



Guía práctica para la caracterización y delimitación de suelos hidromórficos asociados a los ECOSISTEMAS DE HUMEDAL



Al servicio
de las personas
y las naciones

Guía práctica para la caracterización y delimitación de suelos hidromórficos asociados a los ECOSISTEMAS DE HUMEDAL



Al servicio
de las personas
y las naciones

Sistema Nacional de Conservación - SINAC
Costa Rica - 2017

338.479.172.86

C8375g Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía.

Guía práctica para la caracterización y delimitación de suelos hidromórficos asociados a los ecosistemas de humedal / Elaborado por MINAE, SINAC, INTA, Proyecto Humedales, GEF, PNUD; Autor Diógenes Cubero Fernández; Revisión Técnica María José Elizondo Alvarado, María Mesén Villalobos, Jacklyn Rivera Wong, Miriam Miranda Quirós, Juan Manuel Herrera Zeledón -- San José, Costa Rica: GEF, MINAE, UNDP, 2017.

34 p.: il.: col.; 28 cm.

ISBN 978-9977-50-144-4

1. SUELOS HIDROMÓRFICOS 2. ECOSISTEMAS DE HUMEDAL 3. HUMEDALES 4. TRANSFORMADORES Y CAPACITADORES MITIGACIÓN 5. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE 6. GESTIÓN AMBIENTAL I. Sistema Nacional de Áreas de Conservación II. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica III. Proyecto Humedales IV. GEF V. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo VI. Cubero Fernández, Diógenes, VII. Elizondo Alvarado, María José, rev. VIII. Rivera Wong, Jacklyn, rev. IX. Miranda Quirós, Miriam, rev. X. Herrera Zeledón, Juan Manuel, rev. I. Título.

Guía práctica para la caracterización y delimitación de suelos hidromórficos asociados a los ecosistemas de humedal

Derechos de propiedad intelectual © 2017

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) / Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)

Autor: Diógenes Cubero Fernández Ph.D.

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. dcubero@inta.go.cr

Revisión técnica: María José Elizondo Alvarado (INTA), María Mesén Villalobos (INTA), Jacklyn Rivera Wong (SINAC), Miriam Miranda Quirós (Proyecto Humedales), Juan Manuel Herrera Zeledón (Proyecto Humedales)

Diseño y diagramación: Gabriela Hernández Herrera, Proyecto Humedales

Fotos de portada: Humedal Palo Verde (Diógenes Cubero Fernández)
Caño Ciego, Humedal Caño Negro (María José Elizondo Alvarado)
Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque (Jacklyn Rivera Wong)

Está autorizada la reproducción total o parcial de esta publicación con propósitos educativos y sin fines de lucro, sin ningún permiso especial del titular de los derechos, con la condición de que se indique la fuente. PNUD-Costa Rica agradecerá que se les remita un ejemplar de cualquier texto elaborado con base en la presente publicación. El contenido de esta publicación no refleja, necesariamente, las opiniones o políticas de PNUD-Costa Rica, o de sus organizaciones contribuyentes. La publicación de este documento se realizó gracias al apoyo económico del Proyecto Humedales, PIMS 4966 ID 00088054 GEF-PNUD-SINAC.



CONTENIDO



PRESENTACIÓN	4
INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN	9
ÁMBITOS DE RECOMENDACIÓN DE LA GUÍA.....	10
Sistema Estuarino.....	10
Sistema Marino	10
Sistema Lacustre	10
Sistema Palustre.....	11
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS APLICABLES	12
1. Base cartográfica y herramientas de apoyo.....	12
2. Descripción del trabajo de gabinete y campo.....	12
3. Redefinición de los límites de los suelos del humedal...	14
4. Estudios especiales	14
5. Criterios de clasificación taxonómica	16
6. Nivel de detalle de los estudios	17
7. Parámetros principales para la caracterización de suelos hidromórficos	19
LITERATURA CITADA	29
ANEXO.	
Observación simple para la caracterización de los suelos hidromórficos.....	31



PRESENTACIÓN



Los humedales son vitales para la supervivencia humana. Son uno de los entornos más productivos del mundo, cunas de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que dependen innumerables especies vegetales y animales para subsistir. Proveen gran cantidad de beneficios o “servicios ecosistémicos” a la humanidad, desde suministro de agua dulce, alimentos y materiales de construcción y biodiversidad, hasta control de crecidas, recarga de aguas subterráneas y mitigación del cambio climático (Convención Ramsar, 2017).

Ocupando entre 4 y 6 % de la superficie terrestre, los humedales desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono (C) del planeta y en el caso de los orgánicos (Histosoles), éstos constituyen el principal sumidero de carbono por unidad de superficie, en relación con otros órdenes de suelos.

Es por ello que las entidades competentes en el campo ambiental, agrícola y de infraestructura civil se deben abocar a proteger los humedales y a desarrollar estrategias y herramientas dirigidas a preservar la salud de dichos ecosistemas.

