientos de muestreo y análisis de muestras.

10.1 FUNCIONES

a) Funciones Generales :

1. Brindar un servicio de análisis a empresas y particulares que lo soliciten
2. Establecer un sistema de practicas profesionales para apoyar en la formación académica de los alumnos de la facultad.
3. Organizar programas de capacitación a través de talleres teórico – prácticos.
4. Apoyo en los trabajos de tesis o investigación que se requieran
5. Implementar ensayos para dar servicios más completos.

b) Funciones Específicas de cada área :

1. Del Jefe de laboratorio
2. Supervisar administrar y evaluar la labor que realiza el personal del laboratorio
3. Coordinar con el área de análisis las muestras, métodos y requerimientos que sean necesarios.
4. Firmar la conformidad de los resultados que serán entregados los clientes.
5. Realizar los cálculos de los datos reportados por el analista
6. Mantener los niveles adecuados de stock que garanticen la continuidad en la labor
7. Responsable de los equipos, materiales e instrumentos en cuanto a mantenimiento y conservación.
8. Área Administrativa
9. Recibir y atender al público que acuda al Laboratorio de análisis químico de suelos
10. Recepcionar y clasificar las muestras que lleguen al laboratorio
11. Redactar el tipeado de la documentación que se requiera
12. Apoyo a las demás áreas
13. Área de Consultoría
14. Interpretar los resultados obtenidos en el laboratorio de acuerdo a los requerimientos
15. Codificar las muestras que son ingresadas al laboratorio
16. Contribuir en los talleres de capacitación, proyectos de investigación o tesis que se realicen.
17. Área de análisis químico :
 - Sección de Lectura y Muestras Especiales :
 - Coordinar los análisis a realizarse

- Reportar los resultados de las lecturas
 - Realizar la calibración de los equipos requeridos
- Sección de tratamiento de muestras :
- Preparación de las muestras :
 - * Tratamiento de la muestra cuando es entregada en administración.
 - * Verificación de la codificación e identificación de las muestras que ingresan al laboratorio
 - * Análisis químicos
 - * Coordinar los métodos a usarse para las determinaciones solicitadas.
 - * Obtener los extractos requeridos para posteriores análisis
 - * Obtener los posibles resultados en equipos auxiliares de los métodos que lo permitan
 - * Dar aviso a la sección de lecturas para que continúe el obtención de resultados

XI REQUERIMIENTOS LEGALES PARA LA IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Las bases legales para sustentar la instalación de un laboratorio de análisis de suelos se basa la ley N° 23733, en el estatuto de la universidad del callao (1984) y el reglamento de Centros y producción de bienes y prestación de servicios de la universidad Nacional del callao. (1996)

La ley universitaria define como uno de los fines de toda universidad, el acceder su acción y sus servicios a la comunidad, promoviendo así su desarrollo integral en su artículo N° 2. Es decir, que las universidades pueden organizar institutos, escuelas, centros de otras unidades, con fines no solo de investigación y docencia, sino también de servicio en su artículo N° 12. En cuanto al régimen económico, la actividad resultante de la prestación de bienes o de la prestación de servicios, compatible con su finalidad, es recurso propio de cada universidad en su artículo N° 79

El estatuto universitario afirma en su artículo N° 14 que las facultades cuentan con una estructura organizacional que les permite desarrollarse con autentica autonomía en los aspectos normativos, académicos, de investigación, administrativo y económico dentro del contexto de la planificación general de la universidad. Los artículos N° 34 y 35 hacen referencia a centros de producción de bienes y prestación de servicios, como uno de los órganos de línea de las facultades, encargado de llevar a cabo este tipo de programas aprobados por el concejo de facultad, sin fines de lucro, pues su propósito es servir al país, preferentemente a la comunidad de la provincia constitucional del callao.

En febrero de 1996, el concejo universitario aprobó el reglamento de los centros de producción de Bienes y prestación de servicios de la universidad Nacional del callao, un

documento desarrollado en cinco capítulos, 38 artículos y dos disposiciones transitorias; en la cual autoriza a cada uno de los centros, usar ingresos propios provenientes de su autogestión empresarial.

