

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA SEGÚN EL USO DE SUELO UTILIZANDO
IMÁGENES SATELITALES, EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO
WAMPÚ EN LA ZONA SUR DE LA RESERVA DEL HOMBRE Y BIÓSFERA DEL RÍO
PLÁTANO.**

POR:

MARLON ENRIQUE NUÑEZ CORRALES

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

**ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA SEGÚN EL USO DE SUELO UTILIZANDO
IMÁGENES SATELITALES, EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO
WAMPÚ EN LA ZONA SUR DE LA RESERVA DEL HOMBRE Y BIÓSFERA DEL RÍO
PLÁTANO.**

POR:

MARLON ENRIQUE NUÑEZ CORRALES

**WENDY LEONELA CASTELLANOS
M.Sc.**

ASESOR PRINCIPAL

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A DIOS PADRE por sus bendiciones, por darme la fortaleza y perseverancia de seguir adelante, por ser el autor y ejecutor de mi vida.

A Mis Padres Marlon Baltazar Nuñez Martínez y Erika Azucena Corrales por ser el motor impulsor en mi vida, por siempre apoyarme y motivarme a seguir adelante con mis metas, por darme sus buenos consejos desde pequeño.

A Mi Hermana Marlen Jimena Nuñez por estar siempre a mi lado y formar parte de mí, por brindarme esa hermandad que siempre fueron mi impulso y fuente de aliento para poder alcanzar esta meta.

A Mi Abuela Blanca Lidia Corrales que goza de la presencia de DIOS, porque fue como una madre en mi vida, por guiarme siempre por el buen camino y darme siempre los mejores consejos de vida, por ese cariño y atención brindada.

A Mis Abuelos Juan Santiago Avilez, María Martínez, Baltazar Nuñez, por ese cariño, por los valores, por el trabajo y esa disciplina que me formaron como persona de bien hasta hoy en día.

AGRADECIMIENTO

A DIOS por ser el autor y ejecutor de mi vida, por iluminarme, darme sabiduría y fortaleza para poder alcanzar lo que ahora soy.

A mis padres **Marlon Baltazar Nuñez y Erika Azucena Corrales** porque con sus esfuerzos, sus consejos y su apoyo incondicional he podido lograr lo que he anhelado ser, por haberme formado con mucha disciplina, humildad, y porque son un ejemplo para mí

A mi tía **María Lucila Avilez** por ese cariño y afecto tan especial, es como una madre para mí.

A mi hermano **Edwin Estrada y mi hermana Marlen Nuñez**, les agradezco por su apoyo incondicional que me brindaron durante este periodo de transformación del que soy parte y por cada momento compartido, gracias por motivarme siempre.

A mis mejores amigos **Selvin Amador y Litzy Clímaco**, por ser parte de esta aventura universitaria y darme aliento siempre que lo necesité.

A mi Asesora principal **M.s.c WENDY LEONELA CASTELLANOS** quien, con su dirección, paciencia y tiempo me guio durante el proceso de investigación hasta culminar con él.

A mis asesores auxiliares **Oscar Ferreira M. Sc. y Jorge Cardona M. Sc.** Por disponer de su tiempo para orientarme con sus valiosos conocimientos y aportes para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos (as) de clases y aventuras **Mario, Fabiola, Kevin, Elmer, Nohelia, Cesar, Orlen, Marcos** por haber estado en todo momento, risas, discusiones en clases y desveladas durante nuestro proceso académico en estos inolvidables cuatro años. Así mismo al **Lic. Arlin Lagos** por haber sido ese apoyo incondicional durante el proceso de investigación y con quién compartí muchas experiencias y aprendizajes los cuales me enseñaron a ser mejor persona. De igual manera al **Msc. Norman Matute** por su apoyo en campo durante el proceso que duró el estudio.

A mis primos (as) por cada momento que hemos compartido durante mi formación.

Al proyecto Mi Biósfera por brindarme el apoyo financiero y darme la oportunidad de realizar el estudio, de igual manera a los técnicos en campo que guiaron y brindaron de su apoyo durante el proceso.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXOS.....	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. General	2
2.2. Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Pérdida y desertificación de suelo	3
3.2. Características de los suelos de Honduras.....	4
3.3. Riesgos para la erosión en los suelos de Honduras	5
3.4. Proceso de erosión hídrica.....	6
3.4.1. 3.5. Procesos hidrológicos básicos que aportan a la erosión hídrica.....	7
3.5.1. La retención superficial.....	7
3.5.2 La detención superficial.....	8

3.5.3. La infiltración.....	8
3.6. Causas y efectos de la erosión hídrica	8
3.4.2. 3.7. Pérdida del agua por escurrimiento	9
3.4.3. 3.8. Propiedades del suelo afectadas por la erosión hídrica:	10
3.4.4. 3.9. Métodos de medición de la erosión RUSLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada).....	13
3.10. Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis de imágenes satelitales para el estudio de los territorios	14
IV. MATERIALES Y MÉTODO	16
4.1. Ubicación del área de estudio.....	16
4.2. Proceso metodológico	17
4.2.1. Susceptibilidad a la erosión según el tipo de suelo y cobertura vegetal	18
4.3. Estimación de la pérdida de suelos y los niveles de erosión hídrica por medio de RUSLE 20	
4.3.1. Factor R: factor lluvia o índice de erosión pluvial	22
4.3.2. Monitoreo de la precipitación	22
4.3.3. Factor k: Erodabilidad del suelo.....	23
4.3.4. Análisis físico y de materia orgánica del suelo	23
4.3.5. Factor LS: topografía y pendiente	26
4.3.6. Factor C y P: cobertura vegetal y prácticas de conservación de suelo.....	28
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1. Tipos de cobertura vegetal y usos de suelos en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú 29	
5.2. Susceptibilidad a la erosión según el tipo de cobertura y los tipos de suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú de la zona sur de la Biosfera del Río Plátano	31
5.2.1. Dinámica de la precipitación en la zona de estudio	33

5.2.2.	características de los suelos.....	37
5.2.3.	Rango de pendiente	40
5.3.	Pérdida de suelos y los niveles de erosión hídrica en la zona de influencia del proyecto Mi Biósfera:	43
VI.	CONCLUSIÓN.....	45
VII.	RECOMENDACIÓN	46
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS		51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio de la Parte alta de la Subcuenca del Río Wampú, en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	17
Figura 2. Modelo conceptual de R.U.S.L.E. Fuente: Elaboración propia con base en Portuguesez (2014).	21
Figura 3. Triángulo textural	25
Figura 4. Nomograma de Wischmeier y Smith para determinar el factor K	26
Figura 5. Cobertura Vegetal y usos del suelo en la parte alta de la subcuenca el Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	31
Figura 6. Clasificación de suelos según Simmons, en la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	32
Figura 7. Registros de precipitación media anual en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	34
Figura 8. Precipitación media anual del año 2021 por datos obtenidos de la NASA, de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	35
Figura 9. Precipitación media anual del año 2022 por datos obtenidos de la NASA, de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	36
Figura 10. Infiltración de los suelos de la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	40
Figura 11. Pendiente de la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano	41
Figura 12. Pérdida de suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores del factor LS para pendiente.....	27
Tabla 2. Aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	28
Tabla 3. Porcentaje y área en hectárea (ha) de las macros clases de uso y cobertura vegetal del suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	29
Tabla 4. Porcentaje de materia orgánica de los suelos de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona Sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.	37
Tabla 5. Área en ha de la pendiente en la parte alta de la subcuenca del Río Wampu en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biosfera del Río Plátano.....	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Instalación de pluviómetros	51
Anexo 2. Monitoreo de pluviómetros y medición de precipitación.	51
Anexo 3. Precipitación en campo de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampu en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biosfera del Río Plátano.....	52
Anexo 4. Registros de precipitación en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.....	53
Anexo 5. Muestro de suelos (Materia orgánica, estructura, textura, infiltración).....	57
Anexo 6. Suelos de Honduras según la nomenclatura FAO WRB 2006-2010 distribuido por departamentos.	58

Marlon Nuñez 2023. Estimación de la erosión hídrica según el uso de suelo con imágenes satelitales, en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano, Dulce Nombre de Culmí, Olancho, Honduras. Tesis Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho,. 0 págs.

RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo principal de la investigación que se basó en estimar los riesgos de erosión hídrica debido al tipo de cobertura y uso del suelo, en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátan el municipio de Do, en el municipio de Dulce Nombre de Culmí, departamento de Olancho. Se ejecutó un modelo de elevación digital (DEM) para la evaluación de la susceptibilidad a la erosión con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permitieron la evaluación espacial de las diferentes variables de un modelo basado en la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo Revisada (RUSLE). Para determinar los usos de suelo y cobertura vegetal de la zona se realizó mediante la utilización de los SIG, creando un mapa a nivel de subcuenca en el software de Qgis, por medio de la capa de cobertura vegetal del Instituto de Conservación Forestal (ICF) 2020. El modelo RUSLE incluye las principales variables como son las hidrológicas (lluvia, escorrentía), la pendiente, la clasificación de tipos de suelo y la cobertura vegetal. De acuerdo con los resultados del modelo, el cambio de cobertura vegetal a cultivos incrementa directamente la susceptibilidad a la erosión por la descubierta del suelo por la ocupación del área dedicada a cultivos u otro uso de suelo. Con una cobertura de bosque de un 52.25% del área y un 42.01% de pastos y cultivos, factor influyente junto a la cobertura vegetal es la pendiente, destacando que el 53.13% es de pendiente con un grado de inclinacion de 40-60%. Dada la capacidad de los SIG se logró estimar la pérdida de suelo de la cual se estima que 2,332.57kg/ha. Año, es la pérdida de suelo anualmente por acción de la lluvia.

Palabras clave: RUSLE, Sistemas de Informacion Geografica (SIG), Suelo, Erosion Hidrica, Cobertura vegetal.

I. INTRODUCCIÓN

Según la FAO (1997) a nivel mundial los suelos productivos están siendo sujetos a acelerados procesos de degradación biológica, erosión eólica e hídrica. la erosión es un fenómeno de desprendimiento del suelo por acción de agentes como el agua principalmente y el viento (Cedeño Vargas 2011) en zonas donde la cobertura vegetal de los suelos es pobre o se encuentran en laderas y suelos donde su pendiente es muy elevada, lo cual son más propensas a este tipo de factor.

Centro América representa un gran desafío en cuanto a la pérdida de fertilidad de los suelos producto de la erosión, y a la necesidad de incrementar los niveles de producción, lo cual se ha vuelto un grave problema para el sector agrícola y para el medio ambiente (Cedeño Vargas 2011). América Latina y el Caribe presentan suelos fértiles que constituyen la base para la producción de alimentos; la degradación de estos representa una amenaza latente (Gardi *et al.* 2014)., debido a las malas prácticas que dejan los suelos desnudos propensos a procesos de degradación, más cuando estos tipos de suelos cuentan mayormente con pendientes mayor a 60° de inclinación.

la degradación de los recursos naturales en la zona sur de la Biosfera del Río Plátano, se debe a la pobreza, a las necesidades económicas, la marginalidad de la población de parte del Estado y el aumento poblacional que obliga a los pobladores al uso indiscriminado de los recursos naturales para aumentar la productividad en los suelos de la zona (Matute, 2014).

La presente investigación se basó en objetivos como identificar los procesos que originan principalmente la erosión hídrica tomando en cuenta el tipo de uso de suelo en la subcuenca del Río Wampú en la Zona Sur de la Biosfera del Río Plátano, se determinó la susceptibilidad de este y los niveles de erosión.

II. OBJETIVOS

2.1.General

Estimar los riesgos de erosión hídrica debido al tipo de cobertura y uso del suelo utilizando Sistemas de Información Geográfica, en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la Zona Sur de la Biósfera del Río Plátano.

2.2.Específicos

Determinar los usos de suelo predominantes en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Biosfera del Río Plátano.

Establecer la susceptibilidad a la erosión según el tipo de cobertura y los tipos de suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú de la zona sur de la Biosfera del Río Plátano.

Estimar la pérdida de suelos y los niveles de erosión hídrica en la zona de influencia del proyecto
Mi Biósfera

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Pérdida y desertificación de suelo

La desertificación es uno de los mayores retos medioambientales en los últimos 50 años, anudado al calentamiento global que está acelerando significativamente su evolución, como consecuencia ocasiona la pérdida de productividad y biodiversidad en los suelos, debido a un proceso interactivo en el que intervienen múltiples factores asociados a la degradación del mismo, como son el incremento de erosión, la compactación, la deficiencia de nutrientes de la tierra, la salinización, la acidificación o la pérdida de suelo respectivamente provocando que su productividad sea baja o casi nula (Burrell et al. 2020).

Latinoamérica enfrenta actualmente muchos y graves problemas, de entre los que destacan la conservación de sus recursos no renovables e indispensables en la producción de alimentos y lograr una producción que permita garantizar el abastecimiento de nuestras poblaciones y sus requerimientos nutricionales, es decir, la vida misma; la principal consecuencia de la desertificación es la pérdida de la capacidad productiva del suelo, que se da en parte por la erosión y provoca que el desarrollo de los cultivos y los nutrientes presentes en el mismo son pobres y deficientes (Gardi *et al.* 2014).

Con la intervención de la mano del hombre en el campo agrícola, viene consigo mismo la ganadería de la cual crece rápidamente y el aumento de potreros es acelerado, ocupando el lugar de la vegetación natural por tanto la deforestación del bosque latifoliado de la zona pasa a convertirse en pastizales y en zonas productivas, acabando cada vez más con el bosque de La Biósfera del Río Plátano y debido a la pérdida de cobertura vegetal está más propensa a procesos de erosión hídrica

ya que los suelos quedan a descubierta y las gotas de lluvia no tienen en que amortiguar su energía de impacto y de escorrentía aumentando el efecto erosivo de los suelos de la zona (Bastidas, 2022).

3.2. Características de los suelos de Honduras

FAO (2010) define que, tras largos años de uso incontrolado del suelo, predominan los suelos inestables con una marcada erosión; Honduras carece además de los ricos suelos volcánicos de las regiones vecinas. Por ello muchas familias rurales de Honduras conducen una existencia marginal en las laderas degradadas del interior montañoso del país y es a causa de esto que la actividad agrícola va expandiendo su territorio a áreas naturales que no han sido intervenidas, tal caso es el de la zona de amortiguamiento de la Reserva del Hombre de la Biosfera del Río Plátano (Irazoque 2015).

Los suelos productivos se están perdiendo o degradando por la erosión y malas prácticas de cultivo, lo que hace necesario notar la importancia y urgencia de lograr ser eficientes en el uso y manejo de nuestros suelos, con prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente, es necesario resaltar la importancia y urgente necesidad de hacer eficiente el uso de los recursos, en general, para los países de Latinoamérica que se ven afectados por el problema de escasez de suelos productivos debido a las malas prácticas agrícolas, tala, incendios, provocando procesos de erosión o pérdida de los suelos (Raudes y Sagastume 2009).

Las características más relevantes de cada tipo de suelo en Honduras como ser la Pendiente/relieve, la profundidad efectiva, el contenido de materia orgánica y pH/fertilidad, fueron obtenidas de la clasificación de la FAO (2007) para poder determinar su vulnerabilidad a ser degradados o desertificados, también propensos a alto grado de degradación por erosión ya sea eólica o hídrica (Irazoque 2015).

De la nomenclatura propuesta por FAO WRB 2006-2010 para los suelos de Honduras, 6 de las 16 clases están presentes en el departamento de Olancho, Dystric Cambisol, estos suelos aptos para

agricultura, se encuentran en paisajes llanos a montañosos, este tipo de suelo en montañas es necesarios conservarlos bajo bosque ya que son menos fértiles, Dystric Fluvisol, estos suelos se encuentran en planicies aluviales, abanicos de ríos y valles, tienen buena fertilidad natural y una saturación de base menor al 50% (Anexo) (Irazoque 2015).

Eutric Fluvisol, estos suelos se encuentran en planicies aluviales, abanicos de ríos y valles, tienen buena fertilidad natural y una saturación de base mayor al 50%. Los suelos Haplic Kastanozems, son saturados, presentes en áreas deprimidas y en posiciones bajas de paisaje, la saturación de bases es mayor al 50%; Calcic Chernozems, estos suelos cuentan con una capa superficial gruesa, son ricos en materia orgánica y se encuentran en planicies llanas a onduladas, son vulnerables a lo que son procesos de erosión, tienen presencia de concentraciones cálcicas; Umbric Nitosol, este tipo de suelo son bien profundos, se presentan en tierras llanas y colinas bajo bosques lluviosos, tienen resistencia a procesos de erosión ya que tiene buen drenaje (Irazoque 2015).

3.3.Riesgos para la erosión en los suelos de Honduras

Honduras es un país altamente montañoso, en el que aproximadamente el 72 por ciento del territorio del país tiene pendientes mayores al 15 por ciento, y más del 40 por ciento, pendientes mayores a 30 por ciento, provocando así el incremento de la vulnerabilidad, dejando los suelos propensos a la degradación por de la deforestación, la sobre explotación de los mismos de vocación forestal y la agricultura en laderas con uso de tecnologías inapropiadas, haciendo constar que el país se dedica a la agricultura en gran parte (Guardado y Quevedo 2019).

