



Guía Técnica para Muestreo de Suelos

Por: Reynaldo B. Mendoza y Ariel Espinoza,



Guía Técnica para Muestreo de Suelos

Por: Reynaldo B. Mendoza y Ariel Espinoza,

“Guía Muestreo de Suelos”

Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS)

Primera edición:

Agosto 2017

Desarrollo de contenido técnico:

Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales - Ariel Espinoza

Equipo de revisión:

Jorge Castellon Benavides

Gustavo Valverde

César Aguirre

Diseño y diagramación:

Francis Mejía

Ilustraciones:

Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales y Ariel Espinoza

Impresión:

Complejo Gráfico TMC

Se permite la reproducción total o parcial de este documento siempre y cuando se cite la fuente.
No se permite la reproducción para fines comerciales.

Financiado por:

Universidad Nacional Agraria (UNA), y el programa de Agricultura, Suelo y Agua (ASA), financiado por la Fundación Haward Buffett (HGBF) y ejecutado por el Catholic Relief Services (CRS)

Managua, Nicaragua

Km 12 ½ carretera Norte –(UNA)

Frente a Ministerio de la familia, Managua - CRS.

<http://crs.org/nicaragua/>

Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services

500 Ejemplares. © Todos los derechos reservados 2017.

Contenido

GLOSARIO	5
PRESENTACION	9
I. INTRODUCCION	11
II. PLANIFICACIÓN PARA EL MUESTREO DE SUELO	13
2.1. Generalidades	13
2.2. Tipo de muestras (simple o compuesta).....	13
2.3. Selección de la técnica de muestreo	14
2.4. Representatividad	14
2.4. Representatividad	15
2.5. Mapa o croquis del sitio de muestreo de suelo.....	16
2.6. Tamaño del área y número de muestras	16
2.7. Profundidad de muestreo	17
2.8. Época e intensidad de muestreo	17
III. MANEJO Y TOMA DE LAS MUESTRAS EN CAMPO	19
3.1. Recorrido para realizar el muestreo	19
3.1.1. Recorrido en cuadrícula	19
3.1.2. Recorrido en Zig-zag	19
3.1.3. Recorrido en X	20
3.1.4. Recorrido aleatorio simple	20
3.1.5. Recorrido aleatorio estratificado	20
3.2. Muestreo utilizando pala o palín	20
3.3. Utilizando barreno (barrenadas)	21
3.4. Preparación e identificación de la muestra	21

IV. MUESTRO DE SUELOS PARA FERTILIZACION	23
4.1. Generalidades.....	23
4.2. Muestreo de suelos para cultivos anuales	24
4.2.1. Localización y profundidad de muestreo	24
4.2.2. Muestreo de alta precisión (MAP).....	25
4.2.3. Recorridos de muestreo	26
4.3. Muestreo de suelo para cultivos perennes	26
4.3.1. Localización y profundidad de muestreo	26
4.3.2. Época y frecuencia de muestreo	26
4.3.3. Recorrido de muestreo aplicable.....	26
4.4. Muestreo de suelo en potreros	27
4.4.1. Tamaño del área y número de muestras	27
V. MUESTREO PARA LEVANTAMIENTOS DE SUELO	29
5.1. Generalidades.....	29
5.2. Patrones de muestreo en levantamientos de suelo.....	31
5.2.1. Muestreo por toposecuencia	31
5.2.2. Muestreo por unidades geomorfológicas	33
5.2.3. Muestreo por transectos	33
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	35
VII. ANEXOS	37
1. Mapa de órdenes de suelos de Nicaragua, Escala 1:750000 (INETER, 2015)	37
2. Formato de campo para un muestreo de fertilidad de suelo - UNA/CRS	41
3. Formato de campo para clasificación agrológica de un suelo UNA/CRS	42
4. Categoría de disponibilidad de nutrientes según análisis de suelos.....	44
5. Formato de para describir un l de suelo y su clasificación taxonómica.....	44
6. Código de Departamentos y Municipios, Banco Central de Nicaragua.....	52

GLOSARIO

Amenazas: son aquellos eventos conocidos que tienen el potencial para causar daños, en estos casos ambientales, económicos y humanos. La posibilidad de su ocurrencia, cuando no se conoce su existencia, se vincula al peligro de que sucedan (Molagón, 2010).

Biomasa microbial: masa de origen vegetal.

Barrenadas: forma de comprobación de los suelos que se realiza con un barreno para verificar los tipos de suelos (unidades taxonómicas) y las unidades cartográficas.

Calidad del suelo: se entiende como la capacidad del suelo para funcionar, dentro de un uso de la tierra y ecosistemas delimitados, para mantener una productividad biológica, calidad ambiental y promover la salud de plantas, animales y seres humanos. Esta comprende componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones (Doran & Parkin, 1994). En general, un suelo de buena calidad provee bienes y beneficios a través de los servicios que proporcionan los ecosistemas los ecosistemas y que el hombre puede recibir por su bienestar (Daily et al., 1997). Estos servicios son muy dependientes de la presencia de fauna y de los procesos biológicos (Lavelle et al., 2006). Un **suelo saludable**, es aquel que suple satisfactoriamente los requerimientos de nutrientes y condiciones físico ambientales para que las plantas produzcan sanamente sin mucha ayuda de agroquímicos. Mientras que **un suelo enfermo o degradado** es aquel cuya capacidad de producir fue reducida drásticamente por malas prácticas y requiere de muchos insumos externos para producir lo esperado.

Calicata: excavación de 1.50 m de largo, 1.0 m de ancho y 1.5 m de profundidad, en la cual se describe el suelo, sus capas u horizontes y se toman diversas muestras para su análisis en laboratorio, para conocer sus características y clasificarlo bajo un sistema taxonómico.

Carbono orgánico: se presenta en suelos originados de materiales orgánicos e inorgánicos; la mayor parte se encuentra en la materia orgánica y en los minerales carbonatados. El carbono orgánico interacciona con las arcillas del suelo mejorando la actividad biológica, la estructuración, la aireación, la infiltración, la penetración radicular y la resistencia a la erosión.

Cadena de custodia: procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega ordenada de éstas al laboratorio, para la realización de pruebas de análisis físico-químico o biológico.

Clima: es un factor externo relacionado a la contribución de energía radiante (temperatura) y a la energía en movimiento (agua, viento etc.). El clima es considerado un promedio de los eventos del tiempo.

Deslizamientos: es un término común para designar aquellos movimientos en masa vinculados con el descenso rápido, a través de las pendientes de las laderas, de los suelos y rocas de diferentes tamaños. Los deslizamientos se relacionan con la inestabilidad de las laderas, generalmente asociadas con el desequilibrio en la repartición de cargas sobre las mismas (Gordon, 2004).

Por lo general, su ablandamiento está asociado a la saturación del terreno por agua y por la interrupción de la pendiente por causa natural o humana (p.e. construcción de vías y obras civiles) o por combinación de estas.

Escala: es la relación que existe entre distancia real en un terreno y sus correspondientes representación en el mapa. $1/E = dm/DT$ (E: escala; DT: Distancia en el terreno; dm: Distancia en el mapa).

Estudio de suelos: se refiere al estudio de los suelos de una región o área determinada a nivel general, semidetallado o detallado, que examina sistemáticamente los suelos en el campo y laboratorio para clasificarlos de acuerdo a un sistema taxonómico definido, cartografiar las diferentes clases de suelos e interpretar el uso y manejo de acuerdo con su comportamiento.

Erosión de suelos: es el proceso de remoción, transporte y depósito de sedimentos o partículas de suelo, inducido por agentes erosivos como la escorrentía superficial, el viento y la labranza.

Formas del relieve: incluye las llanuras o planicies con una altura entre 0 y 200 m sobre el nivel del mar denominados relieves planos o de muy poca elevación, y es donde generalmente se ubican las ciudades y las zonas cultivables. Entre 200 y 700 metros de altura es el relieve de mesetas; las de mayor altura se denominan altiplanos. Por encima de los 700 msnm se encuentran las montañas, que cuando se ubican en conjuntos, se denominan cordilleras; las de poca altura se llaman sierras. Las depresiones limitadas por relieves más altos, se llaman valles.

Geo-referencia: es el procedimiento técnico-científico por el cual se define la localización espacial de un objeto, en un sistema de coordenadas y datum analizado.

GNSS: Sistema Global de Navegación por Satélite

(por sus siglas en inglés) es un sistema de navegación y de posicionamiento mundial que nos permite determinar la posición geográfica (o posición en cualquier otro sistema de coordenadas) en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o artefacto. Este funciona a través de una red de satélites en órbita sobre el planeta. El sistema de red de satélites más conocido es el NAVSTAR-GPS (Navigation System and Ranging-Global Positioning System) controlado por el Departamento de Defensa de los EE.UU. Sin embargo, los nuevos receptores de GPS hacen uso de dos nuevas redes de satélites, el GLONASS (de la Agencia Espacial Rusa) y Galileo (de la Unión Europea).

Geomorfología: es el estudio de las formas del paisaje, la cual se divide en geomorfología descriptiva y genética

Geología: es la ciencia que estudia los procesos y factores que dan lugar a la formación de la tierra

Gases de Efecto Invernadero: son aquellas emisiones producidas por la degradación de los suelos, especialmente por los diferentes ecosistemas agrícolas que producen CO_2 , tales como el cultivo de arroz bajo riego, las quemadas, entre otras.

Mapa de suelo: es la forma de representar la distribución de los suelos en un área determinada; consta de polígonos con un límite preciso, cada uno etiquetado con un nombre y descrito posteriormente en la leyenda explicativa, así como los puntos que muestran los sitios de muestreo en el terreno para cada suelo identificado.

Material parental: representa el estado inicial del sistema, sobre el que actúan otros factores para transformarlo en suelo. El material originario puede ser una roca consolidada, un depósito no consolidado o un suelo pre-existente. Al intentar establecer relaciones entre la formación de un suelo y el material del que procede, deben tenerse

en cuenta el tipo de roca, su comportamiento frente a los fluidos, los productos a que puede dar lugar al meteorizarse y las condiciones del medio (humedad, temperatura, drenaje).

Muestra simple (submuestra): la muestra colectada en un tiempo y en un lugar particular es llamada muestra simple. Esta representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectada.

Muestra compuesta: es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), convenientemente mezcladas, las cuales son llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de submuestras depende de la variabilidad del suelo en estudio, y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar.

Muestra a profundidad: es la muestra obtenida de los horizontes de suelo o capas del suelo en donde se ubica.

Organismos: el factor biótico externo lo constituyen la flora, la fauna y la especie humana, los que constituyen una biofunción en el suelo.

Plan de muestreo: documento que contiene la información y programación relacionada con cada una de las actividades que conforman el muestreo,

el cual señala los criterios para la toma de muestras, de acuerdo a los objetivos del mismo.

Sistema de coordenadas Cartográficas UTM (Universal Transversa Mercator): Es un sistema de coordenadas basados en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye con la proyección Mercator normal, pero que, en vez de hacerla tangente al ecuador, se hace secante a un meridiano. Nicaragua se encuentra en el Huso 16 y parte del Huso 17, además, la banda en la que se encuentra es la "P" esto se debe a que, las bandas nos permiten ubicarnos latitudinalmente en los Hemisferios y, al estar separadas cada 8° partiendo del Ecuador (0°) hacia el Norte y hacia el Sur; la Banda "P" está entre los 8° y 16° hacia el Norte, las cuales cubre el territorio Nicaragüense.

Pedología: es una ciencia interactiva y formativa que integra las ciencias de la agronomía, la geología y la geografía.

Perfil de suelo: es la exposición vertical de los horizontes de un suelo individual. Un suelo individual es un cuerpo que ha sido definido en término de las características de un perfil cuyos arreglos y combinaciones sobre un área geográfica es idéntica (Boul et al., 1997).

Pendiente: la pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno; a mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie; la tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud



entre la distancia horizontal. Porcentualmente, la pendiente es la diferencia de altura (Y) entre la longitud del terreno (X) multiplicado por 100

Paisaje: etimológicamente, **geografía** se define como **descripción de la Tierra**, y es la ciencia que estudia los hechos y fenómenos físicos, biológicos y humanos desarrollados sobre la superficie de la misma, dando origen a lo que conocemos como **paisaje geográfico**. De este modo, el **paisaje geográfico** es el resultado de las interrelaciones de fenómenos físicos, biológicos y humanos que se producen en un lugar o espacio de la Tierra.

Relieve: es el conjunto de irregularidades que presenta la superficie terrestre. Los relieves van cambiando, aunque estos cambios solo se ven en un cierto lapso de tiempo, pues son muy lentos, salvo cuando se producen terremotos o erupciones volcánicas.

Suelo: es un cuerpo tetradimensional que almacena energía (espacio, profundidad, ancho y tiempo); tiene un límite superior (atmosfera), lateral con otros cuerpos, inferior con la roca, el cual es desarrollado en el tiempo. Según Lal et al., (1997), el suelo se localiza entre las interfaces atmosfera, hidrosfera, y biosfera. Se basa en tres formas de energía: gravitacional, interna en la roca y la energía solar.

Suelos: son sistemas multifuncionales complejos y auto-organizados (Lavalle & Spain, 2001; Barrios, 2007), donde ocurren procesos biológicos, físicos y químicos que les permiten evolucionar. Estos procesos proporcionan numerosos bienes y servicios ecosistémicos, entre los cuales se tienen el suministro de nutrientes para las plantas (Blum et al., 1997), control de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), secuestro de carbono, desintoxicación y protección de las plantas contra las plagas, filtrado, purificación y almacenamiento de agua, entre otros (Lavelle et al., 2006).

Semi-calicata: observaciones de identificación o detalladas que se realizan para establecer las características necesarias, conocer y clasificar el suelo y para establecer los límites de variación de las unidades taxonómicas al nivel categórico seleccionado. Son excavaciones rectangulares, cuadradas de 40 a 50 cm de lado o 50 cm de diámetro y con profundidad suficiente para estudiar hasta el horizonte B, si existe, o para describir los primeros 40 ó 50 cm de perfil; se complementa hasta 120 cm o más mediante un barreno.

Suelos ácidos: un suelo ácido es aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor de 10^{-7} . Sin embargo, la acidez del suelo como limitante para el desarrollo de las plantas, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, solo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5.5.

Sumidero de carbono: hace referencia al almacenamiento de carbono en los suelos, los cuales, según el tipo, tienen capacidad de funcionar como reservorio de carbono.

Tiempo: es el factor que relaciona el estado de desarrollo de un suelo y su relación con la edad, la pendiente y la posición que ocupa en el paisaje

Textura de suelo: es la propiedad física del suelo derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de Ciencias de Suelo.

Toposecuencia: o secuencia catenaria, son una sucesión de suelos en el paisaje o secuencia de suelos en el paisaje.

Tierra: es una porción de la corteza terrestre que involucra el suelo, el subsuelo, los organismos y la atmosfera cercana, así como los procesos naturales e inducidos y los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes que tienen un efecto en el comportamiento de la misma (FAO, 1985).