Actualmente existe una comisión en la facultad de Ingeniería química encargada de estudiar y plantear un reglamento propio para los centros que se formen en la facultad, basado en el reglamento mencionado en el párrafo anterior, el cual normaría el funcionamiento de cada uno de los centros a instalarse en la facultad de ingeniería Química.

XII CONCLUSIONES

- 1) Para implementar el laboratorio químico de suelos hará falta una inversión de: **65,569.84\$**, el cual se puede a disposición de las autoridades de la facultad para su evaluación. También es posible presentar la propuesta como un proyecto de Inversión a entidades competentes que apoyen esta causa.
- 2) Existen muchas formas de contaminación de los suelos, de los diagnósticos que nos toque realizar en nuestra experiencia debemos destacar que la que ocasiona más daño es el ataque a las propiedades físicas, porque es más difícil de recuperar por su capa freática.
- 3) Se ha determinado que para evaluar la calidad del suelo contaminado ha de efectuarse el análisis de riesgos considerando la tipología de los residuos, la extensión de la contaminación y la interacción con el medio. Se ha establecido que la contaminación puede darse por el uso de fertilizantes, pesticidas, contenido de metales pesados, lluvia ácida y otros.
- 4) Respecto a los metales pesados se destaca que la industria es la principal responsable de la contaminación por As, Cr, Cu, Pb y Zn; en este último la agricultura y la ganadería adquieren una importancia semejante. Las combustiones son las principales responsables de la emisión de As, Mn, Ni, Sb, Se y V. Los residuos urbanos, tanto líquidos como sólidos, adquieren una relativa importancia en elementos tales como Cr, Cu, Pb y Zn. Cabe destacar el papel de la lluvia en el caso del Pb lo que tiene que ver con la emisión, en la época considerada, por los motores de gasolina de los vehículos, pero también es destacable en el caso del Zn y el V y, en menor cantidad, en los del Cr, Cu, Mn y Ni, en este caso el origen es similar al del Pb por las razones apuntadas al hablar de las emisiones gaseosas de las combustiones.

- 5) El análisis de caracterización de suelos es un análisis que por lo general deben pasar todos los suelos y reporta las condiciones en las que se encuentra, tanto físico como químico, estado nutricional y complementando con análisis especiales el grado de contaminación en el que se encuentra.
- 6) Como hemos podido apreciar las características químicas fundamentales en los suelos es el color, la estructura y la textura y las características químicas son pH, capacidad de intercambio y fertilidad actual, podemos concluir que es mas sencillo recuperar un suelo con propiedades químicas deficientes que un suelo con propiedades físicas deficientes.
- 7) Los pH's extremos pueden (no necesariamente) provocar la escasez de unos u otros nutrientes y las plantas lo acusarán amarilleando las hojas, floreciendo menos, dando menos frutos, disminuyendo el crecimiento, etc.,El problema se agrava si son pH's más fuertes, tanto muy ácidos (pH = 5 o menor) como muy alcalinos (pH = 8 o mayor)
- 8) Caracterizar con exactitud la reacción del suelo tiene como principal objetivo diagnosticar las condiciones que rigen en los procesos edafogenéticos, en la translocación de elementos, en la disponibilidad de nutrientes, en cuanto a los problemas de toxicidad, en la actividad biológica, etc.
- 9) La utilización de fertilizantes acidificantes incrementa los niveles de acidez de los suelos. Por ejemplo, la conversión de los fertilizantes amónicos a nitratos ocasiona la formación de suelos ácidos. Por ello, es importante emplear fertilizantes que no aumenten la acidez (urea, nitrato de calcio, nitrato de amonio y superfosfato) o reduzca la alcalinidad (sulfato de amonio). Sin embargo, el pH del suelo puede ajustarse mediante la aplicación de enmiendas. En suelos

ácidos se pueden emplear sustancias correctoras como cal, dolomítica, piedra caliza y marga, según la naturaleza del suelo, que tienen la capacidad de neutralizar los ácidos del suelo.