Con respecto a Soria (2015) se han hecho previos estudios en los que determinaron que el 38 por ciento de la superficie de Honduras se mantiene bajo el nivel aceptable de pérdida de suelo y que, en total llega a perder 234,089,900 toneladas anuales de suelo a causa de la erosión hídrica, por el hecho de las malas prácticas tanto agrícolas, como forestales (Guardado y Quevedo 2019).

3.4. Proceso de erosión hídrica

En un sentido geomorfológico, el término erosión (y los términos asociados de remoción y transporte) se utiliza habitualmente en referencia a una unidad paisajística concreta, como por ejemplo una ladera o una cuenca. Cuando el transporte de las partículas erosionadas se produce más allá de la unidad donde ha tenido lugar la erosión, es costumbre no utilizar el término erosión (o transporte) y pasar a hablar de producción de sedimento. La erosión y la producción de sedimento se cuentan entre los procesos geomorfológicos de mayor riesgo potencial debido a su gran extensión superficial, y se reconocen como una cuestión clave para la conservación del medio ambiente en el siglo XXI (Alatorre y Beguería 2009).

Para Suárez (2001), es el tipo de erosión producida por el agua, el proceso puede ser analizado iniciando por el desprendimiento de las partículas de suelo, debido al impacto de las gotas de lluvia y al mismo tiempo ocurre el proceso de flujo superficial o escorrentía, la cual hace que las partículas removidas sean incorporadas a la corriente y transportadas hacia abajo (Amenaza y Geol 2011). Por lo tanto, la erosión hídrica es uno de los fenómenos más significativos de degradación del suelo a nivel mundial, provocando serios impactos ecológicos y elevados costos económicos y sus efectos sobre la producción agrícola, la infraestructura y la calidad del agua (Saqueira et al. 2019).

Entre los principales factores que controlan la erosión hídrica, están la precipitación, la cobertura vegetal, la topografía y las propiedades del suelo son parte de ello. Estos efectos interactivos determinan la magnitud y la tasa de erosión del suelo, mientras más larga e inclinada es la pendiente, el suelo será más afectado por la erosión y en cuanto mayor sea la capacidad de transporte del escurrimiento bajo una intensa lluvia, ello resultará en una mayor tasa de pérdida de suelo producto de la erosión. La cobertura vegetal juega un papel importante ya que mejora su resistencia al aumentar su contenido de materia orgánica, estabiliza su estructura y promueve la actividad de macro y microorganismos (Camargo *et al.* 2017).

Las consecuencias de la erosión del suelo y la producción de sedimento tienen lugar tanto en el sitio donde se genera como fuera de él, provocando efectos negativos, el cual el mas importantes se presenta en los suelos agrícolas, donde la redistribución y pérdida de suelo, así como la ruptura de la estructura y el descenso del contenido de materia orgánica y nutrientes hace que se reduzca la profundidad cultivable y la fertilidad del suelo, promoviendo la dependencia de los fertilizantes e incluso el abandono de terrenos agrícolas y expandiéndose así en terrenos donde no se ha empleado ningún tipo de proceso ya sea agrícola u otra actividad antropogénica (Alatorre y Beguería 2009).

Por tanto, la erosión afecta la capacidad de retención de agua por las alteraciones en el contenido de materia orgánica y en el porcentaje de partículas menores (arcilla) del suelo y no solo eso, también provoca la disminución del contenido de materia orgánica y alteraciones en la densidad del suelo. Por otro lado, el aspecto de pérdidas de nutrientes y de materia orgánica debe ser considerado con especial atención en el caso de los agricultores de escasos recursos que no están en condiciones de realizar la reposición de nutrientes perdidos para mantener el nivel de fertilidad del suelo y es a causa de esto que en su mayoría se vuelven dependiente de fertilizantes u otros productos de síntesis química siendo en parte un problema económico para los pequeños productores (FAO 1993).

3.4.1. 3.5. Procesos hidrológicos básicos que aportan a la erosión hídrica

En vista de que los principales agentes causantes de la erosión hídrica son la energía cinética de las precipitaciones y el agua que circula por la superficie, que con una cierta velocidad crítica desprende y pone en movimiento a las partículas del suelo provocando así que los estos se erosionen. El escurrimiento superficial es uno de los principales componentes del ciclo hidrológico que en parte provoca la erosión hídrica en los suelos con poca cobertura vegetal o que se encuentran en laderas que son más propensos a este fenómeno (Cisneros *et al.* 2012).

3.5.1. La retención superficial en efecto, hace referencia al agua retenida en micro depresiones de la superficie del suelo, es decir parte de lluvia retenida por la vegetación, por lo que la cantidad

del agua retenida dependerá de la porción de cobertura del suelo, por consiguiente, parte de la precipitación que no aparece ni en forma de infiltración ni de escorrentía superficial durante el período de precipitación o inmediatamente después. Sin embargo, incluye interceptación por la cobertura vegetal, almacenamiento en depresiones, y evaporación durante la precipitación, pero no incluye el almacenamiento superficial (Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales 2011).

3.5.2 La detención superficial, es el agua detenida temporalmente sobre la superficie, es decir que una vez puesta en movimiento es frenada por obstáculos y se almacena ya sea en la materia orgánica del suelo mismo. Su movimiento es necesario para que ocurra el escurrimiento, por lo tanto, podría ser considerada como una componente del escurrimiento, más que como un proceso separado en efecto, podemos decir que la detención del agua contribuye a que los fenómenos de escorrentía estén más dispersados, retrasándolos y suavizándolos para frenar el impacto de este al suelo tratando de evitar procesos de erosión (Cisneros *et al.* 2012).

3.5.3. La infiltración, es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo, tomando en cuenta que es una medida de la capacidad del suelo de absorber la precipitación o la irrigación. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie. La tasa de infiltración puede medirse usando un infiltrómetro (Úbeda y Delgado 2018).

3.6. Causas y efectos de la erosión hídrica

Cuando la tasa de precipitación es mayor que la tasa de infiltración del suelo, el agua se acumula y comienza a crear la escorrentía, generando desprendimiento y transporte adicional de partículas por la fuerza del agua en movimiento, dicho lo anterior nos referimos a la erosión hídrica en la cual depende de los patrones de precipitación, las propiedades del suelo, la pendiente y la cobertura vegetal. En general, la erosión más grave se produce cuando las lluvias son de duración relativamente corta, pero de alta intensidad. La fuerte acción de las gotas de lluvia sumada a una

cantidad de agua mayor a la que el suelo puede infiltrar puede producir grandes volúmenes de escorrentía superficial y pérdida de suelo provocando así la erosión de los mismos (Robins 2016).

En muchos casos, el problema de la erosión tiende a ser ignorado, ya que sus efectos en la calidad y productividad de los suelos pueden ocultarse por el uso de variedades altamente productivas o por la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas, pero a su vez originan problemas adicionales de contaminación, contribuyen a la pérdida de actividad microbiana del suelo, la destrucción de hábitats naturales y aumentos en los costos de producción y los suelos se vuelven dependientes de estos productos para hacer que los cultivos puedan dar su cosecha (Hincapie y Ramírez 2010).

La productividad del suelo debería ser mantenida y mejorada en todo momento; en este caso se presentan dos características fundamentales que se deben cumplir, de las cuales el crecimiento o desarrollo del cultivo será limitado y la productividad de los suelos no será sostenible: por ejemplo, la disponibilidad de agua en el suelo, con óptimas proporciones de espacios de poros y sólidos con buen drenaje, es fundamental para que estas completen su ciclo de crecimiento. Por otro lado, los suelos dañados, se deben mejorar para obtener una máxima porosidad, mantenerla adecuadamente y, mantener su capacidad de autorrecuperación biológica ya que son formas efectivas de mejorar la producción de los cultivos en las zonas en que el agua de lluvia es un factor limitante (Francís y Barber 2005).

3.4.2. 3.7. Pérdida del agua por escurrimiento

Se presentan fenómenos como la pérdida de agua en los suelos cuando el escurrimiento del agua se desencadena, siempre que la intensidad de las precipitaciones sobrepasa la capacidad de absorción del suelo. En Honduras, se presentan tiempos de lluvias en los que son escasas, la evaporación mucho mayor y si llegan “aguaceros” locales no significan mucho aparte de refrescar un poco el ambiente; como la humedad del suelo es poca o nula antes de la lluvia, tendrá más

dificultad para humedecerse, la evaporación seguirá siendo muy alta, por lo que difícilmente podrá retenerse y se producirá pérdidas de la misma (Briones 2008).

En efecto, cuando los procesos de erosión son severos, producto del escurrimiento o escorrentía durante la formación de cárcavas, se arrastra material del subsuelo que se puede depositar sobre un terreno productivo, afectando negativamente su capacidad de producción, ya que queda enterrado el suelo de buena calidad. Un problema asociado al mal manejo del suelo; es que al degradarse significativamente este no es capaz de seguir produciendo, por lo que esto genera en gran parte que los agricultores deban recurrir a expandir la frontera agrícola, reduciendo áreas naturales importantes para la diversidad y la conservación y no solo eso, sino que se vuelven en mayormente dependientes de insumos agrícolas provocando la pérdida de la vida microbiana del suelo dejándolo pobre en ese sentido (Abi 2012).

La mayoría de los sedimentos transportados por el escurrimiento pueden llegar a arroyos que desemboquen en lagos, lagunas o presas. Lo cual disminuye la capacidad de almacenamiento al entrar en un embalse, la capacidad de transporte de las aguas del río se limita facilitando así la sedimentación de los materiales acarreados. La mayor parte del material, especialmente el de mayor tamaño, queda enseguida depositado en la zona de la cola formando cuerpos de espesores y forma variables, sometidos a procesos de retrabajamiento en función de las variaciones del nivel del embalse (Casamor y Calafat 2018).

3.4.3. 3.8. Propiedades del suelo afectadas por la erosión hídrica:

a) Materia orgánica

Es considerada una propiedad estrechamente relacionada con las alteraciones dentro del perfil, ya que la pérdida de suelo superficial producto de la erosión, afecta negativamente al suelo, pues en los primeros horizontes se presenta la principal reserva y disponibilidad de nutrientes, microorganismos y materia orgánica.

la principal causa de la pérdida de materia orgánica del suelo es el transporte de sedimentos por escorrentía; causado por la fuerza del impacto de las gotas de agua produciendo así un impacto erosivo producto de la lluvia en terrenos con pendientes pronunciadas y sin capa de cobertura vegetal (Miranda y Pacheco 2019).

La pérdida de la materia orgánica repercute sobre diferentes funciones del suelo como la transformación, reciclado y posterior asimilación de los nutrientes por las plantas. Por lo tanto, el uso intensivo del suelo y la aplicación de tecnología inadecuada se constituyen en las principales causas de la ocurrencia de estos procesos de degradación biológica y pérdida de materia orgánica en suelos agrícolas (Piscitelli 2015).

b) Estructura

La forma y la estabilidad de la estructura del suelo juegan un papel importante en la aireación, el almacenamiento y el flujo de agua y nutrientes, de manera que la agregación y los cambios de estructura por efecto del cultivo no son aplicables en cualquier tipo de suelo, tomando en cuenta que los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, de agua y de nutrientes a través de los espacios porosos, y ofrecen una resistencia natural a los suelos del uso agrícola intensivo y del impacto de la lluvia y del viento. Por lo tanto, se puede considerar que el tamaño, la forma y la organización del conjunto de poros y agregados son factores clave de la calidad del suelo (Meza y Geissert 2003).

Ahora bien, la estructura de los suelos condiciona diversas propiedades de este como, por ejemplo: la porosidad, permeabilidad, etc. Por lo tanto, la estructura se encuentra siempre cambiante, bajo la influencia de las fuerzas mecánicas y del movimiento del agua originada por la lluvia, la evaporación, la congelación, la descongelación y la fuerza del viento. También se refiere a la forma en la que el suelo está compuesto y al modo en que se encuentran dispuestas sus diversas partes (Santana 2011).

c) Textura

Los suelos están compuestos por fracciones y partículas minerales de diferentes tamaños, en las que las más gruesas se denominan arenas, las medianas son los limos y las más pequeñas son las arcillas. El conjunto de estas es el componente sólido y es lo que se denomina textura del suelo y en función de su composición los suelos poseen diferente capacidad de retención de humedad, que depende también del contenido de materia orgánica presente, aspectos fundamentales que son básicos para la técnica y buenas prácticas del riego e influye en la capacidad de producción de los cultivos (Ciancaglin 2017).

Mientras que la textura de un suelo es la proporción relativa de los diferentes componentes minerales que posee como ser la arena, el limo y la arcilla, la estructura hace mención a la agrupación o unión de partículas individuales de suelo que forman lo que son agregados o terrones, ahora bien, dentro de las características de los suelos que más incidencia tienen en la erodabilidad, la textura es muy relevante, puesto que condiciona la infiltración del agua en el suelo, es sabido que los suelos con textura franco arenosos son buenos infiltradores y cuentan con una buena capacidad de retención del agua, sobre todo si se les compara con aquellos de textura gruesa como los arcillosos (Bascuñan 2010, Escobar 2019).

d) Permeabilidad

Es la capacidad del suelo para permitir que el fluido de agua atraviese sin alterar su estructura interna, es decir, la facilidad con la que el agua pasa a través de los poros, esta tiene un efecto decisivo sobre el costo y las dificultades a encontrar en muchas operaciones constructivas y principalmente como lo es en esta caso, en áreas de suelos agrícolas, por ejemplo, en los cultivos de granos básicos, hortalizas o huertos familiares, de allí la importancia de su estudio y determinación según sea la facilidad del fluido del agua por el mismo (Amgelone *et al.* 2006).

3.4.4. 3.9. Métodos de medición de la erosión RUSLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada)

Morgan (1997) define que las medidas de campo son las más fiables para conseguir datos más reales. Las medidas de campo pueden clasificarse en dos grupos: las diseñadas para determinar las pérdidas de suelo en áreas relativamente pequeñas (parcelas de erosión) y las diseñadas para evaluar la erosión en áreas más grandes, como una cuenca hidrográfica. En el caso de los métodos de predicción, la ecuación analítica RUSLE es uno de los modelos mayormente usados a nivel mundial (Irias 2013).

En la actualidad se emplea prioritariamente RUSLE, una versión revisada del modelo original USLE. Oñate (2004) menciona que la ecuación RUSLE permite predecir las pérdidas de suelo a largo plazo para un sistema específico de manejo, mediante la RUSLE se determinan sectores críticos, en los que la pérdida de suelo puede sobrepasar los rangos tolerables, permitiendo además elegir la práctica de control de la erosión hasta un nivel de pérdida de suelo tolerable (Guío 2019).

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada está definida por una ecuación que hace referencia a cinco factores:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A: es la pérdida media anual de suelo por unidad de área, se obtiene multiplicando factores como: ton/ha/año.

R: es el factor lluvia o índice de erosión pluvial, es una medida de la fuerza erosiva de la lluvia, valor que expresa la sumatoria de los índices de erosión, de todas las tormentas ocurridas en un periodo de tiempo determinado.

K: Erodabilidad del suelo. Es la pérdida de material por unidad de índice erosivo, para un suelo determinado, se expresa con la siguiente ecuación: tn. ha.h/ha.MJ.mm .

LS: L es el factor longitud de pendiente (adimensional), S es la pendiente (adimensional).

C: Factor de cobertura vegetal.

P: Factor prácticas de conservación de suelo utilizadas. (Guío 2019).

3.10. Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis de imágenes satelitales para el estudio de los territorios

Los datos sobre la erosión del suelo y los factores que la controlan pueden obtenerse mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), algunos datos en campo para corregir los datos satelitales, aunque también es posible obtener datos de pérdida de suelo, mediante los métodos de predicción (Irias 2013).

Los SIG, son herramientas que facilitan de cierta manera el trabajo, desde un punto de vista técnico-metodológico, desarrollados en el ámbito de la Geografía, ocupan actualmente un lugar preponderante al ingresar en el ámbito de la planificación vinculando tecnologías existentes y ampliando sus posibilidades a través de la incorporación de conceptos y métodos geográficos aplicados en el análisis espacial de contexto digital (Baxendale y Buzai 2017)

Por otra parte, cualquier ciencia relacionada con el espacio, en especial la geografía, analiza el territorio a través de distintas capas temáticas por medio de los SIG (el suelo y sus usos, los términos municipales, la red hidrográfica, el sistema de asentamientos, las infraestructuras, carreteras, ferrocarriles, la distribución de equipos y servicios entre otros), en efecto está compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación de una manera un poco más fácil y práctica (López *et al.* 2019).