PRESENTACION

En las últimas décadas Nicaragua ha experimentado un crecimiento económico que logro alcanzar un PIB mayor a los U\$ 2,000 dólares americanos, con un crecimiento del 4.6% en 2016, superado en la región únicamente por Costa Rica (Informe del BCN, 2016.). Según la misma fuente, en 2016 la actividad agropecuaria creció el 6.3%, lo que le permitió ubicarse como la segunda actividad de mayor aporte al crecimiento económico del país en ese año. Sin embargo, el costo ambiental por exponer los suelos a procesos de producción con prácticas degradantes, pone en riesgo la sostenibilidad de dicho crecimiento; Fenómeno que acrecienta cuando la ocurrencia de sequias extremas en el corredor seco de Nicaragua moviliza familias pobres a emigrar a otras zonas del país con mejor potencial productivo, donde tumar el bosque y practicar la agricultura migratoria es lo más fácil para producir.

Con la publicación del ultimo mapa de suelos de Nicaragua en 2015, se observa que un 39.17% de los suelos de Nicaragua están siendo utilizados por encima de su potencial productivo (sobre utilizados), fenómeno que induce a procesos severos de degradación irreversible. No es casual que la mayor área de suelos sobre utilizados se localizan en la zona húmeda y ácidos del Caribe Nicaragüense.

A pesar que el marco regulatorio nicaragüense en materia de protección ambiental del recurso suelos es amplio, y disperso, comunidades de agricultores comprometidos con el medio ambiente tratan de desarrollar acciones de conservación desde diferentes partes del país. Sin embargo, se demanda de mayor acompañamiento institucional desde las entidades nacionales.

En este contexto, la existencia de laboratorios de suelos en Nicaragua, está vinculada a la actividad agroexportadora desde los años 60's del siglo XX, con fines de fertilidad de suelos. No obstante, con la crisis del algodón muchos de estos laboratorios desaparecieron; actualmente únicamente dos laboratorios: LAQUISA,SA. y LABSA-UNA, están en proceso de acreditación nacional. Un estudio no publicado de la UNAN - León realizado en 2014, revela que uno de los problemas de los análisis de laboratorio viene de la toma de muestras en el campo; procedimiento que es muy dudoso y afecta la calidad de los resultados de laboratorio para su interpretación. De aquí, surge la demanda de los laboratorios nacionales de suelos y de los productores agropecuarios y forestales del país, de contar con una guía de muestreo de suelo, que permita contribuir a mejorar la calidad de los análisis de suelos; en ese sentido, esta guía tiene el compromiso de contribuir a realizar muestreos de suelos en campo de alta calidad.



Taller con productores de la comunidad La Danta-Somotillo, proyecto UNA-CIAT-Quesungual

I. INTRODUCCION

El manejo sostenible del recurso suelo es un proceso que requiere ser acompañado por un eficiente y pertinente análisis de laboratorio. Este a la vez necesita de un proceso de muestreo de suelo que permita la interpretación de los resultados de laboratorio, y así contribuir a una eficiente toma de decisiones, ya sea desde una perspectiva productiva, ambiental o de planificación territorial. El **muestreo de suelo**, entendido como la actividad de colecta en un tiempo y en un lugar particular de una cantidad de suelo para fines de análisis de laboratorio, es realizado en campo para fines predefinidos. En general, la muestra de suelo, representa las condiciones puntuales del suelo, en el tiempo que fue colectada. Por su parte, **la calidad de un muestro de suelo**, se refiere al proceso de toma de muestra que maximiza la selección de cantidades de muestras y sitios de muestreo, de acuerdo al propósito del estudio de suelo. Esto reduce costos económicos al productor o usuario, y un resultado de mejor calidad e interpretación de los resultados de laboratorio, independiente al método utilizado.

La presente guía tiene el propósito de facilitar herramientas prácticas para mejorar el proceso de la toma de muestras; está dirigida a técnicos extensionistas del sector agropecuario y forestal del país, que realizan el muestreo para fines productivos o planificación territorial.

El contenido de la guía considera las siguientes temáticas:

- ✓ Planificación del muestreo
- ✓ Procedimiento de muestreo y manejo de la muestra

En función de los tipos de muestreo, la guía establece los siguientes:

- ✓ Muestreo de suelos para fertilización
- ✓ Muestreo para fines de levantamiento a escala de paisaje

La terminología expresada en el glosario de la presente guía, fue tomada y modificada en parte del libro "El ABC de los suelos"; para no expertos, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia.

Parte de la metodología abordada en la presente guía, está contenida en la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (USDA, 1999), y de otras fuentes referidas a la temática en Latinoamérica.

La codificación de muestras tomadas en perfiles de suelos, propone utilizar los códigos de los municipios y departamentos del país que utiliza el Banco Central de Nicaragua. Esto con el propósito de facilitar la organización de las bases de datos a nivel nacional.



Muestreo de suelos en toposecuencias, proyecto UNA-CARE-PIMCHAS

II. PLANIFICACIÓN PARA EL MUESTREO DE SUELO

2.1. Generalidades

El plan de muestreo de suelo es un proceso de gestión previa a ir al campo; este contiene información y programación relacionada con cada una de las actividades que conforman el muestreo, y señala los criterios para la toma de muestras, de acuerdo a los objetivos del mismo. La definición de los objetivos determina la técnica y patrón de muestreo, los equipos a utilizar y el tipo de custodia.

Independientemente a los objetivos del muestreo, se realiza una matriz que contenga:

Objetivos, Técnica, Variable de Muestreo, Profundidad, Recorrido de Muestreo, Equipos, Unidad de Muestreo, Número de Replica, y Fechas del Muestreo.

Información previa a elaborar el plan:

- a. Identificar el tipo de suelo, serie y perfil característico, información que se obtiene del Catastro de los Recursos Naturales (1971), y el mapa nacional de suelos (2015).
- b. Historial de manejo del suelo, por lo menos de los últimos 5 años: tipo de labranza, cultivos, dosis de fertilizantes, y prácticas de conservación de suelos y agua, entre otras.
- c. Elaborar un mapa o croquis de la unidad objeto de muestreo, de preferencia apoyado con

Google map, u otra información cartográfica si se dispone. Esto ayuda a determinar uso actual del sitio, topografía dominante, tipo de material parental o roca predominante, y posición en el relieve. Esto ayuda a decidir los puntos de muestreo.

- d. Buscar información climática: precipitación, temperatura media mensual de los últimos 20 años y velocidades del viento.
- e. Localizar áreas sensibles alrededor del sitio, tales como causes, río, laguna u otras áreas de riesgos.

2.2. Tipo de muestras (simple o compuesta)

El **muestreo de suelo** es la actividad de recolección de las muestras de suelo (representativas), que permiten caracterizar el suelo en estudio. La **muestra** es definida como una parte representativa que presenta las mismas características o propiedades del material que se está estudiando. Y, las **muestras enviadas al laboratorio** constituyen las muestras elegidas para ser analizadas de acuerdo a los objetivos establecidos.

Muestra simple: es la muestra obtenida de una sola extracción del suelo. Son usadas en trabajos de investigación, extensión, y en suelos muy homogéneos. Se recomienda tomar una muestra de un kg por hectárea suelo, para fines de nutrición de plantas.

Muestra compuesta: se refiere a la muestra de suelo obtenida de varias extracciones o muestras simples, reunidas en un recipiente codificado por profundidad, si es el caso, y luego bien mezcladas, de donde se retira un kg de suelo. Es el muestreo más utilizado para planificar fertilización. Se recomienda entre seis y doce submuestras por unidad de muestreo.

2.3. Selección de la técnica de muestreo

La selección de una técnica del muestreo, depende de las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad del sitio de estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras. Los equipos, las herramientas y los instrumentos a usarse en el muestreo estarán en función de:

- La profundidad máxima a la que se va a tomar la muestra.
- El tipo de textura del suelo.
- El tipo de enmienda a aplicar (fertilizantes o encalado).
- El tipo de cultivo o uso de la tierra.
- La escala del trabajo de campo o tamaño del área de muestreo.
- La accesibilidad al punto de muestreo.

Los recipientes y herramientas para la colecta de muestras en campo deben ser fáciles de limpiar, resistentes al desgaste y no deberán contener sustancias químicas que puedan contaminar o alterar las muestras. Los materiales y equipos básicos necesarios para realizar el trabajo de campo y recolectar las muestras de suelos se demuestran en la Figura 1.

2.4. Representatividad

La representatividad de la muestra está relacionada con los objetivos del muestreo de suelos, los cuales pueden ser: i) manejo de nutrientes (fertilidad), ii) Conservación y restauración de suelos (línea base y monitoreo), iii) Remediación, y iv) Caracterización para fines de planificación del uso de la tierra. Las escalas pueden variar desde pequeñas parcelas, fincas hasta el nivel de paisaje (comunidad, micro cuenca y multi parcelas).

La selección del sitio para realizar el muestreo toma en consideración que sea uniforme en profundidad, color textura, pendiente, posición en la pendiente y uso anterior (homogéneo). En pendientes mayores al 5% es recomendable dividir la parcela en parte alta, media y baja. En condiciones de laderas con suelos de 20% de pendientes, es importante auxiliarse de hojas topográficas, fotografías aéreas y ortofotomapas o mapas de Google.

En suelos de planicie, no es recomendado muestrear áreas superiores a diez hectáreas en cultivos anuales, y veinte hectáreas en cultivos perennes y pasturas (si son uniformes). El número de submuestras para una muestra compuesta debe ser seis, como mínimo. Recordemos siempre tener un testigo o comparador representativo del área de muestreo; a nivel de paisaje éste puede ser una parcela inalterada de bosque o una milpa tradicional. En los ensayos experimentales, el testigo es siempre la parcela con manejo tradicional.

Las dimensiones del muestreo son espacial y temporal. El espacial considera el paisaje, la forma del relieve, la posición en el relieve y la profundidad de muestreo; el temporal considera la época del monitoreo y el número de años necesario para el mismo. La planificación debe considerar algunos procedimientos sencillos que se detallan a continuación.

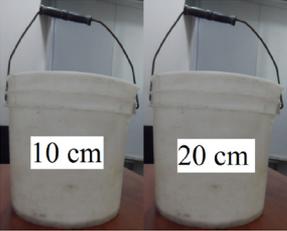
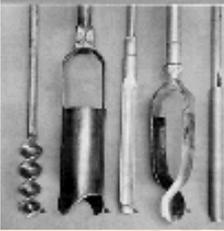
Baldes rotulados con profundidades	Barrenos usados según textura de suelo	Palín y cinta métrica
		
Libreta y formato	Cuchillo	Lona o plástico
		
GPS y mapa topográfico	Bolsa plastica para el transporte	Bandeja plastica para secado al aire libre
		

Figura 1. Equipos requeridos para un muestreo de suelo en campo.

2.4. Representatividad

La representatividad de la muestra está relacionada con los objetivos del muestreo de suelos, los cuales pueden ser: i) manejo de nutrientes (fertilidad), ii) conservación y restauración de suelos (línea base y monitoreo), iii) remediación, y iv) caracterización para fines de planificación del uso de la tierra. Las escalas pueden variar desde pequeñas parcelas, fincas hasta el nivel de paisaje (comunidad, micro cuenca y multi parcelas).

La selección del sitio para realizar el muestreo toma en consideración que sea uniforme en profundidad,

color textura, pendiente, posición en la pendiente y uso anterior (homogéneo). En pendientes mayores al 8% es recomendable dividir la parcela en parte alta, media y baja. En condiciones de laderas con suelos de 20% de pendientes, es importante auxiliarse de hojas topográficas, fotografías aéreas y ortofotomapas o mapas de Google.

En suelos de planicie, no es recomendado muestrear áreas superiores a diez hectáreas en cultivos anuales, y veinte hectáreas en cultivos perennes y pasturas (si son uniformes). El número de submuestras para una muestra compuesta debe ser seis, como mínimo. Recordemos siempre tener un testigo o

comparador representativo del área de muestreo; a nivel de paisaje éste puede ser una parcela inalterada de bosque o una milpa tradicional. En los ensayos experimentales, el testigo es siempre la parcela con manejo tradicional.

Las dimensiones del muestreo son espacial y temporal. El espacial considera el paisaje, la forma del relieve, la posición en el relieve y la profundidad de muestreo; el temporal considera la época del monitoreo y el número de años necesario para el mismo. La planificación debe considerar algunos procedimientos sencillos que se detallan a continuación.

2.5. Mapa o croquis del sitio de muestreo de suelo

Es importante realizar un croquis o mapa de la unidad productiva, indicando la posición de las parcelas o lotes donde se realizará el muestreo, e identificarlas. Este croquis debe ser custodiado junto con los resultados de los análisis y los rendimientos, para el seguimiento de la evolución del manejo del suelo en el tiempo (Figura 2). Es recomendable hacer un recorrido por la finca, y apoyarse en las imágenes de Google maps, para hacer el plano o croquis sencillo.

A nivel de paisaje, los estudios de suelo definen previamente la escala y objetivos del mismo. Independiente a la escala y objetivos, se tienen que preparar un mapa previo al levantamiento de campo, de las unidades geomorfológicas de mayor homogeneidad presentes en el paisaje, con dominio de geología, relieve y usos de la tierra.

2.6. Tamaño del área y número de muestras

El número de muestras depende de la variabilidad del sitio, se recomienda recolectar un mínimo de tres muestras por cada tipo de suelo o manejo, a las profundidades predeterminadas. Cada muestra puede estar compuesta de 6 o 12 submuestras, para un 80% de precisión (Swenson et al., 1984). La cantidad de suelo utilizado para análisis de rutina es 0.25 kg de suelo, pero es preferible llevar 0.5 kg al laboratorio, empacado en un bolsa plástica debidamente identificada con tinta permanente, o en un recipiente hermético (cuando se requiere medir humedad).

Para asegurar la calidad de la muestra, no se debe mezclar un suelo arenoso de un lugar con uno arcilloso de otro lugar. Asimismo, no se debe tomar muestras en áreas recién fertilizadas, sitios próximos a viviendas, galpones, corrales, cercas, caminos, lugares pantanosos o erosionados, áreas quemadas, lugares con acumulaciones de estiércol, fertilizantes, cal u otras sustancias que pueden contaminar la muestra. No hay que fumar durante la recolección de muestras, para evitar contaminarlas con las cenizas del cigarro, ricas en potasio.

Para los cálculos de suelo a unidades volumétricas, se requiere medir la densidad aparente y la humedad.

