



5^{to} Concurso Mexicano de Evaluación de Suelos

MANUAL DE EVALUACIÓN DE SUELOS Énfasis en memoria edáfica, materia orgánica e hidroedafología



VARGAS
RODRÍGUEZ

CERÓN
GONZÁLEZ

OLIVARES
MARTÍNEZ

BOBADILLA
BALLESTEROS



Clasificación (WRB 2015): **Umbric Vitric Silandic Andosol (Fulvic, Loamic)**

Ubicación: **Santa Ana Tlacotenco, Ciudad de México**

Fotografía: **Ramiro Ríos Gómez**

Autores: Vargas-Rodríguez, D.F., Cerón-González, A., Olivares-Martínez, L.D. y Bobadilla-Ballesteros, M.D.

Edición: Gámez-Barajas, C., Olivares-Martínez, L.D., Hernández-Salazar, B. G. y Tapia-Sánchez, X.

Revisión y corrección: Cerón-González, A., Chan Quijano, J., Fuentes Romero, E., García Calderón, N. E., López Galindo, F., Marín Castro, B. E., Medina Orozco, L. E. y Ríos Gómez, R.

Grupo de trabajo del Concurso Mexicano de Evaluación de Suelos, Comisión de Acción Juvenil de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.: Tapia- Sánchez, X., Olivares-Martínez, L.D., Gámez-Barajas, C., Cerón-González, A., Tovar-Castañón, M., Bobadilla-Ballesteros, M.D., Shimizu-Romero, F. M., Hernández-Salazar, B. G., Encinia-Uribe, V. V., Arévalo-Galindo, J. L.

Cita sugerida:

Vargas-Rodríguez, D. F., Cerón-González, A., Olivares-Martínez, L. D., & Bobadilla-Ballesteros, M. D. (2023). Manual de evaluación de suelos. Énfasis en memoria edáfica, materia orgánica e hidroedafología (C. Gámez-Barajas, L. D. Olivares-Martínez, B. G. Hernández-Salazar, & X. Tapia- Sánchez, Eds.; Segunda Edición). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Ciudad de México. 70 pp.



*“El suelo es el gran conector de nuestras vidas,
la fuente y el destino de todo”*

Wendell Berry

CONTENIDO

PRÓLOGO	5
AGRADECIMIENTOS	7
SIGLARIO	9
ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LOS FORMATOS DE CONCURSO	10
FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS	12
INFORMACIÓN GENERAL	13
DINÁMICA DEL CONCURSO (MODALIDAD EQUIPO)	14
DINÁMICA DEL CONCURSO (MODALIDAD INDIVIDUAL)	15
PARTE I. IDENTIFICACIÓN DEL SITIO	16
IDENTIFICACIÓN DEL SITIO	16
CLIMA	16
USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	17
TOPOGRAFÍA	17
MATERIAL PARENTAL	19
PARTE II. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO	20
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DEL SITIO	20
EROSIÓN SUPERFICIAL	20

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	22
GRIETAS SUPERFICIALES.....	22
REPELENCIA AL AGUA	23
DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES	24
LÍMITES.....	24
TEXTURA.....	25
COLOR.....	27
ESTRUCTURA	28
ESTABILIDAD DE AGREGADOS.....	31
FRAGMENTOS GRUESOS	31
POROSIDAD.....	32
DENSIDAD APARENTE.....	34
CARBONATOS	35
REVESTIMIENTOS.....	35
PARTE III. DESIGNACIÓN DE HORIZONTES Y CLASIFICACIÓN.....	37
DESIGNACIÓN DE HORIZONTES	37
PREFIJO NUMÉRICO	37
HORIZONTE GENÉTICO.....	37
HORIZONTES DE TRANSICIÓN	39
SUFIJO.....	39
SUBDIVISIONES NUMÉRICAS	42
OBSERVACIONES A LOS HORIZONTES ORGÁNICOS	42

CLASIFICACIÓN DE SUELOS 43

EJEMPLO SIMPLIFICADO DE LA CLASIFICACIÓN DE UN SUELO SEGÚN WRB (2015) 45

PARTE IV. EVALUACIÓN DE SUELOS 46

EVALUACIÓN HIDROEDAFOLÓGICA..... 46

PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO 46

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA 46

EVALUACIÓN DEL ALMACÉN DE MATERIA ORGÁNICA 49

FORMA DEL HUMUS O MANTILLO 49

MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO MINERAL..... 50

ALMACÉN DE MATERIA ORGÁNICA 50

PROPIEDADES ÁNDICAS..... 52

EVALUACIÓN DE LA MEMORIA EDÁFICA 53

TIEMPO DE FORMACIÓN 53

CAPACIDAD DE MEMORIA EDÁFICA 55

PARTE V: INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE SUELO..... 56

USO POTENCIAL PARA PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES 56

CONSERVACIÓN..... 57

PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA 58

REFERENCIAS 66

PRÓLOGO

El suelo, ese antiguo compañero del hombre en su camino sobre la Tierra, es la base que sustenta nuestra existencia y el desarrollo de las civilizaciones a lo largo de la historia, ha sido durante mucho tiempo un tesoro invaluable para la humanidad, es el cimiento sobre el cual se erige la vida, es el soporte vital que alimenta a la humanidad y a todos los seres vivos que habitan nuestro mundo, nuestras actividades diarias están intrínsecamente ligadas a la calidad y fertilidad del suelo.

En un mundo donde la tecnología y la innovación parecen acaparar nuestra atención, es fundamental recordar que el suelo nos proporciona los recursos esenciales para nuestra supervivencia. La importancia de estudiar las ciencias del suelo no puede ser subestimada, ya que nos brinda el conocimiento y las herramientas necesarias para comprender su funcionamiento, reconocer sus usos potenciales y tomar medidas para su conservación.

Sin embargo, a pesar de su importancia crítica, los suelos se encuentran amenazados en muchas partes del mundo, incluido México. La deforestación, la erosión, la contaminación y la sobreexplotación son solo algunos de los desafíos a los que se enfrentan los suelos mexicanos.

Es imperativo que tomemos conciencia de la importancia de las ciencias del suelo y promovamos su estudio y conservación. La colaboración entre científicos, agricultores y tomadores de decisiones es fundamental para asegurar el manejo sostenible de nuestros suelos y proteger este recurso invaluable para las generaciones futuras tal y como ha sido promovido por organizaciones mundiales como la **Organización para la Agricultura y la Alimentación** (FAO, por sus siglas en inglés) y la **Unión Internacional de las Ciencias del Suelo** (IUUS, por sus siglas en inglés).

Los jóvenes son nuestros próximos líderes, es esencial que entiendan el valor del suelo como recurso indispensable para la sostenibilidad del planeta, que, al involucrarse en su estudio y conservación, puedan diseñar y gestionar acciones concretas para promover prácticas agrícolas amigables, fomentar la reforestación y servicios ambientales, reducir la contaminación y crear conciencia sobre la importancia de conservar la salud y calidad de los suelos.

En el 2018, surge la hoy conocida **Comisión de Acción Juvenil, desde la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. (SMCS)**, que pretende ser una lanza en la transferencia intergeneracional del conocimiento en temas referentes a la Ciencia del Suelo, para fomentar el

pensamiento crítico e integrativo, la resolución de problemas y el trabajo en equipo inter y transdisciplinario; habilidades y competencias fundamentales para el éxito en cualquier campo profesional. Los jóvenes que desarrollen estas habilidades a través del estudio de las ciencias del suelo estarán mejor preparados para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades en el campo de la agricultura, la sostenibilidad ambiental y la investigación científica y el manejo racional e integral de los recursos del suelo.

Por todo lo anterior, para la Comisión de Acción Juvenil fue relevante y una punta de lanza la organización del hoy establecido, *Concurso Mexicano de Evaluación de Suelos*, mismo que tuvo su primera edición en Texcoco, Estado de México (2018), para volver al año siguiente en el estado de Aguascalientes con gran éxito.

Para el 3^{er} y 4^{to} concurso y ante los desafíos que el mundo y nuestro país enfrentaba por temas de salud causado la pandemia por SARS-COV-2, se realizó de manera virtual. No obstante, fue una gran oportunidad para integrar a participantes de diversos países, como Andorra, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Turquía, Venezuela, entre otros, lo que llevó a enriquecer de manera especial dichos eventos.

La **Comisión de Acción Juvenil (CAJ)** de la **SMCS** presenta el **5^{to} Concurso de Evaluación de Suelos** de forma presencial nuevamente, con la seguridad de que será una excelente oportunidad para que los jóvenes pongan en práctica sus conocimientos y habilidades en el campo de las ciencias del suelo. A través de este concurso, podrán aplicar sus conocimientos teóricos y prácticos de campo, colaborar con otros estudiantes apasionados por la ciencia del suelo. También tendrán la oportunidad de recibir retroalimentación de expertos y competir con otros estudiantes para demostrar su excelencia académica y habilidades científicas, integración de información y praxis en trabajo de campo. ¡Que sea una experiencia enriquecedora y exitosa para todos ustedes!

Carmina Gámez Barajas

AGRADECIMIENTOS

Ante la gran respuesta al 5to Concurso de Evaluación de Suelos y a nombre de todos los integrantes de la Comisión de Acción Juvenil deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la realización del evento. Gracias por la dedicación y apoyo de cada uno de los participantes, ponentes, patrocinadores y organizadores que dieron su tiempo, esfuerzo y conocimientos al servicio de la ciencia del suelo.

A la Mesa Directiva de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., gracias por su compromiso en el fomento del estudio del recurso suelo mediante eventos dirigidos por jóvenes hacia jóvenes y con ello, contribuir al avance y desarrollo de esta disciplina tan importante para nuestro país.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias por ser sede del evento y brindar los recursos necesarios en todo momento. A la Unidad Multidisciplinaria de Ciencia e Investigación Juriquilla por su apoyo en la gestión de espacios, el respaldo técnico para la transmisión del evento y por su atinada asistencia en temas de transporte.

A los miembros del Comité Académico por enriquecer y afianzar los conocimientos de los participantes a través de ponencias y su respaldo para la realización del evento. Al jurado, quienes desempeñaron un papel crucial al dar legitimidad al 5to Concurso de Evaluación de Suelos. A los revisores del Manual de Evaluación de Suelos que con sus valiosas observaciones y aportaciones hicieron posible un documento con mayor robustez.

A quienes contribuyeron en hacer posible la premiación en el concurso a través de donaciones, el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Juriquilla, el Comité organizador del 47° Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y a las empresas Alibio Science y Polaquimia.

A los miembros del equipo organizador, cuyo arduo trabajo y dedicación en la planificación y coordinación del concurso fueron fundamentales para su éxito.

A todos, nuestro profundo y sincero agradecimiento por su contribución a esta iniciativa y esperamos seguir contando con su respaldo en futuras ediciones. Gracias por creer en este proyecto y ayudar a hacerlo realidad, porque sin suelo, no hay vida.

SIGLARIO

5CMES 5^{to}Concurso Mexicano de Evaluación de Suelos

CAJ Comisión de Acción Juvenil

CMES Concurso Mexicano de Evaluación de Suelos

FAO Organización para la Agricultura y la Alimentación

IUUS Unión Internacional de las Ciencias del Suelo

SMCS Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México

GSR Grupo de Suelo de Referencia

MOS Materia orgánica del suelo

WRB Base Referencial Mundial del Recurso Suelo

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LOS FORMATOS DE CONCURSO

Lim inf.	Límite inferior
Dist.	Distinción (del límite inferior)
Top.	Topografía (del límite inferior)
Y	Arcillas
A	Arenas
Hue	Tono
Val	Luminosidad
Chr	Croma
% FG	Porcentaje de fragmentos gruesos
Abun.	Abundancia (de los poros más abundantes)
Tam.	Tamaño medio (de los poros más abundantes)
DA	Densidad aparente
Pref.	Prefijo (del horizonte genético)
Suf.	Sufijo (del horizonte genético)
No.	Número (del horizonte genético)
Dif. Textural abr.	Diferencia textural abrupta
Prop. Ándicas	Propiedades ándicas
Cond. Reductoras.	Condiciones reductoras
Prop. Vítricas	Propiedades vítricas
Grietas de exp.-con.	Grietas de expansión y contracción

Disc. Lítica	Discontinuidad lítica
Mat. Mineral	Material mineral
Mat. Orgánico	Material orgánico
Carb. Orgánico	Carbono orgánico del suelo
Mat. Téfrico	Material téfrico

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Como parte de las actividades del *47 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo* e inmersos en la *Década Internacional de los Suelos (2015 - 2024)*, y en el marco de la celebración del Día Mundial del Suelo (5 de diciembre), la Comisión de Acción Juvenil de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo ha organizado el **Concurso Mexicano de Evaluación de Suelos (CMES)** en su quinta edición, del 13 al 15 de octubre de 2023 de manera presencial en Ciudad Universitaria, UNAM, CDMX.

El objetivo de esta contienda es que los participantes empleen sus conocimientos teóricos en las Ciencias del Suelo en conjunto con habilidades y destrezas prácticas para identificar, describir e interpretar las características a través de observaciones *in situ* y datos de laboratorio, que finalmente les de la mejor comprensión del adecuado uso potencial, manejo y conservación del recurso suelo, además de fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias entre los participantes, promover la importancia de la evaluación de suelos para la sostenibilidad agrícola. Confiamos en que este evento les brindará la oportunidad de incrementar el conocimiento y su formación, crecer profesionalmente y establecer contactos con otros expertos en el campo.

Durante estos últimos años, hemos trabajado arduamente para mejorar cada aspecto de esta competencia y tenemos la certeza de que cumplirá con todas sus expectativas. Estamos seguros de que cada uno de ustedes dará lo mejor de sí mismo y nos sorprenderá con su habilidad para analizar y comprender los suelos. Les deseamos mucha suerte en este desafío y esperamos que disfruten de cada etapa de este concurso.