Dada la urgencia e importancia de atender los ecosistemas de humedal de manera integral, Costa Rica diseñó la Política Nacional de Humedales 2016-2030 que señala acciones para abordar las principales problemáticas en este campo. De esta forma, se busca atender a los ecosistemas en sí, mediante distintos mecanismos, y a las poblaciones humanas vinculadas a ellos.

Partiendo de esta premisa, el Estado estimó conveniente desarrollar la presente herramienta técnica mediante el Proyecto “Conservación, uso sostenible de la biodiversidad y mantenimiento



de los servicios ecosistémicos de los humedales protegidos de importancia internacional” o sitios Ramsar, en corto Proyecto Humedales del SINAC-PNUD-GEF. El fin de esta herramienta es facilitar la caracterización y delimitación de los suelos típicos de humedales, a través de indicadores de campo y como complemento del análisis integral de otras variables técnicas, metodológicas y legales que se estipulen en materia de humedales.

El Proyecto Humedales del SINAC-PNUD-GEF ha trabajado conjuntamente con el Programa Nacional de Humedales del SINAC, que tiene la finalidad de promover, planificar y desarrollar los Humedales de Costa Rica, para lograr los objetivos y metas del Proyecto Humedales, dirigidos al mejoramiento de la gestión de los humedales Ramsar en Costa Rica. En este sentido se ha liderado un proceso de capacitación interinstitucional para la evaluación de suelos y capacidad de uso de las tierras en ecosistemas de humedal, en el marco del Proyecto Humedales del SINAC-PNUD-GEF y del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

Estos instrumentos mejoran la gestión para la protección y rehabilitación de los humedales, y para la conservación de las especies que habitan en ellos, todo lo cual impulsa el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático. Estos esfuerzos también contribuyen a que Costa Rica avance en la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus Objetivos, en particular los ODS 6, 13, 14 y 15, y cumpla con el compromiso país establecido en el documento del Proyecto Humedales del SINAC-PNUD-GEF.

Mario Coto Hidalgo
Director Ejecutivo
SINAC

Carlos Araya Fernández
Director Ejecutivo
INTA

Alice Shackelford
Representante Residente
PNUD



Figura 1. Trabajo de campo en isla Violines, humedal Térraba-Sierpe.



Figura 2. Práctica de campo en caracterización de suelos de humedal, Cerro Buena Vista.



INTRODUCCIÓN



Los humedales en Costa Rica han sido sometidos históricamente a profundas transformaciones antrópicas. La expansión de la frontera agrícola para el desarrollo de actividades agrícolas, principalmente de la ganadería y el cultivo de arroz, no solo se refleja en el detrimento de las áreas de humedal sino también en el deterioro ambiental de dichos ecosistemas debido a su degradación física (erosión, sedimentación) y química, con la aplicación no controlada de agroquímicos y la pérdida de materia orgánica.

El avenamiento de estos ecosistemas para potenciar su uso en actividades agrícolas intensivas no deja de ser menos preocupante, y su habilitación para el desarrollo urbanístico y de infraestructura vial también es bien conocida, principalmente en aquellas áreas costeras de expansión turística.

La degradación y pérdida de los humedales se puede ver reflejada en la probabilidad de que se presenten eventos naturales que generen cambios repentinos en estos ecosistemas, con consecuencias nefastas desde el punto económico y ambiental (Vilardy et al. 2014).

En la definición de los ecosistemas de humedal, la caracterización de los suelos es de gran importancia, por ser este un criterio que no presenta mayores cambios dinámicos en el tiempo como sí lo es la presencia de vegetación hidrófita o las condiciones hídricas de los terrenos asociadas a anegamiento y riesgo de inundaciones.

Con la siguiente guía se pretende, a través de indicadores de campo, facilitar la caracterización y delimitación de suelos hidromórficos en el campo. De ninguna forma se contempla modificar lo estipulado en la definición y clasificación de los suelos hídricos.



El uso apropiado de la siguiente guía está direccionado a un amplio espectro de profesionales con conocimientos básicos de reconocimiento de suelos y capacidad de uso de las tierras.



Figura 3. Descripción de los colores del suelo mediante la utilización de la tabla de colores Munsell.



JUSTIFICACIÓN



La importancia que tienen los humedales en nuestro país es cada vez mayor y los estudios dirigidos a la clasificación de los suelos pertenecientes a ecosistemas de humedal en Costa Rica son incipientes. Por ello, el criterio técnico para clasificar estos suelos, de acuerdo con valoraciones taxonómicas (SSS 2014) y de capacidad de uso de las tierras (MAG-MIRENEM 1995), reviste gran relevancia a la hora de determinar las características morfológicas, físicas y químicas de un suelo en tales ecosistemas.

Dichas características se pueden evaluar con algunos de los componentes de la metodología de capacidad de uso de las tierras, en asocio con otros elementos.

En tal sentido, el objetivo principal de la presente guía es el de proporcionar al usuario metodologías y herramientas técnicas que le faciliten la emisión de un mejor criterio en la caracterización y delimitación de los suelos asociados a los ecosistemas de humedal. Esto, de conformidad con lo que se indique para la variable suelo hidromórfico en la normativa reglamentaria emitida dentro de la competencia del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), en relación con la ubicación, identificación, clasificación y delimitación de los ecosistemas de humedal.

