



CAPÍTULO I

Conceptos de tierra, suelo y subsuelo	23
¿Cómo se forma un suelo?	24
Composición	26
Nombres de los suelos y connotaciones prácticas	27
Importancia del análisis de suelos	35
Cómo se elaboran los estudios de suelos	36
Objetivos de los estudios de suelos	38
Etapas de un estudio de suelos	38
Recopilación de información básica y material cartográfico	38
Fotointerpretación	38
Reconocimiento de campo y toma de muestras	39
Procesamiento de información y análisis de laboratorio	39
Informe técnico	41
Los mapas de suelos	41
Características del mapa de suelos	43
Tipos de mapas de suelos	45
Leyenda descriptiva	48
La memoria	50
Mapas básicos	50
Mapas interpretativos	50
Usos e interpretación de los mapas de suelos	53
Metodología para estudios de suelo en campo	55
Recopilación de antecedentes	56
Rápida exploración inicial de campo	57
Análisis de la fase de campo	57
Estudio de las unidades paisajísticas	57

Forma del terreno	58
Relieve	58
Pendiente	59
Drenaje del suelo	60
Inundaciones	62
Material originario de los suelos	62
Vegetación	63
Uso de la tierra e historia cultural del predio	63
Estudio morfológico y descriptivo del perfil	64
Calicatas	64
Perfil del suelo	65
Textura del suelo	67
Fragmentos rocosos en el suelo	68
Estructura del suelo	69
Grietas	70
Consistencia del suelo	70
Concentraciones	73
Rasgos en superficies internas	74
Raíces	74
Poros	75
Animales	76
Levantamiento de suelos	77
Proceso de muestreo y solicitud de análisis	78
Unidad natural (polipedon)	79
Unidad práctica (utilización agropecuaria)	79
Proceso de muestreo	79
Procedimientos para tomar muestras del suelo	82
Recomendaciones para realizar un buen muestreo	82
Toma de muestras compuestas y herramientas	83
Muestreo de aguas para análisis fisicoquímico y biológico	84
Muestreo de agua potable y no potable	85
Clases de muestras	86
Métodos de toma de muestras	87
Envases de las muestras	88
Frecuencia de muestreo	89
Conservación de muestras	90
Toma de muestras de agua para análisis microbiológico	91
Objeto	91
Ámbito de aplicación	91
Tipos de muestras	91
Material	91



Técnica de muestreo	92
Volumen de la muestra	93
Cerrado y precintado	93
Rotulación	93
Acondicionamiento y conservación	93
Algunas precauciones especiales	93
Personal	94
Muestreo de tejido vegetal para análisis químico	94
Elección de la parte de la planta que se va a muestrear	96
Almacenamiento y preservación	96

CAPÍTULO II

Análisis químico de suelos	97
Instrucciones para tomar muestras de suelo	98
Metodologías para análisis químico de suelos	99
Secado de las muestras	99
Tamizado	99
Preparación de la pasta saturada	99
Obtención del extracto de saturación	100
Determinación del sodio en el extracto de saturación	100
Determinación de nitrógeno-nítrico (N en forma de nitratos) en el extracto de saturación	100
Determinación del pH del suelo	101
Determinación del pH en suspensiones de suelo-agua 1:2 V/V	101
Determinación del pH en pasta saturada	102
Determinación del aluminio intercambiable	102
Determinación de fósforo, bases y elementos menores (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn). Método Morgan Modificado	103
Determinación de bases intercambiables en acetato de amonio 1N y neutro (K, Na, Ca, Mg)	103
Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico -CIC-	105
Determinación de la Conductividad Eléctrica -C.E.-	106
Determinación del porcentaje (%) de saturación de agua	106
Determinación del nitrógeno total en el suelo	107
Carbono orgánico y propiedades del suelo	108
Carbono total del suelo	109
Fracciones de carbono orgánico en el suelo	110
Carbono orgánico y propiedades químicas del suelo	112