INFORMACIÓN GENERAL

El presente manual está creado como apoyo para el desarrollo del CMES *in situ*. Las dos modalidades, individual y en equipo, constarán de las siguientes actividades:

- Designar horizontes genéticos
- Puntualizar rasgos morfológicos
- Clasificar de acuerdo con la base referencial mundial del recurso suelo (Grupo de Trabajo de la IUSS, 2015)
- Evaluar el suelo
- Interpretar el uso potencial del suelo

La duración de la contienda será de máximo **60 minutos** para todos los concursantes, cuyo tiempo comenzará a transcurrir con la indicación del comité organizador para dar inicio. El tiempo será el mismo para todos los participantes, los cuales contarán con datos de apoyo sobre el sitio y de análisis de laboratorio sobre los horizontes (sin mencionarse sus profundidades) de forma clara y accesible

El comité organizador hará entrega de los siguientes materiales a todos los estudiantes participantes:

- Manual de evaluación de suelos 2023.
- Formatos de campo.
- Reactivos por equipo (Fluoruro de sodio, fenolftaleína, peróxido de hidrógeno).

Cada participante debe de asegurarse de contar con los siguientes materiales durante el concurso:

- Lápiz, lapicero, rotulador, etc.
- Tabla de apoyo con sujetador (v.g. madera, plástico, etc.).
- Calculadora.
- Cuchillos o navaja.
- Brocha o escobilla.
- Placa de porcelana, portapinturas o similar.
- Contenedor para muestras de suelo (v.g. moldes para muffins u otros recipientes, bolsas plásticas también aceptado).

- Piceta (al menos una por equipo)
- Tabla de color Munsell (por lo menos 2 por equipo).
- Aspersor con agua (i.e. rociador, atomizador, etc.).
- Lupa de campo.
- Clinómetro.
- WRB edición 2015 en español.

Se restringe el uso de celular, *tablet*, computadora portátil, audífonos o de reloj inteligente durante las actividades propias del concurso:

Dinámica del concurso (modalidad equipo)

La dinámica durante los 60 minutos es la siguiente: los equipos participantes se turnarán para entrar a la calicata, máximo dos equipos a la vez (y sólo tres si el tamaño de la calicata lo permite). Los que comiencen dentro del perfil tendrán 10 minutos, el resto comenzarán sus actividades desde afuera, sin embargo, pueden realizar observaciones sin restricciones, sin interferir con los equipos que se encuentren dentro. Transcurridos los primeros 10 minutos intercambiarán el rol, y así sucesivamente por dos veces más, para tener un total de 40 minutos para tomar datos, muestras o toda aquella actividad o técnica que los equipos crean pertinentes para cumplir con los objetivos del concurso. Al final, se contarán con 20 minutos libres para que los concursantes puedan entrar y salir como cada equipo lo crea conveniente.

Para registrar los resultados se hará uso de un formato que será entregado previo a cada evaluación por el comité organizador del concurso. Se llenará con los códigos proporcionados en el presente manual. No obstante, para la descripción, clasificación y evaluación del suelo se puede hacer uso de materiales complementarios como la Guía para la descripción de suelos (2009), la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (2015) y el Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. 3ª Edición (2016).

Una vez transcurrido el tiempo reglamentario, un integrante del equipo será el responsable de entregar los formatos al comité calificador. Los formatos deben ser llenados con lápiz, evitar tachaduras y, en lo posible, escribir con la mayor claridad para evitar confusiones. Es fundamental que cada formato cuente con la clave de sitio y de equipo que se les ha asignado, ya que serán calificados por el método de doble ciego.

Dinámica del concurso (modalidad individual)

La dinámica será la misma que se describió para los equipos, no obstante, entrarán a la calicata en grupos de mixtos máximo ocho a diez participantes. El llenado y la entrega de formatos, así como la bibliografía recomendada será la misma que los equipos. Es fundamental que cada formato cuente con la clave del perfil descrito, así como la clave individual que se le haya asignado a cada participante, esto dado que serán calificados por el método de doble ciego.

PARTE I. IDENTIFICACIÓN DEL SITIO

Identificación del sitio

Para la correcta identificación de un suelo dentro de una base de datos, cada descripción de perfil debe contener, como mínimo, la siguiente información del sitio:

- **Número, código o nomenclatura del perfil**
- **Ubicación en coordenadas geográficas y altitud**
- **Fecha de descripción**
- **Nombre de quien realizó la descripción**

Clima

Las condiciones climáticas del sitio están estrechamente relacionadas con las condiciones ambientales que influyen sobre la formación del suelo y su identificación facilita la interpretación de algunos procesos edafogénicos. Los datos de precipitación pluvial (mm) y temperatura (°C) medias anuales, son la información mínima que debe recolectarse, de preferencia de la estación meteorológica más cercana al sitio. Se clasificará el clima según el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de climas. Modificado de Köppen (1918).

Código	Clasificación Köppen	Descripción del grupo de clima
A	Clima tropical	Temperatura media mensual ≥ 18 °C y ningún mes con precipitación por debajo de 60 mm.
B	Clima árido	Al menos un mes con una temperatura media > 10 °C y precipitaciones anuales menores a 600 mm.
C	Clima templado	Temperatura media del mes más frío entre 0 y 18 °C y con al menos un mes con temperaturas medias por encima de 10 °C.
D	Clima continental	Temperatura media mensual ≥ 0 °C y al menos un mes con una temperatura media > 10 °C.
E	Clima polar	Temperatura media mensual < 0 °C todo el año.

Uso de suelo y vegetación

De manera mínima, el uso de suelo se clasificará de acuerdo con el cuadro 2, mientras que la vegetación con el cuadro 3.

Cuadro 2. Clasificación de usos de suelo. Modificado de FAO (2009).

Código	Clase	
A	Agricultura	Agricultura de riego y temporal
M	Agricultura mixta	Agropastoril, agroforestería
H	Ganadería	Pastoreo intensivo y extensivo
F	Forestal	Bosque natural, plantación forestal
P	Protección de la naturaleza	Preservación de la naturaleza y recreación
S	Asentamientos, industrias	Residencial, transporte, excavaciones y tiraderos
Y		Zona militar
O		Otros usos de la tierra
U		Sin manejo aparente

Cuadro 3. Clasificación de la vegetación. Modificado de CNA (1989).

Código	Clase
M	Manglar
Pa	Pastizal
Z	Zacatonal
MZ	Mezquital
S	Selva
B	Bosque
Ma	Matorral
NA	Sin vegetación aparente

Topografía

La descripción topográfica se refiere a la posición en el terreno (Figura 1), la forma de la pendiente (Figura 2) y el ángulo de inclinación (Cuadro 4). Úsense los códigos disponibles dentro del cuadro 4 y figuras 1 y 2.

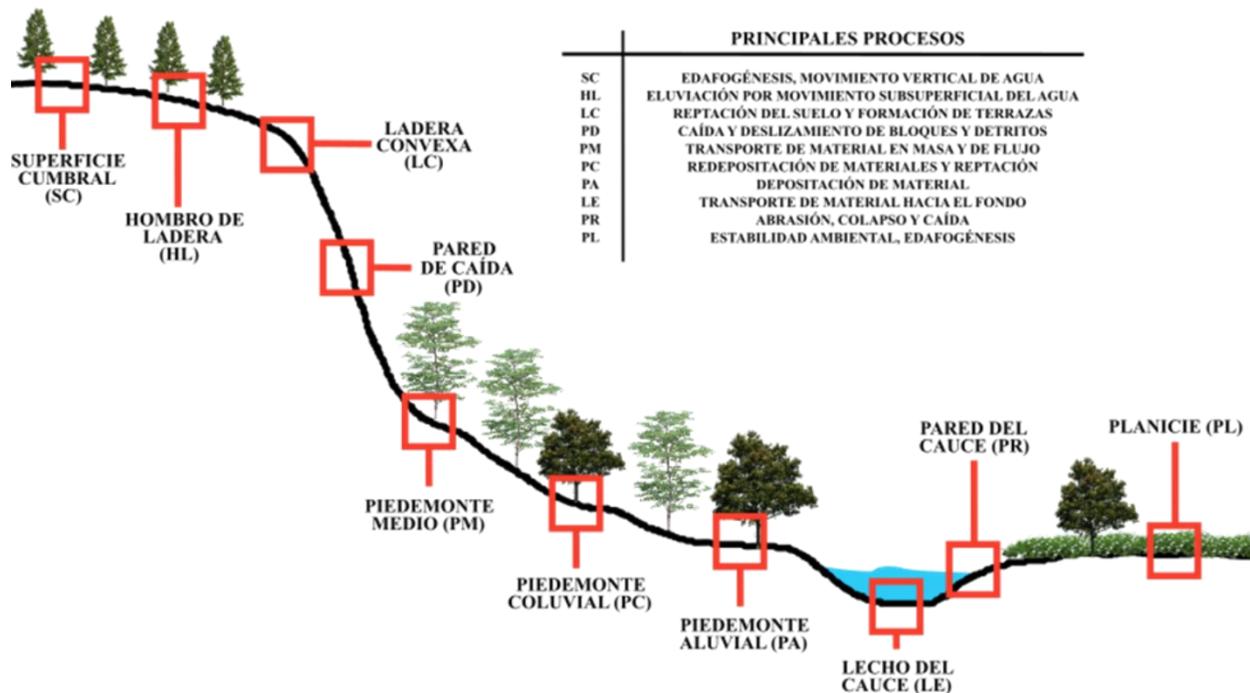


Figura 1. Modelo de unidades del relieve y sus principales procesos relacionados a la morfogénesis y a la edafogénesis. Modificado de Dalrymple *et al.* (1968).

Forma de pendiente y direcciones de la superficie

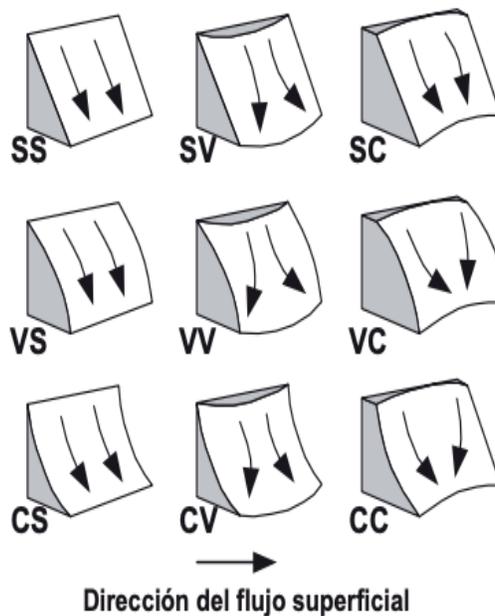


Figura 2. Forma de la pendiente y direcciones de la superficie, tomando en cuenta la dirección del flujo superficial. Tomado de FAO (2009). SS: plano; SV: planoconvexo; SC: planocóncavo; VS: convexo-plano; VV: convexo; VC: convexo-cóncavo; CS: cóncavo-plano; CV: cóncavoconvexo; y CC: cóncavo.

Cuadro 4. Clases de pendientes y su gradiente de inclinación. Adaptado de FAO (2009).

Código	Clase	Gradiente de inclinación (°)	Gradiente de inclinación (%)
01	Nivel	0 – 2	0 – 3.5
02	Suavemente inclinado	2.1 – 5	3.6 – 9
03	Inclinado	5.1 – 10	9.1 – 18
04	Moderadamente inclinado	10.1 – 15	18.1 – 27
05	Fuertemente inclinado	15.1 – 30	27.1 – 58
06	Escarpado	30.1 – 60	58.1 – 173
07	Muy escarpado	> 60	> 173

Material parental

Se refiere al material a partir del cual se formó el suelo. Al describirlo se debe indicar, como mínimo, su naturaleza (Cuadro 5).

Cuadro 5. Posibles materiales parentales. Modificado de FAO (2009).

Código	Litología	
I	Roca ígnea	Dacita, riolita, andesita, basalto, ignimbrita, gabro, granito, granodiorita
M	Roca metamórfica	Cuarcita, gneiss, pizarra, filita, anfibolita, serpentinita y esquistos verde
S	Roca sedimentaria	Conglomerado, brecha, arenisca, lutita y caliza
U	Sedimentos no consolidados	Fluviales, lacustres, coluviales, eólicos, glaciales, residuos intemperizados, cenizas volcánicas

PARTE II. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO

La descripción de la morfología del suelo incluye las características de la superficie del terreno como erosión, afloramientos rocosos, fragmentos gruesos, agrietamiento y encostramiento, así como la descripción del suelo horizonte por horizonte. Dicha descripción se realiza en un perfil recién excavado o un corte de camino limpio, sin influencias externas.

Características de la superficie del sitio

Erosión superficial

La erosión del suelo, por lo general, guarda un origen hídrico o eólico. En caso de identificarse, se debe registrar el tipo (Cuadro 6), y el grado de erosión en comparación a otro sitio con la misma unidad del suelo (Cuadro 7).

Cuadro 6. Tipo de erosión del suelo. Modificado de FAO (2009).

Código	Tipo
N	Sin evidencia
W	Erosión laminar
T	Erosión en surcos
U	Erosión en cárcavas
A	Erosión eólica

Cuadro 7. Grados de erosión del suelo. Obtenido de Siebe *et al.* (2016).

Código	Características
1	Pérdida <25% del espesor original del horizonte A o E, o de los primeros 20 cm en caso de que los horizontes A o E tengan un espesor menor que 20 cm. En la mayor parte del área el espesor del horizonte superficial se encuentra dentro del intervalo normal de variabilidad de sitios no erosionados y sólo algunas zonas (<20%) muestran diferencias apreciables en espesor.
2	Pérdida 25% a 75% del espesor original del horizonte A o E, o de los primeros 20 cm en caso de que los horizontes A o E tengan un espesor menor que 20 cm. El horizonte superficial consiste en una mezcla del horizonte A o E original y los materiales subyacentes.
3	Pérdida >75% del espesor original del horizonte A o E, o de los primeros 20 cm en caso de que los horizontes A o E tengan un espesor menor que 20 cm. En la mayor parte del área ha quedado expuesto el material subyacente a los horizontes A o E originales, o en caso de que los horizontes A o E hayan sido de gran espesor, el horizonte superficial consiste en una mezcla del horizonte A o E original y de los materiales subyacentes.
4	Pérdida total de los horizontes A o E originales, o de los primeros 20 cm del suelo en caso de que los horizontes A o E tengan un espesor menor que 20 cm, y afectación de parte de los horizontes subyacentes. La mayor parte del área muestra un sistema de cárcavas muy desarrolladas.