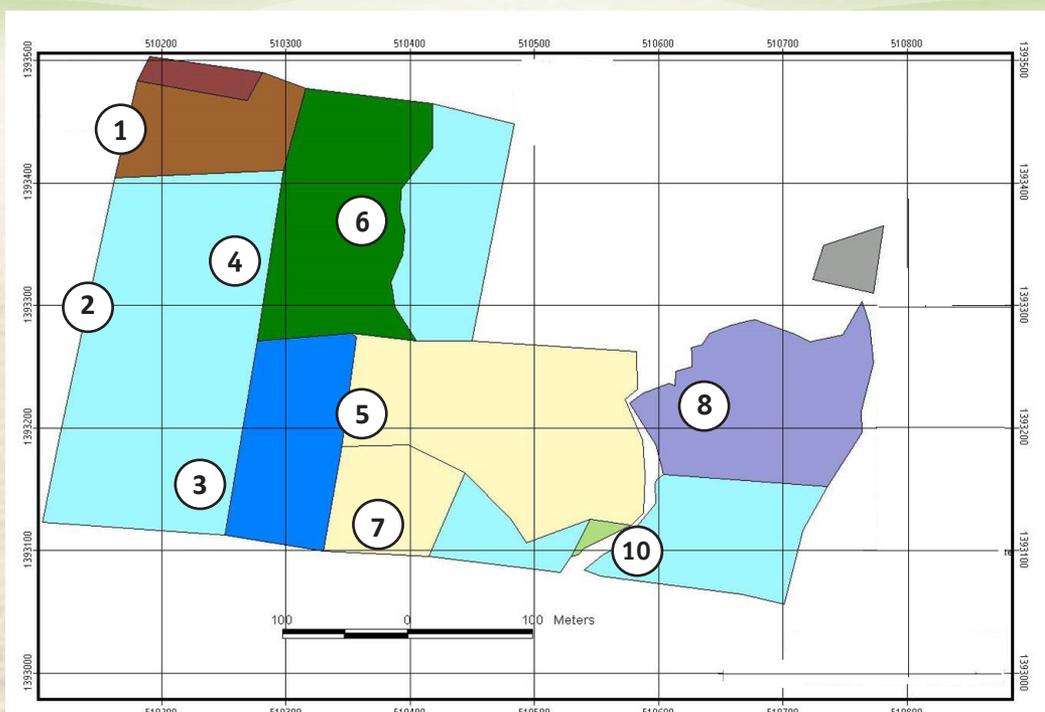


Figura 2. Mapa de una finca que representa diferentes parcelas para muestreo de suelo

2.7. Profundidad de muestreo

La profundidad del muestreo está determinada por el tipo de cultivo (desarrollo radicular) y el propósito del análisis de suelo. En el caso de los cultivos, los resultados de los análisis de suelos se utilizan para gestionar el manejo de la fertilización, basados en la oferta nutricional del suelo y la demanda de los cultivos. En la Tabla 1, se indica las diferentes profundidades de muestreo por cultivos.

La CORPOICA (2012), recomienda las siguientes profundidades:

- 0 a 10 cm para pastos utilizados en pastoreo
- 0 a 25 cm para cultivos comerciales y pastos de corte
- 0 a 25 y 25 a 50 cm para frutales y especies forestales, en general.

No obstante, el estándar del muestreo usado en el país es de 0 a 20 cm, porque la mayoría de plantas tiene su mayor densidad radicular en este segmento del suelo.

2.8. Época e intensidad de muestreo

En áreas de cultivos anuales tales como maíz, frijol, soya, girasol, trigo o sorgo, las muestras deben ser tomadas al menos dos meses antes de la siembra del cultivo; para dejar suficiente tiempo en interpretar resultados, formular las recomendaciones, comprar los fertilizantes y/o enmiendas y finalmente aplicarlos. En rotaciones con agricultura de conservación, el cultivo de mayor beneficio económico se debe considerar. En sistemas intensivos, las muestras deben ser tomadas preferentemente una vez al año o al menos una vez cada dos años. En cultivos perennes se pueden hacer 2 meses antes de la floración. En las pasturas una vez al año, después del pastoreo o corte.

La intensidad del muestreo también depende del uso y la textura del suelo. Por ejemplo, en suelos con intensidad media de manejo (granos básicos, tubérculos, perennes), una vez cada dos o tres

años. Suelos con manejo intensivo (algodón, maní, caña, banano) el muestreo debe ser anual; mientras que, en suelos arenosos se recomienda muestrearse con mayor frecuencia.

Tabla 1. Uso del suelo, objetivos de muestreo y profundidad de muestreo.

Uso de la tierra	Profundidad (cm)	Observaciones
SUELOS PROFUNDOS EN PLANICIES O VALLES		
Cultivos anuales con labranza tradicional: para fertilidad general o recomendaciones de fertilización (maní, granos básicos)	0 a 10 ó 0 a 20	Solo la capa arable; muestreo 2 meses previo a la siembra
Hortalizas	0 a 10	Muestreo por lote o bancales
Pastos	0 a 10	Dividir potreros en áreas homogéneas
Plantaciones perennes y frutales	0 a 30 y 30 a 60 0 a 20, 20 a 40 ó 40 a 60	1 mes previo a la floración, tomar muestra en un radio de 50 cm al árbol
Cultivos de siembra directa Para estudio de rutina Para estudio detallado	Tres capas 0 a 5 cm, 5 a 10, y de 10 a 20 cm	Para estudios de rutina se puede muestrear de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm
SUELOS SUPERFICIALES EN LADERAS		
Cultivos anuales de siembra directa. Para manejo de fertilidad	0 a 10	Dividir el lote en áreas uniformes
Cultivos de hortalizas con labranza manual	0 a 10	Tomar muestra del bancal
Pastura en potreros	0 a 10	
Cultivos perennes, frutales y árboles	0 a 15, 15 a 30 y 30 a 50	Únicamente considerar suelo y no roca

Fuente: Complejo de Laboratorios: Bolsa de Comercio del Rosario

III. MANEJO Y TOMA DE LAS MUESTRAS EN CAMPO

3.1. Recorrido para realizar el muestreo

Los recorridos en campo con fines de muestreo de fertilidad de suelo, pueden ser aleatorio simple, aleatorio estratificado, en cuadrícula, en X y zigzag. El más utilizado es el zigzag y en X,

ya que es práctico y fácil de aplicar (Figura 3). En la agricultura de alta precisión, el muestreo se focaliza en los parches donde las plantas presentan limitantes de crecimiento y reducción del rendimiento.

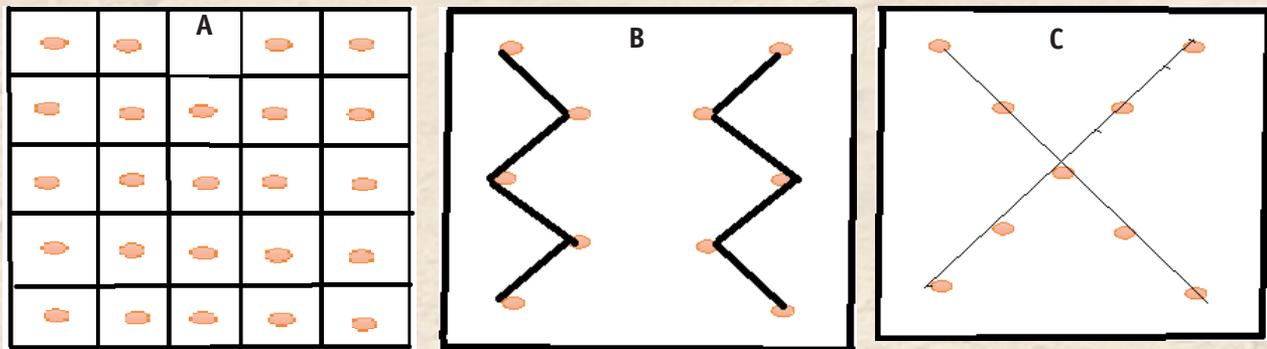


Figura 3. Recorrido en forma de Cuadrícula (A), en Zig-zag (B), y en X (C).

En levantamientos de suelos a escala de paisaje, los patrones de muestreo pueden realizarse por transectos o catenas, se puede realizar en unidades geomorfológicas homogéneas, y en la mayoría de los casos se realizan a profundidad o verticalmente por horizontes del perfil de suelo.

3.1.1. Recorrido en cuadrícula

Este método consiste en dividir cada lote seleccionado en cuadros iguales, recolectar las muestras en cada uno, y después mezclarlas (Figura 3 A). Este método no es muy aplicado a nivel de campo por la variación de las propiedades

de los suelos en cortas distancias; requiere limitar adecuadamente los lotes, la figura muestra un ejemplo hipotético. Son recomendados en pequeñas parcelas de hortalizas, donde los suelos son muy homogéneos.

3.1.2. Recorrido en Zig-zag

Una vez seleccionado el lote, otra forma de recolectar las submuestras en el campo es en zigzag; consiste en líneas cruzadas caminando unos 25 a 30 pasos desde cada punto seleccionado de muestreo. Esto se hace para cada lote definido en la finca (Figura 3). Se recolectan las submuestras

y posteriormente se mezclan para obtener cada muestra, de manera que sea representativa. Es un procedimiento aplicado en tierras muy homogéneas y planas; típicas en cultivos anuales, pastos y semi perenes.

3.1.3. Recorrido en X

Este método es sencillo, y apropiado para sitios planos bastante homogéneos. Consiste en recolectar las muestras en forma de X, en cada lote de la finca. Nos ubicamos en un extremo (esquina) de un lote determinado, donde se inicia el muestreo en sentido al extremo opuesto. De igual forma se hace para los dos extremos (esquinas) restantes, hasta completar el muestreo de campo (Figura 3 B). La recolección de las submuestras se hace a lo largo de cada X, y posteriormente se mezclan. Es un patrón de muestreo común en cultivos anuales y semi perennes, en suelos planos.

3.1.4. Recorrido aleatorio simple

Apropiado para tierras homogéneas y planas. El método se aplica en lotes predefinidos de las fincas. Las muestras se recolectan de forma aleatoria; escogemos puntos al azar que representen el área muestreada, después se mezclan (Figura 4). Este tipo de muestreo se utiliza en cultivos anuales y pasturas, en tierras homogéneas en sus propiedades.



Figura 4. Ejemplo de un paisaje, lote homogéneo, muestreo de suelo aleatorio simple.

3.1.5. Recorrido aleatorio estratificado

Cosiste en dividir lotes a muestrear en estratos; se recolectan las muestras en cada estrato y posteriormente se mezclan. Este muestreo se realiza en terrenos colinados, e incluso en laderas (Figura 5). Se aplica en cultivos de granos básicos, sistemas agroforestales, y cultivos en laderas. Los estratos representan áreas homogéneas dentro del complejo de variación de suelo, definido por el desarrollo del suelo y su relieve.

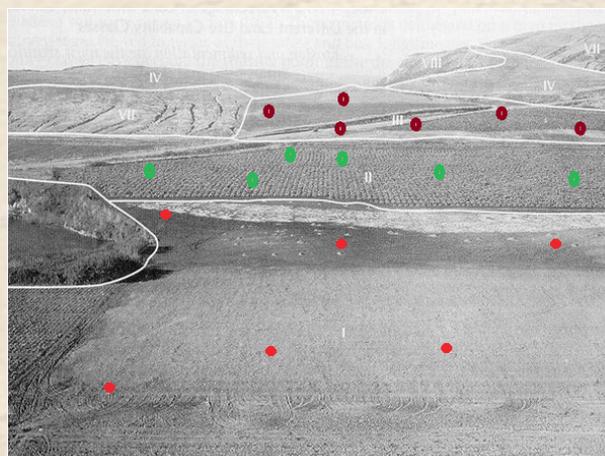


Figura 5. Paisaje, donde se aplica en tres unidades de tierra el muestreo de suelo aleatorio estratificado, por unidades de tierra homogéneas.

3.2. Muestreo utilizando pala o palín

Este método es el más sencillo y práctico, por lo que los productores lo pueden realizar rápidamente. Se recomienda de previo, marcar con un cuchillo o clavo la profundidad de muestreo en la pala (Figura 6). El proceso es el siguiente:

- Seleccionar el sitio a muestrear; para ello se debe disponer del croquis de la finca, y tener los lotes enumerados (lote 1, 2... n_1 , n_2).
- Eliminar la cobertura vegetal y piedras de la superficie en el sitio de muestreo.
- Marcar en la pala la profundidad de muestreo y cavar un hueco en forma de "V" del ancho

de la pala y la profundidad requerida, según el cultivo.

- d. Tomar un corte de suelo de 2 a 3 centímetros de espesor de la pared del hueco y depositarla en un balde plástico identificado con la profundidad; éste debe estar limpio de impurezas tales como restos de fertilizante, cal, estiércol, cemento, etc.
- e. Repetir esta operación en cada uno de los puntos, siguiendo las indicaciones del muestreo predefinido.
- f. Mezclar las muestras que corresponden a la misma profundidad en el balde, luego depositarla en la bolsa (etiquetada).

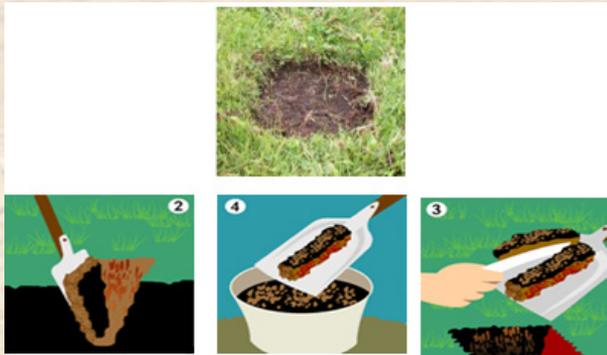


Figura 6. Imagen de una recolección de muestras utilizando pala o palín.

3.3. Utilizando barreno (barrenadas)

Cuando se utiliza barreno se procede de la siguiente forma:

- a. Enterrar el barreno haciéndolo girar, el penetra el suelo como si fuera un tornillo, hasta los 20 cm y extraer la muestra.
- b. Depositar la muestra de suelo en un balde plástico identificado con la profundidad. Este

debe estar limpio de impurezas tales como, fertilizantes, cal, estiércol, cemento, entre otros.

- c. El distanciamiento entre una observación y otra depende del objetivo del muestreo, tamaño del lote y del método de muestreo seleccionado.

Los barrenos de cilindro cerrado se usan en suelos sueltos o arenosos; mientras que, los barrenos de cilindro abierto (colochó) se usan en suelos compactos o arcillosos, en los cuales es difícil sacar la muestra con cilindros cerrados (Figura 7). Si va a tomar pocas muestras y el suelo está suelto, puede usar una pala.

Si el suelo está duro y compacto, tendrá que usar pico, pala o coba, dependiendo del número de muestras a tomar. Finalmente, otro factor que se considera en la planificación del muestreo de suelos, es definir el patrón de muestreo, los cuales fueron descritos en los acápitales anteriores.

3.4. Preparación e identificación de la muestra

Una vez realizado el muestreo, según el plan, y previo a su análisis en el laboratorio, es importante asegurar una buena preparación y etiquetado, que no se borre en el transporte y que contenga la información del sitio de muestreo.

Las submuestras se depositan en lona o plásticos, se mezclan, y se eliminan terrones grandes, troncos, piedras, entre otros. Una parte de esta mezcla debe ser separada y colocada en un recipiente (bolsa, caja, etc.) bien identificada.