La elaboración de este producto es de sumo interés para el Programa Nacional de Humedales del SINAC, que fue creado en el año 2011 por el Decreto 36427-MINAET con la finalidad de “promover, planificar y desarrollar los Humedales de Costa Rica”.



ÁMBITOS DE RECOMENDACIÓN DE LA GUÍA



Esta guía puede ser utilizada para caracterizar los suelos en los humedales de los siguientes sistemas, de conformidad con la normativa reglamentaria aplicable (MINAET 2010).

Sistema Estuarino

- Humedales intermareales arbolados; incluye manglares, pantanos de nipa¹, bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.
- Pantanos y esteros (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, salitrales, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.

Sistema Marino

- Playas de arena o de guijarros; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondos de dunas.

Sistema Lacustre

- Cuando existe la incertidumbre del avenamiento de dichos sistemas.

1 Nipa (*Nypa fruticans*) comúnmente conocida como palma nipa o simplemente nipa, es una especie de palmera nativa de las costas y hábitats estuarinos de los océanos Índico y Pacífico. La especie se ha introducido en Panamá y Trinidad y Tobago en el Caribe. (IUCN 2017).



Sistema Palustre

- Pantanos / esteros / charcas permanentes salinas / salobres / alcalinos.
- Pantanos / esteros / charcas estacionales / intermitentes salinos / salobres / alcalinos.
- Pantanos / esteros / charcas permanentes de agua dulce; charcas (de menos de 8 has).
- Pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos², con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.
- Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos, incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), “potholes”³, praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.
- Turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas, turberas de gramíneas o carrizo, bofedales⁴, turberas bajas.
- Humedales boscosos de agua dulce; incluye bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente, pantanos arbolados; sobre suelos inorgánicos.

2 Desde el punto edafológico es más recomendable utilizar el término suelos minerales.

3 Estanque natural considerablemente redondeado en los suelos en el que se ha acumulado el agua (Oxford English Dictionary 2017).

4 Humedal de altura, sobre los 3800 msnm de praderas nativas con permanente humedad que almacenan aguas provenientes de precipitaciones pluviales y principalmente afloramientos superficiales de aguas subterráneas (Educarchile 2001).



METODOLOGÍA Y TÉCNICAS APLICABLES



1. BASE CARTOGRÁFICA Y HERRAMIENTAS DE APOYO

Se podrán utilizar todos aquellos insumos técnicos disponibles y realizados por las instituciones estatales y la Convención Ramsar, entre otras, conforme lo especifique la normativa reglamentaria aplicable para la ubicación, identificación, clasificación, caracterización y delimitación de los ecosistemas de humedal. El recabar información cartográfica y de sensores remotos existente para el área de estudio tiene gran importancia. La cartografía utilizada debe incluir información sobre vías, centros poblacionales, líneas topográficas que indiquen elevaciones y patrones de drenaje superficial (ríos, quebradas). Luego, mediante el empleo de materiales fotográficos o de sensores remotos, se debe realizar una interpretación preliminar de la cobertura de estas tierras, la cual permite detallar, junto con la información cartográfica, los límites preliminares del humedal. Para esto último será muy útil la disponibilidad de imágenes infrarrojas obtenidas a partir de cámaras multispectrales de satélites o drones.

2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GABINETE Y CAMPO

Metodológicamente, el trabajo de gabinete y campo presenta las siguientes etapas:

- **Delimitación preliminar del humedal:** esta delimitación se realiza con base a los insumos de la base cartográfica y herramientas de apoyo, en donde la topografía y la interpretación de patrones de drenaje y tipo de cobertura vegetal captada por sensores remotos son relevantes para esta delimitación preliminar del humedal.



- **Tipo, ubicación y densidad de muestreo:** los tipos de muestreo abarcan, entre otros, el muestreo a juicio de experto, el muestreo aleatorio (simple o sistemático), el muestreo estratificado y el muestreo sistemático (ARCAL-C-2009). Para nuestros intereses, el más recomendado es el muestreo estratificado o zonificado, donde la determinación de los estratos geográficos deben definirse preliminarmente con ayuda de datos confiables asociados a la morfología de los terrenos, relieve, hidrología, cobertura de los terrenos, drenaje, entre otros. Por consistir en una delimitación, los puntos de muestreo estarán ubicados en sitios previamente identificados de ese eventual límite para su posterior corroboración de campo. La densidad de muestreo de suelos dependerá de la escala de detalle del estudio, en donde la precisión y confiabilidad del material cartográfico utilizado para la delimitación inicial de gabinete es de gran relevancia.
- **Muestreo de campo:** consiste en observaciones edáficas simples (barrenadas) utilizando barrenos, entre otros, tipo Edelman de 120 cm de largo (Figura 4), en los puntos previamente ubicados en el terreno.

Este tipo de observación se utiliza para describir las principales características morfológicas de los suelos como lo son la textura, color, profundidad efectiva, drenaje. Para tales efectos se utilizará la planilla de campo del Anexo de esta guía práctica.