Efecto sobre la reacción del suelo	112
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	113
Carbono orgánico y propiedades físicas del suelo	114
Agregación del suelo	114
Porosidad y retención de agua en el suelo	115
Compactación y carbono orgánico del suelo	116
Infiltración de agua en el suelo	118
Carbono orgánico y propiedades biológicas del suelo	118
Flujos de C en el suelo, difusión de CO ₂	121
Medición del flujo de CO ₂	122
Manejo del suelo y captura de carbono	123
Carbono orgánico y productividad del suelo	125
Nitrógeno total en suelos	126
Método integral	128
Método Kjeldahl	129
Principios	129
Material	129
Método	130
Cálculos	130
Nitrato y amonio en suelos	130
Materiales y métodos	131
Resultados	133
Fósforo disponible en suelos	136
Fósforo orgánico	137
Fósforo inorgánico	137
Factores que afectan la disponibilidad de fósforo para las plantas	140
Algunas prácticas que permiten mejorar la disponibilidad de fósforo	141
Determinación de fósforo (P ₂ O ₅) en suelo	143
Azufre disponible en suelos	143
Forma de azufre en el suelo	144
Consideraciones	146
Determinación de azufre	146
Boro disponible en suelos	149
El boro y la materia orgánica	150
El boro y el pH	150
El boro y la textura	150
El boro y las condiciones climáticas	150
El boro y los antagonistas de la absorción	151
Determinación de boro	151
Hierro, manganeso, cobre y zinc disponibles en suelo	152
Obtención del extracto	152



Determinaciones	152
-----------------	-----

CAPÍTULO III

Análisis químicos para clasificación de suelos	153
Elementos totales en suelos	153
Método	153
Reactivos	153
Materiales	153
Equipos	154
Proceso	154
Fósforo extractable con ácido cítrico	154
Método	154
Equipos	155
Reactivos	155
Materiales	155
Proceso	155
Cálculos	156
Determinación del fósforo asimilable. Método Olsen	157
Fundamento	157
Reactivos	158
Procedimiento	158
Cuantificación	158
Resultados	159
Interpretación de resultados	160
Hierro y aluminio extractables con pirofosfato de sodio	160
Método	160
Equipos	161
Reactivos	161
Materiales	161
Proceso	161
Cálculos	162
Carbonatos del suelo	162
Distribuciones muy irregulares	163
Revestimientos discontinuos	163
Colgantes	163
Puentes entre los granos	163
Revestimientos de carbonatos sobre otros edaforrasgos	163
Sombreros	164

Determinación de carbonatos por el método del calcímetro de Bernard	164
Determinación del CO ₂ (del carbonato cálcico puro)	165
Ensayo de la muestra	165
Cálculos	165
Determinación de carbonatos titulados con un ácido	167
Determinación de pH en fluoruro de sodio	168
Método	168
Equipos	168
Reactivos	168
Materiales	168
Proceso	168
Determinación de yeso en suelo	169
Método	169
Equipos	169
Reactivos	169
Materiales	169
Proceso	169
Cálculos	171

CAPÍTULO IV

Salinidad y alcalinidad de suelos	173
Salinidad	173
Causas de los suelos salinos / sódicos	173
Efecto de la salinidad en la producción de cultivos	173
Medida de la salinidad de un suelo	174
Fundamento	174
Cálculos	175
Alcalinidad de los suelos	176
Velocidad de reacción	176
Aplicación de los mejoradores	177
Bases solubles en extracto de suelos	177
Método	177
Equipos	177
Reactivos	177
Materiales	178
Proceso	178
Cálculos	179
Análisis de la solución del suelo - Extracto de Saturación	180