Pedregosidad superficial

Se refiere a la abundancia de fragmentos gruesos superficiales mayores a 2 mm, y se expresa en términos de porcentaje de cobertura superficial (Cuadro 8) y de acuerdo con su tamaño (Cuadro 9).

Cuadro 8. Clasificación de fragmentos gruesos superficiales en términos de porcentaje de cobertura superficial. Modificado de FAO (2009).

Código	Clase	%
N	Ninguno	0
P	Pocos	0.1 – 5
C	Comunes	5.1 – 15
M	Muchos	15.1 – 40
A	Abundantes	40.1 – 80
LD	Dominantes	> 80

Cuadro 9. Clasificación de fragmentos gruesos superficiales de acuerdo con su tamaño. Modificado de FAO (2009).

Código	Clase	cm
F	Grava fina	0.2 – 0.6
M	Grava media	0.61 – 2.0
C	Grava gruesa	2.1 – 6.0
S	Piedras	6.1 – 20.0
B	Cantos	20.1 – 60.0
L	Cantos grandes	60.1 – 200

Grietas superficiales

Las grietas se forman en suelos enriquecidos con arcillas expansibles, particularmente asociados con Vertisols. Existe la posibilidad de que el suelo esté húmedo y no sean evidentes al

momento de la descripción. Las grietas se clasificarán de acuerdo con su tamaño (Cuadro 10) y con su profundidad (Cuadro 11), según las condiciones de campo.

Cuadro 10. Clasificación de las grietas superficiales de acuerdo con su tamaño (FAO, 2009).

Código	Clase	cm
F	Finas	< 1
M	Medias	1.0 – 2.0
A	Anchas	2.1 – 10
V	Muy anchas	> 10

Cuadro 11. Clasificación de las grietas superficiales de acuerdo con su profundidad (FAO, 2009).

Código	Clase	cm
S	Superficial	-
M	Media	< 2.0
D	Profunda	10.1 – 20
V	Muy profunda	> 20

Repelencia al agua

El grado de repelencia al agua (hidrofobicidad) se determina a través de la aplicación de tres gotas de agua sobre una parte relativamente plana de la superficie del terreno y la cuantificación del tiempo necesario para penetrar dicha superficie del terreno. Este método es conocido como *Water Drop Penetration Time* (WDPT) (Van't Woudt, 1959; Letey *et al.*, 2000). El promedio del tiempo requerido para que dichas gotas permeen en el suelo se asocia según el **Cuadro 12**.

Cuadro 12. Grados de repelencia al agua. Adaptado de Mataix-Solera *et al.* (2014).

Código	Repelencia al agua	Tiempo (s)
N	Nula	< 5
L	Ligera	5 – 30
M	Moderada	31 – 180
F	Fuerte	> 180

Descripción de los horizontes

Límites

Los límites de los horizontes del suelo proveen información relacionada con los procesos formadores del suelo y comúnmente son descritos en términos de profundidad, distinción (Cuadro 13) y topografía (Cuadro 14 y Figura 3).

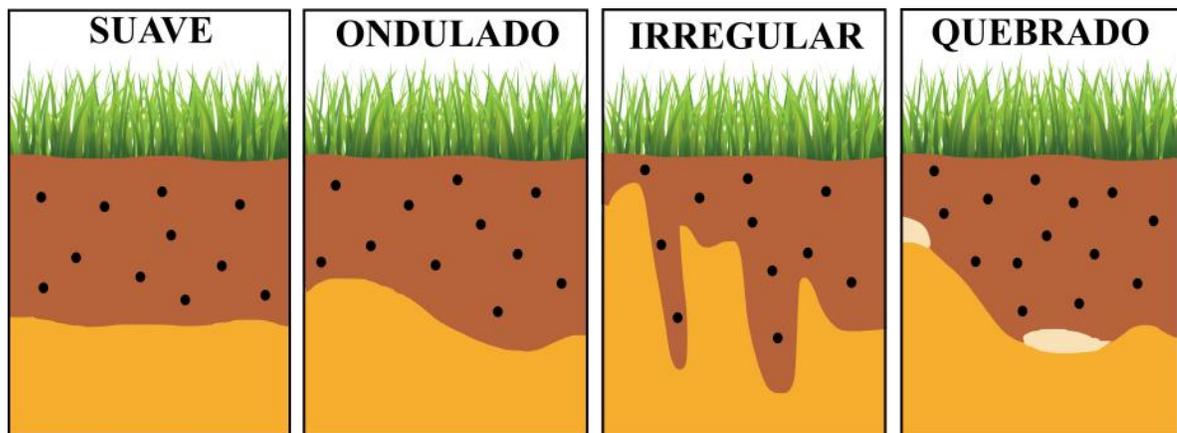
La distinción se refiere al espesor de la zona donde se localiza el límite sin pertenecer a otro horizonte. La topografía indica la variación de la profundidad del horizonte.

Cuadro 13. Distinción entre límites de horizontes (FAO, 2009).

Código	Clase	cm
A	Abrupto	< 2.0
C	Claro	2.1 – 5.0
G	Gradual	5.1 - 15
D	Difuso	> 15

Cuadro 14. Topografía entre límites de horizontes (FAO, 2009).

Código	Clase	Características
S	Suave	Casi plano
O	Ondulado	Ondulaciones más anchas que profundas
I	Irregular	Ondulaciones más profundas que anchas
Q	Quebrado	Discontinuo

**Figura 3.** Topografía entre límites de horizontes. Modificado de Schoeneberger *et al.* (2011).

Textura

La textura del suelo se reporta como una clase textural, y se refiere a la porción relativa de las clases de tamaño de partículas en un volumen de suelo dado (Figuras 4a y 4b).

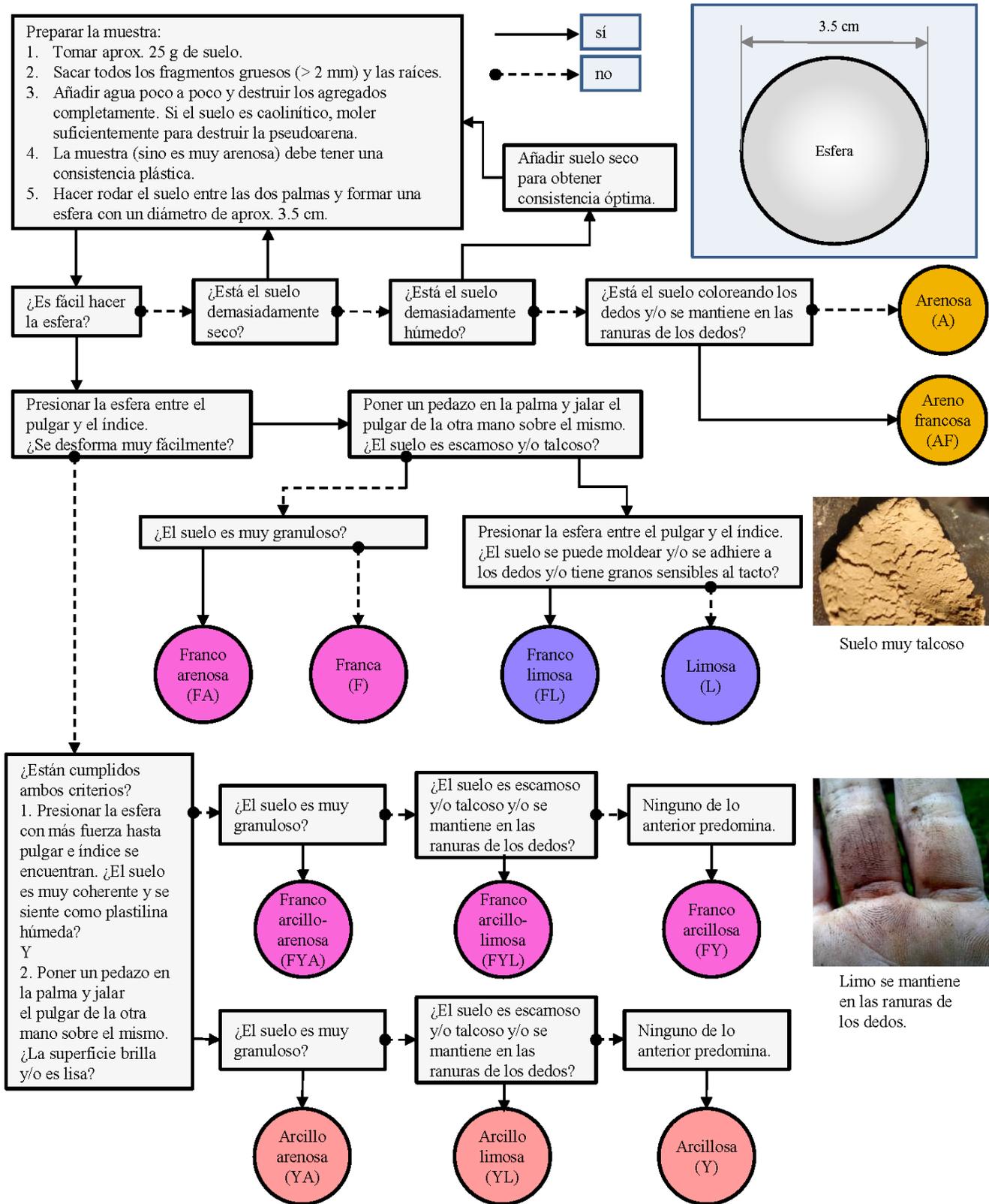


Figura 4a. Guía para la determinación textural. Tomado de Bunes *et al.* (2020)

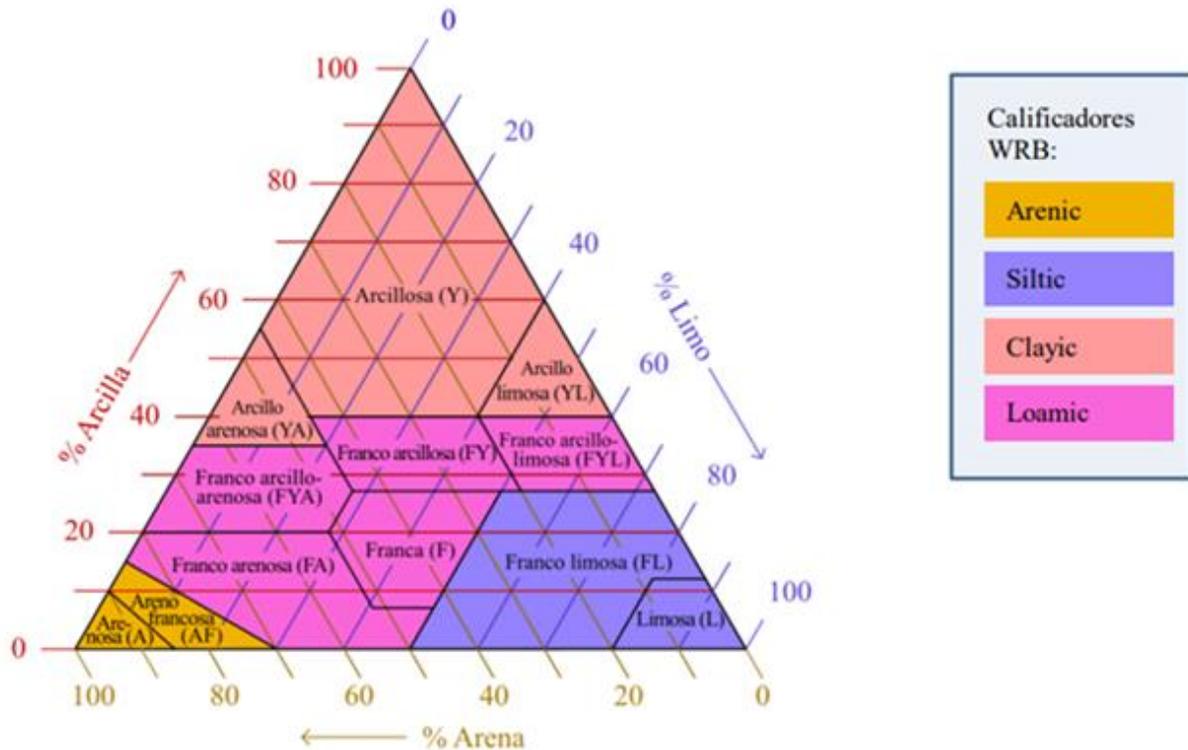


Figura 4b. Diagrama ternario para la determinación de los constituyentes de la tierra fina, clases texturales y calificadores para WRB (2015). Tomado de Bunes *et al.* (2020).

Color

El color del suelo refleja distintos procesos edafogénicos, como son la melanización o la rubefacción, y propiedades como la composición mineral del suelo, la cual está estrechamente relacionada con el material parental. El color se debe obtener a partir de una muestra en húmedo para cada horizonte, haciendo uso de la tabla de colores Munsell (*Munsell Soil Color Chart*). Los colores deben ser designados de acuerdo con el matiz (*hue*), la luminosidad (*value*) y el croma (*chroma*) (**Figura 5**). Es recomendable hacer la descripción del color del suelo bajo condiciones similares para cada muestra y bajo luz difusa, es decir, sin la incidencia directa de los rayos del sol.