Vrieling (2006), hace referencia a que durante los últimos treinta años, muchos estudios basados en la interpretación de imágenes satelitales para evaluar la erosión de los suelos han sido publicados y clasificados en tres categorías: detección de erosión, evaluación de factores que controlan la erosión y creación de mapas de erosión integrando datos, paso esto es que hoy en día la tendencia ha continuado y el uso de las imágenes satelitales es vigente, de modo que para medir la erosión del suelo, las imágenes Landsat han posibilitado el desarrollo de diversos estudios de la ocupación del suelo, como insumo a los modelos USLE o RUSLE para la estimación de la erosión del suelo (Camargo *et al.* 2017)

Con el empleo de los SIG al estudio, es posible la integración de fuentes diversas, tales como elementos cartográficos, datos estadísticos, base de datos tradicionales, fotografías aéreas e imágenes satelitales, ya que proporciona una gran variedad de modelados cartográficos con una mínima inversión de tiempo y dinero, estos modelos conceptuales pueden ser probados rápidamente y repetidas veces facilitando su evaluación; la adquisición, procesamiento, análisis, modelados y los procesos de tomas de decisiones son integrados en un contexto común de flujo de información y así los análisis de modificaciones pueden ser ejecutados eficientemente (Camargo *et al.* 2017).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú de la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano (RHBRP), que se ubica en la región nororiental de Honduras, entre los departamentos de Colón, Gracias a Dios y Olancho, cuenta con una extensión. El estudio se ejecutó específicamente en la zona de amortiguamiento, en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú con una extensión de 4,3429 ha en la zona de influencia del proyecto Mi Biósfera (Figura 1).

La subcuenca del Río Wampú se encuentra en la parte alta de la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano (RHBRP). Para la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano se registra una precipitación que aumenta diagonalmente de 1,800 mm en el suroccidente a 2,600 mm en el nororiente de la reserva, la mayor parte del territorio alcanza una temperatura de 23 a 25°C, con una precipitación mayor en los meses de mayo y noviembre, presentandose epocas secas entre los meses de febrero y abril, según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1962) la Reserva corresponde en un porcentaje amplio al bosque húmedo tropical y muy húmedo subtropical, anudado a esto, en la zona estudiada se proyecta una cobertura vegetal de bosque latifoliado y una transición de bosque de conífera a bosque latifoliado (Rodríguez 2019).

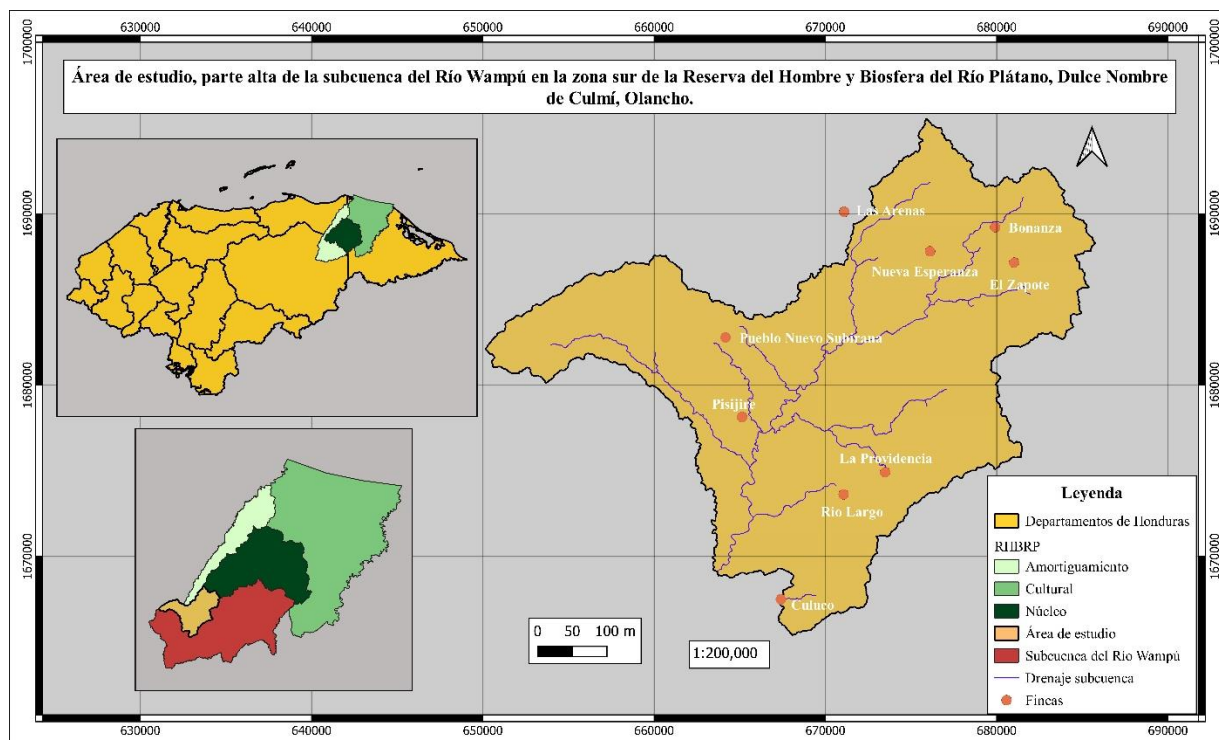


Figura 1. Área de estudio de la Parte alta de la Subcuenca del Río Wampú, en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

4.2. Proceso metodológico

La metodología empleada en el estudio se basó en la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que posibilitan el análisis en áreas de mayor tamaño en la superficie terrestre, lo que permitió la identificación e interpretación de los principales agentes que provoca erosión en el suelo, tales como la precipitación y los usos de suelo.

Dada la capacidad de representación cartográfica, interpretación y ahorro de tiempo en análisis, SIG permitió la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE). Con esta herramienta se realizó el traslape de capas de información, para obtener unas nuevas capas con datos derivados del cálculo entre las anteriores para obtener los componentes de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) en la que ayudó a estimar la erosión del suelo

presente en la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

Para georreferenciar los puntos de muestreo tanto para muestras de suelo como precipitación para definir el lugar de instalación de los pluviómetros caseros que fueron base para la toma de datos de precipitación, se usó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), cada pluviómetro se hizo a base de botellas plásticas recicladas de 2 litros, cabe destacar que cada botella de refresco de 2 litros, tiene una altura total de 31.5 cm y un diámetro de 11 cm., por lo que cada pluviómetro generado fue instalado en las fincas intervenidas por el proyecto Mi Biósfera.

Para realizar el mapa de pendiente se usó un Modelo Digital de Elevación (DEM) del cual se usaron tres herramientas: r.fill.dir, watershed, r.water.outlet, de la cual después de usar estas herramientas se procede a crear un vector a partir de este ráster. Para el cálculo de la pendiente se realizó con el Modelo Digital de Elevación para hacer una extracción por máscara con el vector de la subcuenca y así poder calcular la pendiente, se hizo una reclasificación por tabla con rangos de 0-20, de 21-40, de 41-60, mayor que 60, se reclasificó de acuerdo a los colores del semáforo para identificar el grado de la pendiente (verde, amarillo y rojo); se usó la capa de departamentos para apreciar la ubicación de la zona de la Reserva del Hombre y Biosfera del Río Plátano y luego hacer los mapas en modo presentación.

4.2.1. Susceptibilidad a la erosión según el tipo de suelo y cobertura vegetal

La susceptibilidad a la erosión se estableció con factores influyente como lo es: cobertura vegetal, pendiente, tipos de suelo y registros de precipitación. Dado que la cobertura vegetal es un causante principal influyente en el comportamiento frente a la susceptibilidad a la erosión hídrica, tomando en cuenta el porcentaje de la cubierta del suelo de las microcuencas presentes en la zona de estudio. Por otro lado, se utilizó la capa de suelos de Honduras propuesta por Simmons (1934), para identificar los tipos de suelo presente en la zona.

Se utilizó el software de Qgis en su versión 3.22.16 para la clasificación de los usos de suelos de la cual se realizó a través del complemento *Semi-automatic Classification Plugin de Qgis*, mediante una clasificación supervisada, se usó la capa de suelos Simmons para identificar los diferentes tipos de suelo.

La clasificación de los tipos de suelos se realizó mediante la utilización de la capa de suelos de Honduras propuesta por Simmons que se utilizó para su definición de suelo en la zona del área de estudio. La clasificación permitió identificar los sitios donde exista la tendencia hacia la erosión tomando en cuenta las características que presentan los tipos de suelo presentes en la zona, características como materia orgánica, textura, estructura e infiltración, ya que son factores que inciden en el comportamiento en cuanto a la susceptibilidad a la erosión hídrica.

El comportamiento de las precipitaciones presentes influyen directamente en la susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos, por tanto se obtuvieron registros históricos de precipitación de la zona, para manifestar el proceder de que tan vulnerables están los suelos en cuanto a la erosión producto del impacto de las cantidades de lluvia que se presenten en la zona, cabe mencionar que durante el estudio se obtuvo datos en campo del cual da una idea de que tan susceptibles son los suelos en un tiempo corto (tres meses), partiendo de estos datos se realizó un mapa en el cual se muestra la orientación tanto de registros históricos de precipitación como datos obtenidos manualmente en campo.

Para definir las macro clases de usos de suelos se tomó como referencia el mapa de cobertura forestal del Instituto de Conservación Forestal (ICF) 2020, para obtener una capa nueva se realizó con el uso del mapa de cobertura vegetal proporcionado por el proyecto mi Biosfera a partir de Imágenes satelitales de Sentinel 2 de 2020, cada pixel equivale a 10 x 10 m, del cual cubrió la zona de estudio para poder así hacer un reclasificado por 5 macro clases como ser: pastos y cultivos, zona urbanizada, sin vegetación y agua, para diferenciar cada macro clase se le atribuyó una simbología tipo valores únicos, se obtuvo el porcentaje de cada macro clase haciendo un *r.report* para luego aplicar una regla de 3 y obtener el porcentaje del área de cada macro clase a identificar.

Para poder determinar el grado de susceptibilidad de los suelos partiendo de la cobertura vegetal, tipo de suelo y precipitación, es fundamental saber la topografía del suelo, por tanto, manejar el grado de inclinación de la pendiente fue uno de los datos que sirvió para poder estimar que tan susceptible son estos suelos; la pendiente fue calculada utilizando un modelo digital de elevación con rangos de 0-20, 21-40, 41-60, >60, del cual se hizo una reclasificación para la pendiente haciendo un *r.report* para luego aplicar una regla de 3 y obtener el porcentaje de pendiente de cada rango.

4.3. Estimación de la pérdida de suelos y los niveles de erosión hídrica por medio de RUSLE

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

En cuanto a la estimación de la pérdida de suelos y los niveles de erosión hídrica en la zona de influencia del proyecto Mi Biósfera se utilizó lo que es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE) que permitió estimar la erosión actual y la potencial de los suelos, en la que se destaca la importancia del uso de los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), mencionando que la combinación de SIG con RUSLE conforma un claro indicador para estimar las tasas de erosión en la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la Zona Sur de La Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano. Ahora bien, RUSLE permitió estimar la erosión actual y la potencial de los suelos con la ayuda de los SIG, esta ecuación se expresa así:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A: es la pérdida media anual de suelo por unidad de área, se obtiene multiplicando factores como: ton/ha/año.

R: es el factor lluvia o índice de erosión pluvial, es una medida de la fuerza erosiva de la lluvia, valor que expresa la sumatoria de los índices de erosión, de todas las tormentas ocurridas en un periodo de tiempo determinado.

K: Erodabilidad del suelo. Es la pérdida de material por unidad de índice erosivo, para un suelo determinado.

LS: L es el factor longitud de pendiente (adimensional), S es la pendiente (adimensional).

C: Factor de cobertura vegetal.

P: Factor prácticas de conservación de suelo utilizadas (Guío 2019).

En dicha fórmula se tiene que LS son factores que no se pueden modificar, a diferencia de C y P que representan acciones que minimizan o potencian la erosión de los suelos. A su vez, para estimar los diferentes tipos de erosión se agregan factores a la ecuación general, tal como es la erosividad de la lluvia (R), que en un principio son catalogados como factores que tampoco se pueden modificar.

Para la aplicación del método denominado Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE) se procederá de acuerdo al esquema (Figura 2).

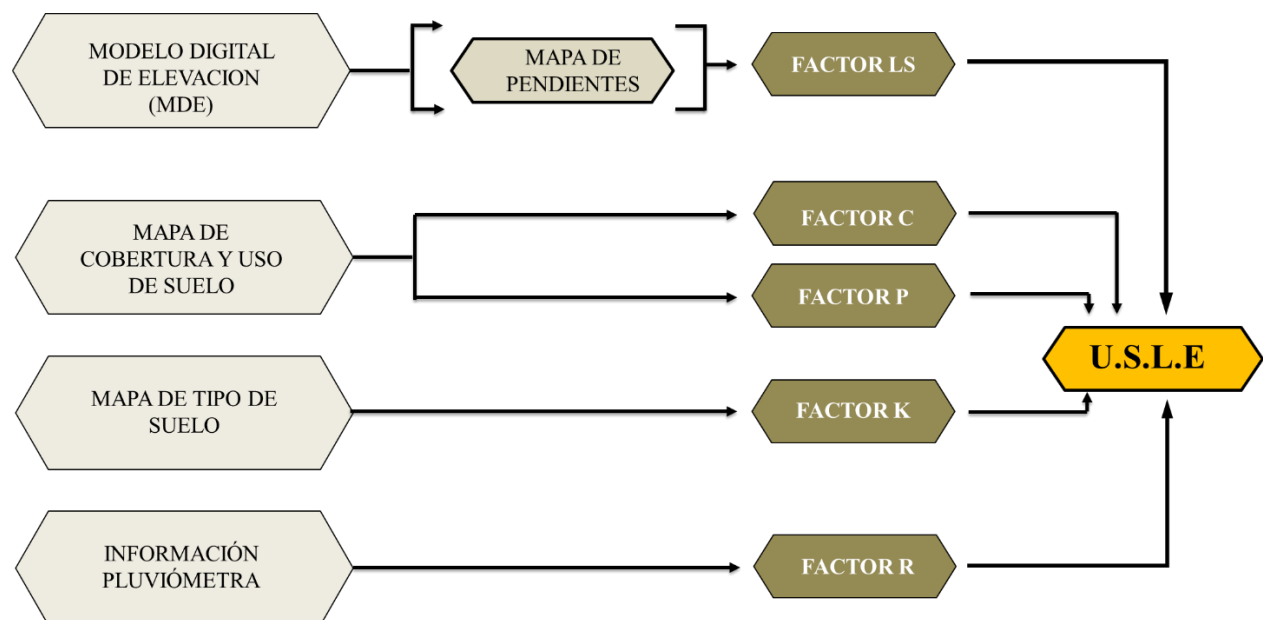


Figura 2. Modelo conceptual de R.U.S.L.E. Fuente: Elaboración propia con base en Portuguesez (2014).

4.3.1. Factor R: factor lluvia o índice de erosión pluvial

En un estudio realizado en Honduras por Ikhailav *et al.* (1995) llamado reducción de la erosividad de la precipitación en Honduras, estos autores proponen una ecuación para calcular el factor R a partir de la precipitación y la elevación media del área de estudio. Tomando en cuenta la ecuación de cálculo:

Para el cálculo del factor R, Roose (1995) calculó el factor R, mediante la ecuación:

$$R_i = -699.3 + 7.0001 P_i - 2.7190 E_i$$

Donde:

i = denota la localización , $i = 1, 2, 3 \dots n$

R = Valor del factor R

P = Precipitación media anual (en mm)

E = Elevación (en m)

4.3.2. Monitoreo de la precipitación

Durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2022 se tomaron en campo datos de la precipitación media de la zona de estudio, para lo cual se instalaron en puntos estratégicos 9 pluviómetros a nivel de subcuenca, recolectando las muestras de la lluvia por día. La obtención de estos datos fue base para comparar antecedentes que se tomaron de la estación meteorológica de la comunidad de Pisijire y de la estación de Cruz Roja y la Comisión Permanente de (Anexo) Contingencias (COPECO) en conjunto, del municipio de Dulce Nombre de Culmí y de datos espaciales (NASA).

Con los registros de precipitación obtenidos del cual se creó una base de datos y con la utilización de datos espaciales de un lapso de tiempo de 10 años (2012-2022), se creó un mapa de la precipitación media de la zona, que se ejecutó en Qgis. Se realizó una interpolación de los datos

para luego hacer un corte de máscara y clasificarlo, dándole una simbología en la que se muestra el comportamiento de la precipitación.

4.3.3. Factor k: Erodabilidad del suelo

Para el cálculo de este factor, se sacaron muestras de suelo del área de estudio, resalta que la erodabilidad del suelo varía con la textura, la capacidad de infiltración, los minerales y el contenido de materia orgánica, aunque dentro de ello la estructura y textura del suelo influyen de manera significativa en la erodabilidad del mismo, para determinar los valores para el cálculo del factor K, se realizaron muestras de suelo en campo (Escobar 2019, Morgan 1997). Los resultados arrojados serán utilizados para calcular el factor K mediante la ecuación:

$$K = (2.71 * 10^{-4} * 12 - a) * M^{1.14} + 4.20 * (b - 2 + 3.23 * (c - 3 / 100))$$

M: Parámetro de fracciones finas ((% limo +% arena muy fina) x (100 % - % arcilla)).

a: Porcentaje de materia orgánica (%)

b: Código de la estructura del suelo del horizonte superficial (1 granular muy fino; 2 granular fino; 3 granular medio a grueso y 4 masivo o de bloque).

c: Código de permeabilidad del perfil (1 rápida; 2 moderada a rápida; 3 moderada; 4 moderada a lenta; 5 lenta y 6 muy lenta).