Suelos salinos y sódicos	181
Ciclos continentales	182
Ciclo continental de acumulación primaria de sales	182
Ciclo continental de acumulación secundaria de sales	182
Ciclos deltaicos y artesianos	183
Ciclos marinos y antropogénicos	183
Clases de sales en los suelos bajo condiciones áridas	184
Unidades de expresión de los resultados de los análisis de suelos	185
Volumen de suelo	185
Densidad aparente	186
Suelo seco	186
Pasta saturada	186
Extracto de Saturación (E.S.)	187
Niveles críticos	187
Nitrógeno	187
Fósforo	188
Potasio, calcio, magnesio y aluminio	188
Sodio	189
Sodio intercambiable	190
Hierro, manganeso, cobre y zinc	190
Boro	190
Azufre	190
C.I.C.	190
C.I.C.e. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva	191
SAT %	191
Determinación de calcio y magnesio solubles en extracto de suelo	191
Descripción general	191
Procedimiento	192
Cálculos 1	192
Cálculos 2	192
Determinación de cloruros en extracto de suelo	192
Descripción general	192
Procedimiento	193
Cálculos	193
Cationes y aniones en suelos salinos	193
Procedimiento	193
Determinación de carbonatos y bicarbonatos	195
Descripción general	195
Carbonatos	195
Bicarbonatos	196
Sulfatos en extracto de suelos	196



Método	196
Equipos	196
Reactivos	196
Materiales	197
Proceso	197
Cálculos	198

CAPÍTULO V

Análisis de tejido vegetal	199
Preparación de la muestra	199
Digestión húmeda	199
Procedimiento	199
Determinación de K - Ca - Mg	200
Cálculos	200
Reactivos y equipos	200
Equipos	201
Determinación de sodio	201
Cálculos	201
Reactivos	201
Determinación de fósforo	201
Procedimiento	201
Cálculos	202
Reactivos y equipos	202
Equipos	202
Determinación de los elementos menores Fe, Mn, Cu y Zn	202
Cálculos	202
Reactivos y equipos	202
Patrones secundarios	203
Equipos	203
Determinación del boro foliar por el método de la azometina-H	203
Reactivos	203
Patrones secundarios	203
Determinación del boro foliar por el método de la quinalizarina	204
Principio del método	204
Procedimiento	204
Cálculos	204
Reactivos y equipos	205
Reactivo de quinalizarina	205



Equipos	205
Determinación del azufre	205
Procedimiento	205
Cálculos	205
Reactivos y equipos	205
Equipos	206
Determinación del nitrógeno	206
Método micro-Kjeldhal	206
Marcha analítica	206
Método semi-micro Kjeldhal	208
Determinación del aluminio en tejido vegetal	209
Procedimiento	209
Cálculos	209
Digestión de tejido vegetal vía húmeda en horno microondas	209
Método	209
Equipos	209
Reactivos	209
Materiales	209
Proceso	210

CAPÍTULO VI

Análisis de agua para riego	211
Análisis del agua para su uso en fertirrigación	213
Sólidos totales	216
Método	216
Equipos	216
Proceso	216
Materiales	217
Cálculo	217
Sólidos en suspensión	217
Determinación de sólidos en suspensión por medio de la filtración efectuada con filtro de vidrio	218
Determinación de la conductividad eléctrica	219
Fundamento	219
Material	220
Reactivos	220
Procedimiento	220
Medición	220

Resultado	220
Interpretación de la clasificación de aguas (USDA)	220
Salinidad	220
Riesgo de sodio	221
Cloruros	221
Método	221
Reactivos	221
Materiales	222
Proceso	222
Cálculos	222

CAPÍTULO VII

Análisis de la materia orgánica del suelo	223
Constitución y origen de la materia orgánica edáfica	224
Evolución de la composición elemental	226
Principales vías de transformación	226
Tipos de humificación	227
Tipos de humus	228
Contenido de materia orgánica en el suelo	229
Propiedades de la materia orgánica	230
Propiedades físicas	230
Propiedades químicas y fisicoquímicas	231
Propiedades biológicas	231
Determinación de la materia orgánica	231
Carbono total	231
Fraccionamiento de materia orgánica y determinación de carbono liviano	233
Composición elemental de sustancias húmicas	234
Método de Walkley & Black para la determinación de carbono total	235
Reactivos	235
Procedimiento	235
Cálculos	236
Método densimétrico de separación de la materia orgánica fresca de la fracción humificada	237
Método	237
Equipos	237
Materiales	237
Reactivos	237
Proceso	237