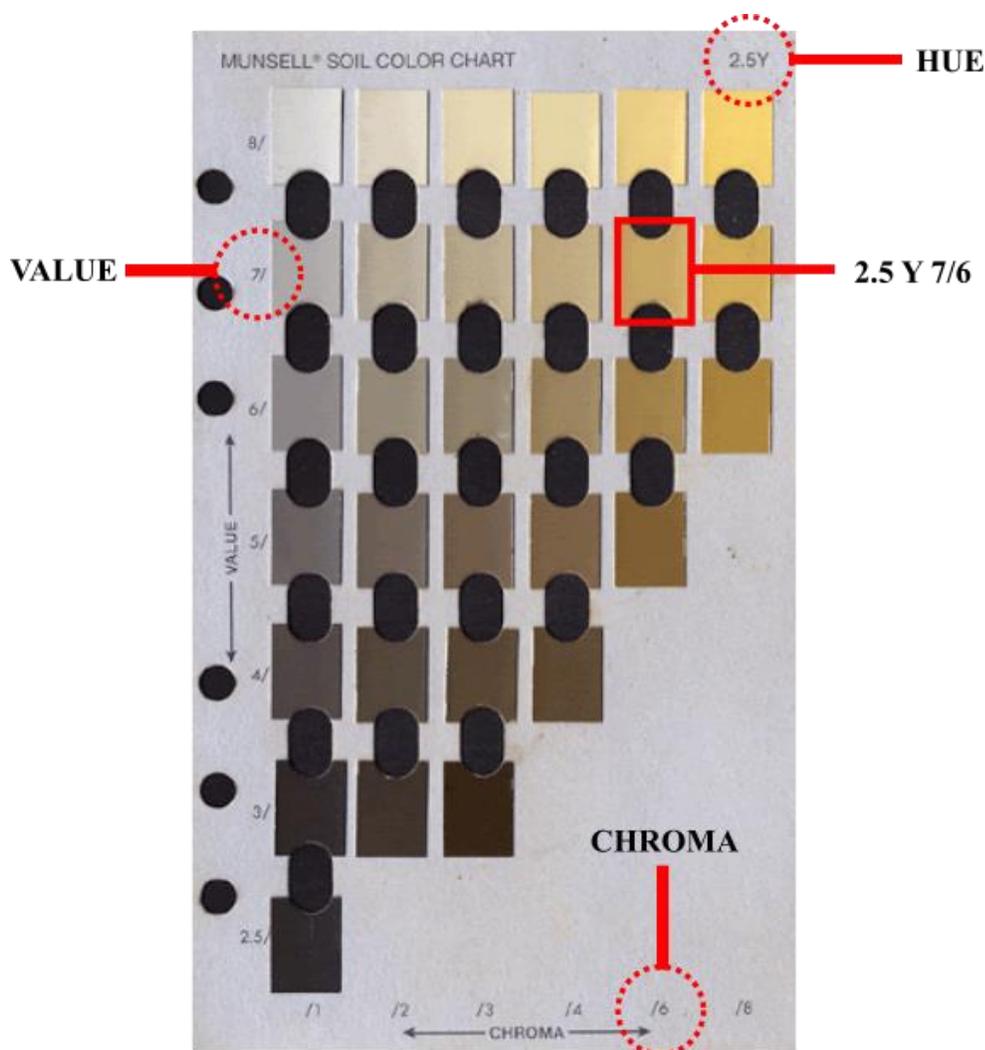


Figura 5. Partes de una carta de colores Munsell. Se ejemplifica cómo debe registrarse el color del suelo, considerando el *hue*, el *value* y el *chroma*.

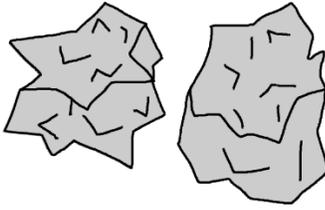
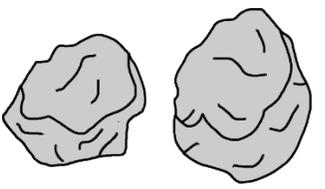
Estructura

La estructura del suelo refleja la disposición de las partículas en agregados, resultado de los procesos edafogénicos. Se describe en términos del grado de desarrollo (Cuadro 15), tipo (Cuadro 16) y tamaño. El grado de desarrollo se asocia a la naturalidad del arreglo entre los agregados, mientras que el tipo y tamaño a la geometría dominante en los agregados individuales.

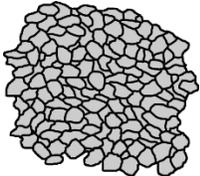
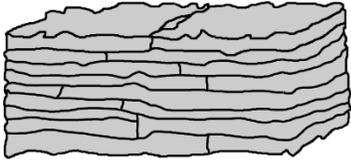
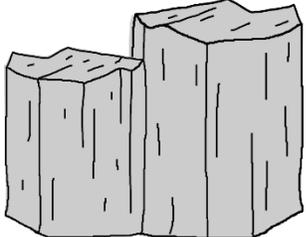
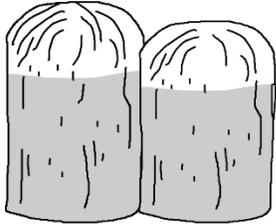
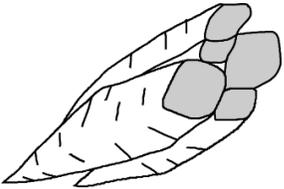
Cuadro 15. Clasificación del grado de desarrollo de la estructura (FAO, 2009).

Código	Clase	Descripción
D	Débil	Los agregados son raramente observables <i>in situ</i> . Cuando se disturba se crea una mezcla de pocos agregados y mucho material suelto.
M	Moderado	Los agregados son observables y se distingue el arreglo de superficies. Cuando se disturba se crea una mezcla de muchos agregados enteros, algunos agregados quebrados y poco material suelto.
F	Fuerte	Los agregados son claramente observables y presentan un prominente arreglo. Cuando se disturba el material, comúnmente se rompe en agregados más finos.

Cuadro 16. Estructura del suelo. Modificado de FAO (2009).

Código	Estructura	Descripción
BA	 BLOQUES ANGULARES	Bloques o poliedros casi equidimensionales, con superficies planas o ligeramente redondeadas, que son moldes de caras de los agregados vecinos, con caras intersecando a ángulos relativamente agudos.
BS	 BLOQUES SUBANGULARES	Bloques o poliedros casi equidimensionales, con superficies planas o ligeramente redondeadas, que son moldes de caras de los agregados vecinos, con las caras intersecando a ángulos redondeados.

Cuadro 16. Estructura del suelo. Modificado de FAO (2009). *Continuación.*

GR	 <p data-bbox="418 527 553 554">GRANULAR</p>	Esferoides o poliedros que tienen superficies curvilíneas o irregulares, que no son moldes de las caras de los agregados vecinos.
LA	 <p data-bbox="467 812 610 842">LAMINAR</p>	Planos con dimensiones verticales limitadas, generalmente orientadas sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuestos.
PR	 <p data-bbox="472 1127 630 1157">PRISMÁTICA</p>	Las dimensiones están limitadas en el plano horizontal y extendido a lo largo del plano vertical. Las caras verticales están bien definidas, con superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de las caras de los agregados circundantes. Las caras intersecan normalmente a los ángulos relativamente agudos.
CO	 <p data-bbox="480 1434 621 1461">COLUMNAR</p>	Estructuras prismáticas que tienen una cubierta o casquete redondeado.
CU	 <p data-bbox="472 1749 646 1776">CUNEIFORME</p>	Lentes elípticos unidos que terminan en ángulos afilados, confinados por caras de fricción.

Estabilidad de agregados

La estabilidad de los agregados determina la penetrabilidad de las raíces y la resistencia a la destrucción y, consecuentemente, a la erosión. En campo la estabilidad de agregados se evalúa depositando aproximadamente **diez** agregados de diámetros entre 3 y 10 mm, en una cápsula de porcelana (o cualquier contenedor) y saturándolos con agua. Tras rotarlos suavemente durante 30 segundos, se evalúa el grado de fragmentación de los agregados (Cuadro 17).

Cuadro 17. Evaluación de la estabilidad de los agregados. Tomado de Siebe *et al.*, 2016.

Evaluación	Grado de descomposición
Muy alta	No hay fragmentación o sólo fragmentos grandes
Alta	Dominan los fragmentos grandes sobre los pequeños
Media	Igual número de fragmentos grandes y pequeños
Moderada	Dominan los fragmentos pequeños sobre los grandes
Baja	Sólo fragmentos pequeños y turbidez notable del agua
Muy baja	Descomposición total y alta turbidez del agua

Fragmentos Gruesos

Los fragmentos gruesos en el perfil del suelo se deberán registrar por horizonte, de acuerdo con su porcentaje de cobertura respecto de la tierra fina (arenas, limos y arcillas) (Figura 6).

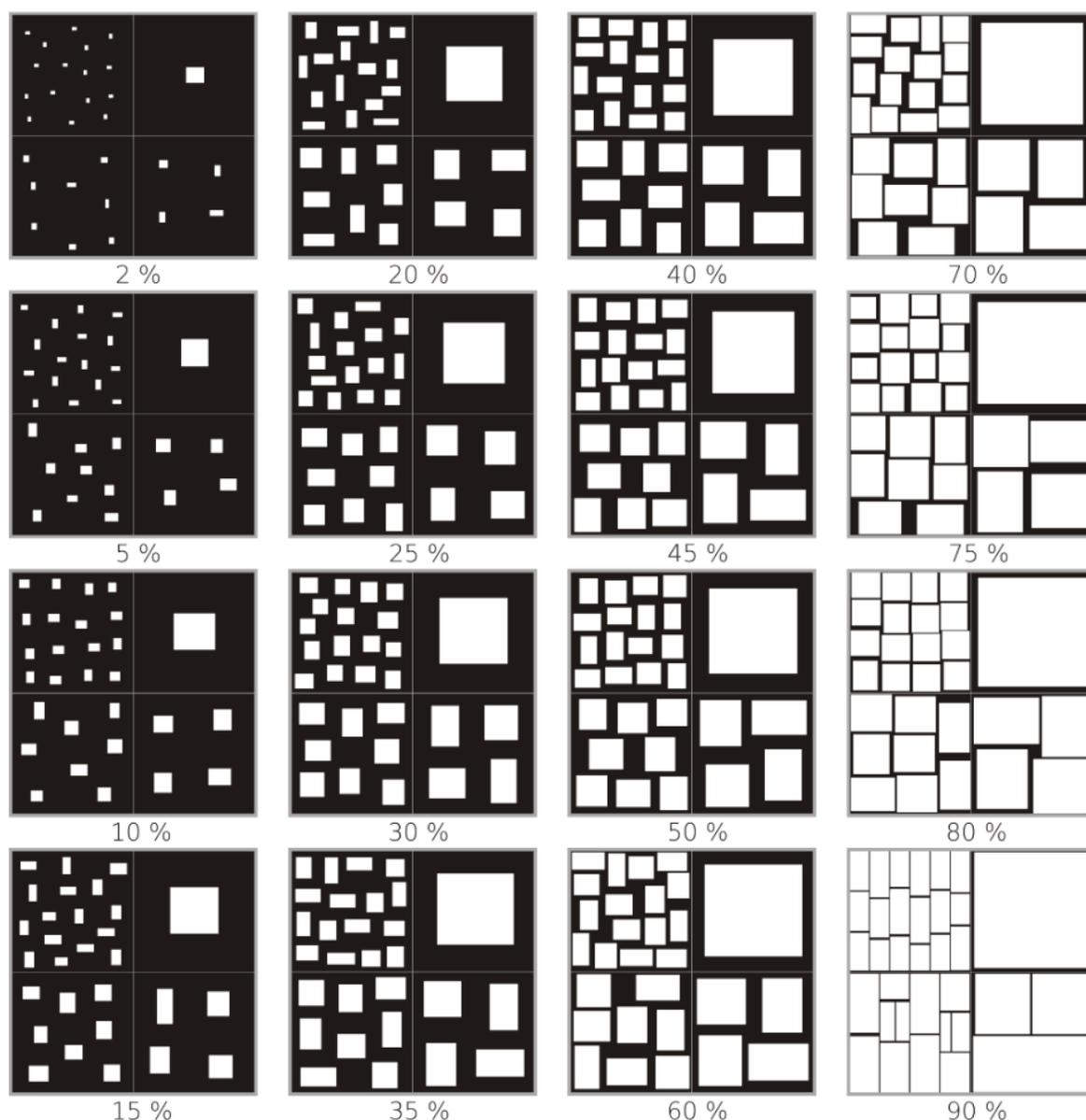


Figura 6. Porcentaje de fragmentos gruesos. Tomado de IUSS Working Group (2023).

Porosidad

La porosidad del suelo incluye cavidades, canales, vesículas y fisuras. Todos ellos de importancia para el drenaje y aireación del suelo. Dicha porosidad debe describirse en un decímetro cuadrado, cuando menos, en términos de abundancia y tamaño de los poros que predominen (Figura 6). Aunque también es posible describir su distribución (dentro o fuera de agregados) y su forma (Figura 7a y 7b). Para observar con detenimiento la porosidad del suelo se recomienda el uso de una lupa.

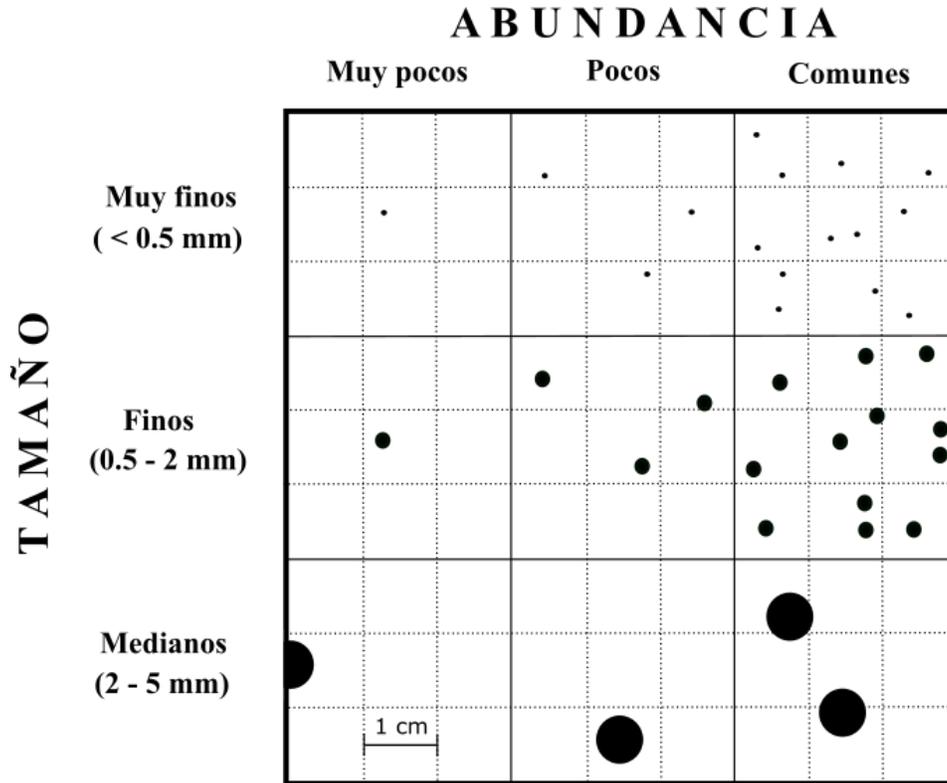


Figura 7a. Esquema para la estimación de poros, tomando en cuenta su abundancia y tamaño. Cada cuadrado menor representa 1 cm². Modificado de Siebe *et al.* (2016).

