

MÉTODOS PARA DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL DE SUELOS

MÉTODOS PARA DIAGNÓSTICO **AMBIENTAL DE SUELOS**

Edier Humberto Pérez
Fernando Andrés Muñoz Gómez
y Rodrigo Andrés Sarria-Villa



Universidad del Cauca
2022

Pérez, Edier Humberto, autor

Métodos para el diagnóstico ambiental de suelos / Edier

Humberto Pérez, Fernando Andrés Muñoz Gómez y Rodrigo Andrés Sarria-Villa. --

Primera edición en español. -- Popayán : Editorial Universidad del Cauca, 2022.

150 páginas.

ISBN 978-958-732-569-0 -- 978-958-732-570-6 (digital)

1. Suelos - Aspectos ambientales - Evaluación - Cauca 2. Montañas - Aspectos ambientales - Evaluación - Cauca 3. Evaluación del impacto ambiental - Cauca 4. Suelos - Análisis - Cauca I. Muñoz Gómez, Fernando Andrés, autor II. Sarria Villa, Rodrigo Andrés, autor

CDD: 577.570986153 ed. 23 CO-BoBN- a1101939

hecho el depósito legal que marca el decreto 460 de 1995

Catálogo en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Métodos para el diagnóstico ambiental de suelos

© Universidad del Cauca, 2022

© Edier Humberto Pérez, Fernando Andrés Muñoz Gómez
y Rodrigo Andrés Sarria-Villa

Primera edición en castellano

Editorial Universidad del Cauca, diciembre de 2022

ISBN impreso: 978-958-732-570-6

ISBN digital: 978-958-732-570-6

Diseño Editorial: Área de Desarrollo Editorial Universidad del Cauca

Corrección de estilo: Laura Mercedes Carvajal Guaca

Diagramación: Cristian David Ordoñez Ordoñez

Diseño de carátula: Cristian David Ordoñez Ordoñez

Editor General de Publicaciones: Juan Carlos Pino Correa

Editorial Universidad del Cauca

Casa Mosquera Calle 3 No. 5-14

Popayán, Colombia

Código Postal 190003

Teléfonos: (2) 8209800 Ext 1134

www.unicauca.edu.co/editorial/



Licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Sin

Derivar 2.5 Colombia

(CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Impreso en Bogotá, Colombia. Printed in Colombia

Contenido

Presentación.....	13
Introducción.....	15
Herramientas para la descripción ecológica y evaluación ambiental de suelos en alta montaña.....	19
Cartografía descriptiva del ambiente natural	23
Ubicación y factores ambientales del área de estudio	25
Localidad.....	25
Clima y estado del tiempo	26
Uso del suelo y vegetación.....	28
Descripción del relieve.....	30
Métodos y herramientas para muestreo de suelos con fines de diagnóstico ambiental.....	39
Muestreo aleatorio simple.....	40
Muestreo sistemático	41
Muestreo aleatorio estratificado.....	41
Muestreo por conglomerados.....	42
Muestreo mixto.....	42
Profundidad del muestreo.....	43
Tipos de muestras	44
Toma de muestras	45
Plan de muestreo.....	46
Materiales para la toma de muestras en campo	47
Manejo de muestras en el laboratorio.....	48
Métodos, técnicas y herramientas para análisis físicos y químicos de suelos en laboratorio.....	51
Textura	51
Arenas de textura	55
Densidad aparente (<i>Da</i>).....	55
Densidad real (<i>Dr</i>)	57
Humedad gravimétrica (humedad a capacidad de campo).....	59

Macro y microporosidad	60
Distribución de agregados	62
Superficie específica	63
Conductividad hidráulica	64
Compactación	66
Retención de humedad del suelo	68
Permeabilidad al aire	70
pH.....	71
Capacidad de intercambio catiónico	72
Acidez intercambiable ($Al^{3+} + H^+$)	73
Determinación de materia orgánica	74
Análisis por espectroscopia infrarroja (IR) de la fracción arcillosa de muestras de suelo.....	76
Caso de estudio.....	79
Suelos de alta montaña, Gabriel López (Totoró, Cauca).....	79
Suelos con cultivos de papa	81
Suelos de alta montaña, cuenca río Las Piedras, Cauca.....	88
Métodos y herramientas para evaluar la dinámica de plaguicidas en suelos.....	93
Extracción de plaguicidas	93
Extracción por ultrasonido y centrifugación (US-C).....	94
Extracción de plaguicidas en suelos empleando fase sólida –SPE–.....	95
Curva de calibración para cuantificación de pesticidas por la técnica de adición de estándar interno.....	98
Evaluación de movilidad.....	100
Evaluación proceso de adsorción y desorción	101
Formas de medir la adsorción	104
Evaluación de la adsorción	110
Degradación.....	114
Cálculo de la vida media de los plaguicidas.....	117
Número GUS –Groundwater Ubiquity Store–.....	117
Efecto de temperatura y tiempo de vida media ($t_{1/2}$)	118
Lixiviación y movilidad	121
Métodos de estudio en laboratorio.....	123
Métodos de estudio en campo	126
Escorrentía superficial	128
Referencias	135
Índice analítico	147