Método de electroforesis en papel para caracterización fisicoquímica de los materiales húmicos	239
Método	239
Equipos	239
Materiales	239
Reactivos	240
Proceso	240

CAPÍTULO VIII

Análisis físico de suelos	241
Análisis granulométrico o textural	241
Fraciones granulométricas y texturales	242
Clases texturales	243
Determinación de la granulometría o textura	245
1. Textura al tacto.	245
2. Determinación en laboratorio.	245
Determinación de la textura por el Método de Bouyucos. Segunda modificación	250
Procedimiento	250
Reactivos	250
Cálculos	251
Contenido de humedad de campo del suelo	253
Método	253
Equipos	253
Materiales	253
Proceso	253
Cálculos	253
Análisis del tamaño de las partículas del suelo	254
Introducción	254
Selección del método apropiado con base en la Ley de Stokes	255
Método de la pipeta	255
Materiales	256
Procedimiento	256
Tratamientos previos a la separación de las fracciones del suelo	256
Separación de las fracciones	258
Método del hidrómetro	262
Materiales	262
Reactivos	262
Procedimiento	263



Límites de consistencia o de Atterberg	265
Plasticidad y límites de consistencia	266
Relación entre las fases sólidas y líquidas en una arcilla	267
Estados de consistencia. Límites de plasticidad	267
Selección para la determinación de los límites de plasticidad	268
Ensayos	268
Preparación seca de muestras para ensayos de suelo	268
Contenido de humedad	269
Equipo	269
Determinación del límite líquido (NCh 1517)	269
Alcance y campo de aplicación	269
Equipos	270
Tamaño de la muestra de ensaye	270
Ajuste y control del aparato de límite líquido	270
Acondicionamiento de la muestra	271
Método mecánico	272
Expresión de resultados	273
Método puntual	273
Determinación del límite plástico (Nch1517/II-78)	273
Alcance y campo de aplicación	273
Equipo	273
Tamaño de la muestra de ensaye	274
Acondicionamiento de la muestra de ensaye	274
Ensaye	274
Expresión de resultados	275
Precisión	276
Determinación del límite de contracción (Nch 1117/III-78)	276
Alcance y aplicación	276
Terminología	276
Equipo	276
Calibración del molde	276
Tamaño de la muestra de ensaye	277
Acondicionamiento de la muestra de ensaye	277
Ensaye	277
Expresión de resultados	278
Coefficiente de expansión lineal (COEL)	279
Método	279
Equipos	279
Materiales	279
Proceso	279
Cálculos	279



Análisis de resistencia a la penetración	280
Método	280
Materiales	280
Proceso	280
Cálculos	280
Análisis de infiltración	280
Método	280
Equipos	280
Material	280
Proceso	280
Cálculos	281

CAPÍTULO IX

Análisis mineralógico de suelos	283
Estudios genéticos	283
Mineralogía de las arenas	283
Mineralogía de las arcillas	284
Fertilidad	284
Composición y constitución de los minerales del suelo	285
Estabilidad de los minerales del suelo	288
Factores que afectan a la estabilidad mineral	288
Procesos de alteración química	289
Evaluación de la estabilidad mineral	291
Mineralogía de la fracción arcilla	292
Método	292
Equipos	293
Materiales	293
Reactivos	293
Proceso	294
Preparación y montaje de la fracción arcilla	297
Mineralogía de la fracción arena	299
Método	299
Equipos	299
Reactivos	299
Materiales	299
Proceso	300
Bibliografía	303