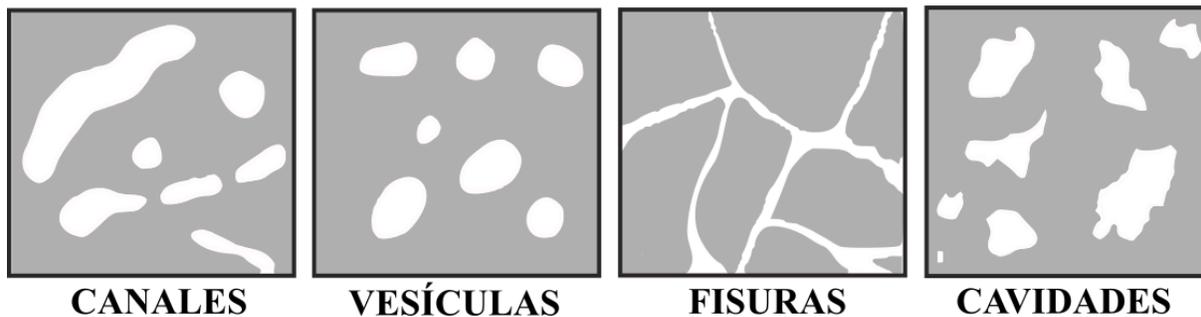


Figura 7b. Clasificación de los poros del suelo por su forma. Modificado de Morrás (2014). Canales (CN), Vesícula (VS), Fisuras (FS) y Cavidades (CV).

Densidad aparente

La densidad aparente es un criterio importante para la evaluación hídrica y de nutrientes. En campo, puede ser determinada de manera semicuantitativa, tomando en cuenta la penetrabilidad del perfil de suelo con ayuda de un cuchillo y datos de la textura del suelo (Cuadro 18).

Cuadro 18. Evaluación de la densidad aparente. Modificado de Siebe *et al.* (2016).

Características (válido para suelos secos)	Densidad aparente [g/cm ³]			
	Textura			
	Arenas y limos	Francos	Arcillosos	Código
El cuchillo sólo se puede introducir bajo fuerzas mayores, la muestra casi no se desmorona.	>1.9	> 1.8	>1.6	A
El cuchillo sólo se introduce con dificultad 1 a 2 cm en el suelo, la muestra se desmorona en pocos fragmentos que sólo se pueden partir con dificultad.	1.8	1.6	1.4	M
El cuchillo se puede introducir en el suelo con poco esfuerzo, la muestra se desmorona en pocos fragmentos, los cuales pueden ser partidos en fragmentos más pequeños con la mano.	1.6	1.4	1.2	
Al presionar suavemente, el suelo se desmorona en muchos fragmentos.	1.4	1.2	1.0	B
La muestra se desmorona totalmente al tomarla, se ven muchos poros gruesos y muy gruesos.	1.2	<1.0	-	

Carbonatos

Los carbonatos en los suelos se encuentran de forma residual del material parental (calcárico) o como resultado de la neoformación *in situ* (cálcico). La presencia de carbonato de calcio (CaCO_3) se identifica a través de la adición de gotas de HCl (ácido clorhídrico) al 10%. El grado de efervescencia, derivado de la liberación de CO_2 está relacionado con la cantidad de carbonato de calcio presente. Las clases para la reacción de carbonatos en el suelo se definen con relación al Cuadro 19.

Cuadro 19. Clasificación de la reacción del carbonato de calcio. Modificado de FAO (2009).

Código	%	Descripción	Criterio
N	0	Sin presencia	Sin efervescencia
SL	0.1 - 2	Ligeramente calcáreo	Se escucha la efervescencia, pero no es visible
MO	2.1 - 10	Moderadamente calcáreo	Efervescencia visible
ST	10.1 - 25	Fuertemente calcáreo	Efervescencia fuerte visible
EX	> 25	Extremadamente calcáreo	Efervescencia fuerte instantánea visible

Revestimientos

Los revestimientos en el suelo se describen de acuerdo con su tipo (Cuadro 20), cantidad respecto a los agregados (Cuadro 21) y localización (dentro o fuera de los agregados).

Cuadro 20. Clasificación de los tipos de revestimientos. Modificado de FAO (2009).

Código	Tipo
A	Arcilla
H	Humus
CC	Carbonatos de Calcio
S	Arena
M	Manganeso

Cuadro 21. Clasificación de la cantidad de revestimientos. Modificado de FAO (2009).

Código	Cantidad	%
N	Ninguno	0
P	Pocos	0 - 5
C	Comunes	5.1- 40
A	Abundantes	40.1 - 80
D	Dominantes	>80

PARTE III. DESIGNACIÓN DE HORIZONTES Y CLASIFICACIÓN

Designación de horizontes

La designación de horizontes incluye un prefijo numérico, un horizonte genético con letra mayúscula, un sufijo con letra minúscula y si es necesario, una subdivisión numérica.

Prefijo numérico

En suelos minerales los números arábigos se usan como prefijos para indicar que un suelo no se ha formado completamente en un mismo tipo de material, es decir, existe una discontinuidad en el material parental. Una discontinuidad se reconoce por un cambio significativo en la distribución del tamaño de partículas o conjunto de minerales.

Cuando se identifica una discontinuidad, la numeración del prefijo comienza en el material subyacente al depósito superficial y se designa añadiendo el prefijo “2” a los horizontes y capas que se forman en el material subyacente a la discontinuidad. Si se encuentra otra discontinuidad debajo del material con el prefijo “2”, los horizontes y capas formados en el tercer material se designan con el prefijo “3”. Por ejemplo: Ap, Bt1, 2Bt2, 2Bt3, 3BC. No hay un número definido máximo de discontinuidades.

Horizonte genético

La designación de horizontes debe seguir las indicaciones del cuadro 22, el cual está adaptado de *IUSS Working Group* (2023).

Cuadro 22. Horizontes genéticos. Adaptado de *IUSS Working Group (2023)*.

Código	Descripción
Horizontes orgánicos	
H	Capa orgánica u organotécnica, que no forma parte de una capa de hojarasca; saturación de agua > 30 días consecutivos en la mayoría de los años o drenada; generalmente considerada como capa de turba o capa orgánica límnic. Si la H se utiliza para capas organotécnicas, el sufijo u es obligatorio.
O	Horizonte orgánico o capa organotécnica, que no forma parte de una capa de hojarasca; saturación de agua ≤ 30 días consecutivos en la mayoría de los años y no drenada; generalmente considerado como parte del piso forestal. Si la O se utiliza para las capas organotécnicas, el sufijo u es obligatorio.
Horizontes minerales	
A	Horizonte mineral en la superficie del suelo mineral o enterrado; contiene materia orgánica que, al menos en parte, ha sido modificada <i>in situ</i> ; estructura del suelo y/o elementos estructurales creados por el cultivo en ≥ 50% (en volumen, en relación con la tierra fina), es decir, estructura rocosa, si está presente, en < 50% (en volumen); las capas minerales cultivadas se designan A, incluso si pertenecían a otra capa antes de cultivo.
E	Horizonte mineral; ha perdido por movimiento descendente dentro del suelo (vertical o lateralmente) uno o más de las siguientes: Especies de Fe, Al y/o Mn; minerales de arcilla; materia orgánica. Usualmente de colores más claros que el color de los horizontes suprayacentes A y subyacentes B.

Cuadro 22. Horizontes genéticos. Adaptado de *IUSS Working Group (2023). Continuación.*

B	Horizonte mineral caracterizado por una o más de las siguientes: una concentración de arcilla, hierro, aluminio o una combinación de estos; una mejor estructuración edáfica que los horizontes subyacentes y suprayacentes; colores más fuertes (croma alto y/o matiz rojizo) que los horizontes suprayacentes y subyacentes.
C	Horizonte mineral; no consolidado o consolidado y más fracturado que el horizonte R; sin formación del suelo o formación incipiente.
R	Roca consolidada; las muestras secadas al aire o más secas, cuando se colocan en agua, no se apelmazan en 24 horas; las fracturas, si están presentes, ocupan < 10% (en volumen, en relación con la totalidad del suelo) no resultante de la cementación de un horizonte del suelo.

Horizontes de transición

Los horizontes genéticos de transición tienen características tanto de horizonte suprayacente como del subyacente, pero se parece más al horizonte que se designa primero, por ejemplo, AE, AB, AC, EA, EB, BA, BE, BC, CA, CB.

Los horizontes en los que las partes distintas tienen propiedades reconocibles de dos tipos de horizontes mayores se indican como en los casos anteriores, pero las dos letras mayúsculas se encuentran separadas por una diagonal (/), en el que el primer componente del horizonte designado es dominante y rodea el material del segundo horizonte, por ejemplo, A/B, A/E, A/C, E/A, E/B, B/A, B/E, B/C, C/A, C/B.

Sufijo

Se escriben los sufijos en letras minúsculas para designar los tipos específicos de horizontes genéticos, si es necesario, por ejemplo: Ap, Bw, Bt, Btk, Cg. Los sufijos se describen en el cuadro

23. El sufijo ‘b’ se usará sólo cuando un suelo esté sepultado, siempre y cuando esté claramente expresado. El sufijo ‘w’ se utilizará únicamente en los horizontes genéticos B que presentan un cambio de color y/o estructura, y es incompatible en combinación con cualquier otro sufijo, con excepción del sufijo ‘b’.

Cuadro 23. Sufijos. Adaptado de IUSS Working Group (2023).

Sufijo	Descripción	Usado para
a	Material orgánico altamente descompuesto	Horizontes orgánicos
b	Horizonte genético enterrado	Sin restricción
c	Concreciones o nódulos	Horizontes minerales
d	Drenado	Horizontes H
e	Material orgánico moderadamente descompuesto	Horizontes orgánicos
e	Saprolito	Horizontes C
g	Condiciones estágnicas (de Fe y Mg)	Sin restricción
h	Acumulación iluvial de materia orgánica	Horizontes minerales
i	Superficies de deslizamiento	Horizontes B
i	Materia orgánica ligeramente descompuesta	Horizontes orgánicos
j	Acumulación de jarosita	Sin restricción
k	Acumulación de carbonatos secundarios (edafo genéticos)	Sin restricción

Cuadro 23. Sufijos. Adaptado de IUSS Working Group (2023). *Continuación.*

l	Franja capilar de moteados (gleyzación)	Sin restricción
m	Fuerte cementación o endurecimiento	Horizontes minerales
n	Acumulación de sodio intercambiable	Sin restricción
o	Acumulación residual de óxidos pedogenéticos en horizontes muy intemperizados	Horizontes B
p	Labranza u otra acción agrícola	Sin restricción. E, B, C como Ap
q	Acumulación de sílice edafogenética	Sin restricción
r	Fuerte reducción	Sin restricción
s	Acumulación iluvial de sesquióxidos	Horizontes B
t	Acumulación iluvial de arcilla silicatada	Horizontes B y C
u	Materiales urbanos y otros artefactos	Horizontes H, O, A, E, B y C
v	Acumulaciones de plintita	Horizontes B y C
w	Desarrollo de color o estructura	Horizontes B
x	Características de fragipán	Sin restricción
y	Acumulación edafogenética de yeso	Sin restricción
z	Acumulación edafogenética de sales más solubles que el yeso	Sin restricción
α	Presencia de carbonatos primarios	Sin restricción
β	Densidad aparente $\leq 0.9 \text{ kg dm}^{-3}$	Horizontes B
γ	Arenas con vidrios volcánicos $\geq 5\%$	Sin restricción

Cuadro 23. Sufijos. Adaptado de IUSS Working Group (2023). *Continuación.*

σ	Saturación permanente de agua sin características reductimórficas	Horizontes minerales
----------	---	----------------------

Subdivisiones numéricas

Cuando dos horizontes o más presentan la misma combinación de letras, pero particularidades individuales que los diferencian entre sí, como un cambio de color o de textura, se utilizarán las subdivisiones numéricas en forma de sufijos. Por ejemplo, Bt1, Bt2.

Observaciones a los horizontes orgánicos

Sobre los suelos se puede observar un comportamiento con residuos orgánicos en diferentes grados de descomposición, los cuales van desde aquellos que se acumulan en superficie y se estratifican de acuerdo con lo avanzado de su descomposición (horizonte O, o mantillo) hasta aquellos que están limitados por saturación hídrica (horizonte H). Particularmente, en sistemas forestales los rasgos físicos (profundidad, grado de alteración, color, etcétera), químicos (pH, concentración de C, N, P, etcétera) y biológicos (actividad microbiana), dependen de las condiciones ambientales y del origen de los residuos orgánicos.

El estudio de los horizontes orgánicos nos ayuda a interpretar los ciclos biogeoquímicos del C, N y P, y a identificar los procesos por los cuales se habrán de enriquecer los horizontes minerales, y con ello, dar origen a la Materia Orgánica del Suelo (MOS). Con ayuda de un cuadro de 10 x 10 cm se determina el tipo de horizonte orgánico a partir de sus rasgos, particularmente, profundidad, estratificación, identidad del material, humedad y presencia de actividad microbiana, según los criterios de suelos forestales:

Horizonte Oi (mantillo): Se caracteriza por la acumulación de hojas/acículas, frutos, pequeñas ramas y trozos de corteza. Su morfología y origen son fácilmente reconocibles. Después de frotarlo, se reconoce >2/3 de los tejidos de plantas muertas.