Lista de figuras

Figura 1. Características ambientales de alta montaña	20
Figura 2. Esquema para un muestreo aleatorio simple	40
Figura 3. Esquema para un muestreo sistemático	41
Figura 4. Esquema para un muestreo aleatorio estratificado	41
Figura 5. Esquema para un muestreo por conglomerados	42
Figura 6. Muestra sin disturbar de suelo	45
Figura 7. Elementos básicos para realizar un muestreo de suelos con fines de diagnóstico ambiental.....	47
Figura 8. Diagrama textural de suelos.....	54
Figura 9. Cilindros de acero inoxidable para evaluar la capacidad de retención de humedad del suelo y la densidad aparente	57
Figura 10. Esquema de la mesa de tensión para la determinación de retención de humedad hasta -0,1 bar (-100 cm).....	62
Figura 11. Esquema de medidor de conductividad hidráulica de cabeza constante.....	65
Figura 12. Máquina para compresión encofinada para medir compactación del suelo.....	66
Figura 13. Esquema del equipo para succión del agua del suelo a diferentes presiones (ollas de presión).....	69
Figura 14. Equipo para determinar la permeabilidad al aire	70
Figura 15. Cartucho para SPE de plaguicidas presentes en la solución del suelo o en lixiviados	96
Figura 16. Clasificación de Isotermas de adsorción	105
Figura 17. Esquema de una columna de suelo.....	124
Figura 18. Esquema de instalación de un lisímetro de cánula porosa, sistema de extracción (vacío) e interface suelo-cánula-agua.....	128
Figura 19. Esquema y foto del simulador de lluvia y sus partes	131

Lista de tablas

Tabla 1. Niveles de detalle	23
Tabla 2. Frecuencia de las lluvias	27
Tabla 3. Duración de las lluvias.....	27
Tabla 4. Duración anual acumulada.....	27
Tabla 5. Estado del tiempo y condiciones meteorológicas	28
Tabla 6. Tipo de vegetación.....	29
Tabla 7. Descripción del relieve	30
Tabla 8. Longitud y forma de la pendiente	31
Tabla 9. Profundidad del suelo.....	31
Tabla 10. Niveles de erosión.....	32

Tabla 11. Clase textural de suelos	33
Tabla 12. Esquema condensado para levantamiento de información en campo y registro de datos de los análisis de laboratorio.....	37
Tabla 13. Esquema y registro de información en campo.....	37
Tabla 14. Área (ha) de zona y número de puntos de muestreo de 20 m x 20 m	43
Tabla 15. Valores de corrección del hidrómetro por temperatura.....	53
Tabla 16. Resultados de análisis físicos y químicos realizados en suelos ándicos	83
Tabla 17. Mineralogía básica de los suelos ándicos del humedal de Calvache	85
Tabla 18. Resultados propiedades físicas y químicas de tres muestras de suelos ándicos con cobertura boscosa	90
Tabla 19. Cu, Cd y Cr en tres suelos ándicos del departamento del Cauca en diferente uso	91
Tabla 20. Porcentajes de recuperación del plaguicida clorpirifos extraído empleando ultrasonido y centrifugación	95
Tabla 21. Porcentaje de recuperación de clorpirifos empleando SPE.....	98
Tabla 22. Capacidad de intercambio catiónico –CIC– y superficie específica de algunos minerales arcillosos.....	107
Tabla 23. Coeficiente de adsorción (Kf y nf) de clorpirifos y diazinón obtenidos a partir de la ecuación de Freundlich y el valor de Koc (l/kg)	114
Tabla 24. Estrategia para estudio del efecto de la humedad y la temperatura en la disipación de los plaguicidas.....	116
Tabla 25. Vida media de los plaguicidas clorpirifos y diazinón a diferente temperatura.....	119
Tabla 26. Resumen de las constantes de cuantificación del efecto de la humedad . y temperatura en la degradación y número GUS para los plaguicidas: ... (a) clorpirifos, (b) diazinón	120
Tabla 27. Datos medidos en campo para escorrentía superficial y cantidad de plaguicidas en aguas y sedimentos de la escorrentía superficial con diferentes pendientes del terreno.....	133

Lista de gráficos

Gráfico 1. Curva de calibración para la determinación de materia orgánica, por método espectrofotométrico	75
Gráfico 2. Curvas de retención de humedad de cinco suelos ándicos y promedio.....	81
Gráfico 3. Curvas de retención de humedad de suelos ándicos. Porcentaje de humedad (con base a peso) vs. tensión (bares).....	82
Gráfico 4. Distribución de agregados por tamaño de partículas a diferente pendiente (grados). Suelos: I, a; II, b; III, c; IV, d; V, e y f. Total de toda la zona para muestras tomadas de 0-30 cm de profundidad.....	84