4.3.4. Análisis físico y de materia orgánica del suelo

Se obtuvieron muestras de suelo de 10 fincas (Anexo) intervenidas por el proyecto Mi Biósfera, utilizando un cilindro para el levantamiento del muestreo. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Agricultura, donde se concluyó el contenido

de materia orgánica, la estructura y textura del suelo. Asimismo, se evaluó la permeabilidad del suelo en el campo.

Con el objetivo de calcular el porcentaje de materia orgánica presente en las muestras de suelo, se procedió a colocar cada muestra en un horno con una temperatura de 130oC. Posteriormente, se emplearon los reactivos que se especifican en el procedimiento Walkley y Black. Para determinar el nivel de materia orgánica presente en los suelos de la zona estudiada, se consideraron diferentes parámetros: aquellos que presentan menos del 3% se consideran bajos, los que oscilan entre el 3 y 4% se consideran bajos-normales, los que van de 4 a 5% se consideran normales, los que oscilan entre el 5 y 6% se consideran normalmente altos y aquellos que superan el 6% se consideran altos.

Con los valores porcentuales obtenidos para determinar la erodabilidad del suelo de los cuales el porcentaje de materia orgánica, infiltración y por tanto estructura y textura del suelo serán calculados por la ecuación propuesta por Wischmeier y Smith (1960):

$$K = (2.71 * 10^{-4} * 12 - a) * M^{1.14} + 4.20 * (b - 2 + 3.23 * (c - 3 / 100))$$

Textura: Se tomó 1g de cada muestra de suelo, teniendo en cuenta el peso seco y el volumen conocido del cilindro utilizado para el muestreo. La textura se determinó mediante el triángulo de textura del suelo, el cual reveló que el 70% del suelo en el área de estudio es franco limoso en textura (Figura 3).

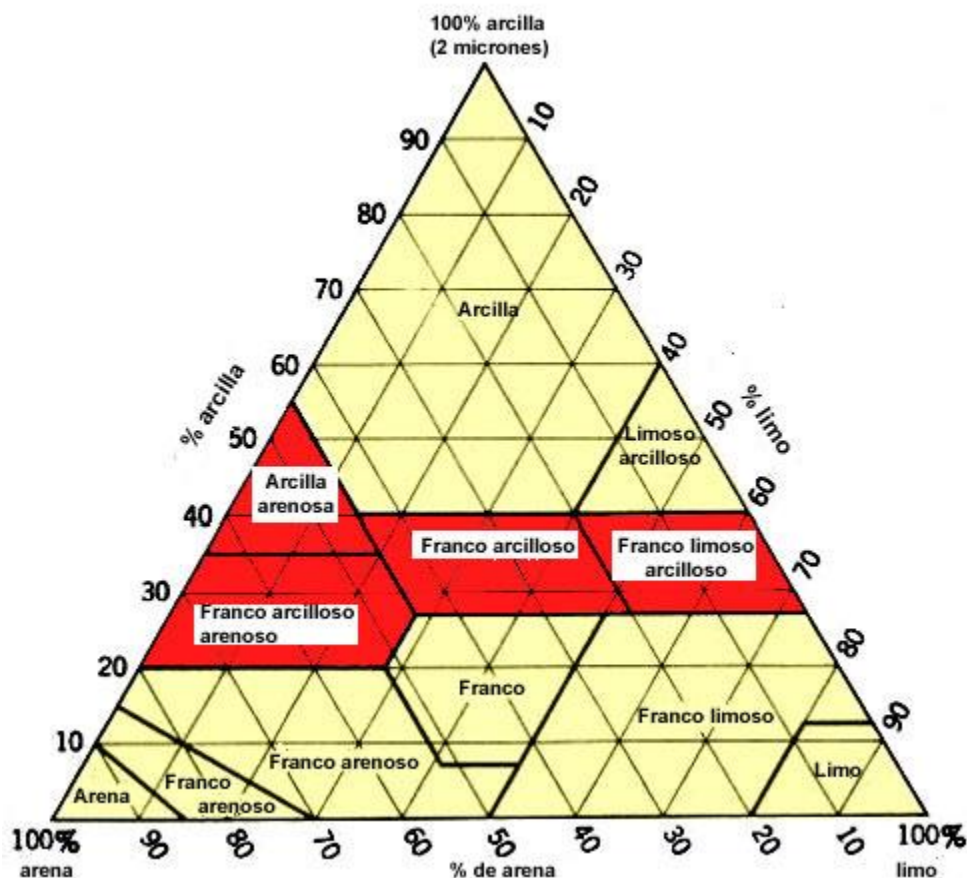


Figura 3. Triángulo textural

Permeabilidad o infiltración se midió usando el método del cilindro, primero se niveló el cilindro para poder tomar los datos de infiltración, se utilizó un martillo para golpear el cilindro y poder introducirlo al suelo hasta aproximadamente 5 centímetros; se le agregó agua dentro del cilindro hasta una altura de 10 cm para poder interpretar cada cuanto disminuye el agua y anotar la disminución del volumen cada minuto para saber la capacidad de infiltración del suelo.

Se empleó el método del cilindro para evaluar la capacidad de infiltración del suelo. Inicialmente, se niveló cuidadosamente el cilindro para poder registrar los datos de infiltración de forma precisa. Luego, se sacó un martillo para hundir el cilindro en el suelo hasta una profundidad de aproximadamente de 5 centímetros. Se agregó agua en el cilindro hasta alcanzar una altura de 10 cm, lo que permitió medir la disminución del nivel de agua cada minuto y, de esta forma, determinar la tasa de infiltración del suelo.

Para la determinar el factor K se usó el nomograma de Wischmeier y Smith, tomando en cuenta ciertas propiedades del suelo, como el contenido de materia orgánica, contenido de arena, contenido de limos y estructura; cabe mencionar que estos datos fueron obtenidos a nivel de laboratorio y la permeabilidad o infiltración fue realizada a nivel de campo (Figura 4) (Montes-león 2019).

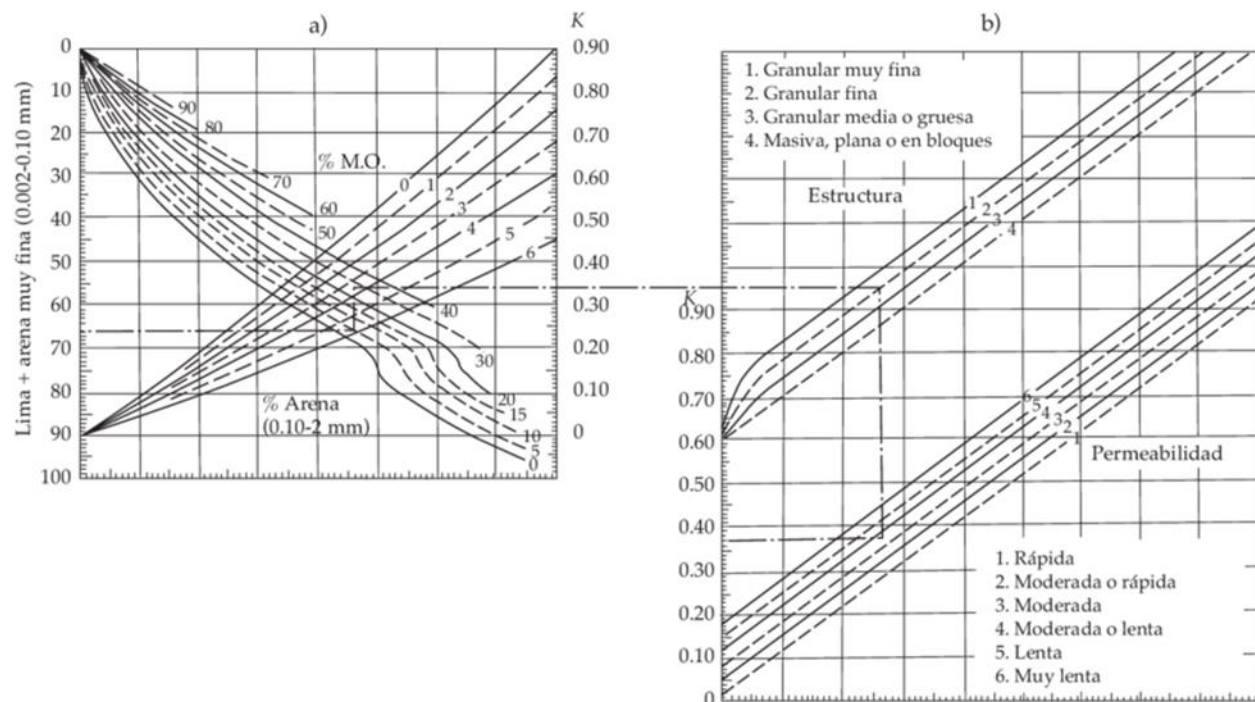


Figura 4. Nomograma de Wischmeier y Smith para determinar el factor K

4.3.5. Factor LS: topografía y pendiente

Con el método de RUSLE mediante la introducción del factor L se mostró la topografía del terreno, al igual que de la longitud de la pendiente del mismo y del factor S que es el grado de la pendiente.

a) Elaboración de mapa de pendientes

Para la elaboración de un mapa de pendientes, se utilizó un modelo digital de elevación (MDT o DEM), del terreno que serán empleados en Qgis para darle un valor a la pendiente de la subcuenca, será medida para obtener el valor medio para realizar los cálculos. La longitud de la pendiente se medirá a lo largo de la ladera de la subcuenca, el valor de longitud de la pendiente será promediado para ser utilizado para determinar el factor LS de la ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) que es la pendiente, se presentan algunos valores para definir el factor LS (Tabla 3).

Tabla 1. Valores del factor LS para pendiente.

Grupos de pendientes en %	Factor LS
0 - 3	0,3
3 -12	1,5
12 - 18	3,4
18 - 24	5,6
24 - 30	8,7
30 - 60	14,6
60 - 70	20,2
70 - 100	25,2
> 100	28,5

Fuente: Escuela Técnica.

Para la obtención de la pendiente final del factor LS se inicia con la obtención de un Modelo Digital de Elevación (DEM), de la cual se obtuvo sobreponiendo algunas capas como ser ráster de la subcuenca, el DEM, para la proyección de la misma. Se creó un modelo digital de elevación (MDE o DEM) en la cual se clasificó en 4 clases presentadas en el mapa para determinar el porcentaje de pendiente del área de estudio; se clasificó en 3 categorías que van de 0-20, 21-40, 41-60 y mayor que 60.

4.3.6. Factor C y P: cobertura vegetal y prácticas de conservación de suelo

Este factor es el encargado de estudiar el comportamiento del suelo frente a la erosión o pérdida de suelo de acuerdo a la vegetación existente, dentro del cual el valor mayor del factor C y P, fueron en primer lugar el bosque, En cuanto para poder definir el factor P, si no se encuentra ningún tipo de práctica de conservación de suelos, se le dará un valor de 1, normalmente es el valor usado cuando no hay intervención de este tipo.

Los valores de la pérdida de suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú, se definirán en base a Tolerancias establecidas por FAO-PNUMAUNES, de la cual se definirá la clase de erosión o pérdida de suelo por efecto de la lluvia (Tabla 2)

Tabla 2. Aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

Clases de erosión	Pérdida de suelos (kg/ha. Año)
Nula a ligera	menor a 10
Moderada	10 – 50
Alta	50 – 200
Muy alta	mayor a 200

Fuente: Tolerancias establecidas por FAO-PNUMAUNES

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Tipos de cobertura vegetal y usos de suelos en la parte alta de la subcuenca del Río

Wampú

En el mapa (Figura 5) se observan dos tipos de uso de suelo predominantes, en primer lugar, el bosque con 26,682.05 ha que corresponde el 52.25% del área de bosque, seguidamente están 16,620.54 ha equivalente a 42.01%, para pastos y cultivos, dentro de esta macro clase están los cultivos agropecuarios y la agricultura tecnificada, de igual manera la vegetación herbácea y arboles dispersos fuera del bosque.

Del uso del suelo con porcentajes menores se encuentra el sistema de urbanizado con un 2.2% y en cuanto a las zonas que no cuentan con algún tipo de vegetación, es decir, zonas que han sido mayormente intervenidas por el hombre y han quedado en cierta manera, afectadas sin ningún tipo de cobertura, esta macro clase cuenta con un porcentaje de 1.67%; con 1.66% se encuentra la cobertura de suelo por las corrientes de agua de la zona que se identifican como agua, y hacen referencia a los cuerpos de agua dulce, como ríos u otro cuerpo de agua superficial. De este porcentaje a cada macro clase cuenta con un espacio determinado en ha (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje y área en hectárea (ha) de las macros clases de uso y cobertura vegetal del suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

Macro clase	Porcentaje %	Área ha
Bosque	52.25%	26,682.05 ha
Pastos y Cultivos	42.01%	16,620.54 ha
Urbanizado	2.2%	63.25 ha
Sin vegetación	1.67%	31.7 ha
Agua	1.66%	31.61 ha

Estos resultados concuerdan con los mencionado por Cochran (2010) refiriéndose a que en la subcuenca del Río Wampú se aprecia un mosaico de terrenos agrícolas, plantaciones agroforestales y potreros entremezclados con bosque latifoliado, la agricultura y ganadería hace que los residentes de la zona de la Biósfera reconozcan el bosque como su propiedad comunal, de la cual explotan al máximo los recursos sin un manejo adecuado y es por ello que influye de manera directa a los procesos de pérdida de suelo; aunque la mayoría de los estudios experimentales y los que se basan en modelos reconocen la multiplicidad de efectos de la vegetación sobre la erosión, la necesidad de simplificación de los análisis acaba, sin embargo, reduciendo el papel de la vegetación a una función del valor de su cobertura (Figura 5) (García 2004, Cochran 2010).

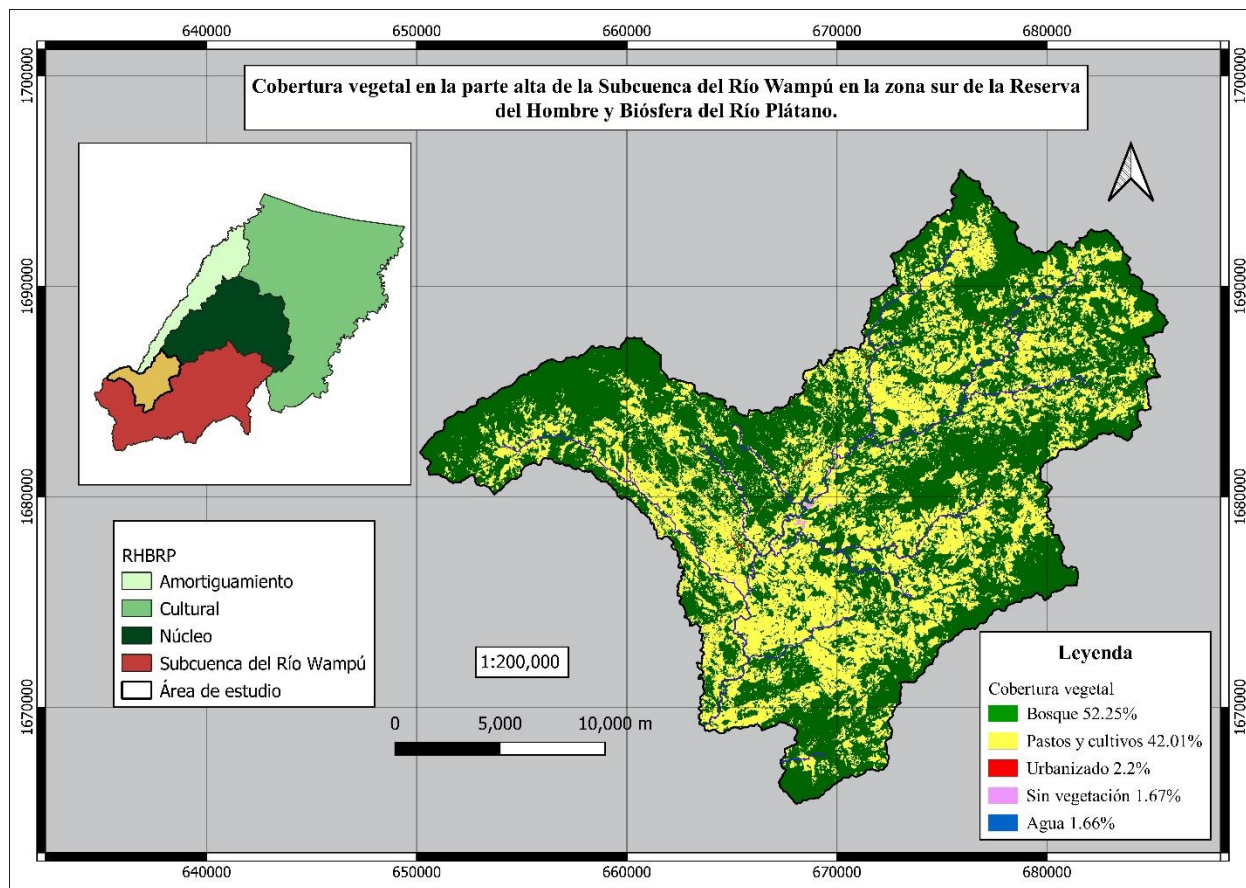


Figura 5. Cobertura Vegetal y usos del suelo en la parte alta de la subcuenca el Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

5.2. Susceptibilidad a la erosión según el tipo de cobertura y los tipos de suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú de la zona sur de la Biosfera del Río Plátano

De acuerdo con Simmons (1934) la clasificación de los tipos de suelo tienen influencia en la susceptibilidad de los suelos, ya que como muestra la clasificación son suelos de clase IV&VII, la clase de suelos IV tienden a adaptarse a cultivos tales como café, plátano y otros de rubros tradicionales como los de uso de suelo de la zona, este tipo de suelo presenta una topografía plana, ondulada o inclinada, con una pendiente de 60%, aptas para pastos y cultivos tradicionales; en cuanto al suelo de clase VII, está presente lo que son suelos limosos y materia orgánica producida de forma natural (Figura 6).