Figura 4. Barreno tipo Edelman.



3. REDEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DE LOS SUELOS DEL HUMEDAL

La información anterior de corroboración de campo será la base para la conformación del SIG y establecimiento definitivo de los límites de suelos del humedal, en donde el sistema de proyección denominado Costa Rica Transversal Mercator del año 2005 (**CRTM-05**) será el oficialmente utilizable, según decreto ejecutivo número 33797 del 30 de marzo de 2007, y en donde el Error Máximo Admisible (EMA) para la definición de los límites de acuerdo a la escala de los mapas se muestra en el Cuadro 1 (Ariza, 2009).

Cuadro 1. Errores Máximos Admisibles

ESCALA DEL MAPA	ERROR MÁXIMO ADMISIBLE (m)
1:50000	12,50
1:25000	6,25
1:15000	3,75
1:10000	2,50
1:5000	1,25

4. ESTUDIOS ESPECIALES

En caso de que se requiera, y en relación con la importancia del estudio (áreas significativas, estudios detallados, conflictos de uso), se debe realizar una identificación taxonómica de los principales suelos presentes en el área de estudio, a través de la descripción de calicatas, consistente en la apertura de fosas de aproximadamente 1,5 m de ancho x 1,5 m de largo y entre 1,5 y 2 m de profundidad. Su finalidad primordial es la de realizar una caracterización detallada de cada uno de los horizontes genéticos de los suelos: grosor de los horizontes, color, textura, estructura,



consistencia en húmedo, porosidad, contenido de raíces, límite. También se definen características importantes como la ubicación georeferenciada, fisiografía, pedregosidad, uso actual, tipo de drenaje y erosión.

De estos perfiles modales se deben tomar las muestras respectivas para los análisis físicos y químicos de laboratorio, aprobados por el MAG (Schwizer *et al.* 1980), cuyos métodos se resumen a continuación:

- Cationes de intercambio: extracción con acetato de amonio y determinación espectrofotométrica por absorción atómica.
- Acidez intercambiable en KCl.
- Materia orgánica: método de Walkley y Black. Combustión húmeda con dicromato de potasio.
- Carbono total: Método de Dumas por Combustión.
- pH: potenciométricamente, en relación suelo:agua 1:2,5.
- Fertilidad actual: P - K - Fe - Cu - Zn - Mn: extracción mediante solución de Olsen modificado (0,5 N - NaHCO₃ 0,01 N EDTA y un producto químico floculante llamado "Superfloc" ajustada a pH 8,5 con NaOH.
- Ca - Mg - Al: Solución extractora de KCl 1 N y relación suelo-solución 1:10.
- Análisis de Fe y Al por el Método de Ácido Oxálico.
- Retención de fosfatos por medio del Método Blakemore *et al.* (1987).
- Salinidad: Análisis del suelo saturado (Conductividad Eléctrica).
- Textura (Granulometría): Bouyoucos, pero usando como dispersante una mezcla de calgón al 5 % e hidróxido de amonio al 10 % en relación 1:1.



- Densidad aparente (Da): obtención de muestras volumétricas y posterior determinación gravimétrica.
- Densidad real (Dr): método de Blake (método del picnómetro).
- Porosidad (P): cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Dr - Da}{Dr} \times 100$$

- Retención de humedad: determinación por medio de la técnica de Richards método de la olla y membrana de presión a 0,033 Mpa y 1,5 Mpa.
- Conductividad hidráulica.

Los estudios especiales aludidos en el párrafo anterior, por su alto nivel de complejidad, deben ser realizados por profesionales competentes en el área de suelos.

5. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Los suelos se clasifican con base en la Taxonomía de Suelos del USDA utilizando Keys to Soil Taxonomy (2014), a nivel de subgrupos. También se podrá realizar la clasificación utilizando la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (2016). Como referencia, se pueden clasificar los suelos tomando como base el mapa digital de suelos de Costa Rica a escala 1:200000 (Vásquez y Mata 2012).

En la caracterización de los suelos hidromórficos es importante definir el régimen de humedad de éstos, siendo los siguientes los más importantes (Jaramillo 2002):



- **Údico:** el suelo está seco menos de 90 días acumulativos al año. En este régimen se presentan los suelos de los climas húmedos, con la precipitación bien distribuida y también aquellos de climas donde las precipitaciones se concentran en varios meses, pero que son suficientes para recargar el suelo y para dejar una cantidad de agua almacenada en él, suficiente para satisfacer los requerimientos de las plantas durante los meses secos.
- **Ácuico:** en esta condición de humedad, el suelo se presenta saturado con agua y sin oxígeno durante un tiempo suficientemente largo (no conocido aun) como para presentar evidencias de condiciones de reducción.
- **Perácuico:** en esta condición, el suelo presenta un nivel freático (superficie de la lámina de agua libre del suelo) en o cerca de la superficie permanentemente como ciénagas, pantanos u otras depresiones cerradas. (SSS 2014).

