

**Propuesta para la actualización del mapa de
suelos de Honduras como base para
diagnóstico de uso de suelo y contenido de
carbón orgánico**

**José Rubén Brito Mijares
Gabriel Enrique Sarmiento Hernández**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Propuesta para la actualización del mapa de suelos de Honduras como base para diagnóstico de uso del suelo y contenido de carbón orgánico

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

José Rubén Brito Mijares
Gabriel Enrique Sarmiento Hernández

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

Propuesta para la actualización del mapa de suelos de Honduras como base para diagnóstico de uso del suelo y contenido de carbón orgánico

Presentado por:

José Rubén Brito Mijares

Gabriel Enrique Sarmiento Hernández

Aprobado:

Gloria Arévalo, M.Sc.
Asesor principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Alexandra Manueles, Ing.
Asesor

RESUMEN

Brito Mijares, J.R y G.E. Sarmiento Hernández. 2012. Propuesta para la actualización del mapa de suelos de Honduras como base para el diagnóstico de uso de suelo y contenido de carbón orgánico. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 43 p.

A nivel mundial no existe una línea base de información de recursos naturales como por ejemplo el suelo. Con una base de datos uniformizada e integrada, la información podrá ser manejable para los tomadores de decisiones. Los objetivos fueron generar información actualizada de los suelos de Honduras en la base de datos SOTERLAC (Soil and Terrain Database Programme), clasificar los perfiles de suelos a la nomenclatura FAO WRB (World Reference Base for Soil Resources), hacer un análisis de contenido de carbón orgánico y el uso de suelos. Se elaboró la base de datos SOTERLAC Honduras con un total de 139 perfiles y 501 horizontes con sus atributos, recopilados de estudios realizados en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, estos perfiles se clasificaron en nomenclatura FAO WRB en la base SOTER 2012 acorde con la misma. Se realizó una correlación entre los componentes del color del suelo (matiz, valor y croma) con el contenido de carbón orgánico de los horizontes de la base de datos, en los tres casos resultó una relación inversa, para valor y croma tuvo diferencia significativa $P < 0.05$. Se realizó una correlación entre profundidad de los horizontes con el contenido de carbón orgánico, hubo una relación inversa con diferencia significativa $P < 0.05$. El uso de suelo se determinó según factores limitantes (pendiente, profundidad efectiva, textura, fertilidad y drenaje), con estos atributos encontrados en la base de datos, se clasificaron las clases de uso de suelo. Se propuso la digitalización cartografía del mapa de suelos de Honduras, uniendo los mapas temperatura, precipitación, elevación y litología de Honduras, que fueron agrupadas en rangos numéricos presentándolos de forma poligonal, que lo hace manejable y entendible en el programa ArcGIS® 9.3 simulando lo que será la digitalización del SOTER, con la cual no se contó.

Palabras clave: Carbón orgánico, digitalización cartográfica, SOTERLAC Honduras, uso de suelos, WRB.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Página de firmas.....	ii
	Resumen.....	iii
	Contenido.....	iv
	Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4	CONCLUSIONES.....	33
5	RECOMENDACIONES.....	34
6	LITERATURA CITADA	35
7	ANEXOS	37

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Atributos SOTER (Soil and Terrain Database Programme).....	9
2. Características de la unidad de grupos mayores de suelos nomenclatura FAO WRB 2006-2010. (Adaptado de van Engelen y Dijkshoorn 2012)	10
3. Características de la unidad de grupos menores de suelos nomenclatura FAO WRB 2006-2010. (Adaptado de van Engelen y Dijkshoorn 2012).	11
4. Atributo pendiente topográfica (RSLO) ^o SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme).	12
5. Atributo clase tamaño de las partículas (PSCL) ^o SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme) 2012.	13
6. Atributo drenaje (DRAI) ^o del suelo SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme).	13
7. Atributo profundidad efectiva para la raíz (RDEPTH) ^o SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme).	13
8. Elementos del color de los suelos.	14
9. Escala de las medidas de temperatura, elevación y precipitación en Honduras .	16
10. Nomenclatura FAO 1988 actualizada a FAO WRB 2006- 2010 de los suelos de Honduras.	19
11. Clasificación de suelos de Honduras y su extensión.....	20
12. Clase de uso de suelo en relación a la pendiente topográfica y código SOTER respectivo.	20
13. Clase de uso de suelo en relación a la profundidad efectiva radicular y código SOTER respectivo.....	21
14. Clase de uso de suelo en relación al tamaño de partículas de suelo y código SOTER respectivo.....	21
15. Clase de uso de suelo por grado de fertilidad.	22
16. Atributo drenaje y su relación con las clases de uso de suelo.....	23
17. Coeficientes de la correlación de los componentes del color del suelo y del contenido del carbón orgánico.	25
18. Coeficientes de la correlación de profundidad del suelo y contenido carbón orgánico.....	26

Figuras	Página
1. Mapa de isolíneas de temperatura media anual de Honduras.	4
2. Mapa de isolíneas de precipitación promedio anual de Honduras.	5
3. Mapa de suelos de Honduras realizado por el CIAT	6
4. Mapa de Geología de Honduras	6
5. Mapa de relieve de Honduras.....	7
6. Unidades SOTER, su componente de tierra (tc), atributos y localización.....	17
7. Relación matiz del color del suelo con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.	23
8. Relación valor del color del suelo con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.	24
9. Relación croma del color del suelo con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.	24
10. Relación profundidad de los horizontes con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.	26
11. Mapa de temperaturas media anual de Honduras con escala de temperatura agrupada.	28
12. Mapa de elevación de Honduras con escala de elevación agrupada.	29
13. Mapa de precipitación media anual de Honduras con escala de precipitación agrupada.	30
14. Mapa de litología de Honduras.	31
15. Propuesta del mapa de suelos de Honduras basado en factores formadores del suelo.	32

Anexos	Página
1. Manual práctico para descripción de suelos según manual SOTER 2012..	37
2. Formato de descripción de perfiles de suelo (SOTERLAC Honduras).	43

1. INTRODUCCIÓN

El suelo se deriva del latín *solum* y significa piso, puede definirse como la capa superior de la tierra que se distingue de la roca sólida y en donde las plantas crecen. Con este enfoque, los suelos deben considerarse como formaciones geológicas naturales desarrolladas bajo condiciones muy diversas de clima y materiales de origen, lo cual justifica su continua evolución y en consecuencia su gran variedad (Navarro, 2003). Que no haber suelo sin actividad biológica (plantas superiores, animales y microorganismos) tan importantes en el ciclo del carbono del cual el CO₂ es uno de sus principales componentes (Buol *et al.* 1991)

Los suelos siendo una capa delgada de la superficie terrestre, desarrollan capas distintas a diversas profundidades bajo la superficie constituyendo el perfil, lo cual le denota una característica propia. Su formación y características, está afectada por los diferentes medios que afectan el suelo como material parental, clima, relieve, organismos y tiempo (Thompson y Troeh 1998).

El EUROCLIMA es un programa formado por la Unión Europea en conjunto con entidades de Latino América que se enfoca en el estudio del cambio climático difundiendo sus conocimientos entre las entidades de toma de decisiones y la comunidad científica como aporte y reforzamiento a las investigaciones para obtener como principal objetivo reducir la vulnerabilidad de la población ante el cambio climático, así como, la desigualdad creada por esta misma (EUROCLIMA 2010).

La base de datos de suelos, está basada en enfoques cualitativos y mucha información es subjetiva, no acorde a esfuerzos de países con más desarrollo en este tema, donde se requiere datos e información precisa para tener una escala global para modelos de investigación, de cambio climático y usos de suelo. Con una base de datos uniformizada e integrada, los mapas podrán ser útiles para el modelamiento y monitoreo del cambio climático, seguridad alimentaria, degradación de tierras lo cual darán fortalecimiento y apoyo a las instituciones nacionales como también a personas capacitadas para el trabajo en cartografía digital de suelos a nivel nacional (JRC 2011).

A nivel mundial no existe una base unificada de información de recursos naturales como lo es el suelo, existen datos a varias escalas; sin embargo existe información que está basada en el Mapa Mundial de Suelos, de FAO-UNESCO esta base de datos se encuentra en diferentes sistemas de clasificación. El Mapa Mundial Digitalizado de Suelos, a escala 1:5.000.000, está en la proyección geográfica (latitud – longitud) en intersección con una plantilla que contiene características relacionadas con el agua (costas, lagos, glaciares ríos de dos bandas) que fue basado en recopilación de datos a finales de los setenta (Dobos *et al.* 2005).

Basado en el mapa de capacidad de uso de tierras en Honduras propuesto por la FAO en 1988, se estima que hay información dispersa en cerca de 2000 calicatas descritas en todo el territorio nacional, sin embargo el registro de ellas no es completo, esta información

está dispersa y en diferentes fuentes como Recursos Naturales, CIAT, Estándar Fruit Company Honduras y Chiquita Brands Honduras (Trejo, Menjivar y Gauggel 2010).

Actualmente la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, está involucrada en el programa SISLAC (Sistema de Información de Suelos de Latinoamérica y el Caribe) promovido por la FAO como contribución al manejo sostenible de tierras a través del inventario y evaluación del suelo, recursos de tierra y su uso (Arévalo 2012)¹.

Los objetivos de este estudio consistieron en:

- Generar un mapa de suelos de suelos actualizado de la Republica de Honduras.
- Validar la base SOTER (Soil and Terrain Database Programme) como herramienta para almacenar la información de suelos disponible en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Determinar la capacidad de uso de los suelos de Honduras.
- Determinar el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.

¹ Arévalo, G. 2012. SISLAC. Comunicación personal. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El proyecto se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras a 30 Km de Tegucigalpa en la Unidad de Sistemas De Información Geográfica (USIG) y en la Unidad de Suelos de Zamorano.

Materiales. Fuentes de información de suelos de Honduras en tesis hechas en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, también los estudios realizados por la FAO en los suelos de Honduras y descripciones de suelos realizados por especialistas en el área de suelos. Manual SOTER 2012, clasificación de suelos en nomenclatura Americana, nomenclatura de suelos FAO 1988 y nomenclatura de suelos FAO WRB 2006-2010, computador programa ArcGIS® 9.3, SAS® y Microsoft Office Excel®.

Recolección de datos. Se recolectó perfiles de estudios realizadas por la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, tesis que tenían descripciones de perfiles de suelos con características físicas y químicas, se cuenta con información de ubicación geográfica para los suelos analizados en los estudios.

Se recopiló el mapa de temperatura de Honduras (Figura 1), el mapa de la precipitación media anual en Honduras (Figura 2) y el mapa de suelos de Honduras clasificación FAO en 1998 (Figura 3) realizado por el CIAT Honduras, el mapa geológico de Honduras (Figura 4) y el mapa de relieve de Honduras (Figura 5) hecho por la secretaría de gobierno de Honduras. Los mapas se descargaron de forma digital shape para trabajar en el programa ArcGIS® 9.3.

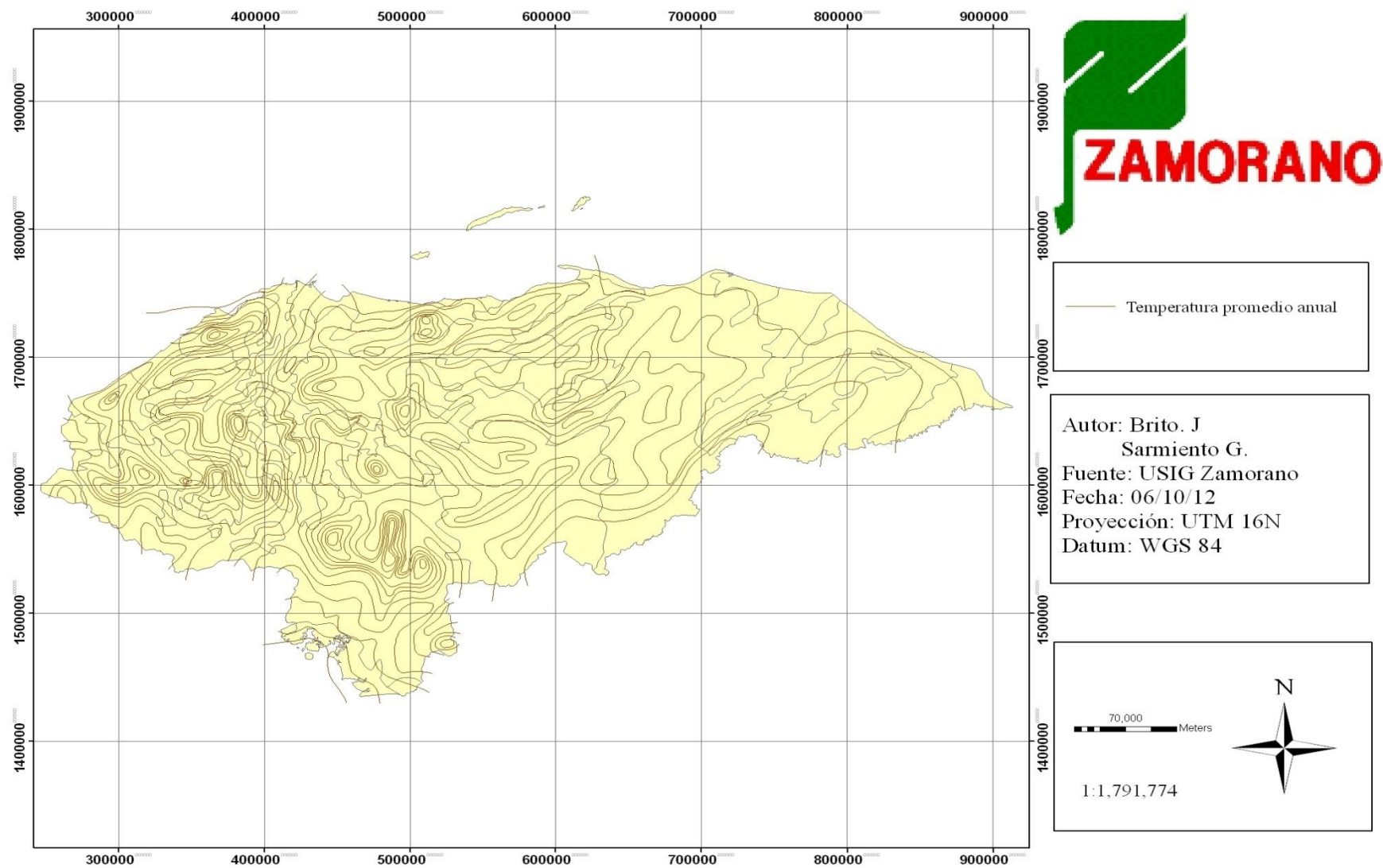


Figura 1. Mapa de isolíneas de temperatura media anual de Honduras.