Horizonte Oe (fragmentado y/o fermentado): Los restos vegetales se encuentran fragmentados debido a la actividad de la fauna del suelo. Su procedencia es reconocible y suele estar más húmedo que el horizonte Oi. La descomposición lenta de este horizonte se caracteriza por la presencia de hifas, así como heces de la fauna detritívora. Después de frotarlo, se reconoce $<2/3$ y $>1/6$ de los tejidos de plantas muertas.

Horizonte Oa (humificación): Es un horizonte orgánico caracterizado por la acumulación de materia orgánica descompuesta. Su morfología y procedencia es imposible de identificar. Posee un color oscuro por una humificación más avanzada debido a la acción de los microorganismos del suelo. Después de frotarlo, se reconoce $<1/6$ de los tejidos de plantas muertas.

Clasificación de suelos

La clasificación de suelos WRB (2015) se basa en particularidades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico. Dichas particularidades tienen en cuenta su relación con los procesos formadores del suelo. La arquitectura de la WRB (2015) comprende dos niveles de detalle categórico:

- I. El primer nivel tiene 32 Grupos de Suelo de Referencia (GSR); y
- II. El segundo nivel consiste en el nombre de GSR combinado con un conjunto de calificadores principales y suplementarios.

Para facilitar el uso de la WRB (2015) se sugiere seguir los siguientes **cinco pasos** para la clasificación de suelos:

1. *Determinación de horizontes¹, propiedades y materiales de diagnóstico*

Los horizontes y propiedades de diagnóstico se caracterizan por una combinación de atributos resultado de los procesos formadores del suelo, que pueden observarse y medirse ya sea en campo o en laboratorio. Además, los horizontes de diagnóstico requieren de un espesor específico. Los materiales de diagnóstico, por su parte, son componentes que influyen

¹Algunos GSR como Arenosols, Fluvisols y Regosols carecen de horizonte de diagnóstico.

significativamente en los procesos edafogénicos o son indicativos de ellos. No existe un máximo de horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico para los suelos (ver Capítulo 3. WRB, 2015).

2. Determinación del Grupo de Suelo de Referencia

La combinación de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico se compara con la Guía WRB (ver Capítulo 4. WRB, 2015), a fin de asignar al suelo el Grupo de Suelo de Referencia apropiado. Para ello, es necesario ir a través de la Guía de manera sistematizada, comenzando por el primer GSR jerarquizado (Histosol, para WRB 2015) e ir excluyendo uno por uno los GSR para los cuales no se cumplen los requisitos especificados. El suelo, entonces, pertenece al primer GSR para el cual cumple los criterios.

3. Determinación de los calificadores principales

Los calificadores principales disponibles para cada GSR específico se enlistan en la Guía WRB, junto a cada GSR. Los calificadores principales son jerárquicos y se presentan en orden de importancia. Es decir, cuanto más arriba estén enlistados para cada GSR, mayor será su relevancia en la clasificación para dicho GSR.

4. Determinación de los calificadores suplementarios

Los calificadores suplementarios disponibles para cada GSR específico se enlistan en la Guía WRB, junto a cada GSR. Los calificadores suplementarios no son jerárquicos, pero se utilizan, por conveniencia, en orden alfabético.

5. Clasificación de Suelos WRB (2015)

Los calificadores principales se añaden antes que el nombre del GSR, sin paréntesis y sin comas. La secuencia es de derecha a izquierda, es decir, el calificador principal más alto en la lista se coloca más cerca del GSR. Los calificadores suplementarios se añaden después del GSR, entre paréntesis y separados uno del otro por comas. La secuencia es de izquierda a derecha, es decir, el primer calificador, en orden alfabético, se coloca más cerca del GSR. Algunos calificadores se presentan separados por una diagonal “/”, y representa exclusión mutua entre calificadores.

Sólo es posible utilizar un GSR. Sin embargo, se pueden añadir tantos calificadores principales y suplementarios como sean necesarios, cuidando evitar redundancias. Por ejemplo, si aplica el calificador Calcaric (que contiene material calcárico), no es necesario agregar el calificador Eutric (saturación de bases efectivas intercambiables $\geq 50\%$).

Ejemplo simplificado de la clasificación de un suelo según WRB (2015)

Datos de campo: un suelo desarrollado a partir de loess tiene un marcado aumento de arcilla a los 60 cm de profundidad con revestimientos de arcilla. Presenta un pH cercano a 6.0 entre los 50 y 100 cm de profundidad. El suelo superficial se divide en un horizonte oscuro y otro inferior más claro, seguido por el horizonte enriquecido en arcillas, mismo que presenta moteados en los agregados característicos de condiciones reductoras.

Albic Stagnic Luvisol (Cutanic, Differentic)

Explicación: el suelo presenta un incremento de arcilla (calificador *Differentic*) en uno de los horizontes subsuperficiales el cual, además, tiene revestimientos de arcilla (calificador *Cutanic*), por lo que da pie a la existencia de un horizonte de diagnóstico árgico. Dicho horizonte árgico, de alta CIC y alta saturación de bases (inferido por pH = 6) cumple los requisitos para el GSR **Luvisol**. El suelo manifiesta un horizonte subsuperficial de color claro (calificador *Albic*) y algunos moteados (calificador *Stagnic*).

PARTE IV. EVALUACIÓN DE SUELOS

Evaluación hidroedafológica

Profundidad efectiva del suelo

Las clases de profundidad del suelo se definen como la profundidad desde la superficie del suelo hasta el límite superior de una capa que restringe el crecimiento de las raíces. En la Hoja de evaluación se registrará la profundidad a la que se encuentra (en caso de hacerlo) la capa limitante.

Las capas limitantes incluyen:

- Roca continua
- Texturas arcillo limosa, arcillosa o arcillo arenosa sin estructura o masivas
- Horizontes B con texturas arcillo limosa, arcillosa o arcillo arenosa, con un gradiente textural B/A >2
- Presencia excesiva de fragmentos gruesos (mayor al 30% en volumen)
- Horizontes endurecidos (p. ej. Petrodúrico, petrocálcico)

Conductividad hidráulica

La infiltración es la entrada de agua al suelo. Por su parte la conductividad hidráulica saturada es la acción por la cual el agua fluye a través del suelo o de cualquier material poroso (Elrick & Reynolds, 1992). Generalmente durante los eventos de lluvia intensa y de corta duración se producen escurrimientos superficiales cuando la precipitación sobrepasa esta capacidad de infiltración en el suelo. Se puede ver fuertemente influida por la textura y estructura del suelo, su contenido de humedad, la densidad aparente, el contenido de materia orgánica del suelo, la compactación y la historia de manejo que haya tenido el terreno (Marín-Castro *et al.*, 2016). Caracterizar la capacidad de infiltración es importante para conocer qué tan propensos a la erosión son los suelos, así como su potencial para la recarga de acuíferos y el almacenamiento de agua disponible para las plantas.

La conductividad hidráulica se debe estimar para el horizonte superficial y el limitante, con apoyo del cuadro 24. Aunque no es muy posible, puede ser que el horizonte mineral superficial sea el horizonte limitante. En este caso, la conductividad del horizonte superficial se indicará también como la del horizonte limitante (o capa limitante).

Cuadro 24. Clases de conductividad hidráulica. Adaptado de Gupta *et al.* (2020).

Clases de Conductividad Hidráulica	
Muy baja	Textura franca, arcillo arenosa, franco limosa o sin estructura
Baja	Textura franco arcillosa, franco arcillo arenosa, limosa o franco arcillo limosa
Moderada	Textura arcillosa, areno francosa o franco arenosa
Alta	Textura arenosa o arcillo limosa

Modificadores: La conductividad hidráulica del suelo se puede ver modificada según el grado de la estructura y su repelencia al agua, de acuerdo con el cuadro 25. Al mencionarse “Baja/Sube *n* clase(s)”, se debe aumentar o disminuir de dicha clase toda vez que se esté aún dentro de alguna de las clases existentes. Si se cumple con más de un modificador se usa el criterio que primero aparezca.

Cuadro 25. Modificadores de las clases de conductividad hidráulica.

Modificaciones a la Conductividad Hidráulica	
Baja dos clases (-2)	<ul style="list-style-type: none"> • Repelencia al agua fuerte • Fragmentos gruesos mayores a 80%
Baja una clase (-1)	<ul style="list-style-type: none"> • Repelencia al agua moderada • Estructura masiva o sin estructura • Fragmentos gruesos mayores a 40%
Sin modificación (0)	<ul style="list-style-type: none"> • Repelencia al agua ligera o nula • Grados de estructura D y M
Sube una clase (+1)	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de estructura F con estructura granular, migajosa o en bloques subangulares

D: débil, M: media, F: fuerte (véase cuadro 13).

Evaluación del almacén de materia orgánica

Forma del Humus o Mantillo

Con base en los criterios mencionados en el apartado de Horizontes Orgánicos (ver Parte III), se puede clasificar al humus o mantillo a partir de la estratificación de estos, e inferir la posible relación C/N (Cuadro 26).

Cuadro 26. Estimación de MO en suelos con diferentes formas de humus.
Tomado de Siebe *et al.* (2016) y Blum *et al.* (2018).

Forma de humus	Conjunto de horizontes orgánicos	Relación C/N	Composición
Mor	Oi-Oe-Oa (>8 cm) sobre A	> 29	Hojarasca de descomposición lenta o baja actividad de organismos
Moder	Oi-Oe-Oa (2-8 cm) sobre A ó Ah	18.1 – 29	Hojarasca de descomposición lenta, alta humedad, baja temperatura
Mull	Oi-Oe (1-3 cm) sobre Ah Oi (1-3 cm) sobre Ah	10 – 18	Hojarasca de descomposición rápida
Mull Degradado*	Oi-Oe-Oa (< 1 cm) sobre A ó Ah Oi (< 1 cm) sobre A ó Ah	10 – 18	Hojarasca de descomposición rápida

*Nota: Mull Degradado se aplica a suelos erosionados o de agrícolas (Blum *et al.*,2018).

Materia orgánica en el suelo mineral

La estimación del porcentaje de materia orgánica en el suelo mineral se determinará en **horizontes A o aquellos transicionales que contengan un horizonte A, por ejemplo, AB o BA**, haciendo uso de la textura y color del suelo por horizontes. Para ello, se hará uso del **Cuadro 26**. Se debe promediar, cuando sea posible, los valores en seco y húmedo de las muestras por horizonte. De no ser posible, se tomarán los valores para la muestra en húmedo. De existir más de un horizonte A o en el perfil, o más de un horizonte transicional A, se hará un promedio.

Almacén de materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) se refiere a todo el material de origen vegetal y microbiano que esté parcial o totalmente descompuesto (FAO, 2009). Es un factor formador del sistema edáfico y su evolución durante la edafogénesis determinará procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Aguilera, 2000).

El almacén de materia orgánica del suelo se determina con base en la concentración de carbono orgánico almacenado por unidad de área en un perfil de suelo. En esta estimación se utilizarán por horizonte los parámetros de carbono orgánico del suelo, densidad aparente, espesor y el porcentaje de fragmentos gruesos. Para ello se debe determinar por horizonte el contenido de materia orgánica por unidad de área del suelo de acuerdo con la siguiente fórmula (adaptada de Siebe *et al.*, 2016):

$$M_h = \frac{COS\%}{100} \cdot \frac{100 - FG\%}{100} \cdot H \cdot da \cdot 10$$

Donde:

M_h = Materia orgánica de un determinado horizonte [kg/m²]

$COS\%$ = Porcentaje de carbono orgánico en el horizonte [%]

$FG\%$ = Porcentaje de fragmentos gruesos en el horizonte [%]

H = Espesor del horizonte [cm]

da = Densidad aparente del horizonte [g/cm³, kg/dm³]

Una vez determinados los contenidos de materia orgánica por horizonte se procede a calcular el almacén por perfil de suelo de 0 a 100 cm (o hasta la roca continua, lo que suceda primero). Si el espesor del horizonte más profundo es superior a los 100 cm, se considerará H de la fórmula de carbono orgánico por horizonte como un espesor que concluye en la profundidad de 100 cm (estimación ponderada).

$$M_S = \sum_{h=1}^{h_{1m}} M_h$$

Dónde:

M_S = Materia orgánica del suelo [kg/m²]

M_h = Materia orgánica de un determinado horizonte [kg/m²]

h = número de horizonte

h_{1m} = horizonte ajustado a un metro de profundidad

Se deberá determinar la capacidad de almacén de materia orgánica según el resultado obtenido en la sumatoria para *Almacén de materia orgánica* y el Grupo de Referencia del Suelo (Cuadro 27).

Cuadro 27. Capacidad de almacén de materia orgánica por GSR. Adaptado de Robert (2002).

Capacidad de almacén de materia orgánica			
GSR	Baja	Media	Alta
	<i>kg·m⁻²</i>		
Leptosols	< 3	3-13	> 13
Vertisols	< 11	11-20	> 20
Andosols	< 11	11- 25	> 26
Podzols	< 24	24-30	> 30
Nitisols	< 8	8-15	> 15
Ferralsols	< 10	10-15	> 15
Chernozems	< 12	12-20	> 20
Gypsisols	< 3	3- 8	> 8
Calcisols	< 4	4-10	> 10
Cambisols	< 4	4-12	> 12
Otros GSR	< 5	5-15	> 15

Propiedades ándicas

Los suelos formados a partir de materiales volcánicos recientes frecuentemente tienen propiedades ándicas: una densidad aparente de $0,9 \text{ g cm}^{-3}$ o menos, y una consistencia untuosa (debido al contenido alto de alófono y/o ferrihidrita). Los horizontes superficiales con propiedades ándicas usualmente son negros debido a sus altos contenidos de carbono orgánico. Las propiedades

ándicas se pueden identificar en campo con la prueba de pH_{NaF} desarrollada por Fieldes y Perrot (1966) y FAO (2006).

Coloque a una pequeña muestra de suelo algunas gotas de NaF, espere unos momentos y observe el pH con indicador de fenoftaleína. Un pH_{NaF} de más de 9,5 indica la presencia abundante de productos alofánicos y/o complejos órgano/alumínicos, por lo que si el pH_{NaF} es mayor que 9.5, el resultado es positivo. La anotación que se debe tomar en la descripción es con el signo + ó -.