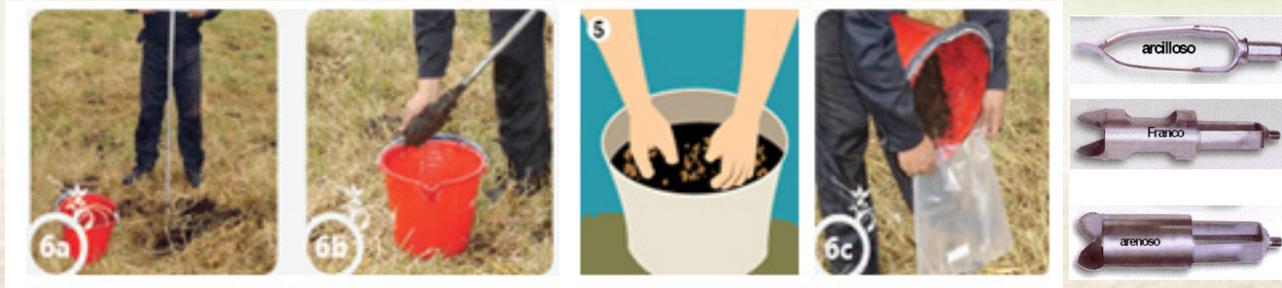


Figura 7. Imagen de una recolección de muestras utilizando un barreno, y tipos de barrernos utilizados en campo

Si la muestra es tomada en época lluviosa, con una humedad superior a la capacidad de campo, y las posibilidades de transportarlas al laboratorio son mayores a 24 horas, es recomendable secar al aire libre bajo sombra por 12 horas para luego embolsarla libre de raíces y trasladarla al laboratorio. La finalidad es evitar la exudación dentro de la bolsa; el cual puede afectar la composición gaseosa y alterar las poblaciones microbianas de la muestra, evitando una alteración química.

No se debe empacar o envolver las muestras en papel, en especial papel periódico, ya que los residuos de este material pueden alterar el resultado del análisis.



Depositar la muestra en la bolsa plástica, amarrar el extremo sacando todo el aire posible, pegar la etiqueta por fuera de la bolsa, depositarla en otra bolsa de plástico (doble bolsa) que permita ubicar la etiqueta entre el plástico, y amarrar nuevamente.

En el transporte de la muestra se debe evitar contacto con materiales tales como combustible, fertilizantes, cal, estiércol u otro producto que la pueda contaminar. Para análisis de las características químicas y físicas (macro y micronutrientes, textura, MO, CIC, etc.), 0.5 kg es suficiente. (Díaz – Romero y Hunter, 1978).

El etiquetarlo se puede realizar con un buen marcador permanente del tipo Sharpie. La etiqueta debe contener la siguiente información:

Código de la muestra: _____

Nombre del propietario: _____

Nombre la Finca: _____

Uso del suelo: _____

Fecha del muestreo: _____

Profundidad de muestreo: _____

Ubicación de la muestra en la parcela o paisaje: _____

Cuando se ingresa al laboratorio, la muestra debe ser organizada por lote, profundidades, uso de suelo y llenar el formato de ingreso que utilice el laboratorio. En anexo (2), se presenta un ejemplo de ficha de ingreso.

IV. MUESTRO DE SUELOS PARA FERTILIZACION

4.1. Generalidades

El muestreo de suelos es una de las etapas críticas dentro del proceso del diagnóstico de su fertilidad, por lo que se debe hacer con rigor y considerando aspectos biofísicos, tales como el área, cultivo, características del sitio y el nivel de parcela o finca. Este proceso requiere enfatizar en la planificación, toma de muestra, custodia y el ingreso al laboratorio de suelos.

Los análisis de rutina en laboratorio de suelos incluyen los propuestos por Quintana, et al. (1983): determinación de textura, reacción del suelo (pH), densidad aparente (g/cm^3), materia orgánica (MO, %) y los macronutrientes nitrógeno (N, %), fósforo (P, ppm), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) expresados en meq/100 g. Los análisis especiales incluyen a los micronutrientes manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) expresados en ppm, capacidad de intercambio catiónico (CIC, meq/100 g), acidez intercambiable

(Al + H), saturación de bases (%), conductividad eléctrica (Ce), y agua aprovechable en el suelo. En anexo 4, se presentan los tipos de análisis y niveles críticos utilizados en Nicaragua.

El uso de los análisis de suelo para la generación de recomendaciones de fertilización no es generalizado entre productores, lo cual en parte es inducido por el desconocimiento del procedimiento correcto para la toma de muestras, la falta de información sobre la disponibilidad de laboratorios calificados, pocos técnicos del agro que dominan las metodologías de interpretación de análisis de suelos, así como el subsidio a los fertilizantes y enmiendas en años anteriores.

La calidad de los resultados del análisis de suelos será tan buena como lo sea la calidad de las muestras tomadas y la calificación del laboratorio, puesto que la muestra analizada en laboratorio es apenas de 10 a 15 g por kilogramo de la muestra compuesta de suelo; es decir que esa fracción tomada de la muestra compuesta, representa millones de kilogramos de suelo de la parcela de donde proviene. Por este motivo, es vital que el levantamiento de una muestra sea cuidadoso y representativo, para asegurar que los resultados del análisis sean oportunos y útiles.

En Nicaragua algunos sectores productivos utilizan el análisis de suelo para decidir el manejo de nutrientes, como única repuesta al incremento de los rendimientos, olvidándose que el suelo es un cuerpo natural físico-químicamente activo,



con mucha actividad biológica que puede afectar el rendimiento; en muchos casos esto no es considerado.

Los laboratorios de suelo de Nicaragua apoyan el proceso de análisis químico, físico y biológico de los suelos; sin embargo, un estudio reciente de la UNAN - León y el INTA, demuestra que los resultados de laboratorio son en parte poco confiables, porque las muestras de suelo se toman con diferentes criterios y manejos por parte de técnicos y agricultores. Este manual nos facilita insumos para realizar muestreos de suelos que contribuyan a un manejo sostenible de los suelos.

La fertilidad de suelos consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones ambientales y nutrientes necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo; por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales, pero si no tiene buenas condiciones físicas, la fertilidad es pobre para las plantas y viceversa. Asimismo, el clima juega un papel importante y determinante; por ejemplo, se puede tener un suelo fértil y si las temperaturas son extremas, la planta puede sufrir aborto floral.

4.2. Muestreo de suelos para cultivos anuales

En los cultivos anuales, los ciclos de siembra varían entre especies, pero la duración más frecuente es entre 3 y 6 meses; en Nicaragua la mayoría son cultivados de secano (depende de la precipitación anual). Para realizar el muestreo primeramente, se hace en junto con el productor el croquis o mapa de la finca, que represente los lotes o parcelas con su uso actual, linderos, áreas sensibles (áreas a proteger en la finca).

El tamaño del área de muestreo en lotes homogéneos oscila entre dos hectáreas (ha), para algunos

cultivos como maíz, frijol, millón, algodón, maní, y soya. En hortalizas y tubérculos con sistema más intensivo, se puede tomar en área de una ha. (Quintana, et al., 1986). El número de muestras depende de la uniformidad del terreno (Tabla 2). Para suelos de laderas con menor uniformidad, el número de muestras tiende a aumentar por la variación del mismo.

4.2.1. Localización y profundidad de muestreo

En suelos con labranza de tracción mecanizada y animal, las muestras se localizan en los surcos a una profundidad de 20 cm. Si el sistema es de siembra directa, se recomienda muestrear a dos profundidades: de 0 a 10 y de 10 a 20 cm.

La fecha de muestreo es definida principalmente por las condiciones climáticas, tipo de cultivo, época de siembra (primera, postrera, apante o riego), y el sistema de labranza de suelo. Por ejemplo, en rotaciones de cultivos se recomienda tomar la muestra en la época seca, dos meses antes de la siembra.

Tabla 2. Número mínimo de muestreo para fertilidad de suelos, en áreas menores de 50 hectáreas en suelo en planicies uniformes, para cultivos anuales de alto valor comercial.

Área de interés (Ha)	Número de muestras por hectárea
1	0.2
5	0.5
10	1
20	2
50	4

Fuente: Adaptado de la guía de muestreo de suelos, Ministerio del Ambiente, Lima, Perú 2014.

Cuando el área es mayor a 50 hectáreas, usar la siguiente ecuación: $N = 0.1X + 1$

Donde N= Numero de muestras

X= Superficie en hectáreas del MAP



Figura 8. Foto donde se localizan áreas o parches con potenciales afectaciones al rendimiento. (Fuente: Armando Tarcistro IPNI)

4.2.2. Muestreo de alta precisión (MAP)

Este término está asociado a la agricultura de alta precisión, y tiene por objetivo obtener muestras representativas de suelo para seleccionar zonas o parches, donde está siendo afectado el rendimiento de un cultivo. Este muestreo trata de caracterizar factores que afectan el rendimiento, y a partir de los resultados se establece la necesidad de continuar procesos de gestión de manejo de suelo, que podría incluir las siguientes acciones: cambio de sustratos nutricional, restricciones de uso, y cambio de uso y manejo del suelo, entre otros. El MAP debe recolectar un número de puntos mínimos de muestreo geo-referenciados, previamente a la cosecha, en áreas donde las plantas presentan limitaciones para su crecimiento (Figura 8).

En el caso que la información no sea concluyente, se debe realizar un muestreo sistemático, para justificar la validez estadística asociada al grado de definición de la alteración productiva. Para determinar el número de muestras se puede apoyar en los datos y ecuaciones planteadas en las Tablas 1 y 2. El MAP se aplica en la agricultura de alta precisión, microbiología de suelo, que incluyen el carbono microbial, emisión de gases de efecto invernadero y macro fauna del suelo.

4.2.3. Recorridos de muestreo

Los recorridos más comunes en cultivos anuales son: cuadrícula para hortalizas, zig-zag para laderas, en X y aleatorio simplificado en cultivos intensivos con labranza convencional.



Figura 9. Foto de área efectiva en café para la toma de muestreo de suelo.

4.3. Muestreo de suelo para cultivos perennes

Los cultivos perennes más comunes en Nicaragua son café, cacao, cítricos, frutales, pastos y forestales. Su establecimiento en las diferentes regiones del país depende de las características de los suelos y clima; requieren de viveros, o algunas veces de siembra directa. Las épocas de siembra en

secano inician con el periodo lluvioso. En general, los sistemas radicales de los cultivos perennes varían entre especies; estos se profundizan a más de un metro, pero la mayoría de raíces se concentran en los primeros 40 cm. Para el muestreo de suelo, primeramente, se hace junto con el productor el croquis o mapa de la finca que represente los lotes, con profundidades adecuadas para cultivos perennes.

El tamaño del área de muestreo en lotes homogéneos oscila entre 2 y 5 hectáreas dependiendo del tamaño del lote (Tabla 3). Para suelos de laderas con menor uniformidad, el número de muestras tiende a aumentar por la variación del mismo.

Tabla 3. Número mínimo de muestreo para fertilidad de suelos en áreas menores de 50 hectáreas, para cultivos perennes de alto valor comercial.

Área de interés (Ha)	Número de muestras por hectárea
1	0.5
5	2
10	3
20	4
50	5

Fuente: Adaptado de la guía de muestreo de suelos, Ministerio del Ambiente, Lima, Perú 2014.

Cuando el área es mayor a 50 hectáreas, usar la siguiente ecuación: $N = 0.1X + 4$
Donde N= Numero de muestras
X= Superficie en hectáreas del MAP

4.3.1. Localización y profundidad de muestreo

Para cultivos perennes, se recomienda realizar el muestreo en la zona de fertilización, principalmente en el área de proyección de la copa y la longitud de las bandolas, en el caso de café para definir área efectiva de fertilización.

4.3.2. Época y frecuencia de muestreo

Las épocas de muestreo más recomendadas son los periodos más secos entre enero y abril, para obtener los resultados a inicio del periodo lluvioso y así fertilizar. En las regiones húmedas esos periodos son más cortos.

4.3.3. Recorrido de muestreo aplicable

Los recorridos más comunes en cultivos perennes son: individual por árbol en un radio a 50 cm del tallo (área de proyección de copa), en Zig-zag por cada lote uniforme, aleatorio simple en suelos uniformes.

4.4. Muestreo de suelo en potreros

Los pastos representan una cobertura de aproximadamente el 34.38% del territorio nacional (INETER, Mapa de Suelos 2015), que alimenta a cerca de 6 millones de cabezas de ganado; el sector pecuario genera un 8% del PIB del país. Sin embargo, procesos de degradación de suelo por sobre pisoteo y el manejo de alimentos para épocas secas afectan la calidad de los suelos y la productividad de las pasturas. En Nicaragua las gramíneas más comunes son: el jaragua (*Hyparrhenia rufa*), gamba (*Andropogon Gayanus* K.), anglenton (*Dichanthium aristatum*), estrella (*Cynodon nlemfuensis* V.), diferentes brachiarias,



retana (*Ischemum indicum*), pastos de corte como el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), pasto guinea (*Panicum maximum*), y caña forrajera (*Saccharum officinarum*). Tradicionalmente muy poco se realiza muestreo de suelo, ya sea para fines de establecimiento o fertilización.

En Nicaragua, las áreas de pastura no siempre están localizadas en las tierras de mayor potencial productivo, y cuando lo están es porque existen procesos de degradación y se considera usarlas con pasto por su bajo potencial de nutrición. Esto lleva a ver frecuentemente pastos en suelos degradados, y pasturas degradadas por sobre pisoteo.

Los muestreos de suelo deberían considerar áreas homogéneas y hacer un muestreo a 10 cm de profundidad si es para establecimiento. Para manejo se puede hacer cada 5 años, a 20 cm de profundidad. Los recorridos propuestos son al azar, o en Zig-zag en áreas homogéneas. Si la pastura está muy degradada (Figura 9), es recomendable rotar cultivo, cambiar de cultivar, asociar leguminosas o sistemas silvopastoriles o regular la carga animal.

4.4.1. Tamaño del área y número de muestras

El tamaño del área de muestreo lo determina, la uniformidad del terreno, la calidad del pasto a establecer y la importancia económica del propósito de ganadería.



Figura 10. Suelos con pasturas en suelos degradados, en ambientes de laderas y planicies volcánicas.



Profesor Ignacio Rodriguez estudiando suelos vertisoles en La Danta-Somotillo

V. MUESTREO PARA LEVANTAMIENTOS DE SUELO

5.1. Generalidades

El muestreo para clasificación taxonómica incluye diferentes estrategias de colección de muestras diferente a un muestreo de fertilidad, u otros. Estas muestras incluyen análisis físico y químicos por cada capa u horizonte de suelo dentro de un perfil. Los análisis algunas veces son específicos

para determinar un orden de suelo; por ejemplo, un Molisol puede requerir un análisis de materia orgánica diferente a un suelo Andisol, u otro tipo de método para medir fósforo. Los análisis comunes para todos los tipos de órdenes de suelo son: pH, Textura, Capacidad de Intercambio Catiónico, Saturación de Bases, y Contenido de Carbono Orgánico.



El **levantamiento de suelos** o **levantamiento edafológico**, es el proceso de determinación de patrón de distribución de **suelos**. Se incluye la clasificación y cartografía de propiedades y unidades del **suelo**. (www.fao.org/soil, junio 2017)

El **objetivo de los estudios de levantamiento de suelos** se basa en cartografiar el patrón de distribución de suelos, describirlos e interpretar los mapas de tal forma que sean útiles para el manejo de tierras y estudios sobre el ecosistema. Para adquirir este propósito, se requiere:

- La determinación del patrón de distribución de suelos;
- Dividir ese patrón en unidades relativamente homogéneas, y
- Cartografiar dichas unidades y facilitar la predicción de las propiedades del suelo en cualquier zona de predicción; y
- Caracterizar sus propiedades de modo de poder inferir el potencial productivo de las tierras para diferentes usos y como poder evaluar las respuestas de las mismas ante diferentes alternativas de manejo.