Fuente: Fuente: SINIT. Facilitado por la Unidad de Sistemas de Información Geográfica. EAP Zamorano, Honduras.

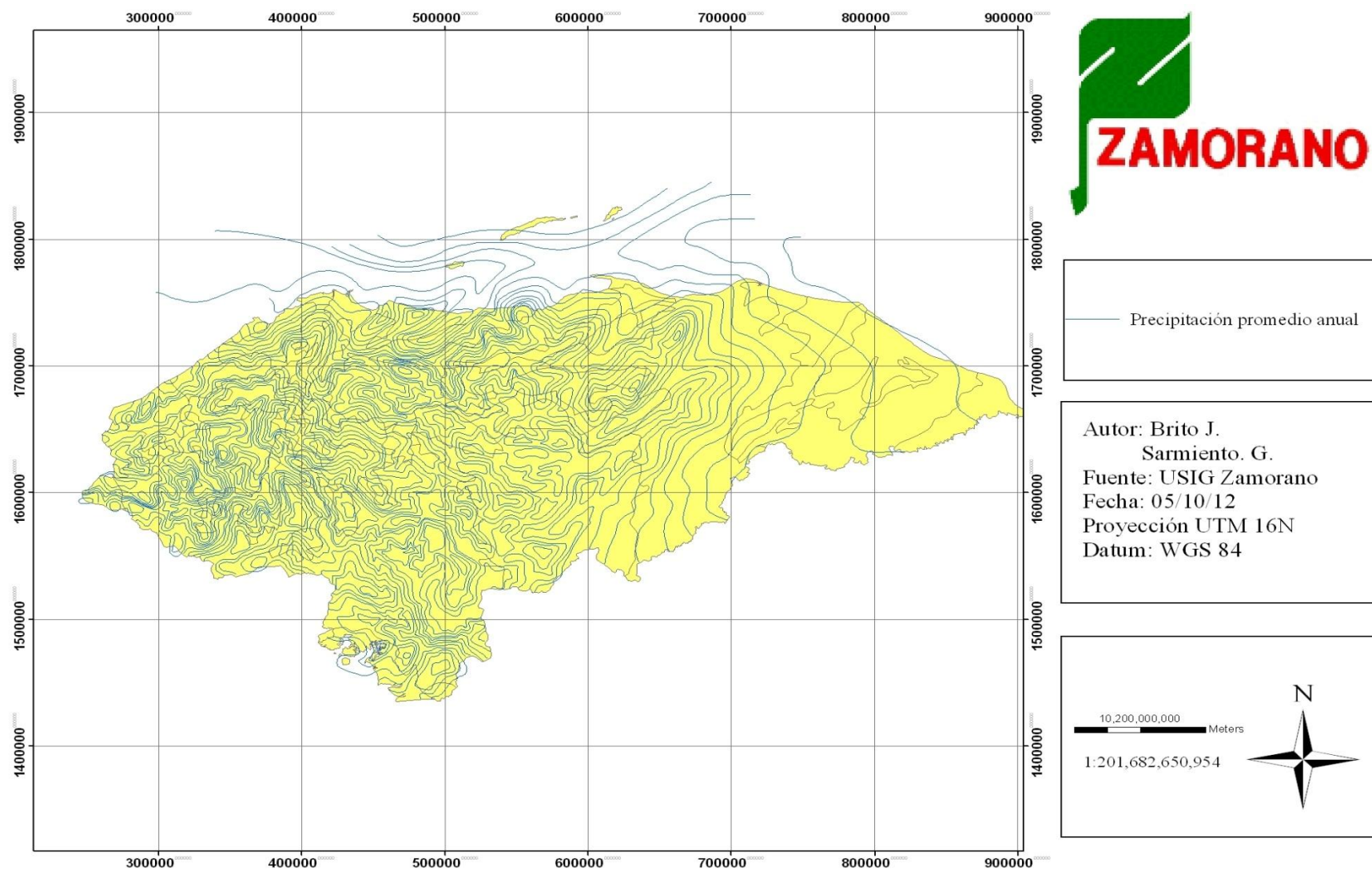


Figura 2. Mapa de isolíneas de precipitación promedio anual de Honduras.

Fuente: SINIT. Facilitado por la Unidad de Sistemas de Información Geográfica. EAP Zamorano, Honduras.

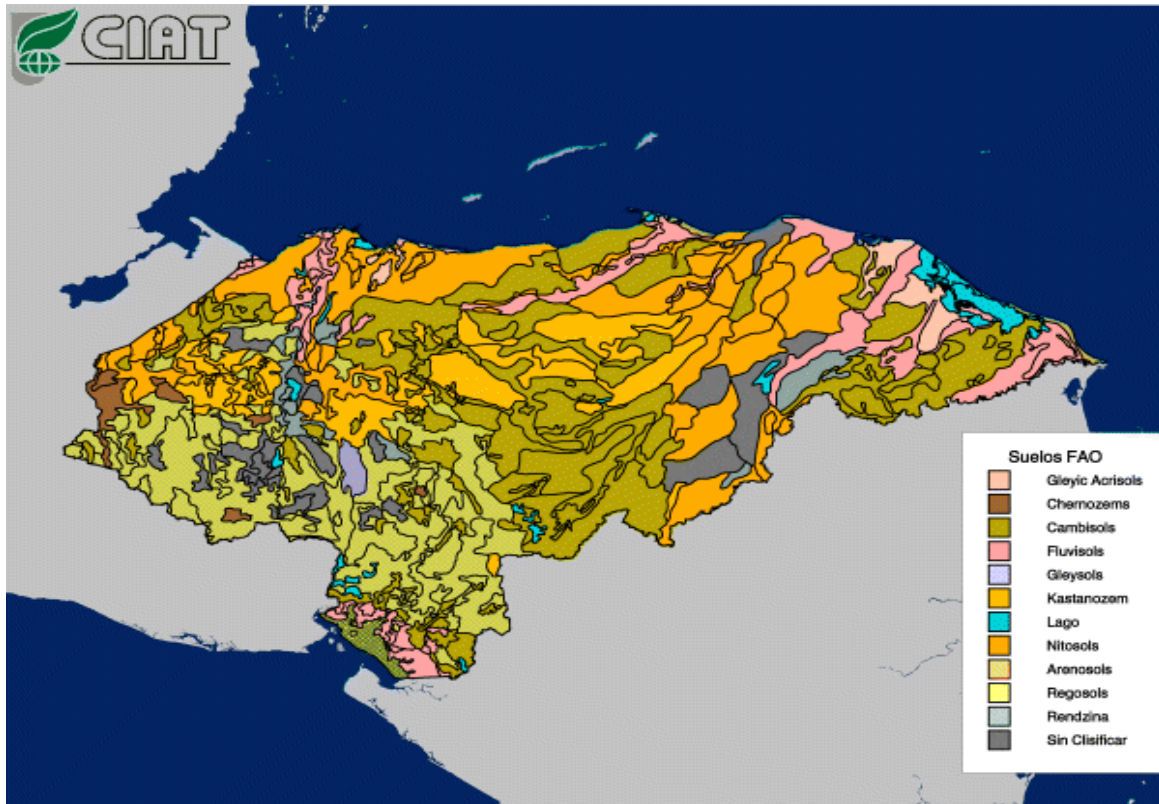


Figura 3. Mapa de suelos de Honduras realizado por el CIAT
Fuente: Suelos de Honduras clasificación FAO (1998)

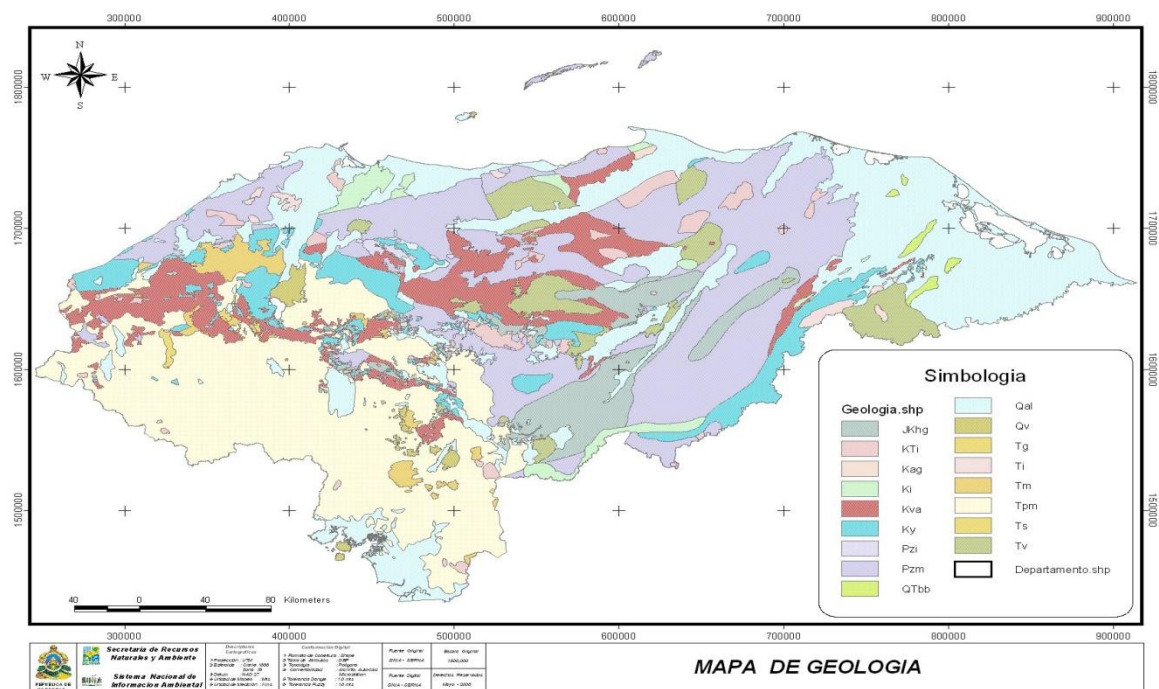


Figura 4. Mapa de de Geología de Honduras
Fuente: SERNA (2010)

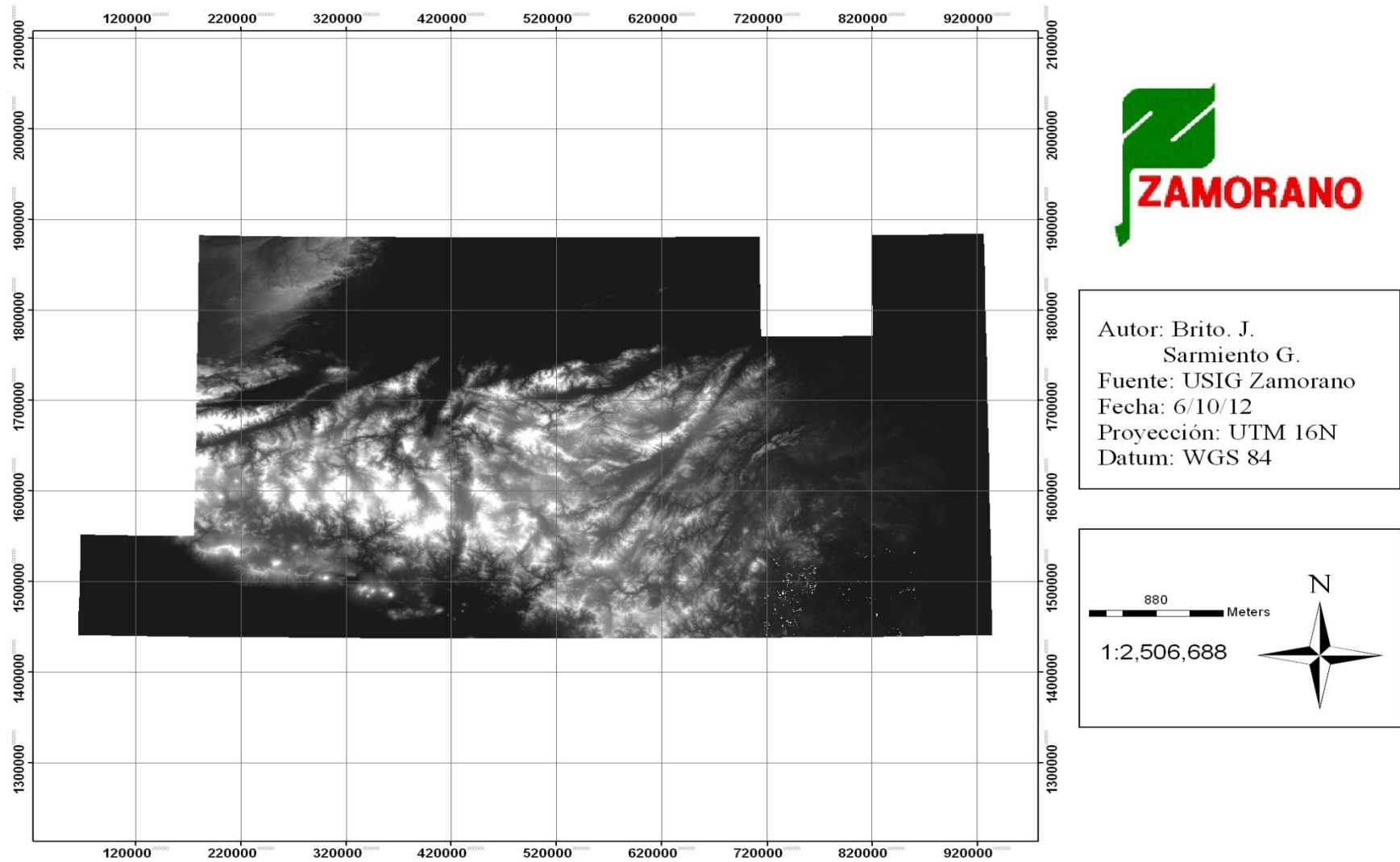


Figura 5. Mapa de relieve de Honduras

Fuente: SINIT. Facilitado por la Unidad de Sistemas de Información Geográfica. EAP Zamorano, Honduras.