Gráfico 5. Espectros de infrarrojo del perfil III (pendiente 17) de un suelo ándico de Gabriel López, Cauca (humedal de Calvache), a diferentes profundidades.....	87
Gráfico 6. Curva de calibración, método del estándar interno lixiviados	199
Gráfico 7. Curva de calibración de clorpirifos lixiviado, usando metilparation como estándar interno	100
Gráfico 8. Influencia del pH en la adsorción de plaguicidas.....	109
Gráfico 9. Curva de equilibrio para el plaguicida clorpirifos en suelos con diferente porcentaje de carbono orgánico lixiviados	111
Gráfico 10. Isotermas de adsorción de clorpirifos y diazinón en muestras de suelo lixiviados	113
Gráfico 11. Curvas de disipación por efecto de la temperatura de los plaguicidas en los suelos	119
Gráfico 12. Variabilidad en la distribución vertical de los plaguicidas clorpirifos y diazinón en suelos disturbados	126

Presentación

El objetivo de este libro es el de dar a conocer a profesores, estudiantes e investigadores de las ciencias del suelo herramientas y métodos básicos para el diagnóstico ambiental de suelos de alta montaña. Esto a partir de la síntesis de los aspectos más relevantes a considerar cuando nos disponemos a evaluar la calidad ambiental de un terreno considerando las propiedades del suelo y su relación con su uso, productividad y salud ambiental.

Se inicia de manera práctica con la descripción ecológica y la evaluación ambiental de la zona a estudiar, para determinar la vocación de uso y manejo del suelo o de su situación ambiental. Luego, con los procedimientos y aplicaciones de métodos y técnicas prácticas, en la selección del sitio de muestreo y ensayos de campo, al igual que la toma de muestras para análisis de laboratorio y las pruebas físico-químicas de movilidad, adsorción y degradación de contaminantes. Estos se describen de forma clara y metódica, con el fin de aportar al desarrollo de capacidades a nivel regional, de corporaciones, gremios, gobernaciones, asociación de agricultores, académicos e investigadores y a diferentes instituciones, frente a la evaluación ambiental de un terreno, tanto para determinar sus condiciones iniciales antes del uso como para atender a las dinámicas de las áreas ya contaminadas.

Los estudios de caso que se muestran en el libro son los resultados de aplicar los métodos de campo y laboratorio al estudio de suelos tropicales de alta montaña en el departamento del Cauca (Colombia).

Introducción

El presente libro intenta mostrar y documentar las herramientas y métodos básicos que se deben considerar al abordar una evaluación ambiental de suelos. En algunos casos se realizaron adaptaciones de métodos y montajes a condiciones de campo y laboratorio. Igualmente, se reportan y analizan los resultados obtenidos en campo, con investigaciones cortas aplicadas especialmente a suelos jóvenes de alta montaña que presentan condiciones de alta vulnerabilidad y difícil acceso para las diferentes mediciones.

El primer capítulo considera cómo realizar una descripción ecológica y ambiental de los suelos en el área afectada, y de esta forma lograr una evaluación preliminar con fines de uso. Ello a partir de procedimientos y características de la zona que son registrados en la guía o formato de campo. El segundo capítulo explica cómo realizar un muestreo de suelos con fines de diagnóstico ambiental, los materiales y herramientas necesarias, tanto para pruebas en campo como de laboratorio. Todo con el fin de que las muestras sean representativas del terreno o área de estudio. En el capítulo tres se describen los métodos de análisis de propiedades físicas y químicas de suelos, tanto en campo como las que se realizan a nivel de laboratorio. El capítulo cuatro está dedicado a la descripción de dos casos de estudio. Por último, en el capítulo cinco se describen y analizan resultados alcanzados con los métodos y herramientas que permitieron evaluar la dinámica de compuestos contaminantes en los suelos: métodos de extracción, evaluación de movilidad y procesos de adsorción-desorción, degradación y lixiviación a nivel de laboratorio. Para evaluaciones en campo se describen los métodos de lisímetros de cánula porosa y mediciones de escorrentía superficial con el uso de un minisimulador de lluvia portátil.

Para evaluar las características de cualquier área de estudio es importante reconocer al suelo como todo bien natural que es sustento y soporte de cualquier tipo de actividad; que merece especial atención cuando queremos conocer su funcionamiento, diagnosticar su salud y, en determinados casos, recuperarlo de las acciones antrópicas. Al igual que los demás bienes de la naturaleza, el suelo puede ser descrito, caracterizado y diagnosticado no solo para su uso y manejo, sino también para su mejoramiento y preservación como elemento esencial para mantener el equilibrio ambiental y de sustento de toda forma de vida en la tierra.