Estas son características que se deben tomar en cuenta para estimar el proceso de pérdida de suelo por acción de la lluvia; cabe mencionar que la mayoría de suelos identificados mediante el proceso de estudio son suelos de textura franca, es decir, estos suelos son aptos para una gran variedad de cultivos, ejemplo de ellos está el maíz, bananos, frutas y cítricos, entre otros (FAO 1969).

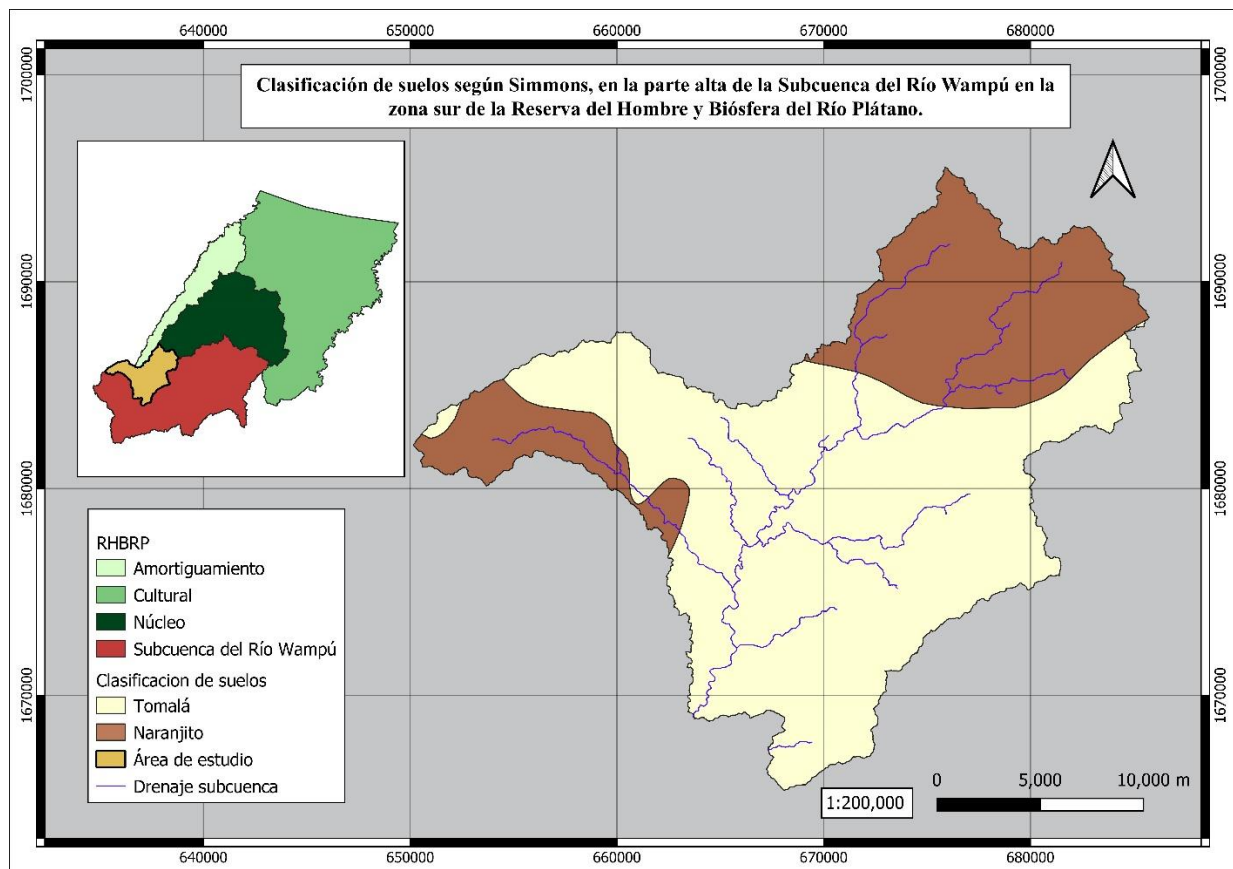


Figura 6. Clasificación de suelos según Simmons, en la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

5.2.1. Dinámica de la precipitación en la zona de estudio

Se encontró una precipitación media anual de 1223.60 mm para el año 2021 en la zona de estudio, no obstante, la precipitación media anual para el año 2022 que se registró 2123.82mm, es decir 900.22 mm más que la del año 2021. Para la dinámica de la precipitación registrada durante 10 años, presenta una precipitación media de 1320.75 mm, de la cual se han presentado tanto fenómenos como del niño y la niña, provocando así la pérdida de suelo en zonas con pendientes pronunciadas, producto de la esorrentía y el impacto fuerte de la lluvia en la zona.

En la zona más alta del área de estudio, en las microcuencas de Quebrada Nueva Esperanza, Río Wampú Nueva Esperanza y Quebrada Las Marías, se presentó con mayor intensidad la precipitación, oscilando entre los 1585.77 mm y precipitaciones mayores a los 1674.09mm, mayormente en zonas altas las montañas hacen que el aire ascienda y consigo al ascender se enfría y aumenta la densidad y es por ello que las partículas de agua se unen y provocan que llueva en su mayoría de tiempo acumulando así mayores registros de precipitaciones (Figura 7)

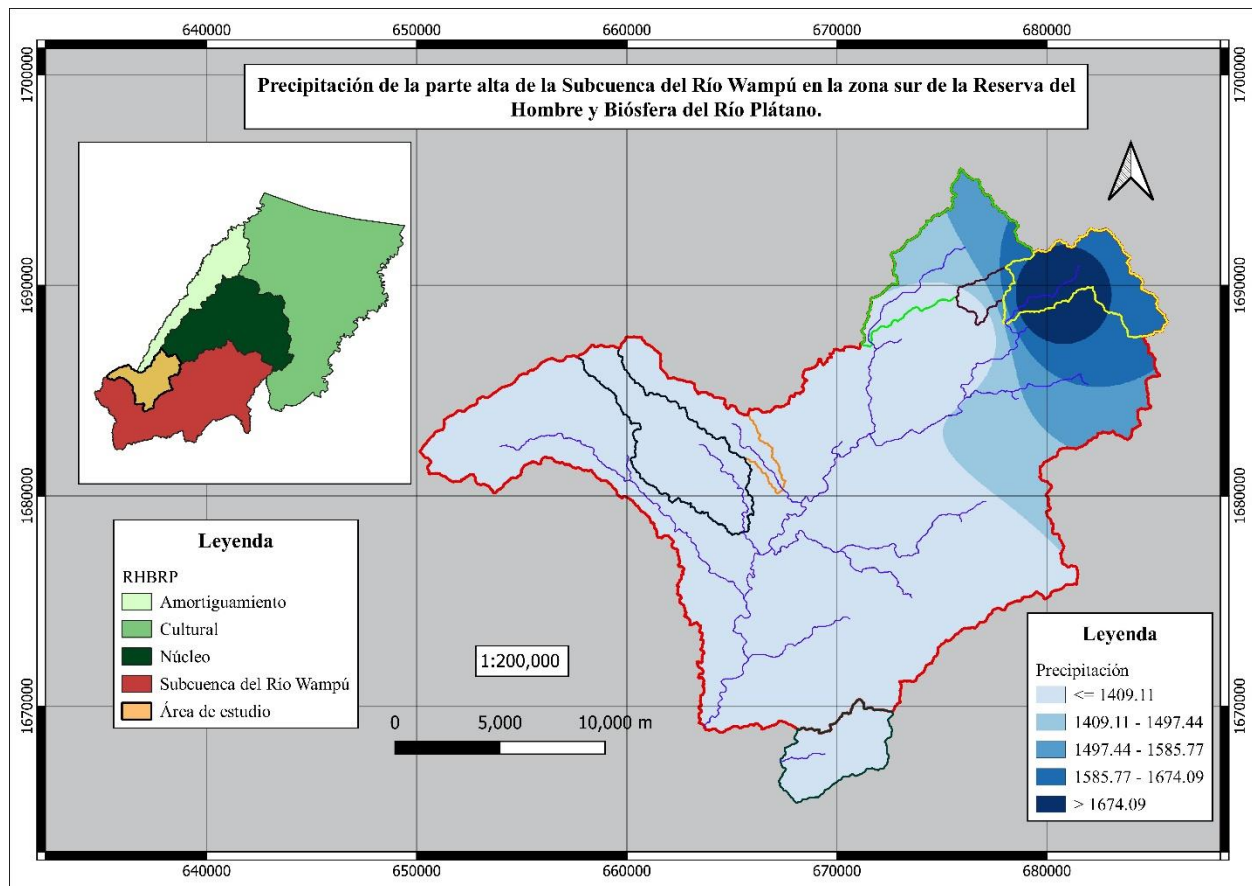


Figura 7. Registros de precipitación media anual en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

En el mapa de precipitación media anual del año 2021 se observa que durante el mismo año se presentó una precipitación mayor en una de las zonas más altas de la subcuenca 746 msnm en las microcuencas de Quebrada Nueva Esperanza, Río Wampú Nueva Esperanza y Quebrada Las Marías, mientras que para el año 2022 se presentó un cambio en la distribución de la lluvia, se dirigió a zonas con una altura promedio 601 msnm, una de las zonas baja media de la Subcuenca, a una altura en los rangos de 540 a 665 metros sobre el nivel del mar (msnm); las altas precipitaciones y las pendientes pronunciadas son un factor que influye en los procesos de erosión, el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo provocan el desprendimiento del suelo arrastrándolo por la ladera a zonas bajas o valles, provocando pérdidas de suelo en estas zonas de influencia.

Los datos registrados satelitalmente obtenidos de la NASA, durante el año 2021 muestra una orientación mayor en cuanto a la cantidad de lluvia caída en una zona específica, lo cual representa

este tipo de manifestación en lo que es una de las zonas con mayor altura registrada en el área de la zona de estudio, con una altura aproximada que va de los 746 m a los 782 m de altura (Figura 8).

Por otra parte, los datos recolectados en campo durante los 3 meses de duración del estudio, presentó una distribución de precipitación diferente a la de los datos espaciales con duración de 1 año; el mayor grado de precipitación se presentó en la zona con una altura media, es decir, en zonas que van entre los 600 a 656 m de altura, con 276.7654mm de precipitación durante los 3 meses del trabajo en campo (Anexo 2).

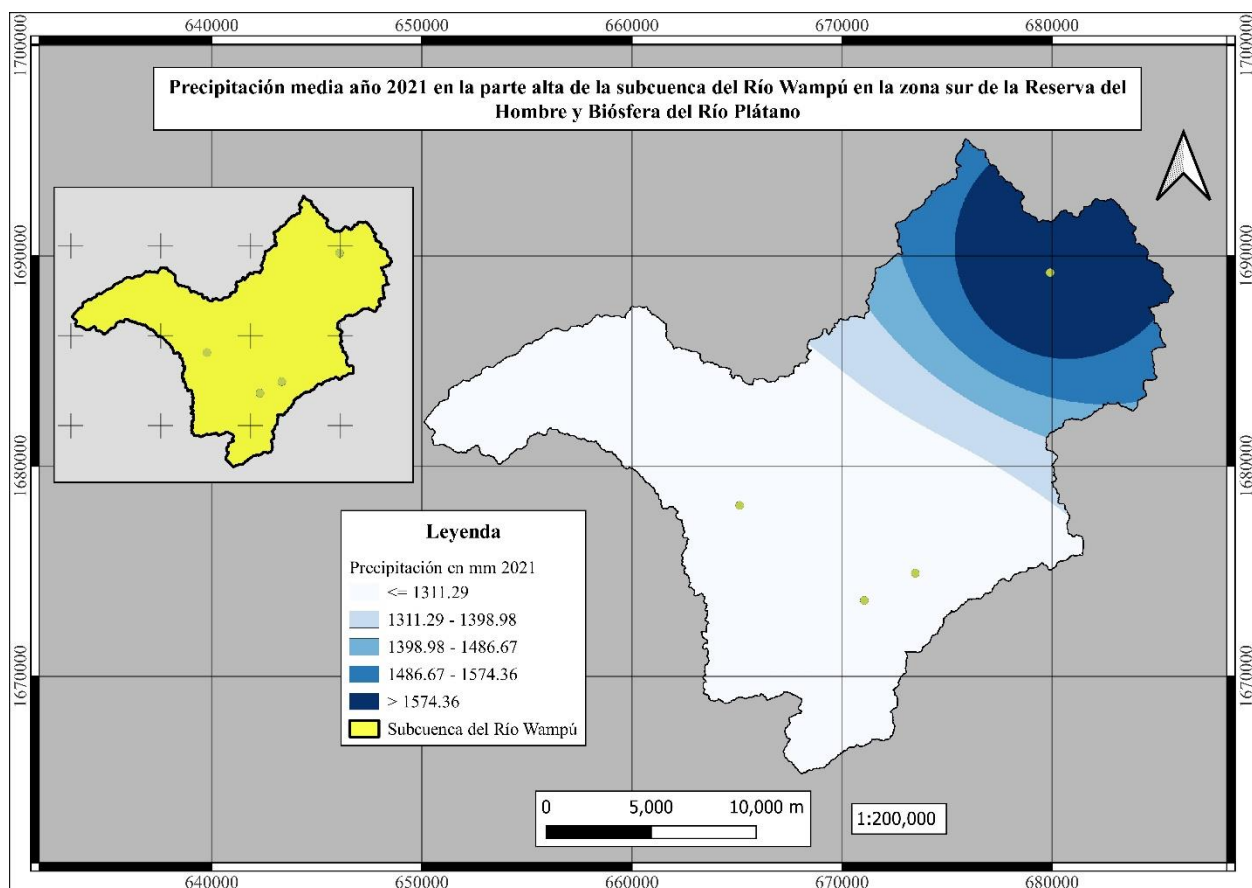


Figura 8. Precipitación media anual del año 2021 por datos obtenidos de la NASA, de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

Cabe mencionar que la cantidad de lluvia registrada en el año 2022 fue mayor a la del año 2021, existe una similitud en cuanto a la orientación de la lluvia de los datos registrados satelitalmente, con datos obtenidos a nivel de campo durante los 3 meses que duró el estudio (Figura 9).