Elaboración de la base de datos SOTERLAC Honduras. Desde la publicación del manual de la base de datos SOTER 1995 se han incorporado nuevas técnicas y nuevos conceptos amplios para la captura de información de suelos. Estas técnicas y conceptos deben ser agregadas a la base de datos SOTER (Soil and Terrain Database Programme), siendo el manual SOTER 2012 la actualización del manual 1995 (van Engelen y Dijkshoorn, 2012).

Se realizó la base de datos en el programa Office Excel®. Se dio campos a los atributos (Cuadro 1) para incorporar la identificación de perfiles, características físicas, químicas, clasificación de suelos, geografía del sitio de descripción y la ubicación espacial en el territorio de Honduras. También se introdujeron campos para la identificación de referencia del laboratorio donde se realizó los estudios químicos de todos perfiles, para este caso el Laboratorio de Suelos la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (SOTERLAC2.HN01) y campo para la referencia de los estudios, donde se indica el autor, fecha de publicación y el título del estudio del cual se sacaron los perfiles descritos de suelos.

Después se introdujeron los perfiles de suelos descritos en Honduras en el campo correspondiente según el cuadro 1.

Clasificación de suelos de Honduras nomenclatura WRB 2006-2010. Se clasificaron los suelos de Honduras con base en el manual SOTER (Soil and Terrain Database Programme) 2012, este manual provee las características de los grupos mayores de suelos (Cuadro 2) y los grupos menores de suelos (Cuadro 3), estas características están en inglés así que se tradujeron para tener una comprensión de cada clasificación.

Después de haber comprendido cada grupo mayor y menor de suelos en nomenclatura FAO WRB 2006-2010, se comparó con los suelos clasificados por la FAO en 1988. Los suelos de la FAO descritos en 1988 en Honduras nos proporcionan los grupos mayores de suelos, por lo tanto se le asignó un grupo menor (Cuadro 3) a cada grupo mayor de suelos, esto se hizo con base a las características de los perfiles de suelos incorporados en la base de datos SOTER en Honduras.

Cuadro 1. Atributos SOTER (Soil and Terrain Database Programme).

Tierra		
1 ISO código de país	6 Elevación máxima	11 Terreno mayor
2 SOTER Unidad_ID	7 Elevación media	12 Clase de pendiente
3 Año de recolección de datos	8 Pendiente media	13 Hipsometría (Atimetría)
4 map-ID	9 Índice Rellet	14 Material parental general
5 Elevación mínima	10 Densidad de drenaje potencial	15 Cuerpos de agua
Componente de tierra	Dato componente de tierra	
16 SOTER Unid_ID	20 Componente de tierra data_ID	27 Profundidad a la roca madre
17 Número componente de tierra	21 Pendiente dominante	28 Drenaje de la superficie
18 Proporción unidad SOTER	22 Longitud de pendiente	29 Profundidad agua subterránea
19 Componente de tierra data_ID	23 Forma de pendiente	30 Frecuencia de inundación
	24 Material parental	31 Duración de la inundación
	25 Origen del Material parental no consolidado	32 Comienzo de la inundación
	26 Textura del material parental no consolidado	
Componente de suelo		
33 SOTER Unid_ID	68 Drenaje	104 Arcilla
34 Número de componente de tierra	69 RSG Clasifica (WRB 2007)	105 Clase de tamaño de partículas
35 Número de componente de suelo	70 Especificación WRB	106 Densidad aparente
36 Proporción de SOTER Unit	71 Leyenda revisada (FAO'88)	107 Humedad del suelo varias tensiones
37 WRB unidad de leyenda (WRB 2007)	72 Clasificación nacional	108 Conductividad eléctrica
38 WRB sufixo de leyenda	73 Taxonomía de suelo	109 pH H ₂ O
39 Leyenda revisada (FAO' 88)	74 Edición taxonomía de suelo	110 pH KCl
40 Fase (FAO' 88)	Horizonte	111 pH-CaCl ₂
41 Clase textural de la primera parte de suelo	75 Perfil_ID	112 Conductividad eléctrica extracción sat.
42 Perfil_ID	76 Número de horizonte	113 Na ⁺ soluble
43 Posición en el componente de tierra	77 Horizonte diagnóstico	114 Ca ⁺⁺ soluble
44 Capa R	78 Propiedad diagnóstico	115 Mg ⁺⁺ soluble
45 Roca madre	79 Material diagnóstico	116 K ⁺ soluble
46 Tipos de erosión/ deposición	80 Designación de horizonte	117 Cl ⁻ soluble
47 Área afectada	81 Límite alto del horizonte	118 SO ₄ soluble
48 Grado de erosión	82 Límite bajo del horizonte	119 HCO ₃ ⁻ soluble
49 Sensibilidad a nivelación	83 Distinción de transición	120 CO ₃ ⁻ soluble
50 Profundidad de la capa de raíz	84 Color en húmedo	121 Ca ⁺⁺ intercambiable
Suelos	85 Color en seco	122 Mg ⁺⁺ intercambiable
51 ISO código país	86 Color de moteados	123 Na ⁺ intercambiable
52 SOTER Unid_ID	87 Abundancia de moteados	124 K ⁺ intercambiable
53 Número de componente de tierra	88 Tamaño de moteados	125 Al ⁺⁺⁺ intercambiable
54 Número de componente de suelo	89 Grado de estructura	126 Acidez intercambiable
55 Perfil_ID	90 Tamaño de la estructura de los elementos	127 CIC suelo
Perfil	91 Tipo de estructura	128 Carbonato total equivalente
56 Perfil_ID	92 Concentración natural y nódulos	129 Yeso
57 Perfil base de datos_ID	93 Abundancia de concentración y nódulos	130 Carbón total
58 Estado de la descripción de perfil	94 Tamaño de la concentración de nódulos	131 Carbón orgánico
59 Dato de muestreo	95 Abundancia de fragmentos gruesos	132 Nitrógeno total
60 Lab_ID	96 Tamaño de fragmentos gruesos	133 P disponible
61 Latitud	97 Arena muy gruesa	134 P total
62 Longitud	98 Arena gruesa	135 Retención de fosfatos
63 Estado de la localización del perfil	99 Arena media	136 Fe, ditionito extraíble
64 Elevación	100 Arena fina	137 Al, oxalato extraíble
65 Uso de suelo en la localización del perfil	101 Arena muy fina	138 Fe, oxalato extraíble
66 Vegetación en la localización del perfil	102 Arena total	139 Mineralogía de la arcilla
67 Material parental en la localización del perfil	103 Limo	

Fuente: van Engelen y Dijkshoorn 2012.

Cuadro 2. Características de la unidad de grupos mayores de suelos nomenclatura FAO WRB 2006-2010. (Adaptado de van Engelen y Dijkshoorn 2012).

Unidad FAO 1988	Grupo mayor de suelo en Honduras	Características del grupo mayor de suelo FAO WRB 2006-2010
AC	Acrisol	Suelos con bajo CIC y saturación de bases en horizonte árgico.
AN	Andosol	Suelos desarrollados en áreas volcánicas, independientemente del clima (exceptuando zona hiper áridas). No obstante, se pueden desarrollar en otros materiales ricos en silicatos, baja acidificación en climas per húmedo y húmedos.
AR	Arenosol	Suelos fácilmente erodables por su alto contenido de arena y baja retención de agua y nutrientes, tiende a ser ácido. Suelos de texturas gruesas y bajo desarrollo.
CH	Chernozems	Suelos con una capa negra en la superficie que es rica en materia orgánica (20cm o más).
CM	Cambisol	Suelos cambiantes en superficies incipientes, recién formados. La transformación de la materia
FL	Fluvisol	Suelos genéticamente jóvenes, en zonas de depósitos aluviales. Ocurren tanto en los sedimentos junto a los ríos como en depósitos marinos.
FR	Ferrasol	Suelos con altas concentraciones de sesquioxidos.
GL	Gleysol	Suelos en humedales, saturados por agua del subsuelo por periodos muy largos que desarrollan una característica de patrón de color grisáceo.
KS	Kastanozems	Suelo encontrados más en pasturas, muy parecidos a Chernozems, pero la capa del horizonte rica en humus (materia orgánica) es más delgada y no tan negro como el Chernozems y muestra mayor acumulación de carbonatos secundarios. Con un color castaño característico. Tiene una capa mas delgada que los Chernozems.
NT	Nitisol	Suelos profundos bien drenados, rojos, suelos tropicales, los límites entre horizontes son difusos, horizontes difusos presentan 30% de arcilla o más y bloques angulares que fácilmente parten en características brillantes como cutanes y propiedades poliédricas.
RG	Regosol	Suelos con residuos de todos los suelos que no pueden acomodarse en otro orden.
VR	Vertisol	Suelos con arcillas muy pesadas con una gran proporción de arcillas que se hinchan, suelos que forman profundas grietas cuando están secos.

Cuadro 3. Características de la unidad de grupos menores de suelos nomenclatura FAO WRB 2006-2010. (Adaptado de van Engelen y Dijkshoorn 2012).

Unidad de suelo FAO WRB 2006- 2010	Grupo menor de suelos de Honduras	Definición de elementos formativos de unidades de segundo nivel
h	haplic	Tiene una expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido que no hay sin característica adicional o significativa) y se utiliza sólo si ninguno de los anteriores calificadores se aplica.
v	vertic	Tener un horizonte vértico o propiedades vérticas comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo
d	dystic	Que tiene una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M) de menos de 50 % en mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20cm y roca continua o una capa cementada o endurecida, o, en Leptosoles, en una capa de 5 cm o más de espesor, directamente por encima de roca continua.
e	eutric	Que tiene una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M) de 50 % o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida, o, en Leptosoles, en una capa de 5 cm o más de espesor, directamente por encima de roca continua.
g	gleyic	Tener dentro de los 100 cm de la superficie del suelo en algunas partes condiciones reductoras y en 25 % o más del volumen del suelo un patrón de color gléyico.
k	calcic	Tener un horizonte cálcico o concentraciones de carbonatos secundarios que comienza dentro 100 cm de la superficie del suelo.
u	umbric	Horizonte profundo, colores oscuros, ricos en materia orgánica.

Uso de suelo. La clasificación de uso de suelos se basa en seis grupos los cuales fueron comparados con factores limitantes (pendiente, clase tamaño partículas de suelo, drenaje, profundidad radicular y fertilidad) Según USDA (2007).

Clase I: Suelo de cultivo. Incluye cinco componentes, la suma de tres componentes (los cultivos cosechados, las malas cosechas y cultivos de verano) que dan como resultado los suelos dedicados a los cultivos que son útiles para la producción en cualquier época del

año. Los otros dos componentes (tierra para cultivo de pasturas y tierras no cultivadas) estos no están involucrados directamente con la producción en años anteriores, sin embargo, tienen el potencial para ser suelos cultivables.

Clase II: Suelos para pastos, cultivos extensivos y tierras de total pastoreo. Hay tres tipos de suelos para pastoreo diferenciados en términos de área, distribución y productividad. Suelos para pastizales y extensivos son usados para pastoreo, los dos términos son distinguidos por la especie de pastura que presentan.

Clase III: Uso silvícola y forestal. El uso silvícola tiene un uso especial con cobertura o sin cobertura careciendo de pastura.

Clase IV: Suelos para uso urbano y residenciales.

Clase V: Suelos para uso especiales. Son todos los suelos para parques, zonas de recreación, infraestructura (carreteras y edificaciones) se puede dar uso para actividades fuera de casa manteniendo en contacto y preservando la fauna y flora silvestre, puede ser dividido en parques estatales y áreas de vida silvestre.

Clase VI: Suelos para uso misceláneos y otros usos. Contienen grandes humedales, lagos desiertos, tundra y otros suelos estériles.

De la base de datos SOTERLAC Honduras se seleccionó los atributos de pendiente topográfica (Cuadro 4), clase tamaño de las partículas del suelo (Cuadro 5), drenaje (Cuadro 6), profundidad efectiva para la raíz (Cuadro 7), y fertilidad del suelo como limitantes de uso de suelo. Después estos atributos se colocaron en cada clase según su agrupamiento o división en la base de datos.

Cuadro 4. Atributo pendiente topográfica (RSLO)^o SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme).

Código	Escala de pendiente (%) Topográfica	Nombre
W0	0.0 a 0.5	Plano
F0	0.5 a 2.0	Plano
G0	2.0 a 5.0	Ligeramente ondulado
U0	5.0 a 10	Ondulado
R0	10 a 15	Ondulado
S0	15 a 30	Moderadamente empinado
T0	30 a 45	Empinado
V0	45 a 60	Muy empinado
E0	>60	Extremadamente empinado

Fuente: van Engelen y Dijkshoorn 2012.

^o Código para pendiente topográfica en la base de datos SOTER.

Cuadro 5. Atributo clase tamaño de las partículas (PSCL) ^o SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme) 2012.

Código	Nombre en inglés	Nombre en español
C	Clay	Arcilloso
CL	Clay loam	Franco Arcilloso
L	Loam	Franco
LS	Loamy sand	Franco Arenoso
S	Sand	Arenoso
SC	Sandy clay	Arcillo Arenoso
SCL	Sandy clay loam	Franco Arcillo Arenoso
SI	Silt	Limoso
SIC	Silty clay	Arcillo Limoso
SICL	Silty clay loam	Franco Arcillo Limoso
SIL	Silty loam	Franco Limoso
SL	Sandy loam	Franco Arenoso

Fuente: van Engelen y Dijkshoorn 2012.

^o Código de la clase de tamaño de partículas del suelo en la base de datos SOTER.

Cuadro 6. Atributo drenaje (DRAI) ^o del suelo SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme).

Código	Nombre en Ingles	Nombre en Español
E	Excessively well drained	Excesivamente bien drenado
S	Somewhat excessively well drained	Algo excesivamente bien drenado
W	Well drained	Bien drenado
M	Moderately well drained	Moderadamente bien drenado
I	Imperfectly drained	Drenado imperfectamente
P	Poorly drained	Drenaje pobre
V	Very poorly drained	Drenaje muy pobre

Fuente: van Engelen y Dijkshoorn 2012.