En Nicaragua los levantamientos de suelo, desde 1971, fueron ejecutados con fines de inventarios para catastro y ordenamiento territorial. En la práctica se ha utilizado en los estudios de suelo el sistema de clasificación Soil Taxonomy (USDA), y la clasificación utilitaria de Clases Agrológicas (Klingebiel & Montgomery. 1965-Manual 2010 USDA). La Soil Taxonomy estudia la morfología del perfil del suelo desde el nivel individual, hasta lograr mapear el mismo en la categoría de serie de suelo y familia. En Nicaragua existe el Mapa Nacional a nivel Órdenes de Suelo, y el Mapa de Clases Agrológicas para determinar potenciales de uso y conflictos de uso (INETER, 2015).

La estrategia de muestreo considera el trabajo de planeación previo a ir a campo. Este proceso

implica la recolección de información cartográfica (mapa topográfico 1:50000), mapa geológico y estudios de suelo previo (Catastro 1971), el formato de campo, colección de información climática, y digital o de imágenes de uso de la tierra. También, implica la selección de unidades de muestreo, selección de sitios y número de descripción de perfiles, de acuerdo a la escala de trabajo requerida. Finalmente, la organización de los equipos de trabajo de campo, selección de formatos, equipos de campo y la descripción de los sitios para el envío de muestras al laboratorio. Los equipos de campo requeridos son: un palín, una balloneta, un gotero con HCl, cámara fotográfica, agua para texturear, un barrero, una cinta métrica, cámara fotográfica, un GPS, el manual USDA de descripción de perfiles, bolsas plásticas y termo para traslado de muestras, y la Tabla de Colores de Munsell (Figura 12).

El estudio de suelo para levantamiento requiere de un código de perfil, una foto de alta calidad del perfil, una foto del paisaje, y los reportes técnicos con el soporte de datos de laboratorio.

Para codificar los perfiles de suelo, en esta guía se propone utilizar los códigos de departamento y municipio utilizados por el Banco Central de Nicaragua (Anexo 6), más un código corrido del perfil que lo asignaría INETER, y el año de muestreo.

Ejemplo. **Ni-2505-0001-2017**, donde Ni, es el país (Nicaragua), 25 es el código del departamento de Estelí, 05 es el código del municipio de Pueblo Nuevo, 0001 es el código corrido asignado por INETER, y 2017 es el año del estudio.

Para el código de la muestra de laboratorio se adiciona al código del perfil, el horizonte y profundidad, ejemplo, **Ni-2505 0001 2017, Horizonte A (0-25 cm)**

La localización del perfil de suelo, reconoce la provincia geomorfológica a la que pertenece.

En Nicaragua existen cinco provincias: Planicie Costera del Caribe, Planicie Costera del Pacífico, la Cordillera Volcánica del Pacífico, la Depresión Nicaragüense y Las Tierras Altas del Interior (Figura 10).

La morfología superficial del suelo incluye considerar en la información: la elevación, el gradiente de la pendiente (para lo cual se puede usar un clinómetro), describir la forma de la pendiente (apoyándose en las presentadas en la Figura 11), y finalmente, si estamos en una ladera hay que nombrar la posición en el paisaje donde se realizó la descripción del perfil, utilizando el nombramiento expresado en la Figura 12.

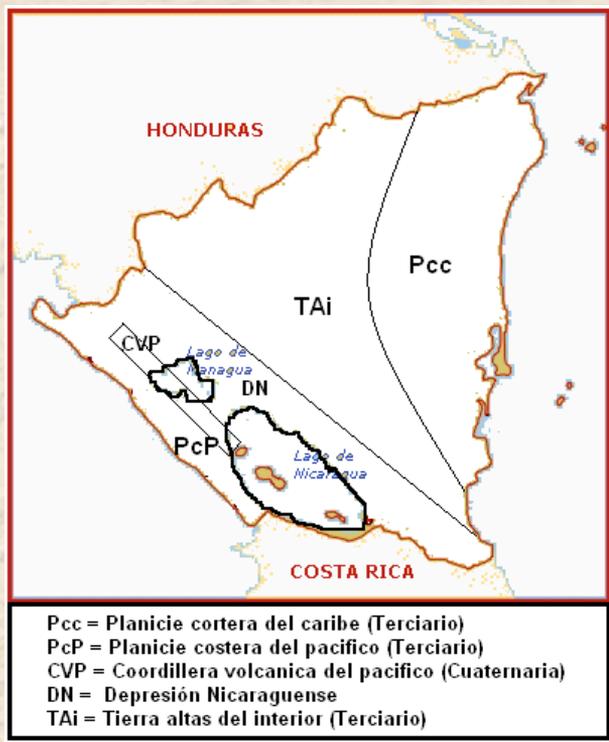


Figura 11. Mapa fisiográfico de Nicaragua. Fuente Ignacio Rodriguez (no publicado).

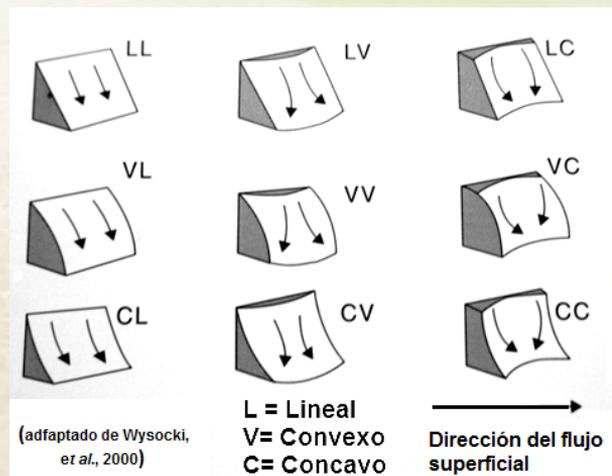


Figura 12. Formas del relieve declarados en el Manual de Campo para Muestreo y Descripción de Suelos (USDA, 2002).

5.2. Patrones de muestreo en levantamientos de suelo

Los patrones de muestreo utilizados son: en toposecuencias, en unidades geomorfológicas, en transectos de una o dos caras. El número o intensidad de muestreo depende de la escala de trabajo asignada al estudio.

5.2.1. Muestreo por toposecuencia

La toposecuencia es definida como la secuencia o asociación de suelos en un paisaje o ladera, donde el único factor que varía es el fisiográfico (Jenny, 1941; Boul S.W., et al., 1990).

Este tipo de muestreo fracciona la ladera en sus diferentes partes (Figura 14 B); persigue aumentar la precisión de los análisis de suelo, dado que agrupa suelos relativamente homogéneos, por su piso altitudinal y procesos de formación de suelo que predominan en el sitio. Dentro de cada unidad de muestreo se pueden aplicar los patrones de muestreo Estratificado en Zigzag o Aleatorio estratificado.

En general, las submuestras para una muestra compuesta deben tomarse en dirección paralela al pie de la montaña cercana (Figura 14 A). Las distintas porciones o submuestras no se deben

tomar en línea recta sino en Zig zag, para evitar que en una misma línea haya caído justamente el fertilizante u otros productos, no representativo.

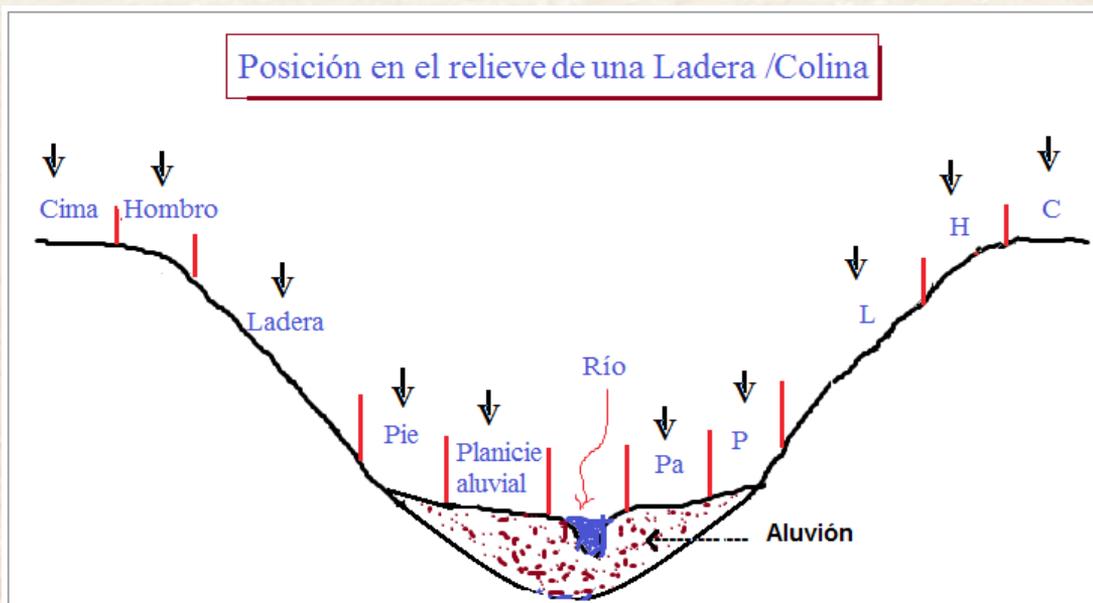


Figura 13. Nombre de las posiciones del suelo en un perfil transversal en el relieve a doble cara en laderas (toposecuencias) o paisaje colindado. Manual de Campo para Muestreo y Descripción de Suelos (adaptado de Wysocki, et al., 2000).

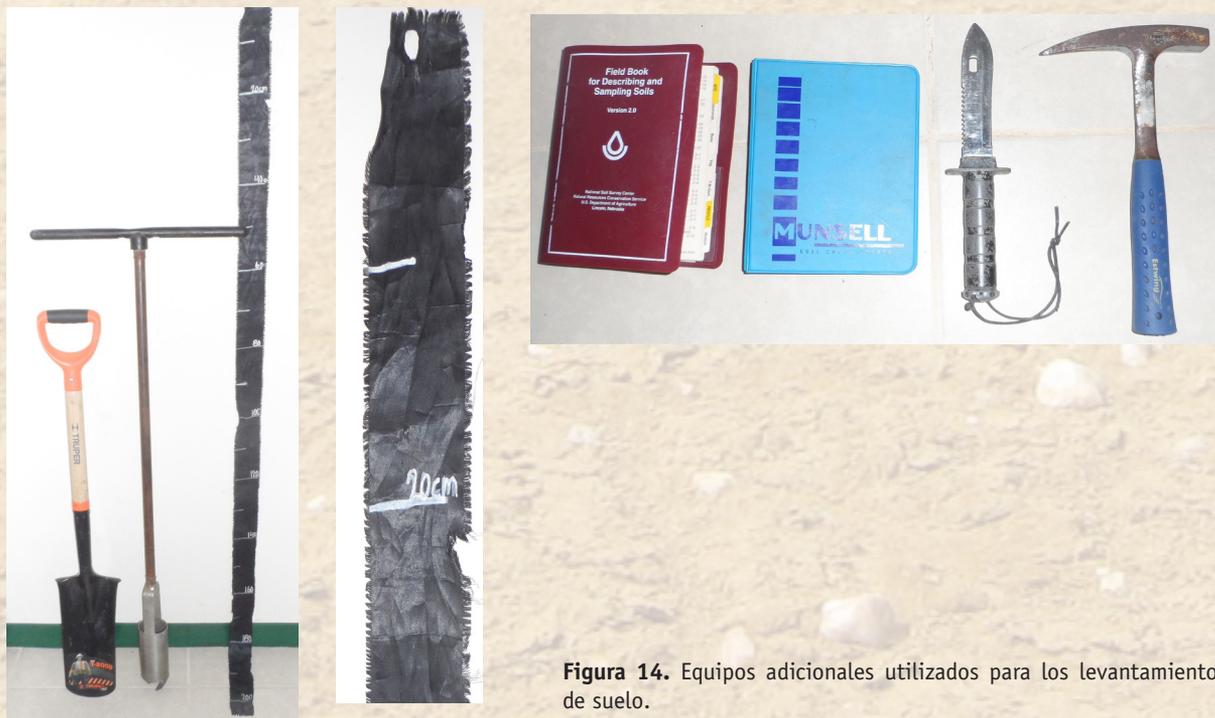


Figura 14. Equipos adicionales utilizados para los levantamientos de suelo.

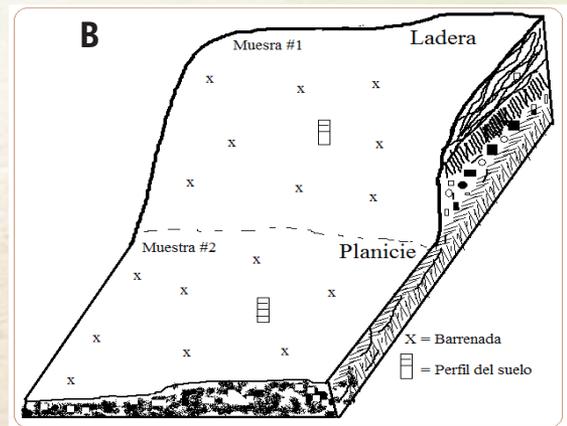
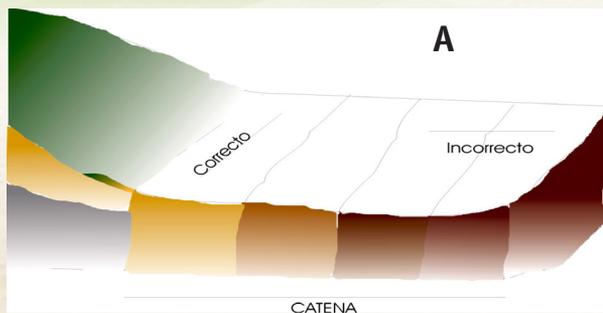


Figura 15. Perspectiva a nivel de paisaje, donde se puede observar en figura (A) las diferentes catenas o secuencias de suelos, y en figura (B), el muestreo fraccionado en laderas, distribuciones a considerar para el muestreo de suelo a esa escala.

5.2.2 Muestreo por unidades geomorfológicas

El muestreo utilizando unidades geomorfológicas trata de agrupar unidades de suelo, similares en relieve y material parental presente o tipo de roca. Esta técnica es utilizada en la fase de planificación del muestreo, ya que determina el número de observaciones por unidad geomorfológica y se aplica el criterio de la escala de trabajo. Los patrones de muestreo aplicados pueden ser de anillos concéntricos, donde se ubica la descripción completa (perfil de suelo) en el centro y de manera radial se realizan observaciones con barrenado (sondeo) para comprobar. El número de muestras depende de la escala del estudio. En la actualidad este procedimiento es apoyado con el método HipercuboLatinoAcondicionado, que se utiliza para la optimización de puntos de muestreo de suelo, utilizando herramientas SIG.

5.2.3. Muestreo por transectos

Los muestreos por transectos son similares a los realizados por toposecuencias; no obstante, este método incluye mayor variabilidad de suelos, lo cual implica realizar mayores unidades de muestreo o agrupamientos de suelos (Figura 15). Muchas

veces se aprovechan cortes de caminos o carreteras. En los transectos, se logra apreciar la distribución espacial del suelo por catenas en el relieve (Figuras 15). Asimismo, si los perfiles se localizan en áreas homogéneas, estos se pueden representar en mapas, y ser utilizados para ordenamiento territorial. Se deben incluir acciones tales como, cambio de uso, manejo del suelo y restricciones de uso.