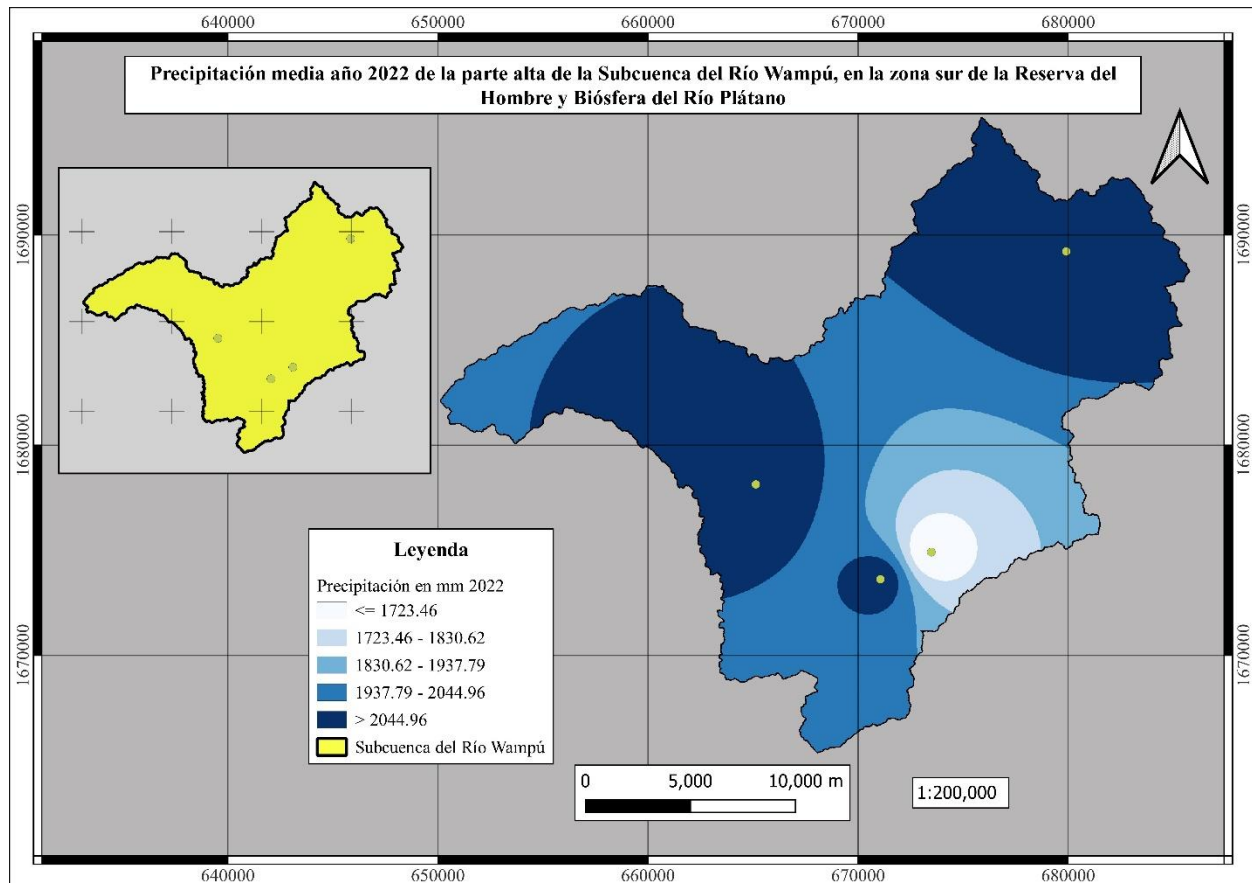


Figura 9. Precipitación media anual del año 2022 por datos obtenidos de la NASA, de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

La precipitación media de los meses que duró el estudio es de 1681.9mm distribuido en la zona de influencia del proyecto Mi Biósfera, teniendo cierta similitud con los datos registrados a nivel satelital reflejados en el portal Power-NASA, de los cuales se destaca que hubo presencia de la fase húmeda de El Niño oscilación del Sur (ENSO) presente tanto en el año 2022 en el que se realizó el estudio, como también en el año 2021.

5.2.2. características de los suelos

a). Materia Orgánica

Se obtuvo un promedio de 4.51% de materia orgánica en los suelos de la parte alta de la subcuenca del Río Wampú, estos datos son base para el cálculo del factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada, los datos obtenidos reflejados (Tabla 4)

El porcentaje obtenido de las muestras de materia orgánica de los suelos de la Subcuenca del Río Wampú, se dieron valores que van del 3.15% a 5.85%; según el método de Walkley and Black se consideraron diferentes parámetros: por ejemplo, aquellos que presentan menos del 3% se consideran bajos, los que oscilan entre el 3 y 4% se consideran bajos-normales, los que van de 4 a 5% se consideran normales, los que oscilan entre el 5 y 6% se consideran normalmente altos y aquellos que superan el 6% se consideran altos, considerando que los suelos de las zonas muestreadas son según Pineda (2018) se interpreta en términos medios.

Tabla 4. Porcentaje de materia orgánica de los suelos de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampú en la zona Sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

Comunidad	Finca	Porcentaje %
Bonanza	Antonio Andara	3.55
Las Arenas	Marvin Vásquez	5.85
Nueva Esperanza	José Guzmán	5.77
Culuco	Juan Escoto	5.69
La Providencia	Santiago Villatoro	5.28
El Zapote	Victor Ortega	3.15
Rio Largo	Osman Rivera	3.95
Rio Largo	Danilo Rivera	3.55
Subirana	Maritza Santos	4.28
Subirana	Priscila Echeverría	3.99

la Materia Orgánica es fuente principal de nitrógeno, fósforo, azufre, de los cuales mejora las propiedades físicas del suelo, aumentando la capacidad amortiguadora, y tiene gran influencia en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (Godoy et al. 2013).

Estructura: Se obtuvo que de las muestras realizadas en la zona de influencia del proyecto mi Biósfera un 40% del tipo de suelo es de estructura granular, es benéfico en cuanto a la infiltración, ya que una de las características presente en suelos con este tipo de estructura es que las partículas del suelo dejan huecos entre ellas, provocando que el agua baje a profundidades de las cuales las raíces de las plantas no tienen fácil acceso.

Textura: La textura de suelo encontrada en las muestras de los suelos son de textura franca. Esta textura indica que estos suelos tienen buena retención de agua y ayuda a la agricultura aportando fertilidad por parte de los limos, destacando así que estos suelos son de textura franco limoso en un 60%, según el muestreo realizado en la zona.

Permeabilidad o Infiltración: De acuerdo al muestreo en campo, la infiltración de los suelos se refleja en infiltración de moderada a lenta, recalcando que los suelos en una de las fincas, no presentó o no infiltró agua en lo absoluto, se trata de la finca de doña Maritza Santos, en la comunidad de Pueblo Nuevo Subirana, la cual presentó nula la práctica de infiltración, posiblemente este resultado se deba a las condiciones climáticas ya que el muestreo en campo se realizó en el mes que presenta mayor precipitación (septiembre), tomando en cuenta la textura del suelo (Franco limoso), y las prácticas agrícolas que se realizan en el terreno. En cambio, el suelo con infiltración mayor es el de la finca de Osman Rivera, en la comunidad de Río Largo. La capacidad de infiltración de los suelos depende del uso que se le dé y la cubierta vegetal; suelos que han sido usados para el uso agrícola principalmente monocultivos tienden a perder el grado de infiltración,

Los suelos que presentan una infiltración mayor como ser el de la finca de Osman Rivera (Río Largo), José Guzmán (Nueva Esperanza) se debe a la cubierta vegetal que presenta en la finca, por otro lado las prácticas agrícolas, es decir, al incrementar la materia orgánica del suelo los sistemas agroforestales mejoran la infiltración del agua, por lo tanto al proporcionar la materia orgánica al suelo y cubriéndolo para así evitar la erosión ya sea por el viento o principalmente por el impacto de las gotas de lluvia al suelo, que arrastran sedimentos del mismo provocando poca infiltración en los suelos (Figura 10).

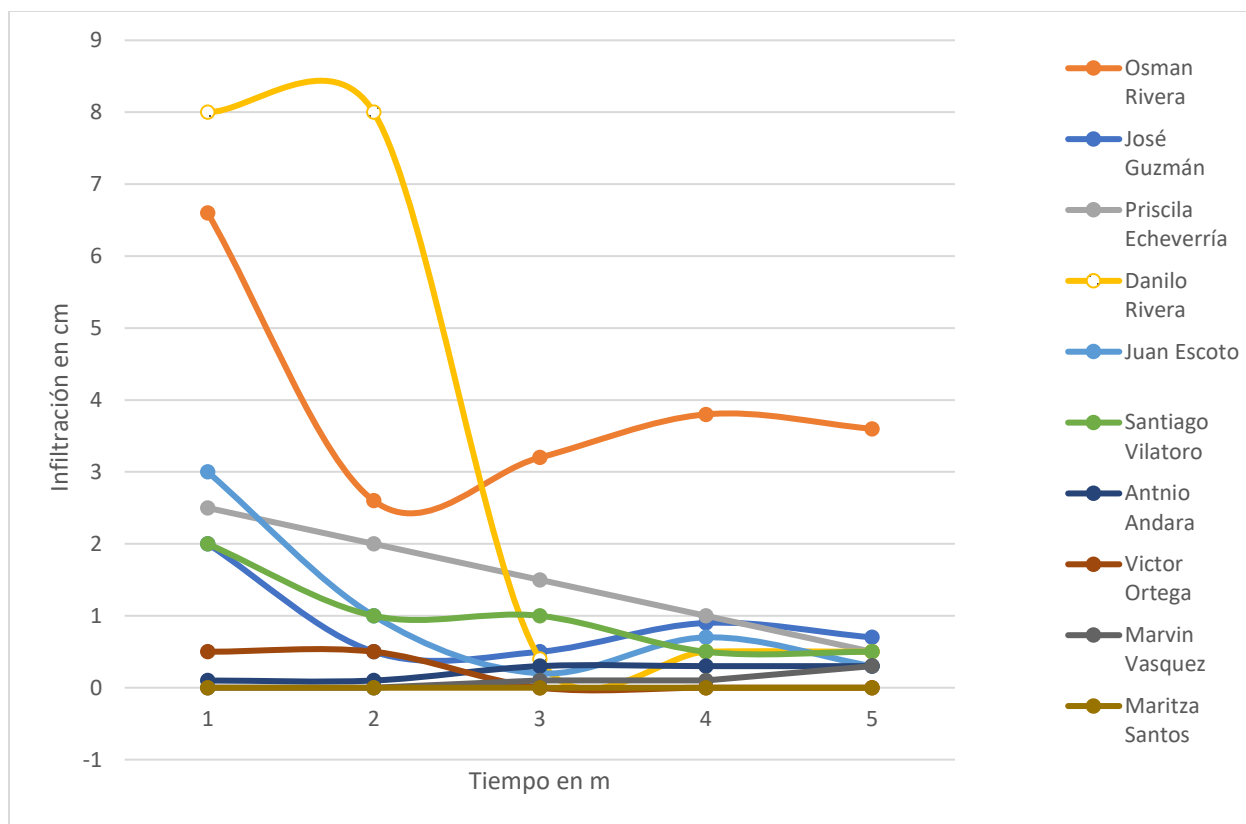


Figura 10. Infiltración de los suelos de la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

La infiltración que presentan los suelos de las fincas intervenidas por el proyecto Mi Biósfera, es de moderada a lenta, destacando que 1 de las fincas no infiltra agua en su suelo, por otro lado, 7 de las muestras realizadas, tienen un comportamiento similar en su infiltración, no superan arriba de 3 cm, en cambio en 2 de ellas proyectan una buena infiltración en sus suelos.

Para el cálculo realizado mediante el nomograma de Wischmeier y Smith los resultados arrojados en cuanto a materia orgánica es de 0.65, estructura 0.60, textura 0.70 y permeabilidad 0.10, estos datos calculados para la determinación del factor R da como resultado final 96.50.

5.2.3. Rango de pendiente

En el mapa de pendiente (Figura 10) se observa que el 42% del territorio se encuentra en una pendiente que va de 0-20 en porcentaje de pendiente, específicamente hacia la zona Éste de la subcuenca, por otro lado, con un 53.13% se encuentra la pendiente con un grado de 20-60 proyectada en una parte centro de la Subcuenca, por último, con un 3.88% se encuentra la pendiente con mayor inclinación, ésta es 60 a mayor que 60 (Figura 11).

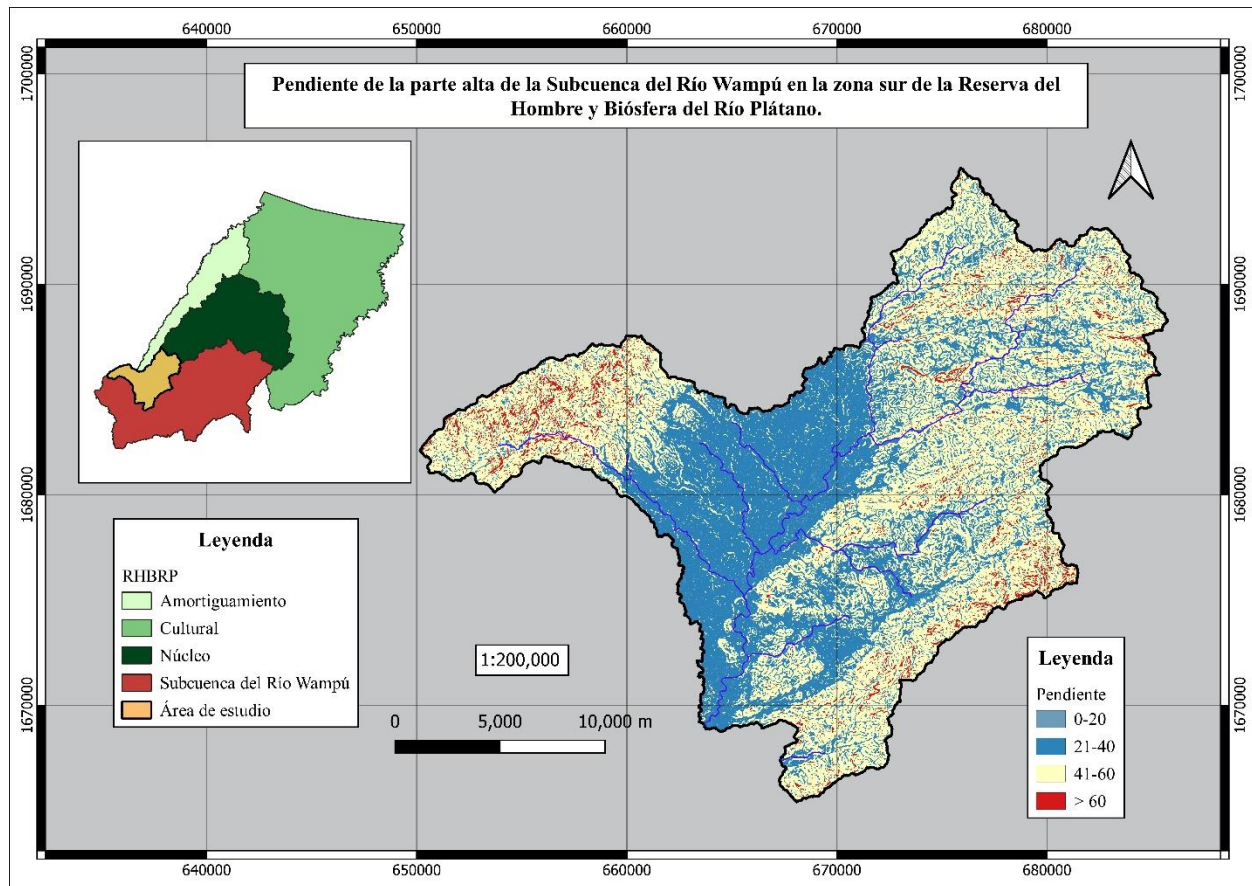


Figura 11. Pendiente de la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano

Tabla 5. Área en ha de la pendiente en la parte alta de la subcuenca del Río Wampu en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biosfera del Río Plátano.

Pendiente	Área ha
0-20	174.29
21-40	18,309.64
41-60	22,243.81
> 60	1,687.44

De los porcentajes de pendientes obtenidos mediante el modelo digital de elevación (MDE), refleja que las pendientes con un porcentaje de grado mayor se encuentra en la zona más alta y cerca de zona núcleo de La Biósfera, mientras que pendientes con un porcentaje bajo de 0 a 20 se encuentra en la zona centro de la subcuenca, en cuanto a la pendiente con un porcentaje de inclinación que va de los 20 a los 60 se encuentra distribuida en la mayor parte de la subcuenca, siendo así el grado de pendiente que mayormente domina en la zona.

Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Estos cambios según Stocking (1984), pueden ser debidos a uno o más factores, como, por ejemplo, la cobertura vegetal (52.25%) factor influyente en el proceso de erosión por el hecho de que el impacto de la lluvia no tiene donde amortiguar el golpe, por lo que da directamente al suelo provocando desprendimiento de partículas de suelo, producto de ello la erosión hídrica, por lo que suelos sin cobertura vegetal son mas susceptibles a la erosión hídrica.

Dado al impacto generado por el agua al suelo, uno de los factores que más influye en la erosión es la precipitación, por tanto, la pérdida de suelo va a estar muy influenciada por las propiedades de la precipitación, es decir, por la capacidad desplazamiento y el transporte de partículas de suelo. Según Park *et al.* (1982), el poder erosivo efectivo del impacto de las gotas va a depender no solo de las propiedades de las gotas, sino también de las propiedades del suelo y de la interacción entre ellas, es decir, de su textura, estructura, infiltración y materia orgánica (Hernández 2011).

Según Mardones (2007, citado por Hernández 2011), la erosión se va incrementando a medida que aumenta la pendiente del terreno; pendientes arriba de 60% de inclinación son pendientes que favorecen la pérdida de suelo; cabe mencionar que pendientes que van de 40% a 60% son predominantes en el área de estudio, la cual no son pendientes pronunciadas, por otro lado, la capacidad de la vegetación de desarrollarse se estima improbable el crecimiento de vegetación en forma natural a partir de pendientes mayores al 60%.

La susceptibilidad de los suelos presentes en la zona de estudio se debe a factores como ser, vegetación escasa, es decir, la microcuenca de Río Largo es la que menos cubierta vegetal tiene, ya que cuenta con un 53% del área boscosa, provocando que los suelos sean mas susceptibles a la erosión hídrica, en cambio en la microcuenca de Quebrada Marañoses, la susceptibilidad es baja debido a la alta cubierta vegetal, un 83.87% de cubierta vegetal presente en esta microcuenca. Por otro lado, la microcuenca de Río Largo y Quebrada Marañoses, les favorece lo que es la pendiente y la precipitación, ya que se registran pendientes medias (41%-60%) y precipitaciones medias que oscilan en 1409.11mm proyectada como mínima comparada con lo registrado en una de las zonas altas de la subcuenca Quebrada Las Marías, Río Wampú Nueva Esperanza y Quebrada nueva Esperanza, con una altura de 746m, presentado precipitaciones de 1674.09mm.