- 10) En suelos arenosos, es más ventajosa la aplicación del fertilizante nitrogenado que en suelos arcillosos, debido a que se controla la profundidad de humedecimiento. Asimismo, el fósforo en suelos arenosos se remueve a mayor distancia que en suelos arcillosos; en suelos arenosos los riegos deben ser frecuentes y ligeros, mientras que en los suelos arcillosos, los riegos son menos frecuentes y pesados. En los suelos arenosos, la fertilización tienen efecto directo sobre el desarrollo de los cultivos debido a que no están tan sujetos a procesos de adsorción (fijación)

- 11) En suelos con alta capacidad de intercambio catiónico (franco arcillosos, arcillosos o con alto contenido de materia orgánica), los nutrientes y los pesticidas en general pueden perder su efectividad por efecto de este intercambio.

- 12) El material calizo más común y económico que se encuentra disponible es la roca caliza agrícola. Las rocas calizas que contienen tanto calcio como magnesio se denominan rocas dolomíticas y las rocas que contienen únicamente calcio se denominan calcíticas. Cuando los suelos son ácidos y los niveles de magnesio son bajos, conviene incorporar roca caliza dolomítica, para así, incrementar tanto el pH como los niveles de magnesio. En suelos ricos en piedra caliza se recomienda añadir sustancias orgánicas y en los suelos alcalino-salinos la alcalinidad se debe a la presencia de sales, en particular a una alta concentración de sodio. Si la alcalinidad está causada por sodio, se recomienda añadir sustancias como el yeso (sulfato de calcio), sulfuro u otros sulfúricos.

XIII RECOMENDACIONES

a) De Implementación :

- 1) Una vez en funcionamiento es importante dar a conocer los servicios que brinda el laboratorio a diferentes instituciones tanto nacionales como privadas, para lo cual necesitaremos crear una pagina Web, revistar cartas a diferentes empresas y establecer contactos por medio de colegas que trabajen en diferentes empresas para armar la cartera de clientes.
- 2) Es importante que el laboratorio se suscriba en diferentes entidades, como Sociedad Nacional de Industrias que certifiquen su credibilidad en los resultados, y aumentar la competitividad en el servicio.

b) De Procedimiento experimental :

En análisis foliar :

- 3) Si la muestra proveída no es suficiente para pesar la cantidad de 1 gramo se puede pesar $\frac{1}{2}$ gramo pero en el momento de enrrasar hacerlo para una cantidad de 25 ml, para efectos de cálculo, porque con esa dilución el factor de trabajo es el mismo, que si se hiciera a un volumen diferente.
- 4) En el ataque cuando la muestra seca mucho, las burbujas tienden a crecer, de tal manera que al secarse sale una luz y explota el balón, produciendo la ruptura de los siguientes en cadena por el impacto.

- 5) En el ataque si peso 2 gramos de muestra la cantidad de solución de ácido nítrico – perclórico debe duplicarse á 20ml y así, en caso que no se tome en cuenta este dato puede terminar en una explosión pues la cantidad de ácido no va a abastecer la cantidad de muestra. No ocurriendo lo mismo si se pesa $\frac{1}{2}$ gramo de muestra ya que se le agrega 10ml como a las otras muestras.
- 6) En el ataque cuando sale mucha espuma es porque quiere secarse por lo tanto hay que agitar un momento, luego devolverlo a su sitio, hasta que llegue a su punto.
- 7) Si por alguna razón la muestra no se puede leer por que esta fuera del rango se hará una dilución 1/10 (1 ml de extracto y 9ml de agua), entonces el factor final para el resultado, seria en este caso multiplicado por 10, de manera que por cada dilución que hago multiplico el factor para un resultado correcto.
- 8) Los estándares vienen en 1000 ppm aquí los rebajan y los llevan a las concentraciones bajas para la calibración en este tipo de muestras.
- 9) Cuando sale una lectura de absorbancia negativa se lee 0

En análisis de suelos :

- 10) Para la determinación de la textura, en la agitación puede formarse bastante espuma en la superficie que incida tomar una lectura correcta, para ello agregar 1 gota de alcohol amílico concentrado, para que disipe la espuma.

- 11) En Los estándares de Ca y Mg se efectúan las diluciones con cloruro de lantano al 0.1% para evitar interferencias químicas.