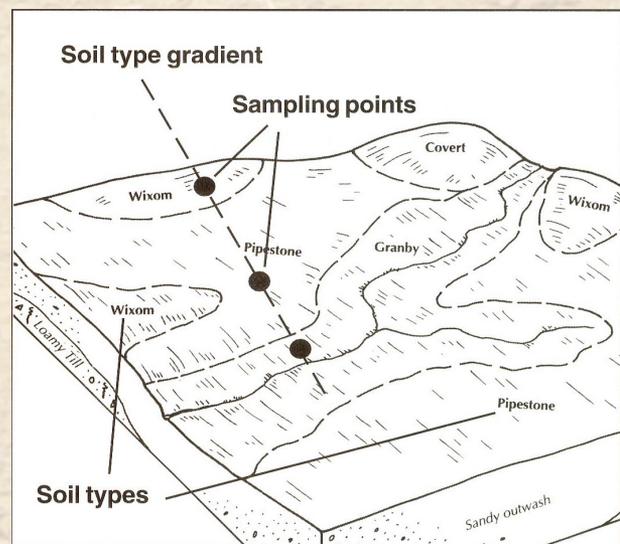


Figura 16. Esquema de muestreo de suelo a escala de paisaje, en toposecuencias y por transectos. Fuente, Zanner (2000)

5.2.4. Muestreo en calicatas

El muestreo por calicatas tiene como propósito recolectar muestras representativas de cada horizonte en el perfil de suelo. El muestreo es para cuantificar las propiedades a cada profundidad con fines de clasificación o estudios de carbono almacenado en el suelo. Este muestreo trata de identificar procesos de formación de suelos y las características de diagnóstico que afecta la productividad de un cultivo o plantación. Como resultado se genera información individual del perfil del suelo.

El número de muestras lo determina la escala de trabajo del estudio de suelo y la complejidad del paisaje y su geomorfología. Las cuales se indican en la tabla 4. Ejemplo de este tipo de muestreo es el utilizado para clasificación taxonómica, estudios de clases agrológicas, estudios de evaluación de tierras, fertilidad y carbono en el suelo.

Las dimensiones del muestreo son espacial y temporal. Ambas dimensiones, se pueden aplicar a los muestreos de alta precisión y al de calicatas. El espacial considera el paisaje, la forma del relieve, la posición en el relieve y la profundidad de muestreo; el temporal considera la época del monitoreo y el número de años necesario para el mismo.

El monitoreo de carbono almacenado en el suelo, requiere de un estudio a profundidades, por horizonte de suelo. Su estratificación considera: de 0 a 5 cm, de 5 a 15, de 15 a 30, de 30 a 60 y de 60 a 100 cm.

Para los levantamientos de suelos, el Soil Survey Manual considera tomar una muestra de suelo para laboratorio por cada horizonte que se describe. Los análisis requeridos son descritos en el manual de la Soil Taxonomy.

Tabla 4. Tipos de mapas y densidad de observaciones, adaptado del Soil Survey Manual

Tipo de mapa	Escala	Densidad de muestras por km ²				Limite tolerable (m)
		Calicata	Sondeo (barrenadas)	Total	Análisis de lab.	
Muy Detallado (primer orden), nivel experimental	Ortofotos					4 a 10
	1:1,000	40	160	200	160	
	1:2,000	50	200	250	200	
	1:5,000	100	400	500	400	
Detallado (segundo orden); planificación urbana y agricultura	1:5,000	5	20	25	20	20
	1:10,000	10	40	50	40	
	1:15,000	20	80	100	80	
Semi detallado (3er orden); planificación en microcuencas o comunitaria	1:20,000	1	2	3	4	100 a 20
	1:15,000	1	2	3	4	
	1:30,000	2	8	10	8	
Reconocimiento (4to orden); uso y manejo de la tierra ; municipal/ departamental	1:20,000	1	1	2		200 a 500
	1:15,000	1	0	1	4	
	1:30,000	1	0	1		
Exploratorio (5to orden); planificación regional (departamental, nacional)	Imagen de satélite					50 a 1000
	1:40,000					
	1:30,000					

Fuente: Soil Survey Staf, 142 Documents, USDA - https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050993.pdf

Para llevar los cálculos de suelo a unidades volumétricas, necesitamos siempre medir la densidad aparente y conocer la humedad a la que estamos muestreando.

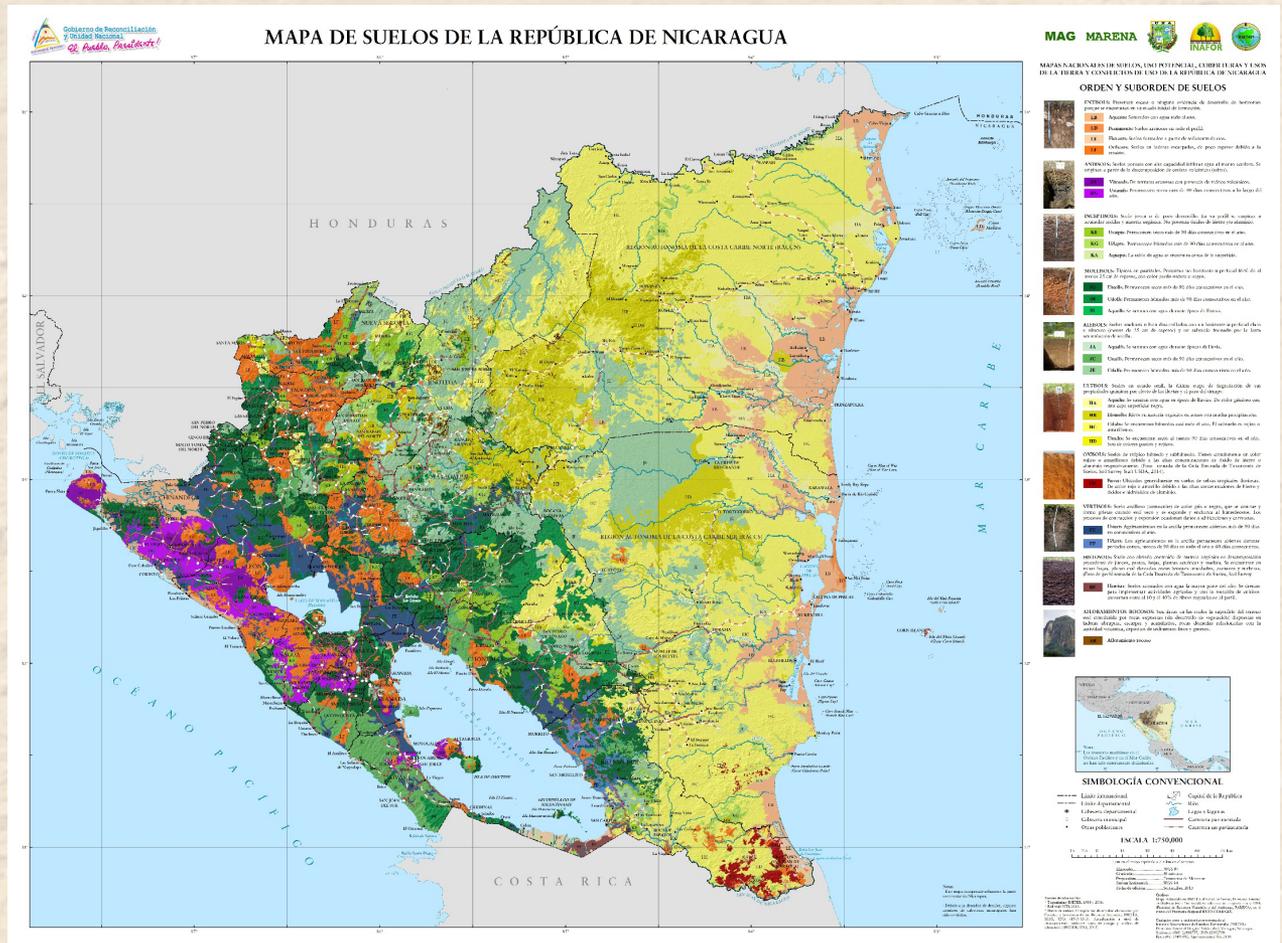
VI. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central de Nicaragua 2017. Informe Anual 2016. Recuperado de <http://www.bcn.gob.ni/2017>
- Barrios, E., 2007. Soil Biota, ecosystems services and land productivity. *J Elsevier: Ecological Economics*, (64): 269-285.
- Bartelli, L.J. et al. 1966. Soil Survey and Land Use Planning. American Society of agronomy, Madison. WI Application of Soil Survey Information. 1990. USDA, CSS, Huron, South Dakota.
- Blum, W. E., Lal, R., Blum, W. H., Valentin, C., & Stewart, B. A., 1997. Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation. *Methods for assessment of soil degradation*, 1-16.
- Complejo de laboratorios-Bolsa de Comercio de Rosario (2000). Toma de muestras en Análisis de suelo. Ed 02. Córdoba 1402-S2000AWV. laboratorios@bcr.com.ar 16 p
- Carefoot, J.M., J.B. Bole and T. Entz. 1989. Relative efficiency of fertilizer N and soil nitrate at various depths for the production of soft white wheat. *Can. J. Soil Sci.* 69-867-874.
- Cline, M.G. 1944. Principles of Soil Sampling. *Soil Sci.* 58:275-288.
- Daily G.C., Alexander S., Ehrlich P.R., Goulder L., Lubchenco J., Matson P.A., Mooney H.A., Postel S., Schneider S.H., Tilman D. and Woodwell G.M., 1997. Ecosystems Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues Ecol.*, 2, pp. 1-18
- Doran, J.W., and Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. In: JW Doran; DC Coleman; DF Bezdicek & BA Stewart (eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publication N° 35. Wisconsin, USA.
- Garcia, L. (2013). Guía practica para la toma de muestras de suelo en cafetales. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 6 p.
- Gelderman, R.H., W.C. Dahnke and L. Swenson. 1988. Correlation of several soil N indices for wheat. *Commun. Soil Sci. Plan Anal.* 19(6): 755-772.
- INETER, 2015. Mapa de suelos de Nicaragua. Managua, Nicaragua
- Klingebiel, A. A. y Montgomery, P.H. 1965. Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras. Manual 210. Agencia Internacional para el Desarrollo, México D.C. 32 pag
- Lavelle P., Decaens T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., and Rossi J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Biology.* 42.S3-S15 .
- Lavelle P, and Spain A.V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers.
- Malagón, C.D. 2010. *El ABC de los suelos; para no expertos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi Imprenta Nacional de Colombia. ISBN 9588323355, 9789588323350., 130 pp.
- Ministerio del Ambiente 2014. Guía de muestreo de suelos. Lima Perú 64 p..
- Munsell Soil Color Charts 2000. 617 Little Britain Road, New Windsor, NY 12553. USA.

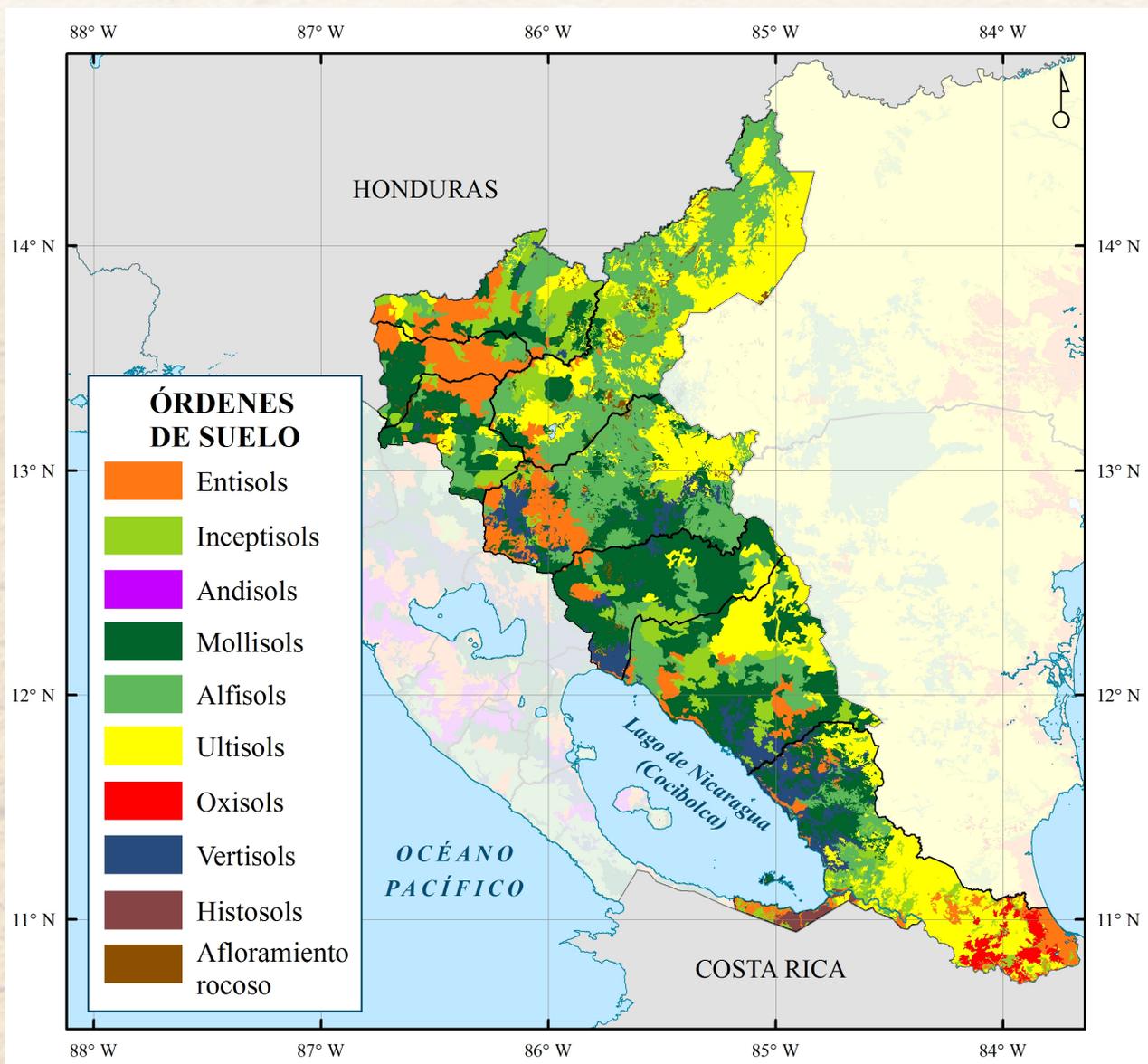
- National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. 2002. Field Book for Describing and Sampling Soil. Version 2.0 Lincoln, Nebraska.
- National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. 2010. Soil Survey Manual, 142.
- National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. 2010. Field book for describing and sampling soil.
- Quintana, J. O.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1983. Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, Nueva York. Residencial Las Mercedes N° 19-A. Managua, Nicaragua. 60p.
- Swenson, L.J., W.C. Dahnke, and D.D. Patterson. 1984. Sampling for soil testing. North Dakota State University, Dept. of Soil Science, Res. Report N°8.
- T.L. Roberts¹ y J.L Henry² El muestreo de suelos: Los beneficios de un buen trabajo.
- ¹ Potash & Phosphate Institute (PPI) - Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). Suite 110, 655 Engineering Dr., Norcross, Georgia 30092-2837, EE.UU.
- ² Department of Soil Science, University of Saskatchewan, Agriculture Building, 51 Campus Drive, Saskatoon, SK S7N 1J5, Canada.
- USDA 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington DC 202509410
- USDA., 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del suelo. Recuperado de <http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/kit2.html>.
- United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 1999. Soil Taxonomy, A basic System of soil classification for making and interpreting Soil Survey. Second edition. AH-436. Washington, DC 2'402. pp 869.
- Wysocki, D.A., P.J. Schoeneberger, and H.E. La Garry. 2000. Geomorphology of Soil Landscapes. In: Summer, M.E. (ed.). 2000. Handbook of soil Science. CRC Press LLC, Boca Raton, FL. ISBN:0-8493-33136-6
- Zanner W.C 2005. Great Plain Field Pedology. Texto de curso. Universidad de Nebraska, Lincoln.