El método depende en iones fluorados que absorben activamente el aluminio, con la subsiguiente liberación de iones OH^- . El experimento es indicativo para la mayoría de los horizontes con propiedades ándicas, excepto para aquellos ricos en materia orgánica. Sin embargo, la misma reacción ocurre en horizontes espódicos y en ciertos suelos arcillosos ácidos ricos en minerales arcillosos de aluminio intercalado y suelos con carbonatos libres. Es importante que antes de aplicar en campo una prueba de NaF, se observe el pH del suelo (la prueba no es apropiada para suelos alcalinos) y la presencia de carbonatos libres (usando la prueba de campo HCl).

Evaluación de la memoria edáfica

La memoria edáfica es la capacidad del suelo de registrar, transformar y almacenar información sobre los factores y procesos que lo han estructurado (Targulian y Goryachkin, 2004). Guarda un registro de las condiciones de formación, de las propiedades edafogenéticas (textura, estructura, mineralogía, macro y micromorfología, entre otras), y la litomemoria (mineralogía, estructura, textura y morfología del material parental). Ésta es heredada al edafosistema y, a medida que avanza la edafogénesis, es gradualmente borrada, transformada o sustituida por nuevos productos (Targulian y Bronnikova, 2019).

Tiempo de formación

El tiempo de edafogénesis es, quizá, uno de los más difíciles de determinar, porque depende de múltiples condiciones que direccionan la velocidad de los procesos. Targulian y Krasilnikov (2007) establecen los tiempos característicos de diversos procesos edafogenéticos, que van de procesos rápidos a lentos (Cuadro 28). Con esta información es posible evaluar el tiempo de formación del suelo de acuerdo con el tipo de procesos edafogenéticos presentes. Si un suelo

presenta rasgos de procesos edafogénicos de distintos tiempos característicos se toma aquel de mayor tiempo requerido.

Cuadro 28. Tipos de tiempos de formación de procesos edafogénicos. Modificado de Targulian y Krasilnikov (2007).

Tiempo de formación		
Rápido	Formación de mantillo	$10^1 - 10^2$ años
	Gleyzación	
	Stagnización	
	Salinización	
	Brumificación	
	Crioturbación	
	Bioturbación	
	Compactación	
Intermedio	Humificación	10^3 años
	Andosolización	
	Cementación con Si	
	Migración de carbonatos	
	Migración de arcillas	
Lento	Ferralitización	$10^4 - 10^6$ años
	Alitización	
	Petrocementación	
	Saprolitización profunda	

Capacidad de memoria edáfica

No todas las propiedades del suelo constituyen la memoria edáfica, debido a su poca estabilidad. Es por ello que en la evaluación se consideran aquellas propiedades que cambian poco con el tiempo (Cuadro 29). El potencial de almacenamiento puede ser evaluado de acuerdo con la siguiente lista de tipo de residuos en la fase sólida:

- Estructura media o alta del suelo
- Presencia de nódulos de Fe-Mn
- Presencia de minerales secundarios (v.g. carbonatos, yeso, tipo de arcilla, etc.)
- Presencia de cutanes de arcilla
- Presencia de un horizonte rico en humus H, O ó Ah
- Presencia de artefactos
- Propiedades relicto

Cuadro 29. Clases de potencial de almacenamiento de información.

Capacidad de memoria edáfica	
Baja	Menos de 2 tipos de residuos
Moderada	2 o 3 tipos de residuos
Alta	Más de 3 tipos de residuos, o restos arqueológicos o paleontológicos

PARTE V: INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Para un correcto y rápido análisis de las interpretaciones del perfil de suelo se debe comenzar por la columna derecha de cada Cuadro, leyendo de abajo hacia arriba cada columna, revisando los criterios. Si un factor de la columna derecha aplica, se marca la Clase 3. Si ningún factor de la Clase 3 aplica, se debe revisar de igual forma la columna central. Si un factor de la columna central aplica, se marca la Clase 2. Si ningún factor de la Clase 2 aplica, entonces se marca la Clase 1. Nota: sólo aplica una Clase para cada perfil de suelo.

Uso potencial para pago por servicios ambientales

Factores	Idoneidad		
	Clase 1 Óptima	Clase 2 Idónea	Clase 3 Inadecuada
Capacidad de almacenamiento de materia orgánica	Media	Baja	Alta
Relación C/N en el mantillo	< 29	≥ 29	No hay mantillo
Conductividad hidráulica de la capa superficial	Alta y Moderada	Baja	Muy baja
Conductividad hidráulica de la capa restrictiva	Sin capa restrictiva	Alta y Moderada	Baja y Muy baja
Grado de erosión	1 o sin erosión	2 y 3	4

Conservación

Factores	Idoneidad		
	Clase 1 Óptima	Clase 2 Idónea	Clase 3 Inadecuada
Conductividad hidráulica de la capa superficial	Alta o Moderada	Baja	Muy Baja
Capacidad de almacenamiento de Materia Orgánica	Alta	Media	Baja
Capacidad de Memoria Edáfica	Alta	Moderada	Baja
Tiempo de formación	Lento	Intermedio	Rápido
Grado de erosión	No hay erosión	1 y 2	3 y 4

Producción de alimentos para la Soberanía Alimentaria

Factores	Idoneidad		
	Clase 1 Óptima	Clase 2 Idónea	Clase 3 Inadecuada
Grado de erosión	No hay erosión	1	2, 3 y 4
Profundidad efectiva del suelo (cm)	> 100	100 - 50	< 50
Pendiente (°)	< 5	5 - 15	> 15
Tiempo de formación	Rápido	Intermedio	Lento
Densidad aparente del horizonte superficial mineral	Baja	Media	Alta

FORMATO DE CAMPO



Clave individual/equipo: _____

Clave del perfil: _____

PARTE I. IDENTIFICACIÓN DEL SITIO Y FACTORES FORMADORES

Clima (1)	Uso del suelo (1)	Vegetación (1)	Posición en el terreno (1)	Forma de la pendiente (1)	Ángulo de inclinación (1)	Material parental (1)

PARTE II. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Erosión superficial (1)	Grado de erosión (1)	Pedregosidad superficial (1)	Fragmentos gruesos (1)	Grietas superficiales (1)	Tipo de grietas (1)	Repelencia al agua (1)

PARTE II. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO

PARTE III. HORIZONTES

Límite			Textura			Color			Estructura		% FG (2)	Poros			DA (2)	Rev (2)	Horizonte			
Lim inf (cm) (2)	Dist (2)	Top (2)	Y % (2)	A % (2)	Clase (2)	Hue (2)	Val (2)	Chr (2)	Grado (2)	Tipo (2)		Abun (2)	Tam (2)	Tipo (2)			Pref (2)	Letra (2)	Suf (2)	No (2)

FORMATO DE CAMPO



PARTE III. CLASIFICACIÓN DE SUELOS (WRB, 2015)

Diagnóstico			GSR (15)	Calificadores principales (5)	Calificadores suplementarios (5)
Horizontes (10)	Propiedades (5)	Materiales (5)			
<input type="checkbox"/> Úmbrico	<input type="checkbox"/> Dif. Textural abr.	<input type="checkbox"/> Artefactos	<input type="checkbox"/> Anthrosols	<input type="checkbox"/> Umbric	<input type="checkbox"/> Andic
<input type="checkbox"/> Sómbrico	<input type="checkbox"/> Prop. Ándicas	<input type="checkbox"/> Mat. Mineral	<input type="checkbox"/> Andosols	<input type="checkbox"/> Leptic	<input type="checkbox"/> Humic
<input type="checkbox"/> Mólico	<input type="checkbox"/> Cond. Reductoras.	<input type="checkbox"/> Mat. Orgánico	<input type="checkbox"/> Umbrisols	<input type="checkbox"/> Silandic	<input type="checkbox"/> Arenic
<input type="checkbox"/> Chérnico	<input type="checkbox"/> Prop. Vítricas	<input type="checkbox"/> Carb. Orgánico	<input type="checkbox"/> Phaeozems	<input type="checkbox"/> Mollic	<input type="checkbox"/> Siltic
<input type="checkbox"/> Panpáico	<input type="checkbox"/> Grietas de exp.-con.	<input type="checkbox"/> Mat. Téfrico	<input type="checkbox"/> Podzols	<input type="checkbox"/> Chernic	<input type="checkbox"/> Clayic
<input type="checkbox"/> Árgico	<input type="checkbox"/> Disc. Lítica		<input type="checkbox"/> Alisols	<input type="checkbox"/> Vitric	<input type="checkbox"/> Loamic
			<input type="checkbox"/> Luvisols	<input type="checkbox"/> Haplic	<input type="checkbox"/> Tephric

PARTE IV. EVALUACIÓN DE SUELOS

Hidroedafología				Materia Orgánica			Memoria Edáfica		
Conductividad hidráulica (5)		Profundidad efectiva del suelo (cm) (5)		Estimación C/N (5)	MO en horizontes minerales A (%) (5)	Almacén de MO (5)	Tiempo de formación (5)		Capacidad (5)
S	L								
		Muy Profunda (>150)		≥ 29	Bajo (< 0.4)	Baja	Rápido		Baja
Muy Baja		Profunda (100 – 150)		18.1 – 29	Moderado (0.4 – 0.9)	Media	Intermedio		Moderada
Baja		Moderada (50 – 99)		10 – 18	Alto (1.0 – 3.0)	Alta	Lento		Alta
Moderada		Somera (20 – 49)		10 – 18 D	Muy Alto (> 3.1)				
Alta		Muy somera (< 20)		NA					

PARTE V. INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Uso potencial para pago por servicios ambientales (10)		Uso potencial para conservación (10)		Uso potencial para producción de alimentos para la Soberanía Alimentaria (10)	
Clase 1 (Óptima)		Clase 1 (Óptima)		Clase 1 (Óptima)	
Clase 2 (Idónea)		Clase 2 (Idónea)		Clase 2 (Idónea)	
Clase 3 (Inadecuada)		Clase 3 (Inadecuada)		Clase 3 (Inadecuada)	

EJEMPLO: FORMATO DE CAMPO

Perfil “María”, Valle Budsiljá, Chiapas (Sur de México)



PARTE I. IDENTIFICACIÓN DEL SITIO Y FACTORES FORMADORES

Clima (1)	Uso del suelo (1)	Vegetación (1)	Posición en el terreno (1)	Forma de la pendiente (1)	Ángulo de inclinación (1)	Material parental (1)
Cálido húmedo	Forestal (F)	Selva (S)	Piedemonte Medio (PM)	Planoconvexo (SV)	16°	Roca sedimentaria (S)

PARTE II. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Erosión superficial (1)	Grado de erosión (1)	Pedregosidad superficial (1)	Fragmentos gruesos (1)	Grietas superficiales (1)	Tipo de grietas (1)	Repelencia al agua (1)
Sin evidencia (N)	No aplica	Pocos (P)	Piedras (S) y Cantos (B)	No aplica	No aplica	Nula

PARTE II. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO

PARTE III. HORIZONTES

Límite			Textura			Color			Estructura		% FG (2)	Poros			DA (2)	Rev (2)	Horizonte			
Lim inf (cm) (2)	Dist (2)	Top (2)	Y % (2)	A % (2)	Clase (2)	Hue (2)	Val (2)	Chr (2)	Grado (2)	Tipo (2)		Abun (2)	Tam (2)	Tipo (2)			Pref (2)	Letra (2)	Suf (2)	No (2)
30	G	S	40	25	Y	7.5YR	2.5	2	F	GR	5	C	F	V	1	N	-	A	hα	1
80	C	O	42	8	YL	7.5YR	5	6	M	GR	15	P	F	V	1.3	N	-	A	hα	2
130	A	Q	55	11	Y	7.5YR	2.5	2	M	BSA	15	P	F	F	1.3	N	-	B	wα	-
140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	uα	-
-	-	-	35	50	FYA	7.5YR	5	8	D	BSA	50	P	MF	F	1.6	N	2	BC	α	-

FORMATO DE EJEMPLO



PARTE III. CLASIFICACIÓN DE SUELOS (WRB, 2015)

CLASIFICACIÓN: Rendzic Chernic Phaeozem (Clayic, Colluvic, Hyperhumic)					
Diagnóstico			GSR	Calificadores principales	Calificadores suplementarios
Horizontes	Propiedades	Materiales	Phaeozem	Rendzic	Clayic
Chérnico		Cóluvicos			Colluvic
		Mineral			Hyperhumic
		Carbono orgánico del suelo			
		Calcárico			

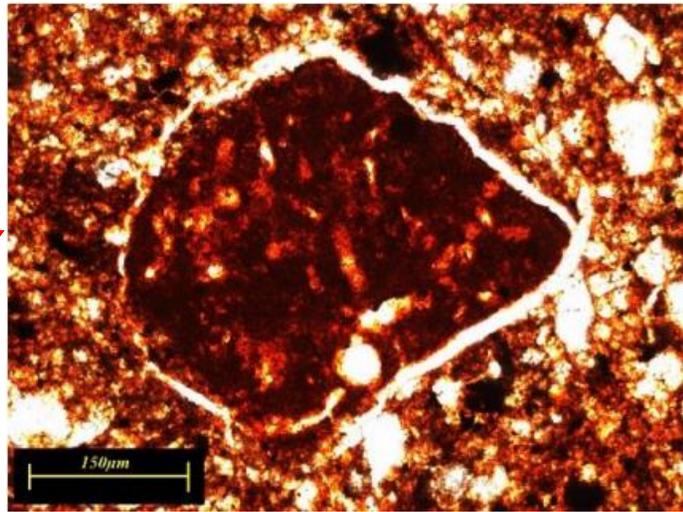
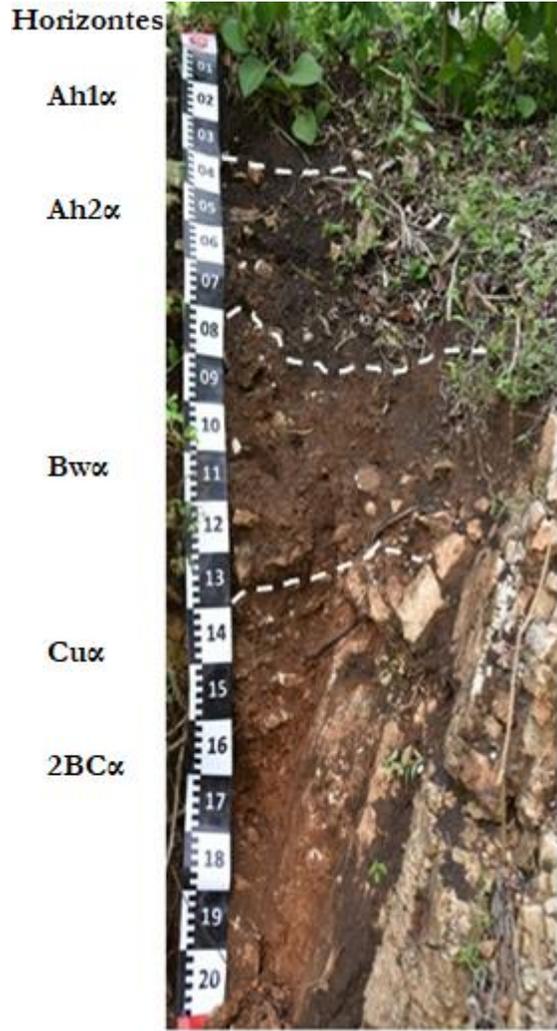
PARTE IV. EVALUACIÓN DE SUELOS