^o Código para drenaje en la base de datos SOTER.

Cuadro 7. Atributo profundidad efectiva para la raíz (RDEPTH) ^o SOTER 2012 (Soil and Terrain Database Programme).

Código	Escala (cm)	Nombre en inglés	Nombre en español
V	< 30	Very shallow	Muy superficial
S	30 a 50	Shallow	Superficial
M	50 a 100	Moderately deep	Moderadamente profundo
D	100 a 150	Deep	Profundo
X	≥ 150	Very deep	Muy profundo

Fuente: van Engelen y Dijkshoorn 2012.

^o Código para la profundidad efectiva para la raíz en la base de datos SOTER.

Metodología para el diagnostico de carbón orgánico. La materia orgánica de cada perfil u horizonte de suelo introducido a la base de datos SOTERLAC Honduras está expresado en porcentaje, este valor fue convertido a carbón orgánico mediante la siguiente formula, tomada de Scriver y Cooper en 1985:

$$Db \text{ g/cm}^3 \times STV \% \times 5.8 \times 10^{-2} = OC \text{ Kg/m}^2/\text{cm} \quad [1]$$

Donde: Db es la densidad aparente, STV es el valor de materia orgánica del suelo (%) y OC es el carbón orgánico.

Tomando en cuenta los siguientes factores para la conversión a carbón orgánico. Se asume que el carbón orgánico representa un 58 % de la materia orgánica, se asume una densidad aparente de 1.3 g/cm³ para todos los horizontes que no tengan el valor medido (Scriver y Cooper 1985).

Teniendo el carbón orgánico se estableció una relación entre la cantidad de carbón orgánico y el color que tiene un suelo. Estas variables se encuentran en los campos 131 y 84 respectivamente en la base de datos SOTERLAC Honduras. Se realizó una correlación de las dos variables con los horizontes que se introdujeron a la base de datos, que tuvieran en sus registros ambas categorías (carbón orgánico y color), siendo la variable determinativa el color sobre la variable indeterminada carbón orgánico, usando el programa en Microsoft Office Excel® y SAS®.

La clasificación del color de los suelos (Cuadro 8) se hace a través de la clasificación universal propuesta por Albert H. Munsell que le dio características cualitativas únicas a cada color, estas son:

Cuadro 8. Elementos del color de los suelos.

Equivalencias perceptivas	Características	Valores	Nombre de los valores
Matiz (Hue)	Color o tinte propio, designa la longitud de onda reflejada como: Rojo, Amarillo Verde, Azul.	2.5 a 10	débil a fuerte
Valor (value)	Representa el brillo o luminosidad del color.	0 a 10	oscuro a claro
Croma (Chrome)	Representa la pureza del color.	0 a 20	más oscuro a más puro

Fuente: Munsell Color 2011

Se le asignó un valor numérico al matiz usando la tabla Munsell para la clasificación de suelos, con el fin de incorporarlo al análisis estadístico. Valor y croma del color no se modificaron ya que son valores numéricos.

También se estableció una relación entre la cantidad de carbón orgánico con la profundidad de cada horizonte de los suelos que se introdujeron a la base de datos SOTERLAC Honduras. Tomando de referencia la profundidad (cm) del límite superior de cada horizonte se definió la cantidad de carbón orgánico como la variable dependiente y la profundidad del horizonte como variable independiente, esto se realizó con el programa Microsoft Excel ® y SAS®.

Elaboración de la propuesta del mapa de Honduras. Después de la recolección de los mapas, en el programa ArcGIS® 9.3, el mapa de temperatura se colocó sobre una ubicación digital cartográfica real en Honduras mediante la herramienta “Definir Proyección” del programa ArcGIS® 9.3. Este mapa al estar de forma lineal se convirtió a formas poligonales mediante la herramienta “convertir a polígonos” del mismo programa y se clasificó en cuatro rangos cada cinco (°C) (Cuadro 9) mediante la clave “Análisis Espacial” para reclasificar la variable de temperatura en una variable más manejable y con el fin de tener una leyenda agrupada y una base de datos general para Honduras.

El mapa de elevación estaba en formato de representación “raster” y fue modificado a formato “shape” para igualdad en la representación de los mapas. Esto se hizo mediante la herramienta “TIN a Raster”, seguido por “Raster a Polígono” del programa ArcGIS® 9.3, para este caso se dio un tamaño de celda de 100 m para una buena resolución del mapa, luego se asignó un número para seis rangos de elevación cada 500 m (Cuadro 9), mediante la clave “Análisis Espacial” para reclasificar la variable de elevación en una variable más manejable y con el fin de tener una leyenda agrupada y una base de datos general para Honduras.

El mapa de distribución de precipitaciones anual en Honduras se colocó sobre una ubicación digital cartográfica real en Honduras mediante la herramienta “Definir Proyección” del programa ArcGIS® 9.3. Este mapa al estar de forma lineal se convirtió a formas poligonales mediante la herramienta “Convertir a Polígonos” y se asignó un número para seis rangos de precipitación cada 500 mm (Cuadro 9) mediante la clave “Análisis Espacial” para reclasificar la variable de temperatura en una variable más manejable y con el fin de tener una leyenda agrupada y una base de datos general para Honduras.

El mapa de geología de Honduras se clasificó por litología por medio de la herramienta “Disolver”, el cual agrupó polígonos con la misma identificación litográfica con el fin de hacer una base de datos general para Honduras. El mapa de suelos de Honduras no modificó y solo se usó como “máscara” para referencia de los demás mapas en el programa ArcGIS® 9.3.

Cuadro 9. Escala de las medidas de temperatura, elevación y precipitación en Honduras.

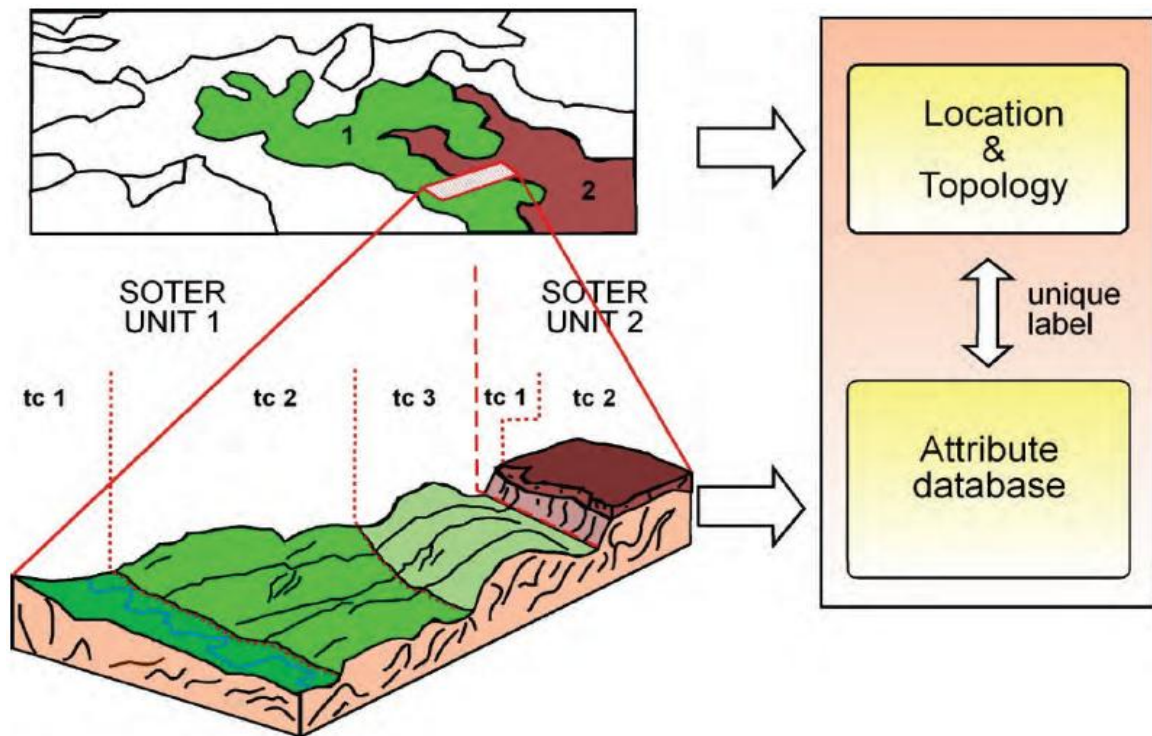
Asignación numérica	Rangos		
	Temperatura media (°C)	Elevación (msnm)	Precipitación (mm)
1	11 a 14	0 a 499	600 a 999
2	15 a 19	500 a 999	1000 a 1499
3	20 a 24	1000 a 1499	1500 a 1999
4	25 a 30	1500 a 1999	2000 a 2499
5		2000 a 2499	2500 a 2999
6		2500 a 3000	3000 a 3500

Para unir los mapas de temperatura, elevación, precipitación, geología y suelos de Honduras se usó la herramienta “Unión” del programa ArcGIS® 9.3 para tener un mapa compuesto. Esta herramienta permitió tener un único mapa con una base de datos relacionando los grupos o escalas de los mapas que se integraron.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Base de datos SORTERLAC. Se elaboró la base de datos SOTERLAC para Honduras en Office Excel, esta base de datos muestra 139 perfiles descritos con 501 horizontes con todos sus atributos, es decir, un aproximado de 3,6 horizontes por perfil con su respectiva referencia del estudio donde se extrajo el perfil y un laboratorio de suelos identificado en la base (Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras).

Los atributos de la base de datos consiste en un conjunto de filas, estos atributos de tierra o componentes de tierra son directamente disponibles o pueden ser derivados de otros parámetros durante la recolección de datos. Junto con el componente de suelo ellos representan el dato de atributo espacial. Datos de perfiles y horizontes son disponibles del punto de observaciones. Los atributos pueden ser divididos dentro de descriptivos como uso de suelo y numérico como pH (van Engelen y Dijkshoorn 2012).



tc = terrain component

Figura 6. Unidades SOTER, su componente de tierra (tc), atributos y localización.

Fuente: Soils and Terrain Digital Database SOTER (Summer 2000).

Cada unidad de SOTERLAC incorporado en la base de datos representa los atributos de suelo de Honduras, la información de suelo y tierra es un componente geométrico que indica la localización y topología de la unidad SOTERLAC (Figura 6), y de la parte de un atributo que describe las características de las unidades SOTERLAC no espaciales.

Clasificación de suelos de Honduras nomenclatura FAO WRB 2006-2010. Se realizó la actualización de la nomenclatura de los suelos de Honduras a la nomenclatura FAO WRB 2006-2010 (van Engelen y Dijkshoorn 2012), con la cual se clasificó cada perfil de suelos que se incorporó a la base de datos SOTERLAC Honduras, estos perfiles quedaron con la nomenclatura mundial y uniforme para todos los países (Cuadro10).

Cada clasificación tiene sus características propias debido a que los suelos resultan de la interacción, durante cierto periodo de tiempo, entre el medio ambiente y la roca madre. Se clasifican según características que parecen o se han desarrollado durante el proceso. Esas características determinan también la utilización y productividad de un área de suelo determinada. En un país como Honduras, donde hay grandes extensiones de suelos de suelos poco profundos, la roca madre constituye tal vez el factor dominante en la determinación de las características del suelo, por lo tanto en su clasificación. Por esa razón la primera observación que debe hacer quien reconoce un terreno es ver cuál es la naturaleza de la roca madre (FAO 1969).

Los suelos Cambisoles predominan en Honduras con un 26.43%, de todo el territorio. Ya que según las características para un ese tipo de suelo se refiere a un suelo que está cambiando constantemente, niveles altos de arcilla, transformación de la materia orgánica evidente (Cuadro 11).

De acuerdo al mapa de suelos del mundo de la FAO, los Cambisoles (CM) son el segundo grupo de suelos de referencia que ocupa mayores extensiones relativas en América Central y del sur (12.5%). Se trata de un grupo de referencia de la WRB muy abundante, esto es por ser un suelo joven que surge con facilidad a partir de otros que lo son aún más, como resultan ser los casos de los Leptosoles y Regosoles. En los espacios geográficos sujetos una tectónica e influencia indirecta de vulcanismo, ocurre un desarrollo edafogenético devenidos por la estructura de la región (cadena andina, grandes áreas de América Central y el Caribe) donde se esperaría el desarrollo de Andosoles (AN) pero bajo estas condiciones no abundan el desarrollo de Andosoles (AN) ya que bajo ambientes cálidos (secos o húmedos) las propiedades de suelos volcánicos desaparecen con gran rapidez más aún con el uso del suelo en cultivos (Ibáñez y Manríquez 2011).

Cuadro 10. Nomenclatura FAO 1988 actualizada a FAO WRB 2006- 2010 de los suelos de Honduras.

Nomenclatura FAO 1988 suelos de Honduras	Nomenclatura FAO WRB 2006-2010 suelos de	Unidad	Extensión de la clase de suelo en Honduras	Localización del suelo en las zonas de Honduras	Distribución por departamentos
Andosol	Haplic Andosol	ANh	2,409	Centro y suroeste	Intibuca, Santa Bárbara y Comayagua.
Cambisol	Umbric Cambisols	CMu	4,015	Noroeste y norte	Yoro, Santa Bárbara y Cortés.
Cambisol	Dystric Cambisols	CMd	17,667	Noroeste, centro y noreste	Yoro, Atlántida, Colón, Olancho, Francisco Morazán, El Paraíso y Gracias a Dios
Cambisol	Eutric Cambisol	CMe	2,409	Sur	Valle y Choluteca.
Cambisol	Gleyic Cambisol	CMg	5,621	Noreste	Gracias a Dios.
Fluvisol	Dystric Fluvisol	FLd	4,818	Noreste	Gracias a Dios y Olancho
Fluvisol	Eutric Fluvisol	FLe	9,637	Noreste	Yoro, Colón, Gracias a Dios, Olancho, Cortés y Choluteca
Gleysol	Eutric Gleysol	GLe	803	Noroeste	Cortés
Gleysol	Umbric Gleysol	GLu	803	Centro	Comayagua y Francisco Morazán
Kastanozems	Haplic Kastanozems	KSh	11,243	Oeste y centro	Copán, Ocotepeque, Santa Bárbara, Comayagua, Francisco Morazán, Yoro y Olancho
Chernozems	Calcic Chernozems	CHk	5,621	Centro y noroeste	Copán, Cortés Comayagua, Gracias a Dios y Olancho.
Nitosol	Haplic Nitosol	NTh	803	Centro y norte	Cortés y Francisco Morazán
Nitosol	Umbric Nitosol	NTu	26,501	Noroeste y este	Copán, Santa Bárbara, Cortés, Francisco Morazán, Atlántida, Yoro, Colón, Olancho y Comayagua
Regosol	Eutric Regosol	RGe	19,274	Suroeste, centro y noreste	Ocotepeque, Lempira, Intibuca, La Paz, Francisco Morazán, El Paraíso, Choluteca y Copán
Vertisol	Eutric Vertisol	VRe	803	Sur	Choluteca
Total			112,429		

Cuadro 11. Clasificación de suelos de Honduras y su extensión.