6. NIVEL DE DETALLE DE LOS ESTUDIOS

El nivel de detalle y la escala de los estudios dependerá, principalmente, del tamaño del área bajo estudio (cuanta menor área mayor nivel de detalle) y de los intereses del público meta. Sin embargo, en general, el nivel de semidetalle (Cuadro 2) con escalas entre 1:15000 y 1:50000 es una muy buena referencia para la delimitación de los suelos hidromórficos característicos de ecosistemas de humedal.



Cuadro 2. Tipos y niveles de detalle para levantamientos de suelos

ÓRDENES DE LEVANTAMIENTOS	REQUISITOS TÉCNICOS			USOS
	DENSIDAD MÍNIMA DE OBSERVACIONES POR KM ² *	ESCALA DE PUBLICACIÓN	ÁREA MÍNIMA DE MAPEO EN HECTÁREAS	
1er Orden (Muy detallado)	200	1:5000 o mayor**	0,25	Infraestructura productiva, vial, urbanística, proyectos de investigación agropecuaria y forestal.
2o Orden (Detallado)	60	Menor de 1:5000*** hasta 1:15000	1	Proyectos de desarrollo agrícola, pecuario y forestales intensivos, de riego y avenamiento, evaluación del impacto ambiental, explotación de hidrocarburos y minería, crédito para vivienda, crédito de desarrollo agropecuario.
3er Orden (Semidetallado)	5-10	Menor de 1:15000 hasta 1:50000	4	Planificación general de fincas, recomendaciones generales de uso y manejo, desarrollo agropecuario y ambiental poco intensivo, planes de reforestación y/o manejo forestal, planes reguladores, estudios de factibilidad.
4o Orden (Reconocimiento)	1	Menor de 1:50000 hasta 1:100000	25	Recomendaciones de manejo agropecuario extensivo, planificación general de zonas o regiones, estudios de prefactibilidad.

Fuente: *Cubero y Vásquez 2008, Adaptado de Vásquez 1994.*

* Los rangos de densidad de muestreo dependerán de la complejidad fisiográfica de la zona estudiada: En áreas planas se requiere mayor densidad de muestreo que en áreas de lomerío.

** Por definición escalas mayores a 1:5000 serían por ejemplo 1:4000, 1:3000, 2:000, 1:000.....entre otras.

*** Por definición escalas menores a 1:5000 serían por ejemplo 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000.....entre otras.



7. PARÁMETROS PRINCIPALES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SUELOS HIDROMÓRFICOS

Estos parámetros son adaptados de la metodología de capacidad de uso de las tierras (MAG-MIRENEM 1995) y de los criterios taxonómicos de clasificación de suelos (SSS 2014).

Orden de suelos: específicamente los suelos de humedal, en su nivel de importancia, se ubican dentro de los órdenes de los Histosoles⁵ (suelos orgánicos), Entisoles⁶, Inceptisoles⁷, Vertisoles⁸ y en menor grado Andisoles⁹, todos caracterizados por un régimen de humedad del suelo ácuico.

Pendiente: la pendiente que caracteriza a los suelos de humedal está en el rango de suelos planos a casi planos y no mayor al 3%.

Profundidad efectiva: en este caso, esta profundidad está referida a aquella o aquellas capas de suelo que permiten el normal crecimiento de sistemas radicales. Al contrario, ésta puede estar limitada principalmente por horizontes gleyzados (Figura 5), cementados, muy arcillosos o estratos rocosos, pedregosos, gravillosos o arenosos continuos. En este sentido, una profundidad efectiva menor a 30 cm es característica de suelos de humedal.

-
- 5 Suelos con altas concentraciones de materia orgánica sin evolucionar, producto de la deposición fluvial durante largos períodos.
 - 6 Suelos jóvenes muy poco evolucionados, en los cuales los procesos formadores no han generado aún diversos horizontes, por lo que generalmente presentan un único horizonte, el A.
 - 7 Suelos poco desarrollados con presencia de horizontes de diagnóstico poco evolucionados. Su origen proviene del efecto de la meteorización (descomposición de minerales y rocas) que sufren los sedimentos aluviales.
 - 8 El material original lo constituyen sedimentos de color oscuro, con una elevada proporción de arcillas. La alternancia entre la expansión y contracción de las arcillas, genera en estos suelos profundas grietas en la estación seca.
 - 9 O Andosoles, suelos de color oscuro, desarrollados a partir de cenizas y otros materiales volcánicos como piedra pómez y lavas.



Figura 5. Profundidad efectiva definida por un sustrato gleyzado.

Color: la determinación de los colores en los suelos minerales es un criterio de gran relevancia; esto por cuanto los problemas de drenaje en los suelos están asociados a potenciales de óxido-reducción (Eh), principalmente de elementos como el hierro y manganeso, los cuales se reflejan en la coloración de los suelos.

La acumulación o pérdida de las formas de hierro y manganeso, principalmente, es un fiel indicador de los suelos hídricos bajo condiciones anaeróbicas y de saturación de los suelos (USDA 2017). De esta forma, el ion férrico (Fe^{3+}) se reduce a ion ferroso (Fe^{2+}) y el ion mangánico (Mn^{3+}) se reduce a ion manganoso (Mn^{2+}). De éstos, la reducción del hierro es la más fácilmente observable en el campo.