5.3. Pérdida de suelos y los niveles de erosión hídrica en la zona de influencia del proyecto

Mi Biósfera:

La pérdida de suelo por acción de la lluvia es una de los problemas que afrontan las zonas con pendientes pronunciadas, sin cobertura vegetal y altas precipitaciones, estos factores fueron base para estimar la pérdida de suelo, con pendientes que van de 40% a 60% que predominan mayormente la zona de estudio, con una cobertura de bosque con 52.25% que cubre 26,682.05 ha del área total de la parte alta de la subcuenca y registros de precipitaciones que vienen a influir de manera directa a los procesos erosivos del suelo.

La estimación de la erosión hídrica de la subcuenca del Río Wampú se basó en el estudio y análisis de factores como precipitación, pendiente, cobertura vegetal, muestreo de suelos como ser: textura, estructura, permeabilidad o infiltración y materia orgánica; los Sistemas de Información Geográfica ayudó a la ejecución de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada, dando como resultado 2,332.57kg/ha.año.

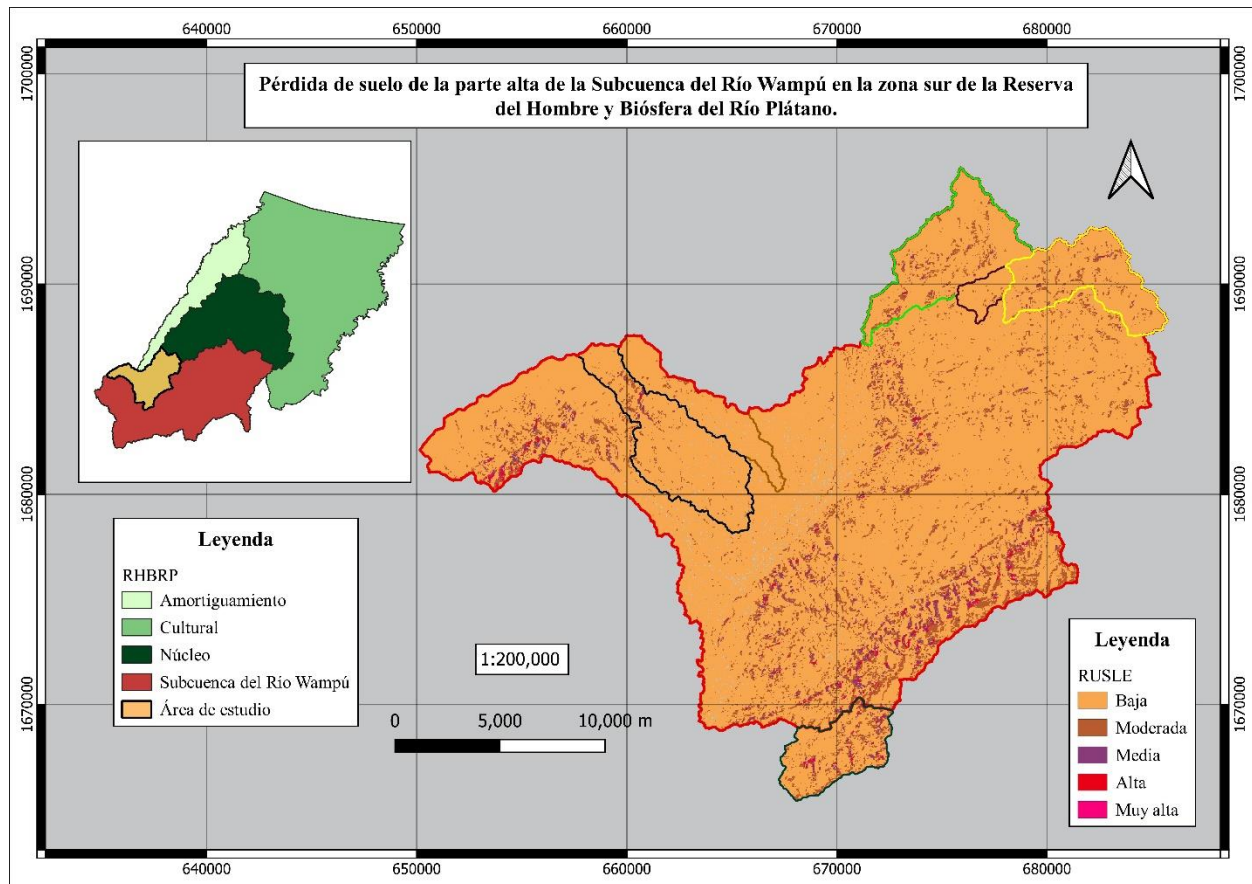


Figura 12. Pérdida de suelo en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano

La erosión del suelo presente en la zona con estimaciones que pueden variar conforme a la pendiente del territorio, cobertura vegetal y los tipos de suelo, del cual la pérdida de suelo puede reducir el rendimiento agrícola hasta en un 50%, influyendo de igual manera en la falta de nutrientes en los alimentos al consumirlos.

VI. CONCLUSIÓN

La cobertura vegetal de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano está siendo intervenida por la mano del hombre, del total del área de bosque solo un 52.25% que ocupa 26,682.05 ha, siendo así un factor influyente en la pérdida de suelo por acción de la lluvia.

El tipo de cobertura del suelo influye en el aumento de la susceptibilidad a la erosión, como muestra de ello el 53% del área boscosa en la microcuenca de Río Largo vuelve susceptibles estos suelos a la erosión, mientras que un 83.87% de cubierta vegetal en Quebrada Marañoses hace que el proceso erosivo sea bajo a la susceptible debido a la cubierta vegetal del suelo.

La metodología basada en los Sistemas de Información Geográfica permitió estimar la erosión hídrica del suelo de manera cuantitativa, dando como resultado 2,332.57kg/ha.año. de pérdida de suelo, afectando la fertilidad de los suelos y la producción de alimentos sanos.

VII. RECOMENDACIÓN

Mostrar la importancia de la cobertura vegetal para evitar la pérdida de suelo producto de la acción de la lluvia, orientándolos a que realicen prácticas de conservación de suelo y reducir la quema y tala que influyen a la disminución del área boscosa.

Los suelos se vuelven susceptibles debido a las actividades antrópicas realizadas por el ser humano, por tanto, brindar charlas sobre prácticas de conservación de suelos para poder evitar que los suelos sean erosionados.

Orientar a los dueños de finca, mostrándoles como realizar prácticas de control de procesos erosivos, para poder reducir en gran medida las tasas de pérdida de suelo en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abi, R. 2012. Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos. :93.
- Alatorre, L; Beguería, S. 2009. Modelos de Erosión. Revista C&G 23(2009):29-48.
- Amenaza, M; Geol, A. 2011. Manta Proyecto : “ Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional , Escala 1 : 25 . 000 ” Componente 1 : Datos Básicos. :0-16.
- Amgelone, S; Garibay, MT; Cauhapé Casaux, M. 2006. Geología y Geotecnia - Permeabilidad de suelos. Universidad Nacional de Rosario :39.
- Bastidas Pozo, N. 2022. Análisis de conglomerados de las fincas ganaderas, integradas al proyecto Mi Biósfera en la Reserva de la Biósfera del Río Plátano, Olancho - Honduras. .
- Baxendale, C; Buzai, GD. 2017. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica . Aportes de la Geografía para la elaboración del Diagnóstico en el Ordenamiento Territorial. (October).
- Burrell, AL; Evans, JP; De Kauwe, MG. 2020. El cambio climático antropogénico ha impulsado más de 5 millones de km² de las tierras áridas hacia la desertificación. Nature Communications 11(1):1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17710-7>.
- Camargo, C; Pacheco, C; López, R. 2017. Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica: una revisión con énfasis en el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica Water erosion, fundamentals, evaluation and cartographic representation: a review with an e. Gestión y Ambiente 20(2):265-280. DOI: https://doi.org/10.15446/ga.v20n2.____.
- Casamor, J; Calafat, A. 2018. El problema del aterramiento de embalses y el cálculo de las reservas hidráulicas. .
- Cedeño Vargas, II. 2011. Caracterización hidrológica, de erosión y arrastre de nutrientes en suelos agrícolas bajo condiciones de simulación de lluvia, Zamorano, Honduras. s.l., s.e. 25 p.
- Ciancaglin, N. 2017. Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.

:10.

Cisneros, J; Cholaky, C; Cantero Gutierrez, A; Gonzalez, J; Reynero, M; Diez, A; Bergesio, L. 2012. Erosión hídrica: Principios y técnicas de manejo. s.l., s.e. 290 p.

Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales. 2011. Glosario Hidrológico. Ministerio de Medio Ambiente .

Escobar, DI. 2019. ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN ZONA SEMIÁRIDA DEL NORTE CHILENO MEDIANTE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (USLE): EL CASO DE PUNITAQUI (IV REGIÓN DE COQUIMBO). .

FAO. 1993. Erosion de suelos en America Latina.

Francís Shaxson; Barber, R. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. .

García, P. 2004. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante :309-334.

Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça Santos Brefin, ML; Montanarella, L; Muñiz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas, R; Olmedo, GF. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. s.l., s.e. 176 p. DOI: <https://doi.org/10.2788/37334>.

Godoy, R; Ortiz, P; Duarte, M; Godoy, N; Meza, J; Pantoja, A; Galan, PR; Godoy, N; Gattini, J; Villasanti, C; Chávez, R; Díaz, J. 2013. El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. s.l., s.e. 1-33 p.

Guardado Moncada, KL; Quevedo Pérez, EA. 2019. Determinación de erosión bajo diferentes manejos de suelos en laderas, en parcelas de escorrentía en la época inicial de lluvia, Zamorano, Honduras. .

Guío Martínez, VH. 2019. DETERMINACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE SUELO EN LA CUENCA DEL EMBALSE DE LA COPA. .

Hernández, D. 2011. “ Influencia De La Pendiente Y La Precipitaciónn En La Erosión Hídrica De Toludes Desprotegidos”. .

Hincapie, É; Ramírez, F. 2010. Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. Programa De Investigación Cientifica :8.

Irazoque, A. 2015. Lineamientos técnicos para una ley de conservación de suelos para la República de Honduras. :30.

Irias Matamoros, GJ. 2013. DETERMINACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN TRES COBERTURAS, UTILIZANDO PARCELAS DE EROSIÓN Y LA ECUACIÓN ANALÍTICA RUSLE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TALGUA, OLANCHO, HONDURAS. :45.

López Lara, E; Posada Simeón, C; Moreno Navarro, JG. 2019. Los Sistemas De Información Geográfica. Sistemas De Información Geográfica :789-804. DOI: <https://doi.org/10.33262/cde.3>.

Magdalena Briones. 2008. Escurrimiento del Agua A la ciudadanía. .

Matute Aguilar, JD. 2014. La incidencia de la política en conservación en la comunidad de Bonanza, zona sur de la Biósfera de Río Plátano, Honduras. XIII:8.

Meza Pérez, E; Geissert Kientz, D. 2003. Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre De Perote, Veracruz, México. Foresta Veracruzana 5(5):57-60.

Miranda Ruiz, VE; Pacheco Vilorio, A. 2019. DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA EROSIÓN POTENCIAL EN LA ZONA CENTRO-SUR DE LA MICROCUENCA ARROYO GRANDE, SAN CARLOS- CÓRDOBA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG). :9-25.

Montes-león, MAL. 2019. Mapa Nacional de Erosión Potencial. (May).

Pineda, V. 2018. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN SUELOS GUATEMALTECOS POR MEDIO DE LA TECNICA DE REFLECTANCIA CON ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO. Journal of Chemical Information and Modeling 53(9):1689-1699.

Piscitelli, M. 2015. El suelo, un recurso natural y un medio dinámico. UNICEN .

Raudes, M; Sagastume, N. 2009. Manual Conservación de Suelos. :75.

Robins, P& BB. 2016. Guia De Prácticas Para El Manejo De Erosión Y Escorrentía Agrícola En Laderas. Guía de Prácticas para el Manejo de Erosión y Escorrentía Agrícola en Laderas. RCD del Condado de Monterey. Salinas, California (October):52.

Rodríguez, EH. 2019. Zona Núcleo, Río Plátano y Cerro Chachahuat. .

Santana, A. 2011. Estructura de los suelos. .

Saqueira, ND; Vazquez, P; Sacido, M. 2019. EROSIÓN HÍDRICA Y SU RELACIÓN CON EL AVANCE DE LA AGRICULTURA EN EL SUDESTE BONAERENSE, ARGENTINA. EL CASO DEL PARTIDO DE BENITO JUÁREZ DURANTE LAS CAMPAÑAS 1989/90, 2002/03 Y 2014/15. 65:106-120.

Úbeda Rivera, JS; Delgado Dallatorre, Y. 2018. La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. Rev. iberoam. bioecon. cambio clim. 4(7):889-896. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299>.

ANEXOS

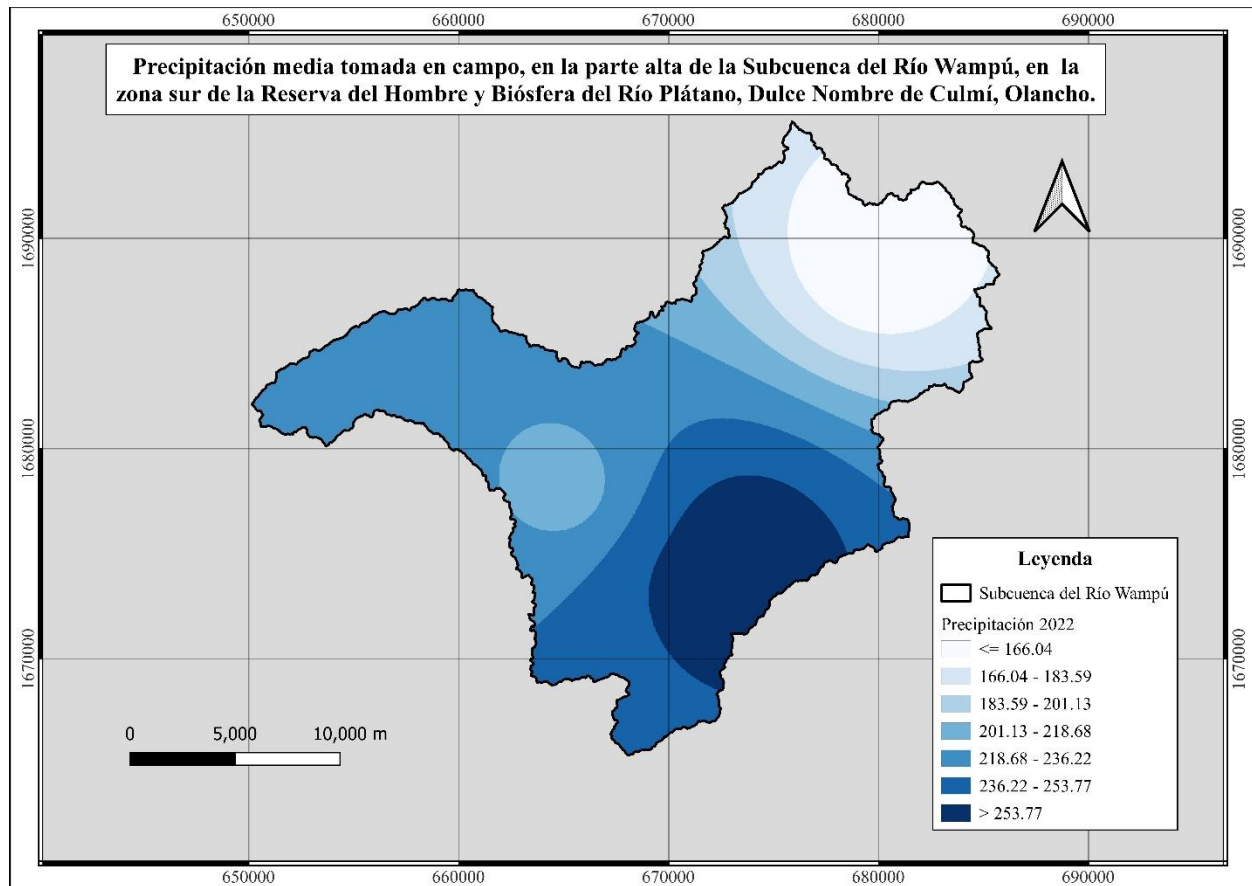
Anexo 1. Instalación de pluviómetros



Anexo 2. Monitoreo de pluviómetros y medición de precipitación.



Anexo 3. Precipitación en campo de la parte alta de la Subcuenca del Río Wampu en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biosfera del Río Plátano.