Grupo mayor de suelo	Símbolo	Órdenes por extensión (%)
Andosol	AN	2.1
Cambisol	CM	26.4
Fluvisol	FL	12.9
Gleysol	GL	1.4
Kastanozems	KS	10.0
Chernozems	CH	5.0
Nitosol	NT	24.3
Regosol	RG	17.1
Vertisol	VR	0.7

Uso de suelo. El proceso de planificación tiende al desarrollo de sistemas agropecuarios sostenibles que con un adecuado inventario de los recursos de suelo, en forma integral, pueden combinarse para establecer un sistema de capacidad de uso de suelo. Este sistema se clasificó en grupos que reflejan el uso más intensivo y sostenible al que puede someterse el suelo en una determinada área o terreno (Cubero 2001).

Cada grupo de los factores limitantes de uso de suelo (pendiente topográfica, profundidad efectiva del suelo, clase tamaño de las partículas del suelo, fertilidad y drenaje) se clasificaron en las siguientes clases, cabe recalcar que estos factores se encuentran como atributos en la base de datos SOTERLAC Honduras:

El cuadro 12 muestra los códigos de la pendiente topográfica que están en la base de datos SOTERLAC Honduras para cada perfil en el atributo Topography en el campo 12.

Cuadro 12. Clase de uso de suelo en relación a la pendiente topográfica y código SOTER respectivo.

Código SOTERLAC Honduras	Escala de pendiente (%) Topográfica	Nombre	Clase uso de suelo
W0	0.0 a 0.5	Plano	I
F0	0.5 a 2.0	Plano	I
G0	2.0 a 5.0	Ligeramente ondulado	II
U0	5.0 a 10	Ondulado	II
R0	10 a 15	Ondulado	III
S0	15 a 30	Moderadamente empinado	IV
T0	30 a 45	Empinado	V
V0	45 a 60	Muy empinado	VI
E0	>60	Extremadamente empinado	VI

El cuadro 13 muestra los grupos de cada clase para uso de suelo, la profundidad efectiva se puede encontrar en la base de datos SOTERLAC Honduras en cada perfil descrito en el atributo Roottable Depht, está en el campo 50 en la base de datos.

Cuadro 13. Clase de uso de suelo en relación a la profundidad efectiva radicular y código SOTER respectivo.

Código	Escala (cm)	Nombre	Clase uso de suelo
V	< 30	Muy superficial	V
S	30 a 50	Superficial	IV
M	50 a 100	Moderadamente profundo	III
D	100 a 150	Profundo	II
X	≥ 150	Muy profundo	I

El cuadro 14 muestra los códigos de la clase de tamaño de partículas de suelos en la base de datos SOTERLAC Honduras para cada horizonte, en el atributo Particle Size Class en campo 105 relacionado con las clases de uso de suelo.

Cuadro 14. Clase de uso de suelo en relación al tamaño de partículas de suelo y código SOTER respectivo.

Código de la clase de tamaño de partículas del suelo SOTERLAC Honduras	Nombre	Clase uso de suelo
C	Arcilloso	IV
CL	Franco Arcilloso	II
L	Franco	I
LS	Franco Arenoso	II
S	Arenoso	V
SC	Arcillo Arenoso	III
SCL	Franco Arcillo Arenos	II
SI	Limoso	I
SIC	Arcillo Limoso	III
SICL	Franco Arcillo Limosc	II
SIL	Franco Limoso	I
SL	Franco Arenoso	II

El cuadro 15 muestra la propiedad de fertilidad de suelo relacionado con las clases de uso de suelo.

Cuadro 15. Clase de uso de suelo por grado de fertilidad.

Clase de uso de suelo	Fertilidad del suelo
I	Suma de bases mayor que 10 cmol. L ⁻¹ y saturación de acidez menor de 10%.
II	Suma de bases mayor que 5 cmol. L ⁻¹ y saturación de acidez menor que 50%.
III	Suma de bases menor que 5 cmol. L ⁻¹ y saturación de acidez menor a 50%.
IV	Suma de bases menor que 5 cmol. L ⁻¹ y saturación de acidez mayor a 50%.

Fuente: Cubero 2001.

La suma de bases en la base de datos no tiene campo específico en la base de datos SOTERLAC Honduras, sin embargo, se deduce de la suma de Sodio (Na) soluble, Calcio (Ca) soluble, Magnesio (Mg) soluble y Potasio (K) soluble expresado en cmolc l⁻¹ en los campos 113, 114, 115 y 116 respectivamente en la base de datos SOTERLAC Honduras. La saturación de acidez no tiene campo específico en la base de datos SOTERLAC Honduras, sin embargo, según Cubero 2001, lo deduce de la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Acidez Intercambiable}}{\text{Suma de Bases} + \text{Acidez Intercambiable}} \times 100 \quad [2]$$

La acidez intercambiable en la base de datos SOTERLAC Honduras está en el campo 126 para cada horizonte descrito.

Con la suma de bases expresada en cmol. L⁻¹ y la saturación de acidez en porcentaje se compara con la fertilidad para relacionarlo con la clase de uso de suelo.

El cuadro 16 muestra los códigos de drenaje topográfico, el atributo Drainage está en el campo 68 de la base de datos SOTERLAC Honduras para cada perfil descrito, el cual se relaciona con las clases de uso de suelo

Teniendo los factores de pendiente topográfica, profundidad efectiva del suelo, clase tamaño de las partículas del suelo, fertilidad y drenaje relacionados con cada clase de uso de suelo, se identifica el factor más limitante en el suelo, es este factor va a ser el que tenga la clase más alta. Determinando el factor más limitante de suelo se decide el uso del suelo según las características de las clases de uso de suelo o las labores a realizar sobre cada suelo.

Cuadro 16. Atributo drenaje y su relación con las clases de uso de suelo.

Código de drenaje SOTERLAC	Nombre	Clase uso de suelo
Honduras		
E	Excesivamente bien drenado	IV
S	Algo excesivamente bien drenado	II
W	Bien drenado	I
M	Moderadamente bien drenado	II
I	Drenado imperfectamente	III
P	Drenaje pobre	V
V	Drenaje muy pobre	VI

Efecto del color sobre el carbón orgánico. La comparación del matiz obtenido de los suelos con el carbón orgánico se observa que los mayores valores de matiz con contenido de carbón orgánico fueron 10YR, seguido de 7.5YR y 5 YR, siguiendo la relación inversa obtenida en la correlación entre ambos (Figura 7).

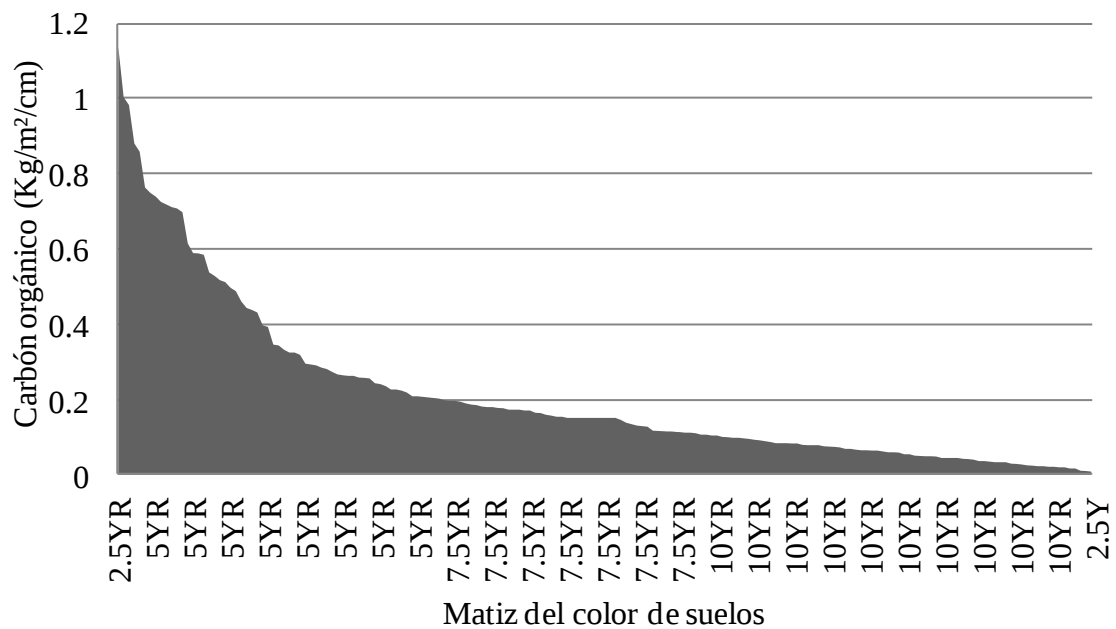


Figura 7. Relación matiz del color del suelo con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.

En la comparación del valor del color del suelo con el carbón orgánico se observa que el mayor nivel de carbón orgánico lo obtiene el valor 3, y dentro del rango donde se acumulan las mayores observaciones de carbón orgánico están entre 2 a 4, siguiendo la relación inversa obtenida en la correlación entre ambos (Figura 8).

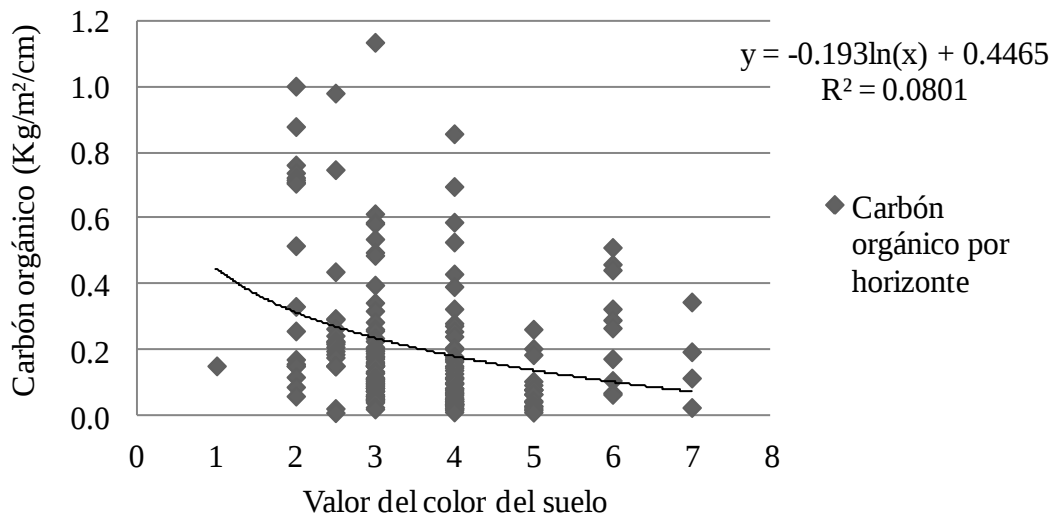


Figura 8. Relación valor del color del suelo con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.

La comparación del croma con el carbón orgánico se observa que la observación con el nivel más alto de Carbón orgánico fue el valor 2, así como las observaciones se acumulan en los primeros valores 1 a 4, siguiendo la relación inversa obtenida en la correlación entre ambos (Figura 9).

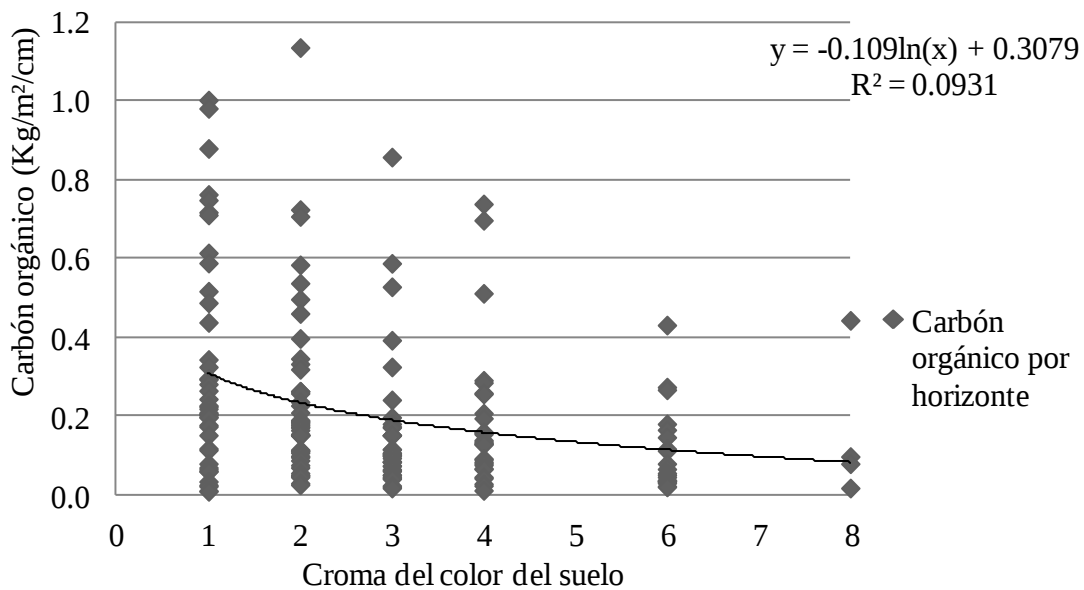


Figura 9. Relación croma del color del suelo con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.