En suelos orgánicos (Histosoles), este criterio no es relevante ya que la coloración de éstos, a través del perfil y por su naturaleza en general, puede ser de color negro, marrón oscuro o gris oscuro.

Para definir los colores en un suelo se utiliza la Tabla de Colores de Suelo Munsell (Munsell 2013), que se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Tabla Munsell de colores para suelos.

El color *matiz* del suelo se debe registrar en condiciones de humedad (o en ambas condiciones, seco y húmedo cuando fuera posible) usando las notaciones para matiz, valor y croma como se da en la Tabla Munsell. El *matiz* es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); el *valor* es la claridad u oscuridad de los rangos de color de 1 (oscuro) a 8 (claro); y el *croma* es la pureza o fuerza del rango de color desde 1 (pálido) a 8 (brillante). (Figura 7).

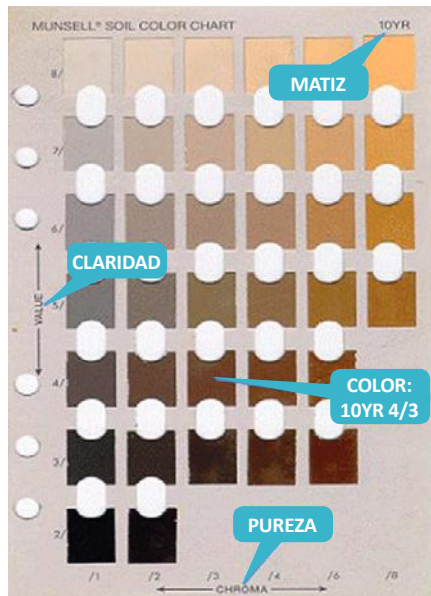


Figura 7. Ejemplo de cómo definir el color de un suelo en la tabla Munsell.



La descripción de los colores se realiza a dos profundidades: la primera en la capa de suelos de los 0 a 30 cm y la segunda a profundidades mayores a 30 cm hasta los 60 cm.

Dependiendo de las particularidades específicas de los suelos, se debe hacer una descripción del color principal, coloración de los moteados y su porcentaje, así como de la presencia de colores gley.

Texturas: la textura no es un criterio específico característico de suelos de humedal; sin embargo, las texturas finas a muy finas (Figura 8) son las más representativas de estas condiciones. No obstante, en gran parte de los suelos aluviales de reciente deposición en llanuras costeras (Inceptisoles y Entisoles), principalmente del Caribe costarricense de texturas moderadamente gruesas a gruesas (arenas), se evidencian procesos de alto hidromorfismo, característicos de ecosistemas de humedal (Figura 9).



Figura 8. Suelos gleyzados (hidromórficos) de texturas arcillosas.



Figura 9. Suelos gleyzados (hidromórficos) de texturas arenosas.

La descripción de las texturas se realiza a dos profundidades: la primera en la capa de suelos de los 0 a 30 cm y la segunda a profundidades mayores a 30 cm hasta los 60 cm. Como referencia, se adjunta en la contratapa de esta guía, el diagrama textural de suelos (SSS 2014).

En la planilla de campo adaptada de All-weather Wetland Delineation (2010) es importante marcar (manchar) en el espacio para marca digital con cierta cantidad de suelo, esto primeramente para dejar evidencia física del muestreo de campo y, en segundo lugar, para definir con mayor certeza el tipo de textura al momento de secarse la marca en la planilla.

En los Histosoles o suelos orgánicos, este parámetro no se evalúa ya que la fracción mineral del suelo es escasa o ausente, lo que no permite definir la textura mineral.

Salinidad: este parámetro se utiliza para definir condiciones de humedales estuarinos, por lo que las especies vegetales, que por sus características morfológicas están adaptadas a altos rangos de salinidad, representan un indicio para evaluar esta variable. En caso que se requiera cuantificar esta variable, concentraciones mayores a 16 dS/m son características de humedales estuarinos.



Figura 10. Encostramiento salino en suelos de humedal estuarino.



Figura 11. Suelos de drenaje nulo gleyizados desde la superficie.



Drenaje: de **Lento**, en donde el agua se elimina tan lento que el suelo permanece saturado por largos períodos de tiempo (6 a 9 meses al año), el nivel freático está por lo general cerca de la superficie del suelo (menos de 30 cm) durante una parte considerable del año y siempre con moteados usualmente desde la superficie; hasta **Nulo** en donde el agua se elimina del suelo tan lentamente que el nivel freático permanece en la superficie o sobre ésta la mayor parte del tiempo (más de 9 meses al año). Estos suelos tienen alto hidromorfismo o gleización a través de todo el perfil.

Riesgo de inundación: La inundación es el resultado del desequilibrio entre el volumen hídrico a evacuar, en un determinado lapso de tiempo, y la capacidad de evacuación de los cauces naturales de drenaje (Ferrando 2006).