VII. ANEXOS

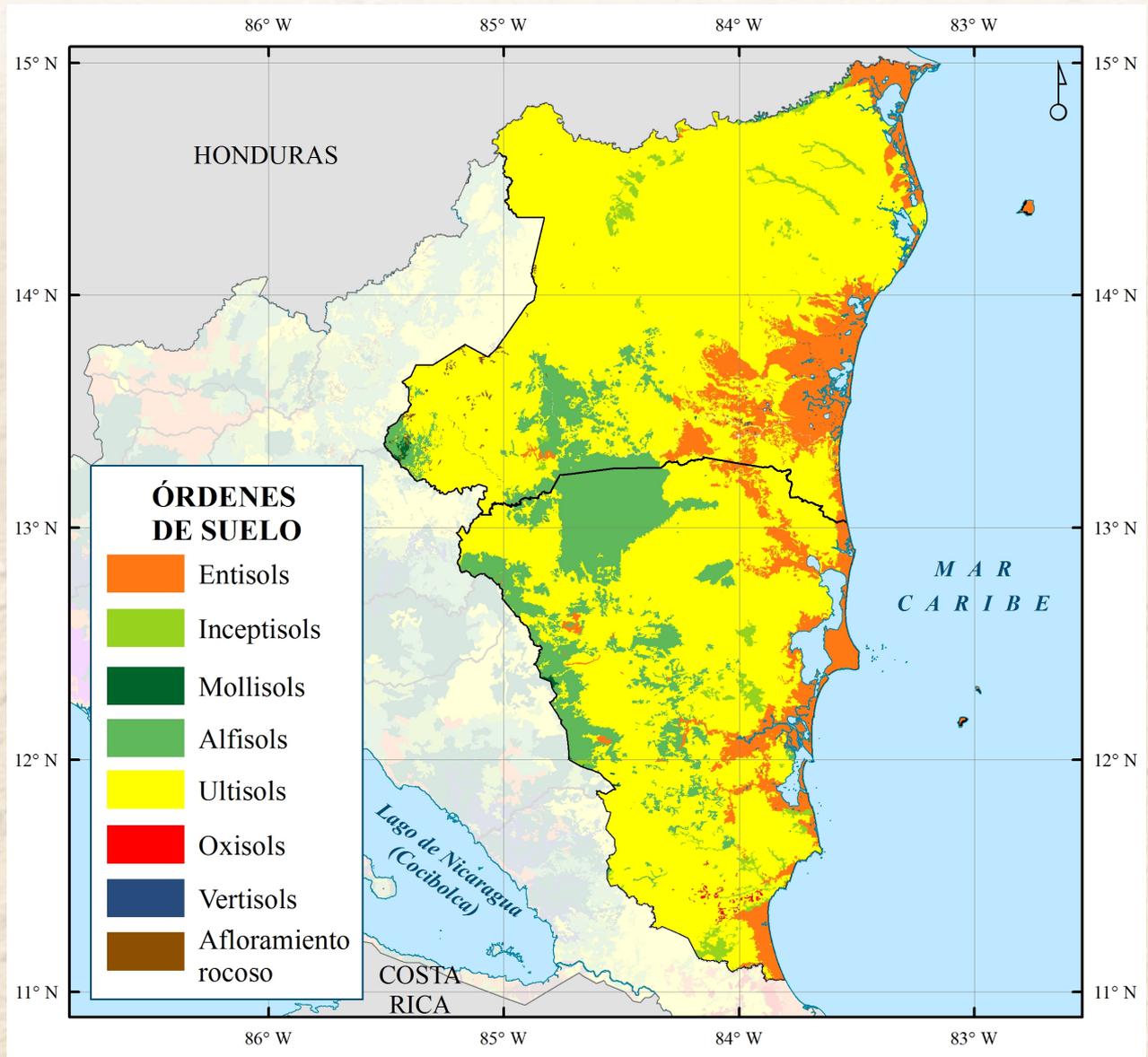
1. Mapa de órdenes de suelos de Nicaragua, Escala 1:750000 (INETER, 2015)



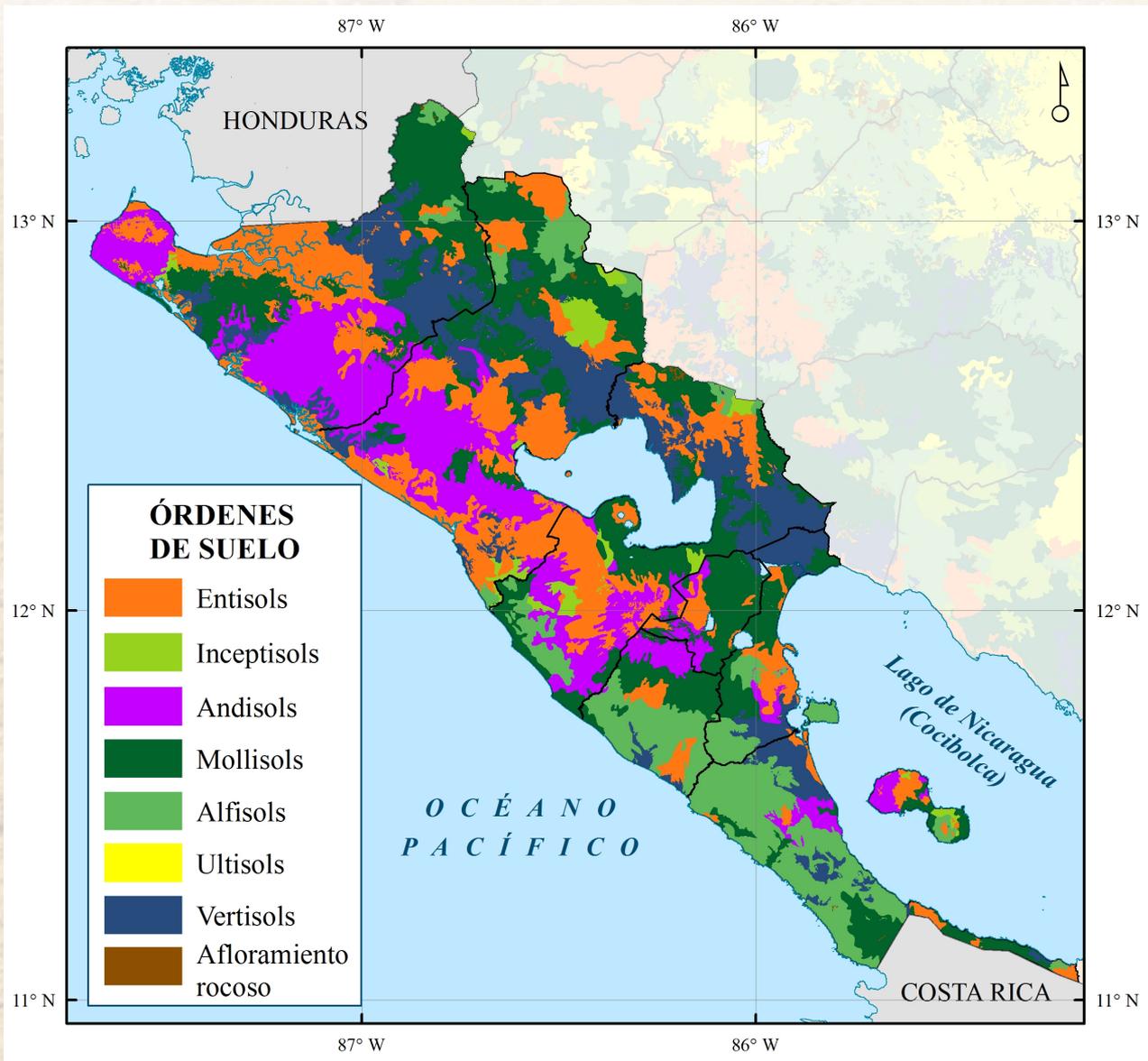
Mapa 2. Órdenes de suelos de Nicaragua (Región Pacífico),
 escala 1: 75,000. INETER, 2015.



**Mapa 3. Órdenes de suelos de Nicaragua (Región Caribe),
escala 1: 75,000. INETER, 2015.**



Mapa 4. Órdenes de suelos de Nicaragua (Región Central),
escala 1: 75,000. INETER, 2015.



2. Formato de campo para un muestreo de fertilidad de suelo - UNA/CRS

A: Información general

Nombre del equipo diagnosticador: _____ Localización: _____
Pendiente: _____ Nombre de la finca: _____
Nombre del productor: _____
Nombre de la comunidad/micro cuenca: _____
Forma del relieve: _____ Posición en el relieve: _____
Precipitación: _____ Tipo de vegetación: _____
Tipo de muestreo utilizado: _____ Por ciento de pedregosidad: _____
No de submuestras que componen una muestra: _____ Clasificación taxonómica: _____
Fertilidad natural: _____ Uso actual: _____
Fecha del muestreo: _____ Rendimiento actual: _____

B: Uso y manejo de la parcela: (cantidad de fertilizante o enmienda orgánica)

C: Manejo del cultivo, (profundidad de laboreo, rendimiento esperado y estadio de desarrollo):

D: Tabla Formato de campo

Horizonte	Profund. (cm)	Textura a mano	Estructura	Color	Drenaje superficial /interno	Código de la muestra

3. Formato de campo para clasificación agrológica de un suelo UNA/CRS

Nombre del equipo diagnosticador: _____ Localización: _____

Pendiente: _____ Nombre de la finca: _____

Nombre del productor: _____

Nombre de la comunidad o micro cuenca: _____

Forma del relieve: _____ Posición en el relieve: _____

Precipitación: _____ Tipo de vegetación: _____

Por ciento de pedregosidad: _____ No de hoja topográfica: _____

Clasificación taxonómica: _____

Fertilidad natural: _____ Áreas sensibles: _____

Fecha: _____ Uso actual: _____

Tabla 2. Formato de Campo

Horizonte	Profund. (cm)	Textura	Estructura	Color	Drenaje superficial /interno	Código de la muestra

Historial de uso y manejo de la parcela:

Observaciones: _____

Algunas explicaciones sobre el uso del formato

A: compilar toda la información básica del sitio referente a localización, características del suelo, posición en el relieve y forma del relieve, taxonomía del suelo según Mapa Nacional de Suelos 2015 de Nicaragua, el potencial de fertilidad natural depende de la productividad local, la presencia de un área sensible que puede ser un ojo de agua, un pozo etc. Se refiere a un área de protección estricta. Finalmente informar sobre el uso actual.

B: El historial de uso y manejo de la parcela, es una información que puede remitirlo a los últimos 10 años de uso previo y manejo actual. En el manejo es importante conocer los tipos de labranzas, carga animal, si es el caso y la intensidad de las mismas. Finalmente, las aplicaciones de agroquímicos, o enmiendas orgánicas.

C: Se refiere a la información de manejo y estadio de desarrollo del cultivo presente durante el muestreo de suelo. Esto incluye los manejos de laboreo, carga animal, tipos de pastoreos, control de malezas, plagas y enfermedades, uso de variedades, etc.

D: Textura con experiencia se ubica el nombre en campo (método del tacto). Las texturas pueden ser: franco, arcillosa, franco arcilloso, franco arenoso, franco arcillo-limoso.

E: Estructura tipo: granular, migajosa, bloques angulares, bloques subangulares, prismática, columnar.

F: Consistencia en húmedo de la estructura: suelta, friable, muy friable, firme, muy firme, extremadamente firme, rígida y muy rígida.

G: Consistencia en seco de la estructura: suelta, suave, ligeramente dura, moderadamente dura, dura, muy dura, extremadamente dura, rígida y muy rígida.

Color del suelo: favor apoyarse con una Tabla de Colores de Suelo de Munsell. Los colores típicos para los suelos del Pacífico apoyarse en la Hoja 10YR; para suelos Vertisoles o de llanos con vegetación de júcaros GLEY 1; para suelos del Atlántico, con colores más rojos apoyarse con la hoja 10R, y la hoja 2.5YR. Para colores de materia orgánica en el suelo apoyarse con la Tabla de Nebraska.

Drenaje interno: muy pobremente drenado (textura arcillosa, de clima húmedo, con presencia de tabla de agua en la superficie; pobremente drenado (textura arcillosa con tabla de agua que sube en época lluviosa); algunas veces pobremente drenado (textura arcillosa con tabla de agua que sube en época de fuertes lluvias); moderadamente bien drenado (textura franco arcillosa); bien drenado (textura franca); algunas veces excesivamente bien drenado (textura franco arenosa); excesivamente bien drenado (textura arcillosa)

Erosión: clase 0, no hay erosión; clase 1, se perdió el 25% del horizonte A; clase 2, se perdió del 25 a 75% del horizonte A; clase 3, se perdió del 75 al 100%, y clase 4, remoción total del Horizonte A.

Figura 18. Tabla de colores asociadas al contenido de materia orgánica de un suelo, utilizada en Nebraska, y compatible para suelos volcánicos de Nicaragua.

Posición en el relieve: i) Colinas (pie, espalda, hombro y cabecera), ii) base de la montaña (planicie de inundación y delantales coluviales), flanco de montaña (laderas), cara libre de la montaña, y cima de la montaña (cresta y la cumbre).