Al relacionar cada uno de los valores de los componentes del color del suelo con el carbón orgánico se encontró una relación inversa, sin embargo el matiz no tiene un nivel suficiente de significancia estadística, mientras que el valor y el croma si lo tienen (Cuadro 17).

Esta relación comprueba que el color en el suelo refleja su composición y al clasificarse con los parámetros descriptivos en la tabla de color del suelos de Munsell, generalmente determinado por el revestimiento de pequeñas partículas de materia orgánica (negro), óxidos de hierro (amarillo, café, naranja y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros componentes debidos al material parental (Munsell Color 2011).

Cuadro 17. Coeficientes de la correlación de los componentes del color del suelo y del contenido del carbón orgánico.

Relación		Coeficiente de Pearson	Probabilidad
Matiz	Carbón orgánico	-0.04	0.5832
Valor	Carbón orgánico	-0.24	0.0012
Croma	Carbón orgánico	-0.28	0.0002

Efecto de la profundidad de los horizontes con el carbón orgánico. La concentración de carbón orgánico se encuentra mayormente en los horizontes superficiales (de 0 a 50 cm de profundidad) y la tendencia es que a mayor profundidad (100 a 150 cm) la concentración de carbón orgánico disminuye acercándose a cero (Figura 10).

La correlación entre la profundidad de los horizontes y el carbón orgánico, es inversa. La probabilidad es altamente significativa ($P < 0.001$) (Cuadro 18).

El carbón orgánico es susceptible a pérdida por erosión en los primeros horizontes por eso es importante que los suelos sean profundos y sirvan como retenedor y almacenador de carbón orgánico para hacerlo potencialmente disponible. Muchos de los suelos con contenidos medios y altos de carbón orgánico ya llegaron a su saturación, debido a que están en laderas, áreas de fuerte precipitación y bajo cultivos, por lo cual ya se llegó a un equilibrio entre estos factores y la manera tradicional de cultivar. Para que estos suelos sigan acumulando carbón orgánico requieran de programas de conservación de suelos efectivos, rotación de cultivos y cambios drásticos en la manera de cultivar como ejemplo la quema de residuos y no incorporarlo al suelo. Todo esto como una base a próximas soluciones alternativas.²

² Gauggel, C. 2012. Interacción y actividades a realizar en suelos a diferentes profundidades respecto al carbón orgánico. Comunicación personal. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

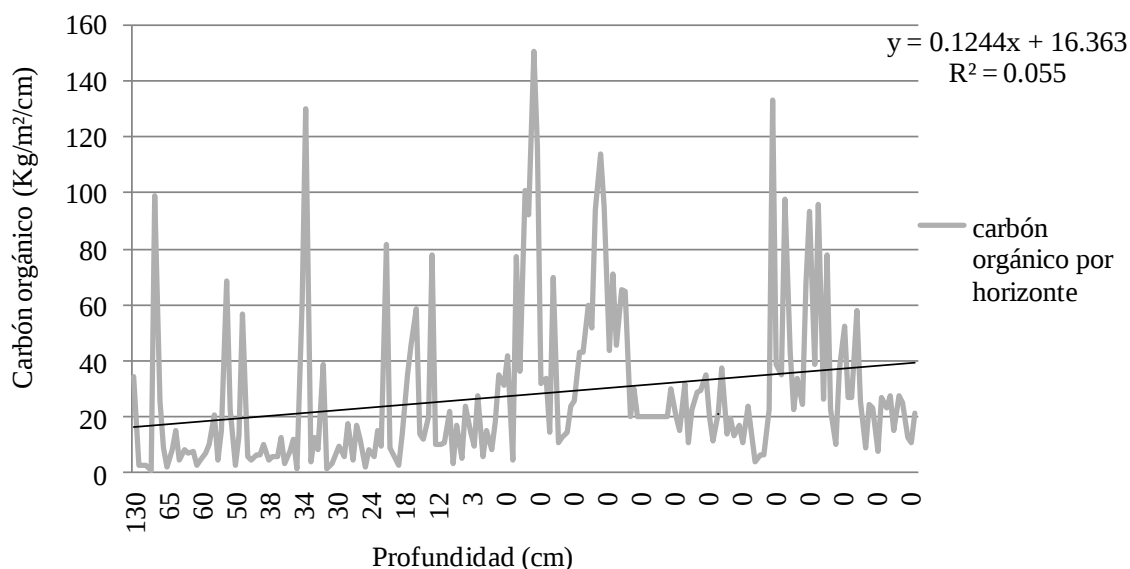


Figura 10. Relación profundidad de los horizontes con el contenido de carbón orgánico en los suelos de Honduras.

Cuadro 18. Coeficientes de la correlación de profundidad del suelo y contenido carbón orgánico.

Relación		Coefficiente de Pearson	Probabilidad
Profundidad	Carbón orgánico	-0.3	<0.001

Propuesta en digital del mapa de suelos de Honduras. El mapa propuesto de suelos de Honduras, en forma digital contiene información de las condiciones de temperatura (Figura 11), elevación (Figura 12), precipitación (Figura 13) y litología (Figura 14) de Honduras. En los tres primeros se presentan rangos o escalas de las condiciones y son representados en forma poligonal, para que sean manejables y similares el formato del mapa. De la unión de estas condiciones se obtuvo un mapa de suelos en formato “shape” en el programa ArcGIS® 9.3. El mapa de suelos propuesto (Figura 15) es una herramienta para toma de decisiones, ya que gráficamente el mapa no es muy entendible por las variables puestas en una sola proyección; la base de datos en formato “shape” es la herramienta principal.

El mapa propuesto de temperatura (Figura 11), muestra cuatro rangos de temperatura que permiten su mejor visualización y entendimiento, donde se observa que las mayores temperaturas medias anuales se presentan en las zonas noreste, norte y sur. Las zonas menos cálidas son las zonas del centro y oeste de Honduras, esto coincide con el mapa propuesto de elevación (Figura 12), donde las zonas altas tienen temperaturas más bajas. Las elevaciones cercanas a nivel del mar presentan alta temperatura media anual. En comparación con el mapa propuesto de suelos (Figura 15) la mayor uniformidad de suelos

se encuentra en las zonas de poca elevación y altas temperaturas, con suelos como Regosoles y Cambisoles.

El mapa propuesto precipitación media anual (Figura 13), muestra mayor precipitación la zona este y central de Honduras, en estas zonas está la Mosquitia y el lago Yojoa, lugares con reservas ecológicas.

El mapa propuesto de litología (Figura 14) muestra la formación de las diferentes tipos de rocas que al compararse con el mapa propuesto de suelos (Figura 15) se observa similitud en la distribución de los suelos en Honduras con las diferentes formaciones litológicas.

Según Ibáñez (2007) la variabilidad de los suelos esta condicionado a factores, como temperatura, precipitación, estructura litológica de la roca madre. Esto se observa con los mapas propuestos y sus relaciones que tienen con la distribución de los suelos en todo el territorio.

Estas variables afectan la composición de suelo debido a que factores como temperatura y precipitación presentan acción directa sobre la humedad y temperatura del suelo y una acción directa a través de la vegetación. El factor elevación es el que más afecta la génesis de suelo, modificando el desarrollo de perfil en varias formas. La litología es factor determinante de suelo por el tipo de roca en el que se encuentra el suelo, esta roca pudo haber pasado por transformaciones pero tiene unas características propias para cada zona Hondureña (Ibáñez 2007).

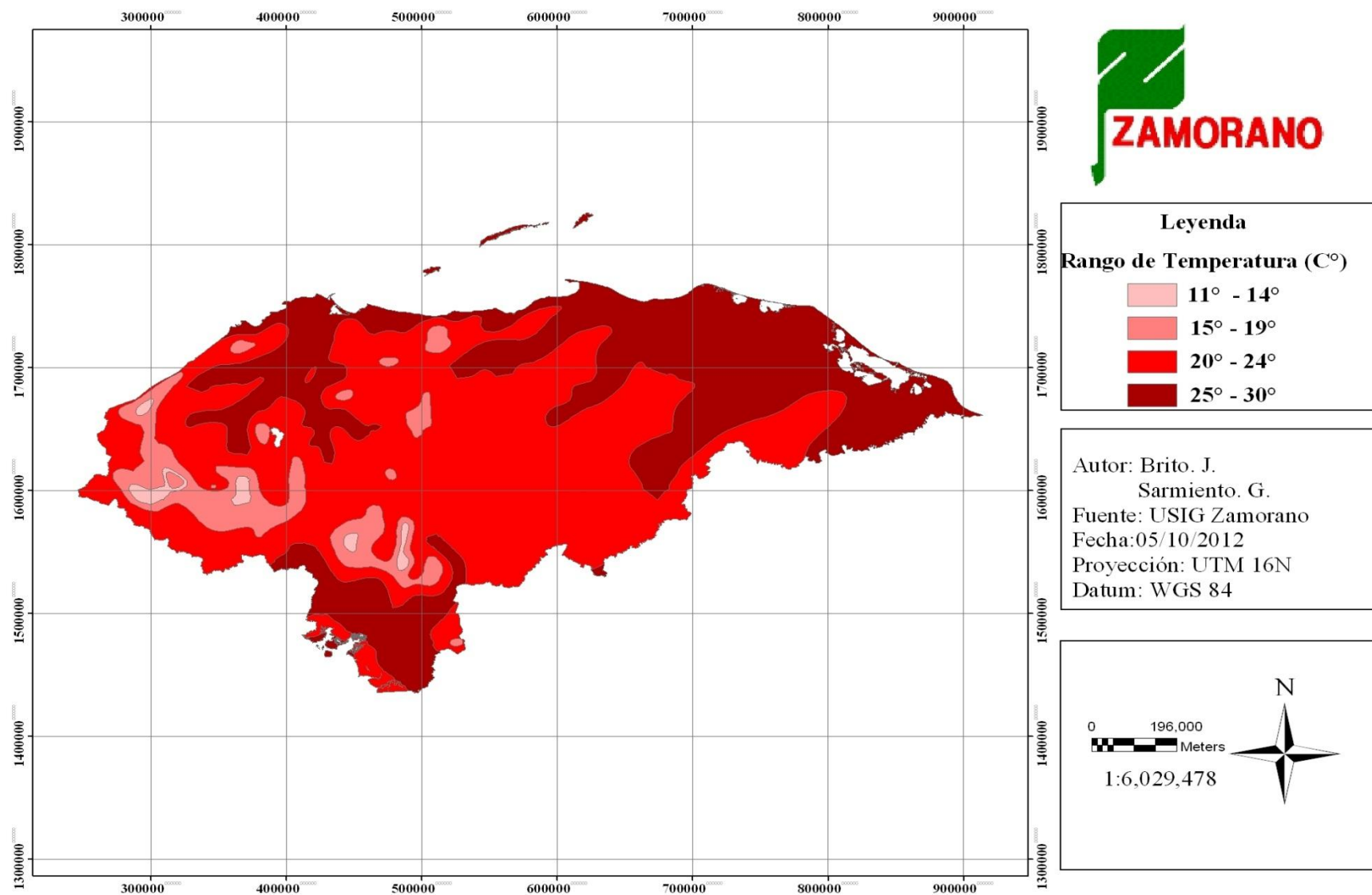


Figura 11. Mapa de temperaturas media anual de Honduras con escala de temperatura agrupada.

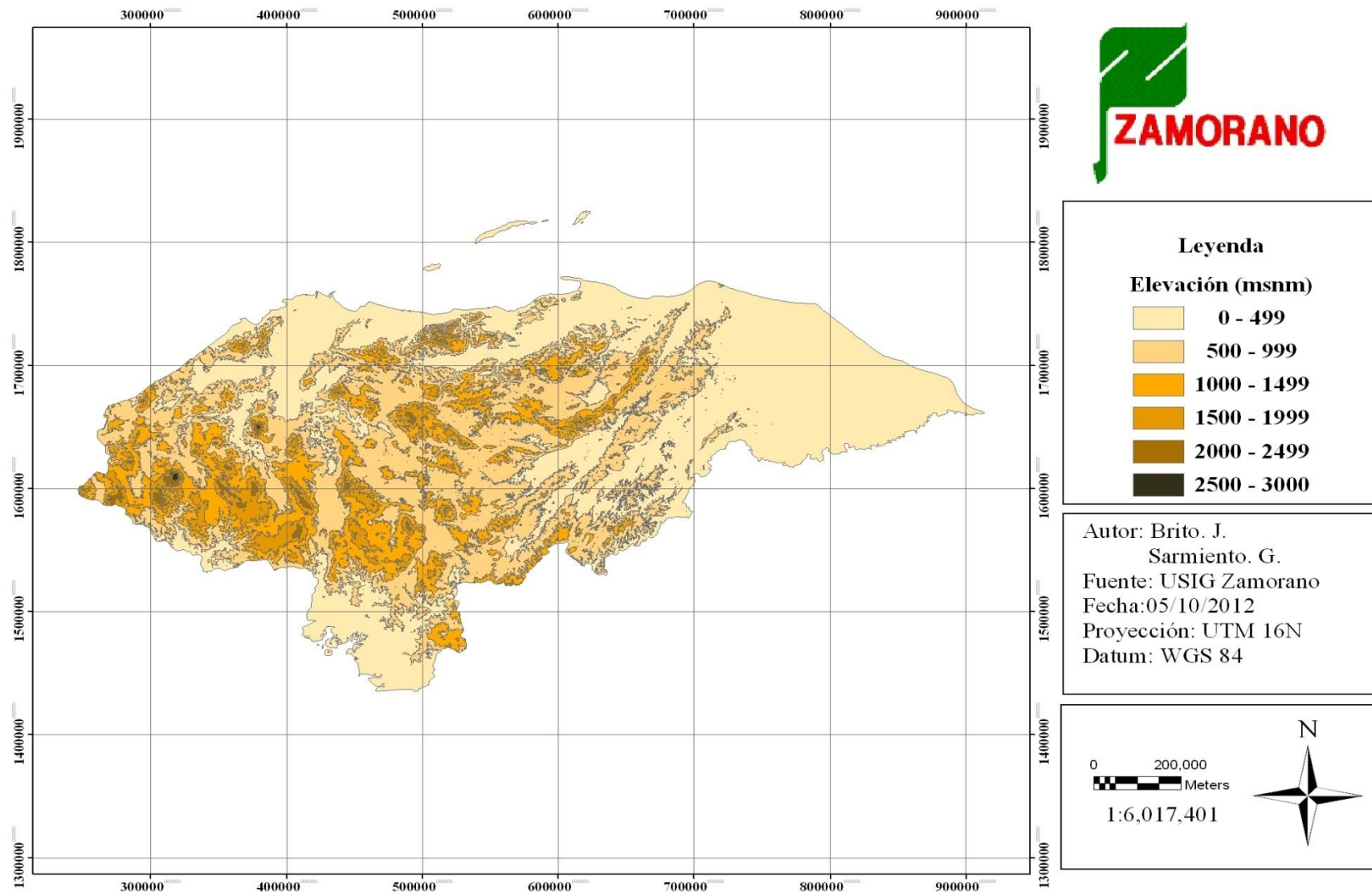


Figura 12. Mapa de elevación de Honduras con escala de elevación agrupada.