La probabilidad y frecuencia de ocurrencia de desbordes de ríos o quebradas inundando las áreas adyacentes, para nuestros efectos, se cuantifican de **Severo** en donde las inundaciones ocurren varias veces al año y permanecen por períodos cortos (menos de dos semanas), hasta **Muy Severo** en donde las inundaciones ocurren varias veces al año y por períodos mayores a dos semanas.



Figura 12. Muestreo de suelos en terrenos con riesgo de inundación muy severo.



Anegamiento: este concepto está referido a las diferentes formas de acumulación de agua de lluvias sobre el terreno, produciéndose un desbalance entre el volumen de lluvia precipitado en un lapso de tiempo definido y la capacidad de infiltración de los suelos. Esta capacidad de infiltración está determinada por criterios morfológicos de suelos como lo pueden ser el relieve, grado de compactación, textura, estructura y porosidad de los terrenos.

Para nuestros efectos, las categorías de anegamiento se cuantifican en **Permanente**, en donde los suelos permanecen saturados de agua desde la superficie todo el año, y **Estacional**, en donde los suelos permanecen saturados de agua por períodos cortos pero apreciables en la época lluviosa.

Factores climáticos: En la delimitación de humedales, algunos factores climáticos, como los patrones de lluvias y las temperaturas asociadas a los pisos altitudinales, no son condicionantes. Sin embargo, el conocimiento de algunas características climáticas debidamente cartografiadas a nivel de país no es redundante a la hora de establecer la caracterización de dichos ecosistemas. Entre éstas tenemos:

- **Zonas de vida**

La zona de vida es un conjunto de ámbitos específicos de los factores climáticos principales, constituido por la biotemperatura, precipitación y humedad, los cuales caracterizan una condición ambiental particular para un área geográfica determinada. De acuerdo con el mapa ecológico de Costa Rica (Watson y Bolaños 2004), el país cuenta con doce zonas de vida diferentes (Cuadro 3).

- **Período seco**

Se entiende por período seco el número de meses secos consecutivos durante el año. Para efectos comparativos, se consideran meses secos aquellos donde la precipitación es inferior a la mitad de la evapotranspiración potencial. Para el establecimiento de las categorías de meses secos (Cuadro 4), se toma como línea base el mapa elaborado por Watson y Bolaños (2010).



Cuadro 3. Categorías de Zonas de Vida

SIGLA	NOMBRE
bh-T	Bosque Húmedo Tropical
bh-P	Bosque Húmedo Premontano
bh-MB	Bosque Húmedo Montano Bajo
bs-T	Bosque Seco Tropical
bmh-T	Bosque Muy Húmedo Tropical
bmh-P	Bosque Muy Húmedo Premontano
bmh-MB	Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
bmh-M	Bosque Muy Húmedo Montano
bp-P	Bosque Pluvial Premontano
bp-MB	Bosque Pluvial Montano Bajo
bp-M	Bosque Pluvial Montano
pp-SA	Páramo Pluvial Subalpino

Cuadro 4. Categorías y parámetros de meses secos

CATEGORÍA	PARÁMETRO (meses)
Ausente	< 1
Moderado	> 1- 3
Fuerte	> 3- 5
Muy fuerte	> 5

En el Cuadro 5 se resumen los parámetros que caracterizan a los suelos de humedal (adaptado de Cubero y Elizondo 2012).

**Cuadro 5. Parámetros de caracterización de suelos de humedal**

PARÁMETRO	CATEGORÍA	RANGOS
Pendiente	Plana o casi plana	< 3 %
Profundidad efectiva	Superficial	< de 30 cm
Texturas	Cualquiera	De muy finas a gruesas
Salinidad	Fuerte	Más de 16 dS/m
Drenaje	De lento a nulo	<p>Lento: el agua se elimina del suelo con lentitud suficiente para mantenerlo saturado durante períodos muy apreciables de tiempo (3 a 9 meses al año). Los suelos de drenaje lento pueden tener características redoximórficas (moteados) dentro de los primeros 30 cm de profundidad, y es frecuente que se presenten capas gleyzadas después de los 30 cm de profundidad.</p> <hr/> <p>Nulo: el agua permanece sobre la superficie del suelo la mayor parte del año (más de 9 meses al año). Estos suelos presentan hidromorfismo o gleyzación a través de todo el perfil.</p>
Riesgo de inundación	De severo a muy severo	<p>Severo: las inundaciones ocurren varias veces al año y permanecen por períodos cortos (menos de dos semanas).</p> <hr/> <p>Muy severo: las inundaciones ocurren varias veces al año y por períodos mayores a dos semanas.</p>
Anegamiento	De permanente a estacional	<p>Permanente: los suelos permanecen saturados de agua desde la superficie todo el año.</p> <p>Estacional: los suelos permanecen saturados de agua por períodos cortos pero apreciables en la época lluviosa.</p>