4. Categoría de disponibilidad de nutrientes según análisis de suelos

Nutriente	Rango	Categoría	Nutriente	Rango	Categoría
pH en Agua Suspensión 1:2.5 y determinación potenciométrica.	<4.5 4.6 - 5.0 5.1 - 5.5 5.6 - 5.9 6.0 - 6.9	Extremadamente ácido Muy fuertemente ácido Fuertemente ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido	Sodio intercambiable Cmol (+)/Kg Acetato de amonio 1,0 M determinación EAA	< 0.15 0.16 - 0.20 0.21 - 0.30 0.31 - 0.40 > 0.41	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto
pH en KCL suspensión 1:2.5 y determinación potenciométrica			Magnesio Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA		
pH en CaCl₂ suspensión 1:2.5 y determinación potenciométrica	<3.8 3.9 - 4.3 4.4 - 4.8 4.9 - 5.2 ≥ 5.3	Extremadamente ácido Muy fuertemente ácido Fuertemente ácido Moderadamente ácido Ligeramente ácido	Suma bases Intercambio cmol (+)/Kg (Suma de Ca+Mg+K+Na)	< 3.00 3.01 - 6.00 6.01 - 11.00 11.01 - 15.00 > 15.01	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto
Materia Orgánica (%) Combustión húmeda y titulación. Walkley-Black	<2 % 2 y 4 % >4%	Pobre medio alto	Aluminio intercambiable cmol (+)/Kg Extrac con KCl 1M, determ volumetrica	< 0.10 0.11 - 0.25 0.26 - 0.50 0.51 - 0.80 > 0.81	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto
Fósforo Olsen ppm (mg/kg) Extracción con bicarbonato de sodio 0.5M pH 8,5	< 5.0 5.1 - 10.0 10.1 - 20.0 20.1 - 30.0 > 30.1	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto	Saturación Aluminio % (Al int/Suma de bases +Al int) *100	< 1.09 1.1 - 3.09 3.1 - 6.09 6.1 - 12.09 > 12.1	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto
Fósforo Bray I Ppm Extracción con 0.03 M NH ₄ F y 0.025 M HCL pH ácido	< 5.0 5.1 - 10.0 10.1 - 20.0 20.1 - 30.0 > 30.1	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto			

Azufre extractable ppm Dihidrógeno fosfato de calcio 0.01M y determin. turbidimétrica	< 6.0 6.1 – 12.0 12.1 – 20.0 20.1 – 30.0 >30.1	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto	Cobre ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 0.1 1.1 – 0.3 0.3– 0.5 > 0.5	Muy bajo Bajo Medio Alto
Calcio intercambiable cmol (+)/Kg Acetato de amonio 1,0M Determinación EAA	< 2.0 2.01 – 5.00 5.01 – 9.00 9.01 – 15.00 > 15.01	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto	Zinc ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 0.25 0.25 – 0.50 0.50 – 1.00 > 1.01	Muy bajo Bajo Medio Alto
Magnesio intercambiable cmol (+)/Kg Acetato de amonio 1.0 M determinación EAA	< 0.25 0.26 – 0.50 0.51 – 1.00 1.01 – 2.00 > 2.01	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto	Boro ppm Extract con CaC12 Determ Colorimétrica	< 0.2 0.2– 0.5 0.5 – 1.0 > 1.0	Muy bajo Bajo Medio Alto
Potasio Intercambiable Cmol(+)/Kg Acetato de amonio 1,0 M determinación EAA	< 0.12 0.13 – 0.25 0.26 – 0.51 0.52 – 0.64 > 0.65	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy Alto	Molibdeno ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 0.05 0.05 – 0.10 0.11 – 0.20 > 0.20	Muy bajo Bajo Medio Alto
			Hierro ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 2.5 2.5 – 4.5 > 4.5	Bajo Medio Alto

5. Formato de para describir un l de suelo y su clasificación taxonómica

Universidad Nacional Agraria

Formato para la descripción morfológica y taxonómica de un suelo

Modificado por: Reynaldo B. Mendoza Corrales e Ignacio Rodríguez (agosto, 2016)

A. Información general del sitio

Nombres del equipo:

Fecha:

Fecha:	Observación N°:	
Serie de suelo:	Foto:	Alcalinidad:
Localización:	Coordenadas:	Salinidad:
Uso actual:	Elevación:	Pedregosidad:
Material parental:	Relieve:	Erosión:
Drenaje superficial:	Pendiente (%):	Permeabilidad
Drenaje interno:	Forma del relieve:	Clasificación taxonómica previa:
Posición en el relieve	Clima:	

B. Descripción del perfil

A. Horizontes de suelo		Profundidad del límite inferior (cm)	Dist. límite (cm)	B. Textura		C. Color dominante en húmedo			D. Características redox		E. Estructura		F. Consistencia
Maestro	Subordinación (sufijo)			Tipo	% arcilla	Hue	Value	Chroma			Grado	Tipo	

C. Clasificación del suelo

Horizonte de diagnóstico superficial (Epipedon):	Profundidad de la sección de control:	Material parental o material de origen:
Horizonte de diagnóstico sub superficial (Endopedon):	Nombre de familia:	Efervescencia al HCl:
Datos usados para decidir:	Procesos de formación predominante:	Posición en el relieve y componentes de la pendiente:
Orden de suelo:	Tasa de escorrenría:	Clase y tipo de erosión:
Suborden:	Conductividad Hidráulica:	Saturación de Bases:
Gran grupo:	Régimen de humedad:	Unidad de mapa (símbolo)
Datos usados para decidir el subgrupo:	Tres factores que dominen la clase de drenaje:	Régimen de temperatura:

Algunas explicaciones sobre el uso del formato:

A: ubicar el horizonte maestro (O, A, E, B, C o R), con su subordinación. Por ejemplo, Oi, Oe o Oa etc. Luego en columna 3 determinar el límite entre horizontes que puede ser abrupto, claro, gradual o difuso. La última columna se refiere a la distancia en cm del límite para corroborar en guía de campo.

B: Textura con experiencia se ubica el nombre en campo y en laboratorio el porcentaje de arcilla. Las texturas pueden ser: franco, arcillosa, franco arcillosa, franco arenosa, franco arcillo-limosa.

C. El color se toma de la Tabla Munsell de colores, se ubica el Hue (10 YR) value (2.5), Cromo (/3).

D: Características redox, cuando hay motas en el horizonte y su clasificación puede ser:

E: Estructura grado (débil, moderada, fuerte, muy fuerte), tipo (granular, migajosa, bloques angulares, bloques subangulares, prismática, columnar).

F: Consistencia en húmedo de la estructura (suelta, friable, muy friable, firme, muy firme, extremadamente firme, rígida y muy rígida).

G: Consistencia en seco de la estructura: (suelta, suave, ligeramente dura, moderadamente dura, dura, muy dura, extremadamente dura, rígida y muy rígida)

Drenaje interno: muy pobremente drenado (textura arcillosa, de clima húmedo, con problemas una tabla de agua en la superficie) se , pobremente drenado (textura arcillosa con tabla de agua que sube en época lluviosa), algunas veces pobremente drenado (textura arcillosa con tabla de agua que sube en época de fuertes lluvias), moderadamente bien (textura franco arcillosa) drenado, bien drenado (textura franca), algunas veces excesivamente bien

drenado (textura franco arenosa), excesivamente bien drenado (textura arcillosa)

Material parental (lecho rocoso):

Igneo intrusivo: (Diorita, granito, anortosita, pyroxeno, cuarzo-diorita, cuarzo-monzonita,

Igneo extrusivo: (lava, andesita, basalto, dacita, latita, obsidiana, lava pahoehoe, lava pillow, pome, rhiolita, escoria)

Igneo pyroclásticos: (ignimbrita, pyroclastos consolidados, estufa, estufa acida, estufa básica, brecha estufa, brecha volcánica, brecha volcánica acida o básica, lapilis,

Metamórficas: (anfibiolita, gneis, granolite, granofels, mármol, meta cuarcita, mica, olivinas, migmatite, serpemtita)

Sedimentarias: (arenisca, argiolita, brecha no volcánica, arcillolita, conglomerados, orthocuarza, porcelana, caliza),

Evaporitas, Orgánicas precipitadas: (dolomita, tiza, yeso, roca caliza, estufa, travertino, cuarzo pedernal)

Erosión: clase 0, no hay erosión; 1, se pierde el 25 % del horizonte A; 2, de 25 a 75 %; 3, de 75 a 100%; y 4, remoción total del horizonte A.

Características redox: concentraciones redox: (masivo, nódulos, concreciones y cotas superficiales), las clases son pocos, comunes y muchos.

Posición en el relieve: i) Colinas (pie, espalda, hombro y cabecera); ii) base de la montaña (planicie de inundación y delantales coluviales), flanco de

montaña (laderas), cara libre de la montaña, y cima de la montaña (cresta y la cumbre).

L: distancia de límites entre horizontes: Muy abrupto 0.5 cm, Abrupto de 0.5 a 2 cm, Claro de 2 a 5 cm, Gradual de 5 a 15 cm y Difuso > 15 cm.



Laboratorio de física de suelos de la UNA, técnico Cornelia Palacio

Índices de subordinación para los horizontes maestros (genético)

a: alta descomposición de la materia orgánica, usado únicamente con el horizonte O.

b: horizonte genéticamente enterrado. Este no es usado para capas orgánicas enterradas o cambios litológicos. E usado en secuencias de horizontes, ejemplo Ap, AB, Bt₁, Bt₂, BC, C, Btb.

c: concreciones o nódulos duros, para cualquier horizonte

d: denso, sedimentos un consolidados, usado con el horizonte C.

e: intermedio estado de descomposición de la materia orgánica, usado únicamente con el horizonte O.

f: suelo permanentemente congelado (frozen)

g: fuerte gleización, indicado por chroma <2, si el suelo es húmedo, usualmente no se usa en el horizonte E.

h: acumulación iluvial de humus, usado únicamente en el horizonte B, y frecuentemente en combinación con "s"(ejemplo Bhs y el horizonte espódico)

i: ligera descomposición de la materia orgánica, usado únicamente en el horizonte O

k: acumulación de carbonatos, tiene que ser mayor la cantidad de Ca en el horizonte que en el presente en el material parental. Es común encontrar BCK o Ck.

m: cementación o duripan, es usado en horizontes con más del 90 % de cementación. Por ejemplo, km indica cementado por carbonatos.

n: acumulación de sodio, usado con cualquier horizonte. Reconocido por alta dispersión del suelo, deficiencia de estructura o estructura columnar.

o: acumulación residual de sesquióxidos, no iluvial, pero formado en el sitio. Este es común en suelos del trópico húmedo.

p: arar (plowing) o disturbación de la capa superior (capa arable), siempre es usado con Ap

q: acumulación de sílice. Este ordinariamente es un agente cementante "qm". Lo común es A"qm"o duripan.

r: cama de roca suave. Este es usado con el horizonte C únicamente.

s: acumulación iluvial de sesquióxidos y materia orgánica, este es usado únicamente con el horizonte Bs (color rojizo cafezoso).

ss: presencia de slickenside o caras de deslizamiento, únicamente en vertisoles.

t: acumulación de arcilla silicatada, usada en el horizonte Bt e indica la presencia de un horizonte argílico. Esta es una acumulación iluvial de arcilla.

v: presencia de plinthita, rica en hierro, propio de regiones del trópico húmedo.

w: desarrollo de estructura o color débil en ausencia de la acumulación iluvial de arcilla.

x: presencia de fragipan, no es cementado, comúnmente en horizontes labrados.

y: acumulación de yeso como en el caso del horizonte con acumulación de calcio (k).

z: acumulación de sales pero no yeso.

6. Código de Departamentos y Municipios, Banco Central de Nicaragua

<p>Nueva. Segovia 05 05 Jalapa 05 10 Murra 05 15 El Jicaró 05 20 Sn Fernando 05 25 Mozonte 05 30 Dipilto 05 35 Macuelizo 05 40 Sta. María 05 45 Ocotál 05 50 Ciudad Antigua 05 55 Quilali 05 60 Wiwilí de Nva. Segovia</p> <p>Jinotega 10 05 Wiwilí Jinotega 10 10 El Cuá 10 12 Sn José Bocay 10 15 St. Ma. Pantasma 10 20 Sn Rafael del N 10 25 Sn SebastiánVali 10 30 La Concordia 10 35 Jinotega</p> <p>Madriz 20 05 Somoto 20 10 Totogalpa 20 15 Telpaneca 20 20 Sn Juan Río Coco 20 25 Palacagüina 20 30 Yalagüina 20 35 San Lucas 20 40 Las Sabanas 20 45 SnJose Cusma</p>	<p>Chinandega 30 05 Sn Pedro del Nort 30 10 Sn Fco. del Norte 30 15 Cinco Pinos 30 20 Sto. Tomás del N 30 25 El Viejo 30 30 Puerto Morazán 30 35 Somotillo 30 40 Villanueva 30 45 Chinandega 30 50 El Realejo 30 55 Corinto 30 60 Chichigalpa 30 65 Posoltega</p> <p>León 35 05 Achuapa 35 10 El Sauce 35 15 Sta Rosa del Peñón 35 20 El Jicaral 35 25 Larreynaga 35 30 Telica 35 35 Quezalaguaque 35 40 León 35 45 La Paz Centro 35 50 Nagarote</p> <p>Estelí 25 05 Pueblo Nuevo 25 10 Condega 25 15 Estelí 25 20 SnJuan dLimay 25 25 La Trinidad 25 30 San Nicolás</p>	<p>Managua 55 05 Sn Fco. Libre 55 10 Tipitapa 55 15 Mateare 55 20 Villa El Carmen 55 22 Ciudad Sandino 55 25 Managua 55 30 Ticuantepe 55 32 El Crucero 55 35 San Rafael del Sur</p> <p>Masaya 60 05 Nindirí 60 10 Masaya 60 15 Tisma 60 20 La Concepción 60 25 Masatepe 60 30 Nandasmo 60 35 Catarina 60 40 Sn Juan de Oriente 60 45 Niquinhomo</p> <p>Chontales 65 05 Comalapa 65 07 Sn Fco de Cuapa 65 10 Juigalpa 65 15 La Libertad 65 20 Santo Domingo 65 25 Santo Tomás 65 30 San Pedro de Lóvago 65 35 Acoyapa 65 40 Villa Sandino 65 45 El Coral</p> <p>Granada 70 05 Diriná 70 10 Diriomo 70 15 Granada 70 20 Nandaimé</p>	<p>Matagalpa 40 05 Rancho Grande 40 10 Río Blanco 40 15 El Tuma-La Dalia 40 20 San Isidro 40 25 Sébaco 40 30 Matagalpa 40 35 San Ramón 40 40 Maticuás 40 45 Muy Muy 40 50 Esquipulas 40 55 San Dionisio 40 60 Terrabona 40 65 Ciudad Darío</p> <p>Boaco 50 05 Sn José de los Remates 50 10 Boaco 50 15 Camoapa 50 20 Santa Lucía 50 25 Teustepe 50 30 San Lorenzo</p> <p>Carazo 75 05 San Marcos 75 10 Jinotepe 75 15 Dolores 75 20 Diriamba 75 25 El Rosario 75 30 La Paz de Carazo 75 35 Santa Teresa 75 40 La Conquistista</p> <p>Rivas 80 05 Tola 80 10 Belén 80 15 Potosí 80 20 Buenos aires 80 25 Moyogalpa 80 30 Altagracia 80 35 San Jorge 80 40 Rivas 80 45 San Juan del Sur 80 50 Cárdenas</p>	<p>Río San Juan 85 05 Morrito 85 10 El Almendro 85 15 San Miguelito 85 20 San Carlos 85 25 El Castillo 85 30 Sn Juan de Nic.</p> <p>Atlántico Norte 91 05 Waspán 91 10 Puerto Cabezas 91 15 Rosita 91 20 Bonanza 91 25 Waslala 91 27 Mulukukú 91 30 Siuna 91 35 Prinzapolka</p> <p>Atlántico Sur 93 05 Paiwas 93 10 La Cruz de R Gde 93 12 Desembocadura d Río Gde. 93 15 Laguna de Perlas 93 16 El Tortuguero 93 20 Rama 93 23 El Ayote 93 25 Muelle de los Buey 93 30 Kukra – Hill 93 35 Corn Island 93 40 Bluefields 93 45 Nueva Guinea</p>
---	--	--	--	--