Anexo 4.Registros de precipitación en la parte alta de la subcuenca del Río Wampú en la zona sur de la Reserva del Hombre y Biósfera del Río Plátano

Nueva Esperanza												
Año	ener	feb	ma	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012	33.73	75.11	28.24	42.85	209.36	101.63	134.38	110.78	109.4	175.19	88.22	48.1
2013	126.71	32.32	97.55	25.08	31.41	152.28	104.39	180.04	151.14	128.93	171.56	101.14
2014	133.59	33.72	23.3	18.58	66.54	175.94	108.21	83.88	136.83	219.9	174.54	71.04
2015	65.18	52.15	60.5	38.86	62.81	171.86	132.19	73.9	130.38	125.95	157.23	105.94
2016	36.3	78.3	63.42	44.32	95.68	173.9	136.4	230.91	122.12	215.12	158.81	100.82
2017	42.37	43.42	53.48	101.66	133.64	144.01	241.73	178.49	157.79	352.3	113.77	79.57
2018	86.88	68.99	25.61	45.84	150.51	137.95	86.77	180.56	103.12	232.52	103.76	56.49
2019	43.7	16.79	15.43	37.7	48.48	105.67	70.04	72.76	121.92	136.39	77.91	51.24
2020	93.2	54.55	24.53	0.19	128.94	198.33	109.65	189.59	50.82	207.75	357.41	215.46
2021	76.03	47.53	42.91	42.32	22.21	146.38	156.53	246.35	87.48	157.53	134.95	63.38
2022	48.15	36.47	35.36	63.39	188.33	210.9	345.83	153.16	191.54	104.1	108.89	130.16

Bonanza												
Año	ener	feb	ma	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2013	211.58	46.14	137.39	29.36	30.42	165.39	104.35	182.54	136.76	126.53	265.11	143.98
2014	197.34	54.86	31.68	36.53	75.99	149.49	107.6	79.96	129.01	252.98	297.95	134.96
2015	134.56	108.27	80.69	47.5	94.08	209.43	143.17	89.28	172.06	168.93	219.16	156.39
2016	92.59	182.3	113.2	45.86	85.15	199.62	169.35	254.27	169.25	303.27	283.82	170.95
2017	113.62	70.41	93.44	116.64	139.65	164.44	283.29	208.49	169.7	547.83	245.06	128.42
2018	198.51	81.09	48.6	86.22	163.89	161.3	140	204.57	123.5	247.48	193.46	120.55
2019	80.62	22.57	25.23	58.52	56.02	113.64	85.97	74.6	131.68	175.52	141.4	112.28
2020	163.31	108.3	39.01	0.12	121.07	220.55	123.85	213.29	99.92	249.83	538.97	426.48
2021	194.05	96.14	68.81	61.25	25.79	145.52	180.72	235.84	98.41	198.43	252.38	104.71
2022	94.99	81.12	46.51	88.64	176.97	239.08	542.57	176.6	201.58	188.32	173.5	142.25

Providencia												
Año	ener	feb	ma	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012	33.73	75.11	28.24	42.85	209.36	101.63	134.38	110.78	109.4	175.19	88.22	48.1
2013	126.71	32.32	97.55	25.08	31.41	152.28	104.39	180.04	151.14	128.93	171.56	101.14
2014	133.59	33.72	23.3	18.58	66.54	175.94	108.21	83.88	136.83	219.9	174.54	71.04
2015	65.18	52.15	60.5	38.86	62.81	171.86	132.19	73.9	130.38	125.95	157.23	105.94
2016	36.3	78.3	63.42	44.32	95.68	173.9	136.4	230.91	122.12	215.12	158.81	100.82
2017	42.37	43.42	53.48	101.66	133.64	144.01	241.73	178.49	157.79	352.3	113.77	79.57
2018	86.88	68.99	25.61	45.84	150.51	137.95	86.77	180.56	103.12	232.52	103.76	56.49
2019	43.7	16.79	15.43	37.7	48.48	105.67	70.04	72.76	121.92	136.39	77.91	51.24
2020	93.2	54.55	24.53	0.19	128.94	198.33	109.65	189.59	50.82	207.75	357.41	215.46
2021	76.03	47.53	42.91	42.32	22.21	146.38	156.53	246.35	87.48	157.53	134.95	63.38
2022	48.15	36.47	35.36	63.39	188.33	210.9	345.83	153.16	191.54	104.1	108.89	130.16

Pueblo Nuevo Subirana												
Año	ener	feb	ma	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012	33.73	75.11	28.24	42.85	209.36	101.63	134.38	110.78	109.4	175.19	88.22	48.1
2013	126.71	32.32	97.55	25.08	31.41	152.28	104.39	180.04	151.14	128.93	171.56	101.14
2014	133.59	33.72	23.3	18.58	66.54	175.94	108.21	83.88	136.83	219.9	174.54	71.04
2015	65.18	52.15	60.5	38.86	62.81	171.86	132.19	73.9	130.38	125.95	157.23	105.94
2016	36.3	78.3	63.42	44.32	95.68	173.9	136.4	230.91	122.12	215.12	158.81	100.82
2017	42.37	43.42	53.48	101.66	133.64	144.01	241.73	178.49	157.79	352.3	113.77	79.57
2018	86.88	68.99	25.61	45.84	150.51	137.95	86.77	180.56	103.12	232.52	103.76	56.49
2019	43.7	16.79	15.43	37.7	48.48	105.67	70.04	72.76	121.92	136.39	77.91	51.24
2020	93.2	54.55	24.53	0.19	128.94	198.33	109.65	189.59	50.82	207.75	357.41	215.46
2021	76.03	47.53	42.91	42.32	22.21	146.38	156.53	246.35	87.48	157.53	134.95	63.38
2022	48.15	36.47	35.36	63.39	188.33	210.9	345.83	153.16	191.54	104.1	108.89	130.16

Precipitación en campo											
Fecha	Culuco	Rio Largo	La Providencia	Pisijire	Subirana	Marañones	Las Arenas	Nueva Esperanza	Bonanza	El zapote	
	P 1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
27/09/2022	0mm	0mm	0mm	4.9mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
28/09/2022	0mm	37 mm	60 mm	60 mm	0mm	42.6 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
29/09/2022	0mm	0mm	1.6 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
30/09/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

Precipitación en campo										
Fecha	Culuc o	Rio Largo	La Providencia	Pisijire	Subiran a	Marañone s	Las Arenas	Nueva Esperanza	Bonanz a	El zapote
	P 1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
01/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
02/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
03/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
04/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
05/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
06/10/2022	0mm	6 mm	11.15 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	12.7mm	0mm	0mm
07/10/2022	0mm	5.9 mm	7.8 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	6.35mm	0mm	0mm
08/10/2022	0mm	25 mm	24.5 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	48.25mm	0mm	0mm
09/10/2022	0mm	22.4 mm	20.8 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	50.8mm	0mm	0mm
10/10/2022	0mm	3.85 mm	12 mm	4mm	0mm	0mm	0mm	25.4mm	0mm	0mm
11/10/2022	0mm	0mm	0mm	33.4mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
12/10/2022	0mm	1.4mm	2.8 mm	0mm	0mm	0mm	0mm	3.5mm	0mm	0mm
13/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
14/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	4mm	0mm	0mm	0mm
15/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	11mm	8.2mm	11mm	0mm
16/10/2022	0mm	1.2 mm	1 mm	23mm	0mm	0mm	1mm	0mm	1.4mm	0mm
17/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	7mm	0mm	0mm	0mm	0.6mm	0mm
18/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
19/10/2022	0mm	0mm	1mm	0mm	3.7mm	0mm	10mm	0mm	5mm	1.8mm
20/10/2022	0mm	5.6mm	9.6mm	5.2mm	12.5mm	7mm	20mm	9.6mm	6.5mm	0mm
21/10/2022	8.8mm	5.5mm	5.3mm	0mm	15mm	0mm	5.1mm	0mm	25.5mm	0mm
22/10/2022	0mm	6.7mm	14mm	0mm	13.3mm	0mm	5.3mm	6.2mm	15mm	0mm
23/10/2022	0mm	20mm	0mm	1.23mm	4.8mm	0mm	8mm	0mm	3.5mm	0mm
24/10/2022	0mm	0mm	3.8mm	3.46mm	0mm	0mm	9.9mm	0mm	0mm	0mm
25/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
26/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
27/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
28/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	9.2mm	0mm	0mm	0mm
29/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
30/10/2022	0mm	0mm	2.3mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	2.5mm	0mm
31/10/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm

Precipitación en campo										
Fecha	Culuco	Rio Largo	La Providencia	Pisijire	Subirana	Marañones	Las Arenas	Nueva Esperanza	Bonanza	El zapote
	P 1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
01/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
02/11/2022	6.6mm	10.5mm	10.12mm	2mm	0mm	0mm	4mm	5.22mm	10.5mm	5.9mm
03/11/2022	0mm	5.4mm	1.33mm	3.7mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
04/11/2022	0mm	13.5mm	5.8mm	0mm	0mm	0mm	12.38mm	2.6mm	9mm	0mm
05/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	2.8mm	11.2mm
06/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	3.2mm	0mm	0mm	0mm
07/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
08/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	2.8mm	0mm
09/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
10/11/2022	0mm	16.3mm	7.6mm	0mm	1.7mm	0mm	9.2mm	11.6mm	8.3mm	0mm
11/11/2022	0mm	0mm	0.85mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
12/11/2022	0mm	5mm	2.66mm	0mm	4.4mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
13/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	1.3mm	0mm	5.2mm	0mm
14/11/2022	0mm	1.8mm	1mm	0mm	3.6mm	0mm	1.8mm	5.7mm	0mm	0mm
15/11/2022	0mm	0mm	0mm	2.3mm	2mm	2.8mm	0.9mm	0mm	0mm	8.2mm
16/11/2022	0mm	2.1mm	0mm	0mm	0mm	0.8mm	8.1mm	0mm	0mm	0mm
17/11/2022	0mm	0mm	2mm	6.4mm	8mm	0mm	0mm	0mm	4.3mm	6.4mm
18/11/2022	15.8mm	2mm	2.3mm	6.3mm	15.8mm	0mm	6.4mm	0mm	3.3mm	0mm
19/11/2022	0mm	2.8mm	2.8mm	0mm	0mm	0mm	3.9mm	0mm	6mm	0mm
20/11/2022	28.8mm	7mm	5.8mm	6.7mm	6.8mm	0mm	4.6mm	0mm	13mm	0mm
21/11/2022	60mm	9.5mm	7.5mm	4mm	0mm	0mm	5.6mm	0mm	5.2mm	12.5mm
22/11/2022	4.4mm	2mm	0.4mm	0mm	9.2mm	0mm	4.8mm	18.5mm	2.8mm	11.5mm
23/11/2022	2.6mm	0.05mm	2.5mm	0mm	0mm	0mm	4mm	13.5mm	4.5mm	0mm
24/11/2022	0mm	5.7mm	7.7mm	0mm	0mm	0mm	3.3mm	0mm	0mm	3.2mm
25/11/2022	11mm	9.7mm	9.4mm	0mm	14.2mm	0mm	8.5mm	7.5mm	0mm	0mm
26/11/2022	34mm	19.3mm	14.8mm	24.5mm	0mm	0mm	16mm	8.5mm	7mm	0mm
27/11/2022	11mm	8mm	7.8mm	4.5mm	27.3mm	0mm	19.2mm	15.5mm	18.6mm	23.7mm
28/11/2022	18mm	1.5mm	1.3mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
29/11/2022	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
30/11/2022	8.4mm	0mm	0mm	18.3mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	9.2mm

Anexo 5. Muestro de suelos (Materia orgánica, estructura, textura, infiltración)



Anexo 6. Suelos de Honduras según la nomenclatura FAO WRB 2006-2010 distribuido por departamentos.

Nomenclatura FAO WRB 2006- 2010 suelos de Honduras	Extensión de la clase de suelo en Honduras en km²	Localización del suelo en las zonas de Honduras	Distribución por departamentos
Haplic Andosol	2,409	Centro y suroeste	Intibucá, Santa Bárbara y Comayagua.
Umbric Cambisol	4,015	Noroeste y norte	Yoro, Santa Bárbara y Cortés.
Dystric Cambisol	17,667	Noroeste, centro y noreste	Yoro, Atlántida, Colón, Olancho, Francisco Morazán, El Paraíso y Gracias a Dios.
Eutric Cambisol	2,409	Sur	Valle y Choluteca
Gleyic Cambisol	5,621	Noreste	Gracias a Dios.
Dystric Fluvisol	4,818	Noreste	Gracias a Dios y Olancho.
Eutric Fluvisol	9,637	Noreste	Yoro, Colón, Gracias a Dios, Olancho, Cortés y Choluteca.
Eutric Gleysol	803	Noroeste	Cortés.
Umbric Gleysol	803	Centro	Comayagua y Francisco Morazán.
Haplic Kastanozems	11,243	Oeste y centro	Copán, Ocotepeque, Santa Bárbara, Comayagua, Francisco Morazán, Yoro y Olancho.
Calcic Chernozems	5,621	Centro y noroeste	Copán, Cortés, Comayagua, Gracias a Dios y Olancho.

Nomenclatura FAO WRB 2006- 2010 suelos de Honduras	Extensión de la clase de suelo en Honduras en km²	Localización del suelo en las zonas de Honduras	Distribución por departamentos
Haplic Nitosol	803	Centro y norte	Cortés y Francisco Morazán.
Umbric Nitosol	26,501	Noroeste y este	Copán, Santa Bárbara, Cortés, Francisco Morazán, Atlántida, Yoro, Colón, Olancho y Comayagua.
Eutric Regosol	19,274	Suroeste, centro y noreste	Ocotepeque, Lempira, Intibucá, La Paz, Francisco Morazán, El Paraíso, Choluteca y Copán.
Eutric Vertisol	803	Sur	Choluteca
Total	112,427 km ²		

Fuente: Irazoque (2015)

Características de cada tipo de suelo presente en Honduras.

Nomenclatura FAO WRB 2006-2010 suelos de Honduras	Porcentaje de extensión por tipo de suelo en Honduras (%)	Características
Haplic Andosol	2.14	Suelos aptos para agricultura, se encuentran en paisajes volcánicos, relieves ondulados o montañosos. Suelos relativamente resistentes a erosión hídrica debido a la estabilidad de sus agregados.
Umbric Cambisol	3.57	Suelos aptos para agricultura, se encuentran en paisajes llanos a montañosos. Suelos cambisoles en montañas es necesarios conservarlos bajo bosque.
Dystric Cambisol	15.72	Suelos aptos para agricultura, se encuentran en paisajes llanos a montañosos. Suelos cambisoles en montañas es necesarios conservarlos bajo bosque. Suelos menos fértiles, usados para labranza convencional y pastoreo.
Eutric Cambisol	2.14	Suelos aptos para agricultura, se encuentran en paisajes llanos a montañosos. Suelos cambisoles en montañas es necesarios conservarlos bajo bosque. Suelos más productivos.
Gleyic Cambisol	4.99	Suelos aptos para agricultura, se encuentran en paisajes llanos a montañosos. Suelos cambisoles en montañas es necesarios conservarlos bajo bosque.
Dystric Fluvisol	4.29	Suelos desarrollados en depósitos aluviales, se encuentran en planicies aluviales, abanicos de ríos y valles. Buena fertilidad natural. Saturación de bases menor al 50%.
Eutric Fluvisol	8.57	Suelos desarrollados en depósitos aluviales, se encuentran en planicies aluviales, abanicos de ríos y valles. Buena fertilidad natural. Saturación de bases mayor al 50%.
Eutric Gleysol	0.72	Suelos saturados, presentes en áreas deprimidas y posiciones bajas de paisaje. Saturación de bases mayor al 50%.
Umbric Gleysol	0.72	Suelos saturados, presentes en áreas deprimidas y posiciones bajas de paisaje.

Nomenclatura FAO WRB 2006-2010 suelos de Honduras	Porcentaje de extensión por tipo de suelo en Honduras (%)	Características
Haplic Kastanozems	9.99	Suelos ricos en materia orgánica, se encuentran en paisajes llanos a ondulados, principalmente en zonas secas. Vulnerables a erosión hídrica y eólica.
Calcic Chernozems	4.99	Suelos con capa superficial gruesa, ricos en M.O, se encuentran en planicies llanas a onduladas. Vulnerables a erosión. Suelos con presencia de concentración cálcica.
Haplic Nitosol	0.72	Suelos bien profundos, presentes desde tierras llanas a colinas bajos bosque lluvioso. Suelos resistentes a erosión por su buen drenaje.
Umbric Nitosol	23.57	Suelos bien profundos, presentes desde tierras llanas a colinas bajos bosque lluvioso. Suelos resistentes a erosión por su buen drenaje.
Eutric Regosol	17.14	Suelos arenosos extendidos en tierras erosionadas en zonas áridas y montañosas. Suelos débiles. Requieren de mucho cuidado para significado agrícola. Saturación de bases mayor al 50%.
Eutric Vertisol	0.72	Suelos pesados, presentes en áreas llanas a onduladas. Agrietados en estación seca y de difícil manejo. Suelos poco susceptibles a erosión.

Fuente: Irazoque (2015)