LITERATURA CITADA



- ARCAL-C (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe). 2009. Protocolo de muestreo de suelos. Proyecto “Environmental Radionuclides as Indicators of Land Degradation in Latin American, Caribbean and Antarctic Ecosystems”. RLA 5/051. Versión 1.0. 17 p.
- Ariza, F. 2009. Exactitud posicional. Curso Experto Universitario. España. Departamento Ingeniería Cartográfica. Universidad de Jaén.
- Convención Ramsar. La importancia de los humedales (en línea). Consultado 08 ago. 2017. Disponible en: <http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>.
- Ben Meadows Company. 2010. All-weather Wetland Delineation. Spiral Fielbook. 40 p.
- Cubero, D. Elizondo, MJ. 2012. Criterios para el Diagnóstico de los Suelos de Humedal. En XIX Congreso Latinoamericano - XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- Decreto 33797-MJ-MOPT. 2007. Declara como datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83.
- Decreto 35803-MINAET. 2010. Criterios técnicos para la identificación, clasificación y conservación de humedales.
- Decreto 36427-MINAET. 2011. Crea Programa Nacional de Humedales y Comité Nacional de Humedales como Órgano implementador de la Convención de Ramsar entro del Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
- Educarchile. 2001. Bofedales (en línea). Ministerio de Educación de Chile. Consultado 8 ago. 2017. Disponible en: www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=103737.
- FAO, 2016. Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. 214 p.
- Ferrando, F. 2006. Sobre inundaciones y anegamientos. Revista de Urbanismo (15). Santiago de Chile, publicación electrónica editada por el Departamento de Urbanismo, F.A.U. de la Universidad de Chile, I.S.S.N. 0717-5051.



- IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2017. Red List of Threatened Species (en línea). Consultado 8 ago. 2017. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/178800/0>.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. Colombia. 613 p.
- MAG-MIRENEM (Ministerio de Agricultura y Ganadería); (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas). 1995. Metodología para la determinación de la Capacidad de uso de las Tierras de Costa Rica. San José, CR. 55p.
- Munsell Soil-Color Charts. 2009 year revised/ 2013 production.
- Oxford English Dictionary. 2017. Pothole (en línea) Oxford:Oxford University Press. Consultado 23 jul. 2017. Disponible en: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/pothole>.
- Schwizer, S, Coward, H, Vásquez, A. 1980. Metodología para el análisis de suelos, plantas y aguas. San José, Costa Rica. Unidad de Suelos, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 25 p.
- SSS (Soil Survey Staff). 2014. Keys to Soil Taxonomy. By USDA and Natural Resources Conservation Service. Eleventh Edition. 365p.
- USDA in cooperation with NTCHS. 2017. Field Indicators of Hydric Soils in the United States. Guide for identifying and Delineating Hydric Soils, Version 8.1.
- Vásquez, A., Mata, R. 2012. Mapa de subórdenes de suelos de Costa Rica. Escala 1:200000.
- Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Acevedo, O., Wveimar, S., Santos, A., Peláez, S., Aponte, C. 2014. Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100 p.
- Watson, Vicente; Bolaños, R. 2004. Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, R. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. Escala 1:750000.
- Watson, Vicente; Bolaños, R. 2010. Mapa de meses secos de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. Escala 1:750000.



ANEXO



Observación simple para la caracterización de suelos hidromórficos

N° Observación: _____ Fecha: _____

Proyecto: _____

Uso actual: _____

Clasificación taxonómica: _____

Régimen de humedad del suelo: Údico Ácuico Perácuico

Nivel freático (cm): _____

Ubicación cartográfica:

X (Este): _____ Y (Norte): _____ Altura msnm: _____

Criterio	Categoría o valor	Criterio	Categoría o valor
Pendiente (%)		Riesgo de inundación	
Profundidad efectiva (cm)		Anegamiento	
Salinidad		Zona de vida	
Drenaje		Periodo seco	

Marca digital	Sustrato	Profundidad (cm)	Color en húmedo (%)			Textura
			Básico	Moteados	Moteados	
0-30 cm	Suelo	0-30 cm				
>30-60 cm	Subsuelo	>30-60 cm				

Observaciones:

Determinación de humedal

¿Presenta vegetación hidrófita? Sí No

¿Presenta condiciones hídricas? Sí No

¿Presenta suelos hidromórficos? Sí No

¿Es este punto de muestreo un humedal?

Sí No

Descrito por: _____

Firma: _____



El contenido de esta publicación es responsabilidad del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), en el marco del proyecto “*Conservación, uso sostenible de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios de los ecosistemas de humedales protegidos de importancia internacional*” (Proyecto Humedales), y no refleja necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La publicación de este documento se realizó gracias al apoyo económico del Proyecto Humedales, PIMS 4966 ID 00088054 GEF-PNUD-SINAC.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Costa Rica
Dirección: Oficentro La Virgen 2, de la Embajada Americana
300 m. sur y 200 m. sureste, Pavas, San José, Costa Rica.
Teléfono (506) 2296-1544, Fax (506) 2296-1545.
<http://www.pnud.or.cr> - E-mail: registry.cr@undp.org

www.proyctohumedalescr.info
Facebook: Proyecto Humedales



Diagrama textural de suelos
(SSS 2014)