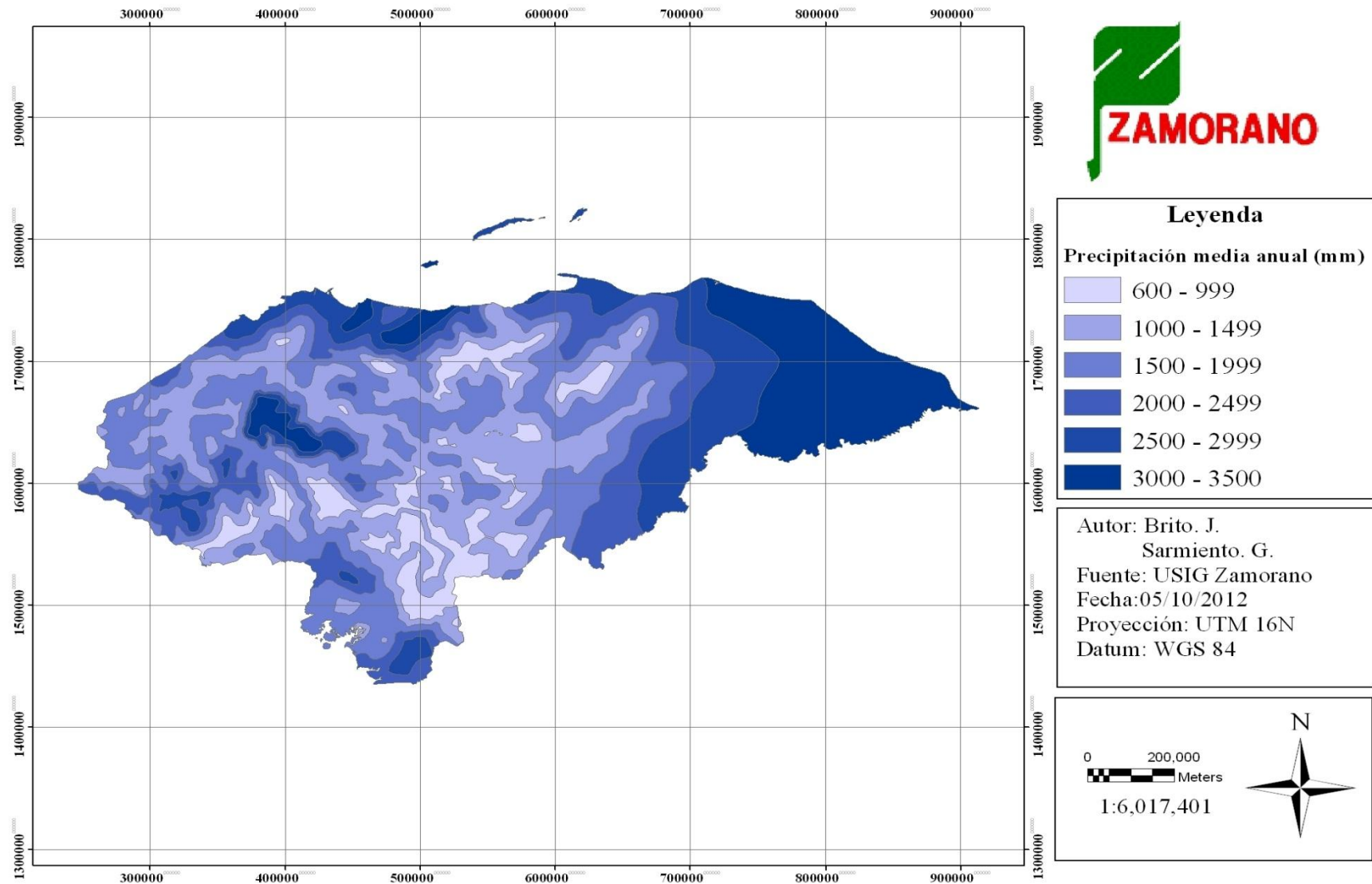
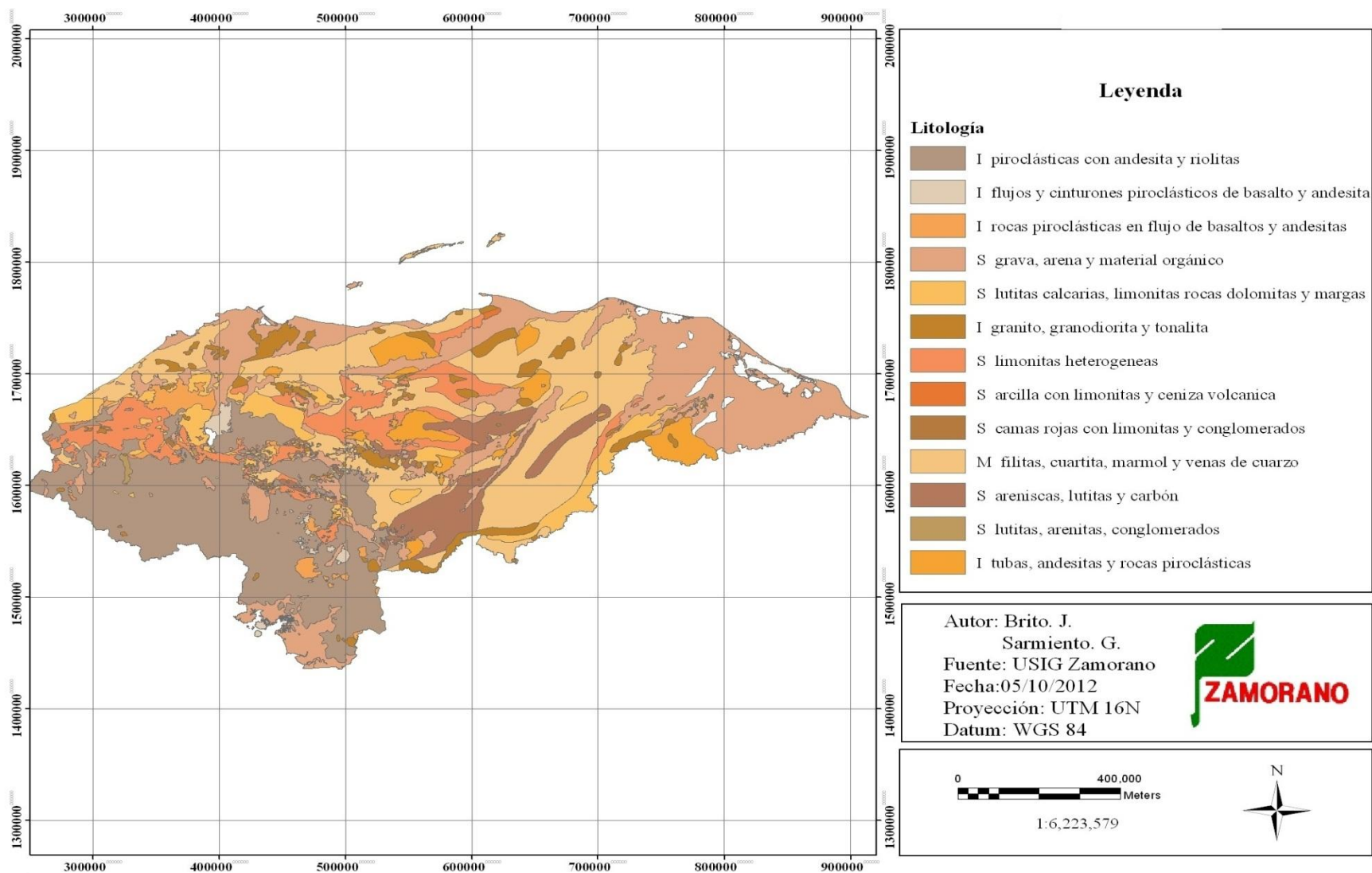
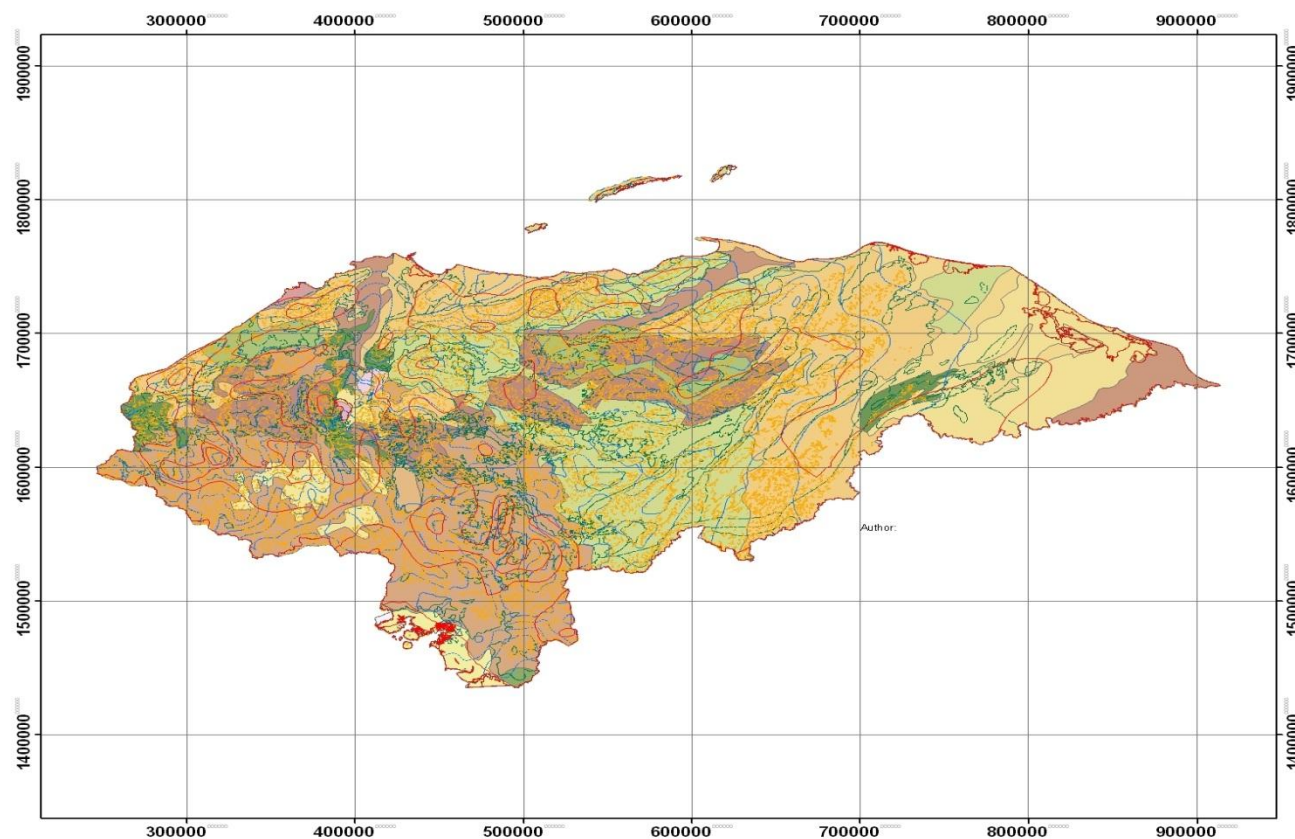


Figura 13. Mapa de precipitación media anual de Honduras con escala de precipitación agrupada.



I: Ígnea, S: Sedimentaria y M: Metamórfica.
 Figura 14. Mapa de litología de Honduras.



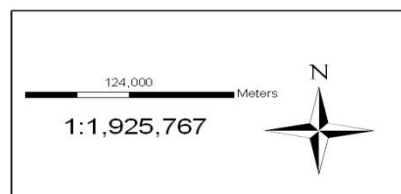
Referencia Técnica

- Temperatura
- Elevación
- Precipitación
- Geología

Tipo de Suelos

- ANh
- CMd
- CMe
- CMg
- CMu
- FLd
- FLe
- GLe
- GLu
- KSh
- LPk
- NTh
- NTu
- PHI
- RGe
- VRe
- WR

Autor: Brito J.
Sarmiento G.
Fuente: USIG Zamorano
Fecha: 06/10/2012
Proyección: UTM 16N
Datum: WGS 84



Tipo de suelos ver Cuadro 10.

Figura 15. Propuesta del mapa de suelos de Honduras basado en factores formadores del suelo.

4. CONCLUSIONES

- El estudio propuso el mapa de suelos de Honduras en el programa ArcGIS® 9.3 como simulación de la parte digital de la base SOTER.
- Se validó la base de datos SOTERLAC Honduras y el inicio del banco de datos de suelos descritos en Honduras.
- Con base en los atributos proporcionados por la base de datos SOTERLAC Honduras, se determinó la capacidad de uso de suelos.
- Se determinó la cantidad de carbón orgánico en los suelos de Honduras, siendo la profundidad de los horizontes y los componentes del color, valor y croma, las propiedades con la que se puede predecir el contenido de carbón orgánico en los suelos.

5. RECOMENDACIONES

- Actualizar el mapa de suelos cartográfico digitalizado de Honduras en la base SOTER.
- La Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras debe unir fuerzas con otras instituciones que en conjunto trabajen para que la base de datos sea expandida a todo el territorio de Honduras para esto se debe actualizar constantemente la base de datos SOTERLAC Honduras.
- Traducir técnicamente los manuales SOTER 2012 y WRB 2006-2010 para mejor entendimiento y uso en Honduras.
- Para el diagnóstico de la cantidad de carbón orgánico, incorporar mas perfiles de suelos con sus respectivos atributos a la base de datos SOTERLAC Honduras con el fin que la relación con los componentes de color de suelo sea preciso.
- Realizar estudio del potencial de almacenamiento de carbón orgánico en los suelos de Honduras.

6. LITERATURA CITADA

Buol, S., Hole, F., McCracken, R. 1991. Genesis y clasificación de suelos. 2 ed. 417 p.

Cubero, D. 2001. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de tierras. Costa Rica. 19 p.

Dobos, E., Darussin, J., Montanarella, L. 2005. An SRTM- Based procedure to delineate SOTER Terrain Units on 1:1 and 1:5 million scale. Publicación oficial de la comunidad europea. Luxemburgo. 55 p.

EUROCLIMA, Financiado por la Unión Europea. 2010-2011. ¿Qué es EUROCLIMA?, Objetivos (en línea). Consultado el 21 de Mayo 2012. Disponible en <http://www.euroclima.org/inicio>

FAO. 1998. Suelos de Honduras clasificación- FAO (en línea). Consultado el 8 Julio de 2012. Disponible en <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=33214&currTab=simple>.

FAO. 1969. Los suelos de Honduras. Informe del gobierno de Honduras. 88 p.

Ibañez, J. 2007. El suelo como sistema natural y factores formadores (en línea). Consultado el 3 de Octubre de 2012. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/11/01/77889>

Ibañez, J., Manríquez, F. 2011. Cambisoles en Latinoamerica (en línea). Consultado el 3 de Octubre de 2012. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/06/23/139458>

JRC (Joint Research Center). 2011. Hacia un atlas de suelos de Latino América y el Caribe, prioridades y acciones futuras. 10 p.

Munsell Color. 2011. How color notation works (en línea). Consultado el 4 de Octubre de 2012. Disponible en: <http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/>

Navarro, G. 2003. Química agrícola. Universidad de Murcia, España. 2 ed. 487 p.

Scrivner, C., Cooper, D. 1985. Organic carbon in soils of Missouri. University of Missouri-Columbia, College of Agriculture. 20 p.

SERNA. 2010. Cartografía Ambiental, mapa de geología de Honduras (en línea). Consultado el 8 de Julio de 2012. Disponible en <http://www.serna.gob.hn/cartografia.htm>

SINIT, s.f. Catalogo de descargas de información nacional (en línea). Consultado el 10 de Julio de 2012. Disponible en <http://www.sinit.hn/index.php/component/remository/Documentos/Cat%C3%A1logo-de-SINIT/?Itemid=>

Summer, M. 2000. HandBook of soil science. 2 ed. 631 p.

Thompson L. M., Troeh F.R. 1998, Soils and Fertility. 4ta Ed. New York, USA. McGraw-Hill Book Company. 639 p.

Trejo, M., Menjivar, L., Gauggel, C. 2010. Republica de Honduras, estado de los recursos de suelos del país y medios para incrementar su base de datos. Conferencia. Rio du Janeiro, Brasil

USDA. 2007. Major uses of lands the United States, 2007. Boletín 89. 57 p.

van Engelen, VWP., Dijkshoorn, JA. 2012. Global and National Solis and Terrain Databases (SOTER). Procedures Manual, version 2.0, draft for comments. ISRIC Report 2012/04, ISRIC- World Soil Information, Wageningen

7. ANEXOS

Anexo 1. Manual práctico para descripción de suelos según manual SOTER 2012. Descripción de suelos en campo, en la base SOTERLAC HONDURAS proporciona asignaciones o códigos para cada atributo de descripción del suelo (equivalencia con el original).

Tipo de descripción.

Código	Tipo de descripción.	
1	Descripción referencia	Reference profile description
2	Descripción de rutina	Routine profile description
3	Descripción incompleta	Incomplete description
4	Otra descripción	Other descriptions

Topografía.

Código	% Pendiente.		
W0	0-0.5%	Plano	Flat
F0	0.5-2%	Plano	Flat
G0	2-5%	Ligeramente ondulado	Gently undulating
U0	5-10%	Ondulado	Undulating
R0	10-15%	Ondulado continuo	Rolling
S0	15-30%	Moderadamente empinado	Moderately steep
T0	30-45%	Empinado	Steep
V0	45-60%	Muy empinado	Very steep
E0	>60%	Extremadamente empinado	Extremely steep

Forma de la Pendiente.

Código	Pendiente.
U	Uniforme Uniform slope
V	Convexa, zona alta con un decreciente gradiente de pendiente. Convex, upper slope with decreasing gradient upslope.
C	Cóncavo, pendiente baja con incremento de pendiente hacia los extremos. Concave, lower slope with decreasing gradient downslope.
I	Irregular (compleja) Irregular (complex) slope

Drenaje.

Código	Drenaje
E	Muy excesivamente bien drenado Excessively well drained
S	Excesivamente bien drenado Somewhat excessively well drained
W	Bien drenado Well drained
M	Moderadamente bien drenado. Moderately well drained
I	Drenaje imperfecto Imperfectly drained
P	Drenaje pobre Poorly drained
V	Drenaje muy pobre Very poorly drained

Textura del suelo.

Código	Textura
S	Arenoso
SIL	Franco Limoso
CL	Franco Arcilloso
SC	Arcillo Arenoso
SL	Arenoso franco
LS	Franco arenoso
SI	Limoso
SICL	Franco Arcillo Limoso
SIC	Arcillo Limoso
L	Franco
SCL	Franco Arcillo Arenoso
C	Arcilloso

Uso de la Tierra.

Cod.	Uso de la Tierra	
A	Tierra para cultivar	Land used for cultivation of crops
AA	Cultivos anuales	Annual field cropping
AA1	Cultivos de rotación.	Shifting cultivation
AA2	Barbecho	Fallow system cultivation
AA3		Ley system cultivation
AA4	Cultivos en seco.	Rainfed arable cultivation
AA5	Arroz en inundación	Wet rice cultivation
AA6	Cultivo en irrigación	Irrigated cultivation
AP	Cultivo perene	Perennial field cropping
AP1	Cultivo perene sin sistema de riego.	Non-irrigated perennial field cropping
AP2	Cultivo perene con sistema de riego.	Irrigated perennial field cropping
AT	Cultivo de árboles y arbustos	Tree and shrub cropping
AT1	Cultivo de árboles sin sistema de riego.	Non-irrigated tree crop cultivation
AT2	Cultivo de árboles con sistema de riego.	Irrigated tree crop cultivation
AT3	Cultivo arbustivo sin sistema de riego.	Non-irrigated shrub crop cultivation
AT4	Cultivo arbustivo con sistema de riego.	Irrigated shrub crop cultivation
E	Productos extraídos del medio ambiente.	Extraction of products from the environment
EH	Caza y pesca.	Hunting and fishing
EV	Explotación de la vegetación natural.	Exploitation of natural vegetation
F	Forestería/ silvicultura.	Forestry
FN	Explotación de bosque natural.	Exploitation of natural forest and woodland
FN1	Tala selectiva.	Selective felling
FN2	Tala completa	Clear felling
FP	Plantación forestal.	Plantation forestry
H	Manejo animal/ Ganadería.	Animal husbandry
HE	Pastura/pastoreo extensivo	Extensive grazing
HE1	Nomadismo.	Nomadism
HE2	Semi- nomadismo	Semi-nomadism
HE3	Ranchería/ ganadería.	Ranching
HI	Pastoreo intensivo	Intensive grazing
HI1	Pastoreo intensivo para producción de carne o doble propósito.	Intensive grazing - animal production
HI2	Pastoreo intensivo para ganado de leche.	Intensive grazing - dairying
M	Sistemas combinados de producción.	Mixed farming
MF	Agro-forestería	Agro-forestry
MP	Silvo-pastoril	Agro-pastoralism

P	Protección natural.		Nature protection
	PD	Control de la degradación.	Degradation control
	PD1	Control de la degradación sin intervención.	Degradation control - non-interference
	PD2	Control de la degradación con intervención	Degradation control - interference
	PN	Conservación y recreación	Nature and game preservation
	PN1	Reserva	Reserves
	PN2	Parque	Parks
	PN3	Manejo de la vida silvestre.	Wildlife management
S	Uso residencial o industrial.		Residential, industrial use
	SC	Recreación.	Recreation
	SI	Uso industrial.	Industrial use
	SR	Ciudades conurbadas.	Residential use, cities
	ST	Vías de comunicación.	Transport (roads, railways etc.)
	SX	Excavaciones	Excavations, quarries

Clase textural del epipedón.

Código	Tipo de Textura	
0	Sin textura, turba y suelos orgánicos.	no texture - peat and organic soil layers
1	Arcilla <18% Arena >65%	Gruesos coarse - clay < 18% and sand > 65%
		Medias medium - 18% < clay < 35% and > 15% sand, or clay < 18% and 15% < sand < 65%
2	Arcilla 18%-35% o <18% Arena >15% o 15%-65%	Medio Fino medium fine - < 35% clay and < 15% sand
		Fino fine - 35% < clay < 60%
3	Arcilla <35% Arena <15%	Muy fino very fine - > 60% clay
4	Arcilla 35%-60%	
5	Arcilla >60%	

Horizonte diagnostico del perfil.

Código	Horizonte Diagnostico.	
AH	Antrico	Anthric
AL	Albico	Albic
AQ	Antratico	Anthraquic
AR	Argílico	Argic
CA	Cálcico	Calcic
CB	Cambico	Cambic
CY	Cyrico	Cyric
DU	Durico	Duric
FA	Ferralico	Ferralic
FI	Férrico	Ferric
FO	Fólico	Folic
FR	Fragico	Fragic
FU	Fulvico	Fulvic
GY	Gypsico	Gypsic
HI	Hístico	Histic
HO	Hortico	Hortic
HY	Hidragrico	Hydragric
IR	Irragico	Irragric
ME	Melanico	Melanic
MO	Molico	Mollic
NA	Natrico	Natric
NI	Nítico	Nitic
PA	Plagico	Plaggic
PC	Petrocalcico	Petrocalcic
PD	Petrodurico	Petroduric
PG	Petrogypsico	Petrogypsic
PL	Plintita	Plinthic
PP	Petroplintico	Petroplinthic
PS	Pisoplintico	Pisoplinthic
SA	Salico	Salic
SO	Sombrico	Sombric
SP	Espodico	Spodic
TA	Takyrico	Takyric
TE	Terrico	Terric
TH	Tiónico	Thionic
UM	Umbrico	Umbric
VE	Vertico	Vertic
VO	Veronico	Voronic
YE	Yermico	Yermic

Estructura del suelo.

Código	Estructura
Tipo	
G	Granular
A	Bloques angulares
S	Bloques subangulares
R	Prisma
M	Masivo
B	Migajosa
P	Laminar
C	Columnar
W	Cuña
Grado	
N	Sin estructura
W	Débil
M	Moderado
S	Fuerte
Clases	
V	Muy finos
F	Finos
M	Medianos
C	Gruesos
X	Muy gruesos

Anexo 2. Formato de descripción de perfiles de suelo (SOTERLAC Honduras).

FORMATO DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELO (SOTERLAC HONURAS)																	
FECHA:		/		/		DESCRIBE					No. de Calicata						
UBICACIÓN:						O DE DESCRIPCION				1		2		3		4	
CLIMA:		PRECIPITACION PLUVIAL				DISTRIBUCION				EVAPORACION (mm)				TEMPERATURA			
UNIDAD GEOMORFOLOGICA																	
PENDIENTE		%		DIRECCION		(N,S,E,O)		FORMA DE PENDIENTE (U,V,C,I)									
TOPOGRAFIA (W0,F0,G0,U0,R0,S0,T0,V0,E0)																	
DRENAJE		E		S		W		M		I		P		V		NIVEL FREATICO	
USO DE LA TIERRA (A,E,F,H,M,P,S)																	
CLASE TEXTURAL DEL EPIPEDON					(0,1,2,3,4,5)					HORIZONTE DIAGNOSTICO							
OTROS																	
Horizonte	Profundidad (cm)		Color	Textura	Estructura			Consistencia			R. P.	Poros	Raíces	Piedra / Roca	Limite		
	superior	inferior			Tipo	Grado	Clase										
				S Arenoso	G	Granular	N	Sin estructura	V	Muy finos	Seco	Húmedo	Mojado				
				SIL Franco Limoso	A	Bloques angulares	W	Débil	F	Finos	s = suelto	s = suelto	En mojado	> 2 afectan desarrollo raíces	t= todos los tamaños	p = a ausentes	=tg= todos los grososres a = ausentes
				CL Franco Arcilloso	S	Bloques subangulares	M	Moderado	M	Medianos	b = blando	mf = muy friable	npg = no pegajoso	> 3.75	g = gruesos	v = vesicular	= mf = muy finas p = pocos
				SC Arcillo Arenoso	R	Prisma	S	Fuerte	C	Gruesos	ld = ligeramente duro	f = friable	lpg = ligeramente pegajoso	inhiben o radicular	f = finos	t = f tubulares frecuentes	= f = finas f = frecuentes
				SL Arenoso franco	M	Masivo			X	Muy gruesos	d = duro	fi = firme	pg = pegajoso		mf = muy finos	r = m reticulares muchos	= m medianas = m muchos
				LS Franco arenoso	B	Migajosa					md = muy duro	mfi = muy firme	mpg = muy pegajoso		a = ausentes		g = gruesas
				SI Limoso	P	Laminar					ed = extremadamente duro						mg = muy gruesas
				SICL Franco Arcillo Limoso	C	Columnar											
				SIC Arcillo Limoso	W	Cuña											
				L Franco													
				SCL Franco Arcillo Arenoso													
				C Arcilloso													

Textura:S,SIL,CL,SC,SL,LS,SI,SICL,SIC,L,SCL,C. Estructura: tipo: G,A,S,R,M,B,P,C,W. grado:N, W, M, S. clase:V,F,M,C,X. Consistencia: seco: s, mb, b, d, md; húmedo: s, mf, f, mf, ef; mojado: pl, pg Poros: mf, f, m, g, mg, t, v.