Hidroedafología				Materia Orgánica				Memoria Edáfica			
Conductividad hidráulica		Profundidad efectiva (cm)		Estimación C/N	MO en horizontes minerales A (%)	Almacén de MO en perfil		Tiempo de formación		Capacidad	
S	L										
		Muy Profunda (>150)		≥ 29	Bajo (< 0.4)	Baja		Rápido		Baja	
Muy Baja		Profunda (100 – 150)	X	18.1 – 29	Moderado (0.4 – 0.9)	Media		Intermedio	X	Moderada	
Baja		Moderada (50 – 99)		10 – 18	Alto (1.0 – 3.0)	Alta	X	Lento		Alta	X
Moderada	X	Somera (20 – 49)		10 – 18 D	Muy Alto (> 3.1)		X				
Alta		Muy somera (< 20)		NA							

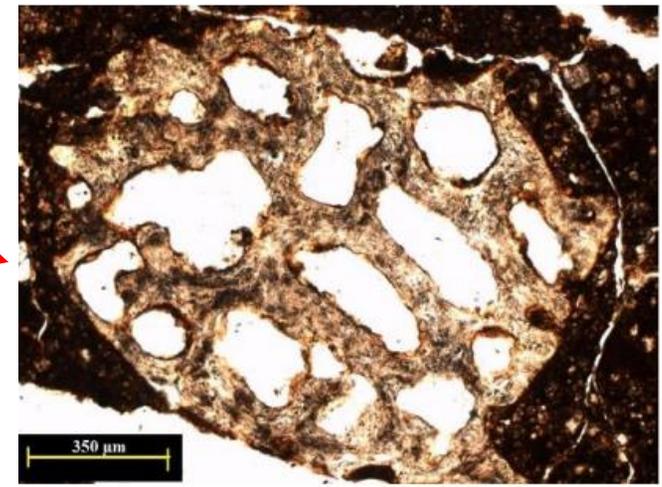
PARTE V. INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Uso potencial para pago por servicios ambientales	Conservación	Producción de alimentos para la Soberanía Alimentaria
Clase 1 (Óptima)	Clase 1 (Óptima)	Clase 1 (Óptima)
Clase 2 (Idónea)	Clase 2 (Idónea)	Clase 2 (Idónea)
Clase 3 (Inadecuada)	Clase 3 (Inadecuada)	Clase 3 (Inadecuada)

MORFOLOGÍA

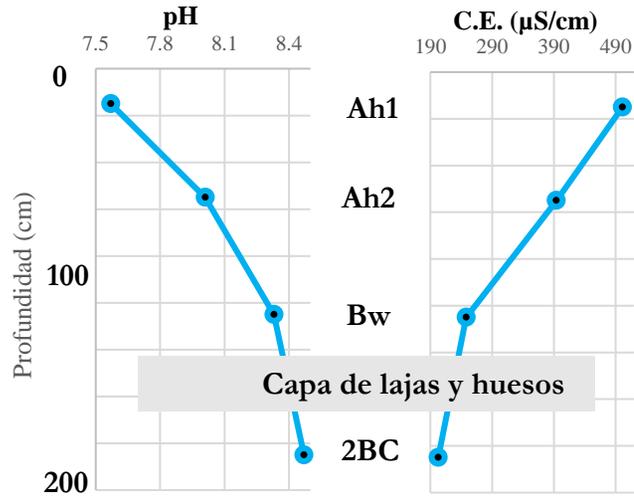


Estructura en Bloques
Subangulares



Restos de huesos,
material arqueológico

DATOS ANALÍTICOS

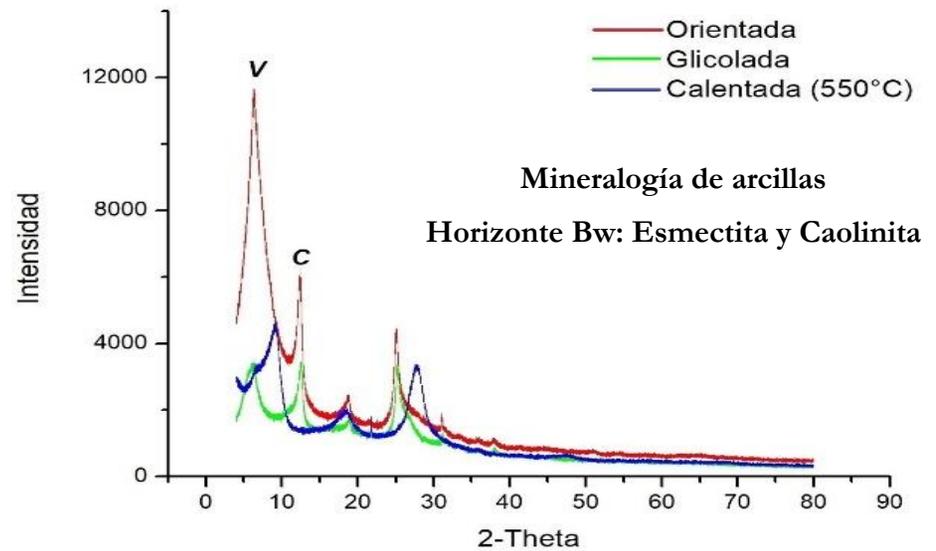


Horizonte	Carbono orgánico total (%)	C.I.C (meq/100g)	Suma de bases (meq/100g)
Ah1	5.92	81.7	41.4
Ah2	4.12	71.0	36.95
Bw	1.26	26.8	22.31
Cu	-	-	-

Horizontes orgánicos no erosionados
Oi (de 2 cm)

De 130 – 140 cm, presencia de huesos humanos y lajas de caliza

María - B



UBICACIÓN



Guillén-Domínguez, K.A. (2020). Evolución de la cubierta edáfica en el Valle Budsilhá, Chiapas: influencia de los factores formadores y las actividades pre-hispánicas. Tesis de Maestría. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

- Aguilera S., S. (2000). *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección del Suelo. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.* Comisión Nacional del Medio Ambiente. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121065>
- Blum, W., Schad, P., y Nortcliff, S. (2018). *Essentials of soil science.* Stuttgart: Borntraeger Science Publishers.
- Buness, V., Schad, P., Rau, M. y García-Franco, N. (2020). *Flujograma definitivo de la textura de suelos.* Múnich: Universidad Técnica de Múnich.
- Cerón-González, A., Barajas-Alcalá, A., Amador-Sierra, J. y Rojas-Pérez, L. (2019). *Manual Oficial del 2do Concurso Nacional de Evaluación de Suelos.* Secretaría de Acción Juvenil, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, México.
- CNA (1989). *Manual de clasificación, cartografía e interpretación de suelos, con base en el sistema de clasificación de suelos.* Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- Elrick, D. A., Reynolds, W. D. (1992). Infiltration from Constant-Head Well Permeameters and Infiltrimeters. En Topp, G. C., Reynolds, W. D., & Green, R. E. (Eds.) Advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice. *Soil Science Society of America SSSA Special Publication 30*, 1-24.
- FAO (2009). *Guía para la descripción de suelos.* Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gupta, S., Hengl, T., Lehmann, P., Bonetti, S., & Or, D. (2020). SoilKsatDB: global soil saturated hydraulic conductivity measurements for geoscience applications. *Earth System Science Data Discussions*, 1-26.
- International Soil Judging Contest (2014). *Official Handbook of the Inaugural International Soil Judging Contest.* Jeju, Korea.

- International Soil Judging Contest (2015). *Official Handbook of the International Year of Soils (IYS) 2015 Course and Soil Judging Contest*. Gödöllő, Hungary.
- International Soil Judging Contest (2018). *Official Handbook of the 3rd International Soil Judging Contest*. Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil.
- IUSS Working Group (2015). *World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 106*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- IUSS Working Group (2023). *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps 4th edition*. International Union of Soil Sciences (IUSS). Vienna, Austria.
- Köppen, W. (1918). *Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf* (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). *Petermanns Geogr. Mitt.*, 93, 149–153.
- Letey, J., Osborn, J., Pelishek, R.E. (1962). Measurement of liquid–solid contact angles in soil and sand. *Soil Sci.* 93, 149–153.
- Marín-Castro, B. E., Geissert, D., Negrete-Yankelevich, S., & Gómez-Tagle Chávez, A. (2016). Spatial distribution of hydraulic conductivity in soils of secondary tropical montane cloud forests and shade coffee agroecosystems. *Geoderma*, 283, 57-67.
- Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., Zavala, L.M., Pérez-Bejarano, A., Jordán, A., Morugán-Coronado, A., Bárcenas-Moreno, G., Lozano, E., Granged, A. J., Gil-Torres, J. (2014). Small variations of soil properties control fire-induced water repellency. *Spanish Journal of Soil Science*, 4(1).
- Morrás, H. (2014). “Porosidad y microestructura de suelos”. En: Loaiza, J.C., Stoops, G., Poch, R. y Casamijtana, M. (Eds.), *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias* (pp. 205 - 260). Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.

- Olivares Martínez, L. D., Sánchez Guzmán, P., Gutiérrez Castorena, C. (2018). 1^{er} Concurso de Evaluación Ambiental de Suelos. Manual oficial. *En XLII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Texcoco, Estado de México, México.
- Robert, M. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra* (No. 96). Roma: FAO.
- Schoeneberger, P. J., Wysocky D. A., Benham, E. C., Soil Survey Staff (2012). Field Book for describing and sampling soils, Version 3.0. Lincoln: National Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2009). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. 2^o Edición (revisada, corregida y aumentada)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. 3^o Edición (revisada, corregida y aumentada)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Targulian, V. O. & Bronnikova, M. A. (2019). Soil memory: Theoretical basics of the concept, its current state, and prospects for development. *Eurasian Soil Science*, 52(3), 229–243. ISSN 1064-2293.
- Targulian, V. O. & Goryachkin, S. V. (2004). Soil memory: Types of record, carriers, hierarchy and diversity. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21(1), 1-8. ISSN 1026-8774.
- Targulian, V.O. y Krasilnikov, P. (2007). Soil system and pedogenic processes: Self-organization, time scales, and environmental significance. *Catena*, 71(3), 373-381.
- Van't Woudt, B. D. (1959). Particle coatings affecting the wettability of soils. *Journal of Geophysical Research*, 64(2), 263-267.

DIRECTORIO

Sociedad Mexicana de las Ciencias del Suelo A. C.

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval, Presidente
Dr. Fabián Fernández Luqueño, Vicepresidente
Dr. Alfredo Madariaga Navarrete, Secretario General
Mtro. David Hernández Sánchez, Tesorero
M. en C. Martha Daniela Bobadilla-Ballesteros, Coordinadora CAJ
M. en C. Axel Cerón González, Vice-coordinador CAJ

Comité organizador

LCT. Xochitl Tapia Sánchez, coordinadora
M. en C. Axel Cerón González
M. en C. A. R. N. Blanca Gabriela Hernández Salazar
M. en C. Carmina Gámez Barajas
Biól. Fernanda Nahomi Shimizu Romero
M. en C. Jorge Luis Arévalo Galindo
M. en C. Luis Daniel Olivares Martínez
Biól. Mariana Tovar Castañón
M. en C. Martha Daniela Bobadilla-Ballesteros
M. en C. Vicente Vidal Encina Uribe

Jurado

Dra. Christina Siebe Grabach
Dr. Miguel Ángel Valera
Dra. Norma Eugenia García Calderón
Dr. Victor Peña Ramírez



DIRECTORIO

Comité Académico

Dra. Beatriz E. Marín Castro	Dr. Lenin Ejecatl Medina Orozco
Dra. Blanca Lucia Prado Pano	Dra. Lilith Pogosyan
Dr. Bruno Chávez Vargas	Dra. María José Ibarrola Rivas
Dra. Ma. Carmen Gutiérrez Castorena	Dr. Miguel Ángel Valera Pérez
Dra. Christina Siebe Grabach	Dra. Norma Eugenia García Calderón
Dr. Edgar Gutiérrez Castorena	M en C. Ramiro Ríos Gómez
M. en C. Elizabeth Fuentes Romero	Dr. Ricardo González Mateos
M. en C. Francisco López Galindo	Dra. Silvia Ramos Hernández
Dra. Isabel Del Rayo Estrada Herrera	Dr. Víctor Peña Ramírez
Dr. José Guadalupe Chan Quijano	

Instituciones participantes

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Colegio de Posgraduados, Montecillo
Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia, UNAM
Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM
Instituto de Ecología, A. C.
Instituto de Geografía, UNAM
Instituto de Geología, UNAM
Tecnológico Nacional de México
Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, UNAM Juriquilla
Universidad Autónoma de Guadalajara
Universidad Autónoma de Guerrero
Universidad Autónoma de Nuevo León
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas



