

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSERVACIÓN**



**VALORES DE REFERENCIA DE RESPIRACIÓN BASAL DE LOS SUELOS  
SIN INTEVENCIÓN HUMANA DE LA RESERVA DEL HOMBRE Y LA  
BIOSFERA DEL RIO PLÁTANO, ZONA CENTRO SUR, OLANCHO.**

**PROYECTO DE TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

POR:

**Jemssy Lineth Lara Milla**

CATACAMAS, OLANCHO ..... MAYO,2026

VALORES DE REFERENCIA DE RESPIRACIÓN BASAL DE LOS SUELOS SIN  
INTERVENCIÓN HUMANA DE LA RESERVA DEL HOMBRE Y LA BIOSFERA  
DEL RIO PLÁTANO ZONA CENTRO SUR, OLANCHO.

POR:

Jemssy Lineth Lara Milla

**Carlos Roberto Irías Zelaya, M.Sc.**

**Director de Tesis**

**TESIS**

Presentado como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**MAYO, 2026**

## DEDICATORIA

A **Dios** y a **María Auxiliadora**, por ser mi fuerza y compañía en mis momentos de angustia dándome siempre compañía y fuerzas en el proceso sin dejar mi mano cuando más lo necesite.

A mi padre, **Elvis Lara**, la persona que ha sido mi apoyo incondicional desde el primer día de estudio en la universidad. Este logro se lo dedico a él por cada esfuerzo por verme graduada, por sus horas de trabajo, y por sus palabras de apoyo y amor en cada momento ya que es por todo esto que he llegado a lograr esta meta.

A mi madre; **Lidia Milla**, por ser la mejor madre que pude haber deseado, por su apoyo incondicional en cada momento por siempre estar cuando más la necesito. A mi hermana **Nessy Lara**, por su cariño ya que su apoyo y presencia ha sido parte esencial de todo este proceso.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a **Dios** y a **María Auxiliadora** gracias por siempre acompañarme en el silencio a cada lugar que fui y siempre darme fuerzas cuando pensé que no podría más sintiéndome en compañía aun estando sola.

A mi papá, **Elvis Lara** por ser mi apoyo incondicional. A mi madre **Lidia Milla**, por sus oraciones siempre y a mi hermana **Nessy Lara**, que siempre ha estado para mí en cada momento.

A mis primos **Brayan Milla** y **Wilman Milla**, que siempre me han animado y ayudado a la distancia dándome alegrías y palabras de aliento. Al Ingeniero **Carlos Irías**, gracias por su guía en cada momento y explicarme en cada momento mis dudas y al Ingeniero **Oscar Redondo** y **Emilio Fuentes**, por su apoyo y su acompañamiento constante siempre.

A mis amigas **Tania Galeano**, **Ángeles Carias**, **Nathalie Pineda**, **Waleska Alvarado**, **Yuliana Castillo**, **Miguel Aplicano** amigos que me han ayudado en mi proceso con su valiosa presencia.

A **Francisco López** mi pareja por siempre estar para mí en cada momento por darme siempre darme fuerzas y escucharme cuando más lo necesite gracias infinitas.

## CONTENIDO

|   |            |
|---|------------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                                       | <b>iv</b>  |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                                      | <b>2</b>   |
| <b>II. OBJETIVOS</b> .....  | <b>4</b>   |
| 2.1 General .....   | 4          |
| 2.2 Específicos .....   | 4          |
| <b>III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....                      | <b>5</b>   |
| <b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                           | <b>6</b>   |
| 4.1 Antecedentes .....  | 6          |
| 4.2 El Suelo  | 6          |
| 4.3 Suelos sin intervención Humana .....                          | 7          |
| 4.4 Respiración basal del suelo .....                             | 7          |
| 4.6 Relación Respiración-Función del suelo .....                  | 8          |
| 4.7 La materia orgánica como indicadora de calidad del suelo..... | 8          |
| 4.8 Microorganismos.....  | 9          |
| 4.10 Materia Orgánica .....                                       | 10         |
| 4.12 Degradación de Suelos .....                                  | 11         |
| 4.13 Procesos de Degradación.....                                 | 12         |
| 4.13.1 Erosión .....  | 12         |
| 4.13.2 Degradación Física .....                                   | 12         |
| 4.13.3 Degradación Biológica .....                                | 13         |
| 4.13.4 Degradación Química.....                                   | 13         |
| 4.14 Respiración Basal como Indicador de la Salud del Suelo ..... | 14         |
| 4.14.1 Salud del Suelo.....                                       | 14         |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.15 Factores que afectan la respiración en los suelos.....  | <b>15</b> |
| 4.15.1 Temperatura .....   | 15        |
| 4.15.2 Humedad .....   | 15        |
| 4.15.3 Textura .....   | 15        |
| 4.16 pH del Suelo.....   | <b>16</b> |
| 4.17 Disponibilidad de Nutrientes .....  | 16        |
| 4.18 Valor de Referencia.....  | <b>17</b> |
| 4.19 Importancia de los Valores de Referencia .....  | 17        |
| <b>V. MATERIALES Y METODOS .....</b>   | <b>19</b> |
| 5.3 Muestreo .....   | <b>21</b> |
| 5.3.1 Recolección y transporte de muestras .....   | 21        |
| 5.3.2 Preparación de las Muestras de Suelo.....  | 21        |
| 5.4 Determinación de la respiración basal .....  | <b>22</b> |
| 5.4.1 Preparación de la Solución de NaOH .....   | 22        |
| 5.4.2 Incubación de las Muestras.....  | 22        |
| 5.4.3 Precipitación del Carbonato.....   | 22        |
| 5.4.4 Titulación de la Solución.....   | 23        |
| 5.5.1 Respiración Basal del suelo .....  | 23        |
| <b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>  | <b>27</b> |
| 6.1 Mapa de la delimitación del área de estudio .....  | 27        |
| 6.2 Respiración Basal de los Suelos La Reserva del Hombre y la Biosfera del Rio Plátano                      | 28        |
| 6.3 pH de los suelos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Rio Plátano .....                            | 30        |
| 6.4 Contenido de materia orgánica en los suelos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano ..... | 31        |
| 6.5 Porcentaje de arcilla en los suelos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano               | 32        |
| 6.6 Porcentaje de Arena de los Suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano                 | 34        |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 6.7  | Porcentaje de Limo de los Suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano   | 35        |
| 6.8  | Textura de Suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano.....   | 37        |
| 6.9  | Análisis descriptivo de las diferentes variables de los suelos obtenidos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano ..... | 38        |
| 6.10                                       | Correlación entre las variables edáficas en los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano.....                    | 40        |
| 6.11                                       | Análisis multivariado de las propiedades edáficas del suelo mediante componentes principales  | 41        |
| 6.12                                       | Relación entre propiedades fisico-químicas del suelo mediante análisis de componentes principales CP1 vs CP2 .....                    | 43        |
| 6.13                                       | Contribución de las variables edáficas a los tres primeros componentes principales CP1, CP2 y CP3 .....                               | 44        |
| 6.14                                       | Distribución de frecuencias y comportamientos estadísticos de los datos.....  | 45        |
| <b>VII. CONCLUSIONES.....</b>              |   | <b>49</b> |
| <b>VIII.RECOMENDACIONES.....</b>           |   | <b>50</b> |
| <b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> |   | <b>51</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Sistema de incubación para medir la respiración basal del suelo. ....   | 22 |
| Figura 2 Mapa de delimitación del área de estudio de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025) .....  | 28 |
| Figura 3 Mapa de Respiración Basal de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras, elaborado a partir de 120 muestras de suelo (n=120). Fuente: Elaboración propia (2025) .....  | 29 |
| Figura 4 Mapa de pH de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025) .....  | 30 |
| Figura 5 Mapa de contenido de materia orgánica de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120)  | 32 |
| Figura 6 Mapa de porcentaje de arcilla de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120) .....  | 34 |
| Figura 7 Mapa de porcentaje de arena de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120) .....  | 35 |
| Figura 8 Mapa de porcentaje de limo de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120) .....   | 37 |
| Figura 9 Mapa de textura de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120).....   | 38 |
| Figura 10 Análisis de Correlación de Pearson para las variables de suelo obtenida en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Olancho, Honduras (n=120). Elaboración propia (2025). .....  | 41 |
| Figura 11 ACP de propiedades edáficas en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano. A) Muestras en CP1 vs. CP2. B) Varianza explicada. C) Carga de variables en los tres primeros componentes. Cada letra indica la comunidad de procedencia. Elaboración propia (2025)..... | 42 |
| Figura 12 Biplot del análisis de componentes principales (ACP) entre CP1 y CP2, mostrando la asociación entre muestras y propiedades físico-químicas del suelo en La   |    |

|   |    |
|---|----|
| Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano. Cada letra indica la comunidad de procedencia. Elaboración propia (2025).....   | 44 |
| Figura 13 Contribución porcentual de las propiedades fisicoquímicas del suelo a los tres primeros componentes principales CP1, CP2 y CP3, según el análisis de componentes principales realizado en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano. Elaboración propia (2025)..... | 45 |
| Figura 14 Histograma de frecuencias con curva de densidad para los valores de respiración basal del suelo en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Olancho, Honduras. Elaboración propia (2025).....   | 46 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Valores de Referencia generales para clases de respiración del suelo. ....   | 18 |
| Tabla 2 Estadísticos descriptivos no paramétricos de las variables edáficas obtenidas de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano (n = 120). Elaboración propia (2025)..... | 39 |
| Tabla 3 Rangos de respiración basal del suelo e interpretación ecológica en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Olancho, Honduras. Elaboración propia (2025).....     | 47 |

Lara Milla, JL 2026. Valores de referencia de respiración basal de suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, zona centro sur, Olancho, Honduras. Informe final de investigación Ingeniería en Gestión integral de los Recursos Naturales, Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la zona centro sur de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, del departamento de Olancho, con el fin de conocer los suelos en su estado natural con el objetivo de establecer valores de referencia de la respiración basal de suelos sin intervención humana de estos suelos, así como analizar la influencia de factores edáficos como pH, materia orgánica y textura, para ello, se recolectaron 120 muestras de suelo sin intervención humana realizándose bajo los protocolos estandarizados en laboratorio, al igual se realizó un análisis estadístico descriptivo, correlaciones, análisis multivariado de componentes principales y agrupamiento jerárquico. Los resultados evidenciaron que la respiración basal del suelo presentó valores comprendidos entre 260.9 y 1,824 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día, mostrando una distribución asimétrica hacia valores altos, característica de ecosistemas tropicales poco intervenidos. La materia orgánica mostró una correlación positiva con los valores elevados de 6.49 % de respiración basal, mientras que el pH predominantemente ácidos entre 3.91 y 6.71 y respecto a las texturas predominó la fracción arenosa, con contenidos entre 51.38 % y 82.13 %. Este trabajo constituye uno de los primeros esfuerzos en establecer valores de referencia de calidad biológica para suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, proporcionando una línea base fundamental para la evaluación de la salud del suelo. Los resultados generados representan un aporte relevante para futuros estudios comparativos con suelos intervenidos o degradados y para el diseño de estrategias de manejo y conservación orientadas a la sostenibilidad de los ecosistemas naturales de la región.

**Palabras clave:** suelos no intervenidos, salud del suelo, actividad microbiana, microbiología del suelo, línea base en suelos, manejo y conservación del suelo

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es el medio natural para el crecimiento de las plantas siendo un componente esencial de la tierra y el ecosistema (FAO, 2025), en el departamento de Olancho, Honduras, la diversidad de paisajes y condiciones climáticas ha dado lugar a una amplia variedad de suelos, los cuales sustentan no solo la actividad agropecuaria, sino también procesos ecológicos fundamentales. Esta riqueza edáfica representa un recurso clave para la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico de la región. Desde la década de 1990, la respiración basal del suelo ha despertado un creciente interés en la comunidad científica debido a su papel fundamental en el ciclo global del carbono.

La respiración basal del suelo es un indicador que refleja múltiples funciones del suelo asociada a la actividad microbiana de este, relacionándose también con el contenido y la labilidad de la materia orgánica y procesos como la tasa de mineralización de nitrógeno (N) o carbono (C) y, en general, el reciclaje de nutrientes en el suelo (Asociación Gremial Agrícola Central, 2022) Contar con datos precisos sobre esta variable permite comprender mejor la dinámica biológica del suelo y ofrece una herramienta de diagnóstico complementaria a los análisis físicos y químicos tradicionales. Esta información resulta particularmente valiosa para formular recomendaciones técnicas más precisas dirigidas a agricultores, técnicos e investigadores.

Actualmente, en Olancho existe una significativa carencia de datos científicos sobre la calidad biológica de los suelos, lo que limita la implementación de estrategias de manejo sostenible y dificulta la toma de decisiones informadas, tanto a nivel técnico como institucional. Esta situación evidencia la necesidad urgente de establecer referencias locales que permitan evaluar con mayor exactitud la salud del suelo y su capacidad de resiliencia ante diferentes formas de uso y degradación. En este contexto, los suelos vírgenes son aquellos que no han sido intervenidos por actividades humanas y donde los procesos naturales siguen su curso sin alteraciones, representan un punto de partida ideal para establecer valores de referencia. Según (Law, 2022), un suelo virgen es aquel donde “la tierra y su comunidad de vida están libres del hombre, donde el mismo hombre es un visitante

que no permanece”. La respiración basal surge, entonces, como un indicador clave en la evaluación de la salud de estos ecosistemas, especialmente en un contexto donde la degradación de los suelos ha aumentado significativamente en las últimas décadas.

La presente investigación tiene como objetivo principal establecer líneas base de los valores de respiración basal en suelos no intervenidos dentro de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, ubicada en el municipio de Dulce Nombre de Culmí, Olancho. Estos valores de referencia permitirán futuras comparaciones para evaluar cambios significativos en la actividad biológica del suelo, así como la identificación de posibles factores limitantes en la actividad microbiana. Los datos generados por este estudio contribuirán a una comprensión más profunda del estado actual de estos suelos y podrán ser utilizados en el diseño de estrategias de conservación más efectivas y adaptadas a las condiciones locales.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

- Determinar los Valores de Referencia de Respiración Basal de los Suelos sin intervención humana de la Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano Zona Centro Sur.

### **2.2 Específicos**

- Determinar mediante un muestreo estratificado los puntos de muestreo en áreas ubicadas en sitios no intervenidos de la zona centro-sur de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, garantizado una adecuada representatividad de las condiciones ambientales presentes en el área de estudio.
- Analizar la respiración basal, el pH, la materia orgánica y la textura de los suelos sin intervención humana muestreados de la Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano zona Centro Sur.
- Realizar un análisis estadístico orientado a establecer valores de referencia de los suelos no intervenidos de la Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano zona Centro Sur.

### **III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- ¿Cuáles son los valores de referencia de respiración basal en los suelos sin intervención humana en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano en Dulce Nombre de Culmí, Olancho?
- ¿Cómo influyen las variables edáficas (textura, contenido de materia orgánica, pH) en la variabilidad de la respiración basal de los suelos vírgenes en la Reserva
- ¿Cómo varían la tasa de respiración basal en diferentes áreas de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano en Dulce Nombre de Culmí, Olancho en función de diferentes tipos de suelo y usos de tierra?

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1 Antecedentes**

A medida que se intensifica la agricultura, la convergencia de datos indica el alcance y la gravedad de la degradación de la tierra, que consiste en la erosión del suelo, el agotamiento de los nutrientes y el aumento de la salinidad. La degradación provocada por el ser humano afecta al 34%, esto es, 1,660 millones de hectáreas de los terrenos agrícolas. A pesar de la importancia de los suelos en la agricultura y la economía de Honduras, especialmente en un departamento como Olancho con una fuerte vocación agrícola, la investigación sobre valores de referencia de respiración basal en suelos degradados es aún escasa.

La ampliación de los cultivos a zonas donde la tierra es de baja calidad y el aumento de la intensificación en las tierras de cultivo existentes se ven limitados por la erosión del suelo y el agotamiento del carbono, los nutrientes y la biodiversidad del suelo. El tratamiento de los suelos con fertilizantes inorgánicos para incrementar o mantener el rendimiento ha tenido efectos adversos importantes en la salud del suelo y ha contribuido a la contaminación de las aguas dulces derivada de la escorrentía y el drenaje. (FAO, 2021)

### **4.2 El Suelo**

El suelo es la capa compuesta de materiales orgánicos y minerales que cubren la superficie terrestre, siendo un medio de crecimiento para las plantas superiores y generando un gran ecosistema para microorganismos del mismo, con diversas propiedades, como textura, estructura, pH, las cuales influyen en la producción de plantas. El suelo es considerado también como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, y que sirve como medio de crecimiento para diversos organismos. (Irazoque Soria Galvarro , 2015)

Está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo. (FAO, 1996)

### **4.3 Suelos sin intervención Humana**

Se refiere a áreas naturales relativamente intactas, donde la presencia humana es mínima o inexistente. Estas áreas son importantes para la conservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas, y la regulación de procesos naturales como el ciclo del agua y el ciclo del carbón. (Barla Galván, 2009)

### **4.4 Respiración basal del suelo**

La respiración del suelo es un indicador de la actividad biológica, esta actividad es tan importante para el ecosistema edáfico. La respiración del suelo, también llamada flujo de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), es un proceso de gran importancia en el ciclo del carbono y constituye el segundo flujo más significativo de carbono entre la atmósfera y la tierra. La respiración es la producción de  $\text{CO}_2$  como resultado de la actividad biológica en el suelo, realizada por microorganismos, raíces vivas, y macroorganismos tales como lombrices, nemátodos o insectos. (USDA, 1999).

El  $\text{CO}_2$  emitido desde el suelo es un gas incoloro e inodoro. Es una medida directa de la actividad metabólica de la población microbiana del suelo. Esta se determina al capturar y cuantificar la cantidad de  $\text{CO}_2$  que se libera al rehumedecer la muestra de un suelo seco almacenado a temperatura ambiente en un recipiente hermético durante 4 días. (USDA, 1999).

#### **4.5 Medición de la Calidad del Suelo**

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, o situaciones. Por ejemplo, la prueba de CE para salinidad puede no ser útil en el sector oriental de los EEUU, donde la salinidad no es problema. Un grupo mínimo de propiedades del suelo, o indicadores, de cada uno de los tres componentes del suelo son seleccionados sobre la base de su aptitud para indicar la capacidad del suelo para funcionar en usos y climas determinados. (USDA, 1999)

Los indicadores del equipo de calidad del suelo son seleccionados primariamente para evaluar la calidad agrícola del suelo. El equipo debería ser usado como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo: si los actuales sistemas de manejo están conservando, mejorando o degradando el suelo. El adecuado uso del equipo y la correcta interpretación de los resultados dependen de lo bien que sean interpretados los indicadores con relación a uso de las tierras y objetivos ecológicos. (USDA, 1999)

#### **4.6 Relación Respiración-Función del suelo**

La respiración indica el estado de la población microbiana en el suelo y ésta nos puede dar idea de la capacidad que tiene dicha población microbiana para aceptar y usar residuos orgánicos o enmiendas, para mineralizar y almacenar nutrientes para que los usen las plantas y otros organismos, también para desarrollar una buena estructura del suelo y amortiguar la disponibilidad de nutrientes a lo largo del tiempo. (FERTILAB, 2017)

#### **4.7 La materia orgánica como indicadora de calidad del suelo**

La materia orgánica es un indicador clave de la calidad del suelo. tanto en sus funciones agrícolas como en sus funciones ambientales entre ellas captura de la calidad del aire.

Además, es la principal determinante de su actividad biológica. La diversidad, la cantidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionados con ella. (Andriulo & Irizar, 2017)

#### **4.8 Microorganismos**

Los microorganismos del suelo son seres vivos microscópicos que habitan en la capa superficial de la Tierra. Incluyen bacterias, hongos, algas, protozoos y virus, entre otros. Estos organismos interactúan con las plantas, los animales y el medio ambiente. Desempeñan un papel crucial en los ecosistemas terrestres, ya que contribuyen al reciclaje de nutrientes, la formación del suelo y el mantenimiento de la fertilidad. (IEQFQ, 2025)

#### **4.9 Funciones de los Microorganismos**

Se da la descomposición de materia orgánica transforman restos de plantas y animales en nutrientes que las plantas pueden absorber. La descomposición de la materia orgánica puede llevarse a cabo tanto en ambientes aeróbicos como anaeróbicos, lo que permite contar con formas minerales de nutrientes en cultivos bajo inundación (arroz), secano o riego. Los productos finales de C obtenidos de la descomposición son diferentes: en ambientes aeróbicos el producto principal es el CO<sub>2</sub> mientras que en ambientes anaeróbicos son el hidrógeno, alcoholes, metano (CH<sub>4</sub>), varios ácidos orgánicos y, en menor proporción, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). (Martinez & Ortega Bu, 2021)

También intervienen en la fijación del nitrógeno, una función realizada principalmente por bacterias como las del género *Rhizobium*, que convierten el nitrógeno atmosférico en formas aprovechables por las plantas, mejorando así la productividad del suelo. En cuanto al control biológico de plagas, algunos microorganismos actúan como antagonistas naturales de insectos o patógenos, reduciendo su población y minimizando el uso de pesticidas químicos. Además, contribuyen a la formación de agregados del suelo, al producir sustancias pegajosas y redes de filamentos que estabilizan las partículas del suelo, mejorando su estructura, aireación y retención de agua, factores clave para el desarrollo de las raíces y la actividad biológica.

#### **4.10 Materia Orgánica**

La materia orgánica o humus es la materia conformada por compuestos químicos que contienen átomos de carbono, razón por la cual se conoce a la química orgánica como la “química del carbono”. Cuando hablamos de materia orgánica nos referimos a la que está vinculada con la vida: la que conforma los cuerpos de los seres vivos, así como la mayoría de sus sustancias y materiales de desecho.

El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado. (Otiniano, Florian , & Sevillano , 2006)

#### **4.11 Suelos de Honduras**

Los suelos hondureños son fundamentales para la producción agrícola, permitiendo el cultivo de productos de exportación como el café, el cacao y el banano, así como cultivos de subsistencia como el maíz y el frijol. Sin embargo, la degradación de estos suelos amenaza tanto la seguridad alimentaria del país como su estabilidad económica. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el 2024, más del 40% de las tierras agrícolas del país están afectadas por la degradación, lo que resulta en pérdidas económicas de más de 200 millones de dólares anuales.

Este fenómeno es impulsado por una combinación de factores naturales y humanos, entre los que el cambio climático juega un papel determinante. El cambio climático está intensificando los procesos de degradación de los suelos en Honduras. Fenómenos meteorológicos extremos, como huracanes y sequías, han aumentado en frecuencia e intensidad, provocando impactos directos en la salud de los suelos. (Espinal , 2024)

Además, el uso excesivo de fertilizantes y las lluvias ácidas están alterando el pH del suelo en varias regiones agrícolas de Honduras. La acidificación de los suelos disminuye su capacidad para retener nutrientes, lo que a su vez reduce la fertilidad y afecta el crecimiento de los cultivos. Este fenómeno es especialmente problemático en áreas de alta producción agrícola, como las de los valles cercanos a la región central del país. (Espinal , 2024)

#### **4.12 Degradación de Suelos**

Se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema. (FAO, 2021), básicamente son los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen la capacidad actual o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana. (SEMARNAT, 2002)

Se estima que alrededor de 2,000 millones de hectáreas en el mundo sufren algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre. Esto equivale al 15% de toda la tierra firme, un área mayor que México y Estados Unidos juntos. La erosión provocada por el agua es la forma más común de degradación del suelo. La UNESCO alerta de que el 90 % de las tierras emergidas del planeta podrían degradarse de aquí a 2050, afectando gravemente a la biodiversidad y a la vida humana. (UNESCO, 2024)

### **4.13 Procesos de Degradación**

La degradación del suelo es un proceso degenerativo que reduce la capacidad actual o futura de los suelos para seguir desempeñando sus funciones características. Esto puede obedecer tanto a causas naturales como a causas antrópicas.

#### **4.13.1 Erosión**

Es un fenómeno complejo, en el que intervienen dos procesos: la ruptura de los agregados y el transporte de las partículas finas resultantes a otros lugares. Además de la pérdida de la capa de suelo, que contribuye a la desertización, las partículas arrastradas pueden actuar como vehículo de transmisión de contaminación (plaguicidas, metales, nutrientes, minerales, etc.). Se trata de un fenómeno natural pero que ha sido acelerado por las actividades humanas. La erosión puede ser causada por cualquier actividad humana que exponga al suelo al impacto del agua o del viento, o que aumente el caudal y la velocidad de las aguas de escorrentía. (IHOBE, 1998)

El riesgo de erosión por acción del agua es máximo en periodos de lluvias intensas en que el suelo se encuentra saturado de agua, con escasa cubierta vegetal y aumenta el movimiento del agua por la superficie del suelo. El efecto de la escorrentía resultante elimina cantidades importantes de suelo y origina regueros de erosión que actúan como ruta principal del agua, lo que aumenta el problema. (Servicio Web del Gobierno Vasco , 2017)

#### **4.13.2 Degradación Física**

Vinculados a éste existen una serie de micro procesos que alteran el espacio libre “poroso” que tiene el suelo para que se pueda “mover” el aire y el agua. Se producen cambios adversos en el suelo que afectan las condiciones físicas relacionadas con el desplazamiento del aire, del agua y nutrientes, y el desarrollo de las raíces. Estos procesos pueden ocurrir a nivel de superficie del suelo o subsuperficial mente, y los efectos más comúnmente observados son capas compactadas (piso de pezuña o de arado), sellamiento de la superficie del suelo. (CREA, 2021). Junto al proceso de erosión hídrica es de los más frecuentes, encontrándose

ampliamente generalizado en las tierras agrícolas de nuestro país. Y lamentablemente muchas veces es pensado como un proceso natural que ocurre en el suelo y no como un proceso debido al uso y manejo inadecuado del mismo.

#### **4.13.3 Degradación Biológica**

La pérdida de la biodiversidad (organismos vivos) y de la materia orgánica (organismos de origen animal y vegetal, parcial y/o totalmente descompuestos o transformados) constituyen los efectos más notorios debidos a la ocurrencia de los procesos de degradación biológica. Esto repercute sobre diferentes funciones del suelo como, entre las más importantes para suelos agrícolas están la transformación, reciclado y posterior asimilación de los nutrientes por las plantas. También el acomodamiento y la persistencia de los minerales del suelo en unidades específicas (estructura) que contribuyen a sostener el espacio poroso que va a asegurar el traslado del agua de lluvia y/o de riego por el suelo y la eliminación de los excesos. Además del desplazamiento del aire dentro y fuera del suelo. Está ampliamente demostrado que 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 en suelos agrícolas. (INTA, 2009)

#### **4.13.4 Degradación Química**

Varios de los procesos de degradación química están vinculados a la degradación biológica y suelen ocurrir en condiciones extremas de la ocurrencia de este último. Ejemplos de lo manifestado son el agotamiento de nutrientes y la acidificación del suelo que resultan como consecuencia de, entre otras causas, el agotamiento de la materia orgánica. La contaminación del suelo es otro proceso de degradación química que generalmente está asociado a la contaminación de aguas (superficiales y subterráneas), al inadecuado uso y manejo de insumos y desechos de la agricultura (como metales tóxicos, lodos residuales, desechos de fundición, escombros de minería).

El aumento del contenido de sales en el suelo es otro proceso que ocurre en áreas habilitadas al riego (permanente), en donde el contenido salino del agua de riego y las limitaciones en el sistema de drenaje generan un aumento de la salinidad del suelo. La problemática del aumento del contenido de sales en el suelo, no sólo está limitada a regiones de riego, es habitual en áreas ganaderas de nuestra pradera pampeana que presentan drenaje natural limitado (roca, tosca) y nivel freático cercano a la superficie, y que reciben un manejo inadecuado del suelo. (Piscitelli , 2015)

#### **4.14 Respiración Basal como Indicador de la Salud del Suelo**

##### **4.14.1 Salud del Suelo**

Se define como la capacidad continua del suelo para funcionar como un ecosistema, el cual sustenta a las plantas, microorganismos, animales y humanos. Esta capacidad del suelo es la que mantiene la calidad ambiental, la productividad de las plantas, y además promueve la salud de plantas y animales. (INTAGRI, 2018)

También se hace referencia a salud del suelo a aquellas propiedades del suelo que cambian como resultado del uso y manejo a través del tiempo. Suele emplearse calidad del suelo como sinónimo de salud del suelo, aunque calidad de suelo implica características adicionales relacionadas a la composición y propiedades del suelo. Salud del suelo es un término que emplean en su mayoría los agricultores, mientras que calidad de suelo es el término que utilizan más los investigadores. De acuerdo a Moebius et al. (2016), un suelo saludable cuenta con las siguientes características:

Un suelo saludable se caracteriza por poseer una estructura que facilite la labranza, contar con profundidad suficiente para el desarrollo óptimo de las raíces y mantener un equilibrio adecuado entre almacenamiento y drenaje del agua. Además, debe proveer un suministro suficiente de nutrientes sin generar excesos que puedan afectar la salud del suelo o de los cultivos, presentar bajas incidencias de plagas y enfermedades, y albergar poblaciones

abundantes de organismos beneficiosos que contribuyan a la fertilidad y estabilidad del ecosistema. Asimismo, un suelo saludable experimenta mínima competencia por parte de malezas, se encuentra libre de contaminantes y sustancias tóxicas, muestra resistencia frente a los procesos de degradación y posee una elevada resiliencia frente a condiciones adversas, tales como sequías, lluvias intensas u otras variaciones climáticas extremas. (USDA, 1999)

#### **4.15 Factores que afectan la respiración en los suelos**

##### **4.15.1 Temperatura**

La respiración microbiana se incrementa más del doble por cada 10°C de incremento de la temperatura hasta un máximo de 35-40°C, temperaturas límite para el crecimiento de plantas y organismos.

##### **4.15.2 Humedad**

La respiración de suelos se incrementa con la humedad del suelo hasta que los poros se saturan de agua limitando la disponibilidad de oxígeno, la facilidad para transferirlo a los organismos y la habilidad para respirarlo. La humedad ideal está cerca de la capacidad de campo o cuando aproximadamente 60% del espacio poroso está lleno con agua. Si el agua ocupa más del 80% del espacio de poros, se produce un ambiente anaeróbico y los organismos aeróbicos cambian el metabolismo, mientras que aquellos capaces de utilizar nitrato  $\text{NO}_3$  en lugar de oxígeno, reducen el  $\text{NO}_3$  hasta producir gases nitrogenados como óxido nitroso  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ , lo que resulta no solo en pérdidas de N sino también en la producción de gases de efecto invernadero. Este proceso se conoce como desnitrificación. Cuando la humedad es baja, la respiración también disminuye, debido a que los organismos reducen su actividad biológica y sus funciones metabólicas.

##### **4.15.3 Textura**

Los suelos de textura media (suelos limosos y francos) son a menudo favorables para la respiración del suelo debido a su buena aireación y alta capacidad de agua disponible. En suelos arcillosos, la arcilla protege la materia orgánica de la descomposición limitando la respiración del suelo y mineralización (amonificación) de N orgánico. De igual forma, en suelos arenosos, típicamente bajos en SOM y con baja capacidad de agua disponible, se limita la respiración del suelo al igual que la mineralización de N. (UNA, 2026)

#### **4.16 pH del Suelo**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad (figura 1) de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. La acidez por lo general está asociada con suelos lixiviados; la alcalinidad mayormente aparece en regiones más secas. Sin embargo, prácticas agrícolas, tales como el encalado o el agregado de fertilizantes de amonio, puedan alterar el pH. La medición de pH significa en realidad medir la actividad del ión en la solución del suelo. (USDA, 1999)

#### **4.17 Disponibilidad de Nutrientes**

El pH del suelo afecta la disponibilidad de los nutrientes vegetales. La disponibilidad de los nutrientes se ve afectada por cambios en la solubilidad de los minerales del suelo. La mayor parte de los minerales son más solubles en suelos ácidos que en suelos neutros o ligeramente básicos. La mayor disponibilidad, para el caso de la mayor parte de los nutrientes, se halla entre pH 6.0 y 7.0. Cuando los nutrientes, aparecen interconectados, los nutrientes a ese pH se combinan para formar compuestos insolubles, reduciendo su disponibilidad. El pH del suelo también afecta la actividad de microorganismos beneficiosos, lo cual afecta a su vez la disponibilidad de nutrientes. En general, los hongos cumplen sus funciones en un rango amplio de pH, pero las bacterias y los actinomicetos se desempeñan mejor a pH intermedios o algo elevados (USDA, 1999).

#### **4.18 Valor de Referencia**

Un valor de referencia en un suelo es un punto de comparación, un estándar o un umbral que nos permite evaluar si las propiedades de un suelo particular se encuentran dentro de un rango considerado "normal" o "saludable".

Un valor de referencia en un suelo es una medida estándar que indica el rango normal o esperado de concentración de un elemento químico, nutriente o contaminante en condiciones naturales o no alteradas por actividades humanas. Estos valores se establecen a partir de análisis de múltiples muestras de suelos representativos de una región o tipo específico, y sirven como punto de comparación para evaluar la calidad del suelo. Su importancia radica en que permiten identificar desviaciones que pueden señalar problemas como la contaminación, deficiencias nutricionales o alteraciones en la fertilidad del suelo. Además, los valores de referencia son fundamentales para la toma de decisiones en agricultura, manejo ambiental, restauración de suelos degradados y formulación de políticas públicas, ya que ayudan a determinar si un suelo necesita intervención o si se encuentra dentro de los límites adecuados para un uso sostenible. (FAO, 2021)

#### **4.19 Importancia de los Valores de Referencia**

Con estos valores se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo como se observa en la (Tabla 1), así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. (Centro de Investigaciones Agronómicas, 2002)

Tabla 1. Valores de Referencia generales para clases de respiración del suelo. (Hinostroza, Malca, & Suarez, 2021)

| <b>Clase</b>                            | <b>Estado del Suelo</b>   | <b>Respiración del Suelo<br/>kg C (en <math>CO_2</math>) /ha /d</b> |
|---|---|---|
| Sin actividad en el suelo.              | El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril.   | 0   |
| Actividad del Suelo muy baja.           | El suelo a perdido mucha materia orgánica disponible y presenta poca actividad biológica.   | < 10,64   |
| Actividad del suelo moderadamente baja. | El suelo a perdido parte de la materia orgánica disponible y la actividad biológica es bajo.  | 10,64 – 17.92   |
| Actividad del Suelo Mediana.            | El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica.  | 17.92 – 35.84   |
| Actividad del suelo ideal.              | El suelo se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y posee adecuada materia orgánica y activas poblaciones de microorganismos.   | 35,84 – 71.68   |
| Actividad del suelo inusualmente alta.  | El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbianas y tiene elevados niveles de materia orgánica disponible, posiblemente a través del agregado de grandes cantidades de materia orgánica fresca o abonos. | > 71,68   |

(Hinostroza, Malca, & Suarez, 2021)

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Descripción de la Zona

La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano (RHBRP), se ubica en la región nororiental de Honduras, entre los departamentos de Colón, Gracias a Dios y Olancho, cuenta con una extensión de 832,338.963 hectáreas (ha) y está dividido en tres zonas de manejo: zona núcleo con 210,734.243 ha, zona de amortiguamiento de 197,421.45 ha. y la zona cultural con extensión de 424,123.87 ha (ICF, 2025).

La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano ubicada Dulce Nombre de Culmí Zona centro sur. Esta investigación se llevó a cabo en La Reserva Culmí, Olancho con un área de 117,218.91 hectáreas tomándose en cuenta 10 microcuencas entre ellas Quebrada Guapinol, Guano, Quebrada El Ocote, Sacristán, Papayo, Sinaí, Los Alvarados, Las Bonanzas, Malanga y la quebrada La Millonaria. Las características físicas de estos suelos variaron desde grueso hasta fino; contienen limo y arcilla recubiertos en muchos lugares por turbas y con suelos profundos (0.6-1.8 metros) o muy profundos (más de 6.0 m). En las cuales los principales impactos negativos a nivel de cuencas pasan por la zona núcleo, pero sus mayores impactos se presentan a nivel de la zona de amortiguamiento. Ya que la pérdida de los cultivos agrícolas y ganado vacuno, que son la fuente primaria de alimentos para los pobladores de la zona, en parte es ocasionada por la pérdida de cobertura vegetal por el cambio de uso de la tierra en las partes altas de las cuencas, lo cual provoca arrastre de sedimentos, y desbordamientos de los ríos, además, el vertido de productos químicos provenientes de algunos cultivos, causan mala calidad en el agua lo cual conlleva a problemas de salud ya que el consumo se hace de forma directa.

Durante la ejecución de esta investigación se contó con el apoyo institucional del Instituto de Conservación Forestal (ICF), específicamente de la regional de Marañones en el departamento de Olancho. En este proceso, se asignó una profesional especializada en

hidrología, quien brindó acompañamiento técnico en campo y contribuyó de manera significativa a la delimitación y selección de las diez microcuencas objeto de estudio.

Asimismo, se contó con el valioso apoyo de dos guardabosques de la institución, quienes facilitaron el acceso a las áreas de muestreo, aportaron conocimiento local del territorio y colaboraron en las actividades logísticas durante el trabajo de campo. La selección de estas unidades hidrológicas se realizó con base en criterios técnicos y ambientales, garantizando que las áreas elegidas dentro de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano presentaran condiciones representativas de suelos sin intervención humana, acordes con los objetivos planteados en la investigación.

## **5.2 Área de Estudio**

Para llevar a cabo esta delimitación, se utilizaron herramientas tecnológicas, como un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) para registrar los límites geográficos, y se empleará el software QGIS® versión 3.26 (“Quantum Geographic Information System”) para elaborar un mapa detallado de las áreas seleccionadas.

Para garantizar una representatividad adecuada de las distintas condiciones del suelo en las zonas de estudio, se empleó un muestreo estratificado. Se enumeraron las diferentes áreas y, mediante un proceso aleatorio, se seleccionaron sitios característicos de cada categoría de uso del suelo. En cada sitio seleccionado, se tomaron dos muestras compuestas, abarcando la capa superficial del suelo (0-20 cm). Estas muestras compuestas se conformaron a partir de cuatro submuestras individuales, recolectadas aleatoriamente en el sitio.

Se realizó un muestreo estratificado en áreas sin intervención humana con el objetivo de obtener una representación precisa y detallada de las características del suelo en su estado natural. Este tipo de muestreo permitió dividir el área de estudio en estratos o subunidades homogéneas según criterios como tipo de vegetación, pendiente, tipo de suelo o cobertura, lo que mejora la representatividad de las muestras y reduce la variabilidad dentro de cada estrato.

## **5.3 Muestreo**

### **5.3.1 Recolección y transporte de muestras**

Las muestras fueron colocadas en recipientes limpios, de plástico, que evitaron que se diera una contaminación cruzada. Se recomienda etiquetar correctamente cada recipiente con información como el lugar, la profundidad de muestreo, y la fecha de recolección.

Las muestras se transportaron en condiciones que mantenían su humedad natural y composición química. Para ello, se utilizaron bolsas herméticas o contenedores con tapa ajustada. Ya que era necesario conservar la muestra fresca, especialmente para análisis microbiológicos como la respiración basal, es ideal utilizar refrigeración (de 4 °C a 10 °C) y se transportaron en neveras portátiles con acumuladores de frío.

El tiempo entre la recolección y el análisis fue el mínimo posible. Para muestras destinadas a estudios biológicos, un retraso prolongado puede provocar cambios en los niveles de actividad microbiana o alteraciones químicas, lo que afecta la calidad del análisis.

Se debe garantizar que el equipo utilizado para recolectar, almacenar y transportar las muestras esté completamente limpio. Además, es esencial manejar las muestras con guantes para evitar contaminaciones accidentales.

### **5.3.2 Preparación de las Muestras de Suelo**

Se pesarán 20 gramos de suelo fresco previamente tamizado con un tamaño de partícula de 2 mm. Las muestras serán colocadas en recipientes herméticos, como matraces Erlenmeyer, debidamente identificados.

## 5.4 Determinación de la respiración basal

### 5.4.1 Preparación de la Solución de NaOH

Se preparará una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, de la cual se tomarán 10 ml, para depositarlos en un recipiente pequeño que será colocado dentro del frasco hermético junto con la muestra de suelo. Inmediatamente, el frasco será sellado para evitar pérdida de gases. (SSSA, 1996)

### 5.4.2 Incubación de las Muestras

El frasco que se observa en la (Figura 2) contiene las muestras que serán incubados en un lugar oscuro o sin exposición directa a la luz, a una temperatura constante durante un periodo de 72 horas.



Figura 1 Sistema de incubación para medir la respiración basal del suelo.

### 5.4.3 Precipitación del Carbonato

Después del tiempo de incubación, se retiró el recipiente con NaOH y se añadirá a un Erlenmeyer más pequeño junto con 3 mL de cloruro de bario 50% ( $\text{BaCl}_2$ ) para precipitar el carbonato presente en la solución. Se añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador para proceder a la titulación.

#### 5.4.4 Titulación de la Solución

La solución se titulará con ácido clorhídrico (HCl) al 0.1N, agregándolo gota a gota hasta que la solución cambie de color rosa magenta a incolora, indicando el punto final de la reacción ácido-base.

#### 5.5 Variables a Evaluadas

##### 5.5.1 Respiración Basal del suelo

A cada una de las muestras recolectadas se les determinó la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por el suelo, producto de la actividad microbiana durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Para calcular dicha emisión de dióxido de carbono, se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{RBS (mg de C - CO}_2\text{kg}^{-1}\text{ Suelo dia}^{-1}) = \frac{(\text{Vb} - \text{Vm}) \cdot \text{M} \cdot 6.1000}{\text{Psg}}$$

Donde:

RBS = Respiración basal del suelo

Vb= Volumen de HCl consumidos para titular el blanco

Vm= Volumen de NaOH gastado en la muestra con suelo

M= Molaridad del NaOH

Psg= Peso del suelo seco en gramos.

##### 5.5.2 Determinación de pH en el suelo

Para iniciar la medición del pH en el suelo, se calibro el pH-metro empleando soluciones estándar de pH 7.0 y 4.0, garantizando así la exactitud de los resultados. A continuación, se pesaron 10 gramos de suelo seco y tamizado y se colocan en recipientes. Por cada diez muestras, se incluye una muestra de referencia para controlar la calidad del proceso. Posteriormente, se agrega agua desionizada a cada muestra y se mezcla cuidadosamente,

dejando reposar la mezcla durante 30 minutos para que el suelo se sedimente y la solución se estabilice. Durante todo el procedimiento, se toman precauciones para evitar cualquier tipo de contaminación externa.

Antes de la medición, la suspensión se agita nuevamente y el electrodo del pH-metro se introduce en la muestra. Dependiendo de la preferencia del operador, el electrodo puede colocarse en el sobrenadante claro por encima del sedimento, directamente en la capa de sedimentos, o en la suspensión completa mientras se agita. Es crucial mantener un procedimiento consistente para todas las muestras. Finalmente, se registra el valor de pH medido y se enjuaga el electrodo con agua desionizada entre cada muestra para evitar contaminación cruzada y garantizar la fiabilidad de los resultados.

### **5.5.3 Determinación de Materia Orgánica del Suelo**

Como primer paso, se tomó una muestra de un gramo de suelo seco y se coloca en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. A esta muestra se le adiciona una solución acuosa de dicromato de potasio 0.5M, agitando suavemente para asegurar una mezcla homogénea. Posteriormente, se adicionan 20 ml de ácido sulfúrico concentrado a la suspensión, iniciando la agitación de manera suave y progresivamente aumentando su intensidad. La mezcla se deja reposar en una campana de extracción durante media hora para garantizar la seguridad del operador y la estabilidad de la reacción química. (SSSA, 1996)

Una vez transcurrido el tiempo de reacción, se agregó una cantidad 200 mL de agua destilada a la mezcla para diluirla. Luego, se adicionan 3 o 4 gotas de ferroína como indicador y se procede a titular con una solución estándar de sulfato ferroso de amonio, 0.5M. El punto final de la titulación se identifica visualmente por una serie de cambios de color, desde un tono verdoso inicial hasta un color marrón final, observado a contraluz sobre un fondo blanco. La estandarización de la solución de dicromato de potasio se realiza mediante una titulación en blanco.

### **5.5.4 Determinación de la Textura en el Suelo Método Bouyocus**

El procedimiento comienza con el secado de la muestra, seguida de su molienda y tamizado utilizando una malla de 2 mm. Posteriormente, se pesan 60 gramos de la muestra y se colocan en un horno durante al menos 6 horas a una temperatura de entre 75 y 80 °C. Una vez completado el secado, se espera a que la muestra se enfríe, tras lo cual se pesan 50 gramos y se colocan en un beaker de 250 mL. A continuación, se agregan 100 mL de agua desionizada y 10 mL de una solución dispersante, dejando la mezcla reposar en un frasco durante al menos 12 horas.

Transcurrido este tiempo, la mezcla se vierte en vasos agitadores para batir en una licuadora y desintegrar los agregados del suelo durante 10 minutos. Luego, se pasa la mezcla a un cilindro de vidrio aforado a 1000 mL, se introduce el hidrómetro y se añade agua hasta alcanzar la marca de 1000 mL. Posteriormente, se retira el hidrómetro, se agita vigorosamente el cilindro durante un minuto y, si se genera espuma, se utiliza alcohol etílico para eliminarla.

El cilindro se coloca sobre una mesa, se introduce cuidadosamente el hidrómetro, y se registra la lectura a los 40 segundos. Después, se retira el hidrómetro de la suspensión y se enjuaga antes de cada lectura. A continuación, se mide y se anota la temperatura utilizando un termómetro adecuado. Finalmente, dos horas después de los 40 segundos, se realiza una segunda lectura y se registra nuevamente la temperatura. Para determinar los porcentajes se utilizan las siguientes formulas:

$$\% \text{ Arena} = 100 - \left[ \left( \frac{1^{\text{era}} \text{ lectura corregida}}{\text{peso de ma muestra}} \right) \times 100 \right]$$

$$\% \text{ Arcilla} = \left[ \frac{2^{\text{da}} \text{ lectura corregida}}{\text{peso de la muestra}} \right] \times 100$$

$$\% \text{ limo} = 100 - [\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla}]$$

### **Análisis Estadístico**

Los datos obtenidos durante el estudio fueron analizados de forma inferencial. Inicialmente, se sometieron a una prueba de normalidad, para determinar si las variables estudiadas seguían una distribución normal. Dependiendo de la distribución encontrada en los datos se emplearon métodos paramétricos o no paramétricos para establecer los valores de referencia de respiración basal del suelo.

Se calcularon medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (desviación estándar e intervalo intercuartílico) para describir los datos y establecer los rangos normales de la tasa de respiración basal. Posteriormente, se evaluaron la relación entre la respiración basal, el pH, la materia orgánica y la textura de los suelos, con todos los datos recopilados utilizando el coeficiente de correlación de Spearman . Este análisis se realizó con el programa Microsoft Excel® versión 2023 y R Studio.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Mapa de la delimitación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Biosfera del Río Plátano, ubicada en el departamento de Olancho, Honduras. El área de estudio fue delimitada utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El área seleccionada en la Figura 3 comprende un total de un área de 117,218.91 hectáreas dentro de la Biosfera delimitadas que incluyen suelos que no han sido intervenidos. Esta selección se basó en criterios de integridad ecológica considerando zonas sin evidencia de uso agrícola, ganadero y forestal, fue evidenciado mediante observación directa en campo.

Se observó en campo que un porcentaje amplio al bosque húmedo tropical y muy húmedo subtropical; la precipitación mínima y máxima anual es de 2,000 y 4,000 mm, ocurriendo la mayoría de lluvias en los meses que corresponden al muestreo realizado en esta investigación. Es el bosque latifoliado el que cubre la reserva con una capa predominante de árboles muy maduros de hasta 35 metros de altura encontrándose especies como la caoba (*Swietenia macrophylla*), el cedro (*Cedrella odorata*), el laurel (*Cordia allidora*) y otras maderas de color se encuentran estas microcuencas donde no ha habido aprovechamientos forestales. Estos tipos de bosques de galería de color se encuentran en márgenes de los ríos, lejos de cualquier asentamiento humano. (Instituto Nacional de Conservación, 2025)



Figura 2 Mapa de delimitación del área de estudio de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025)

## 6.2 Respiración Basal de los Suelos La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano

La respiración basal del suelo en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano presenta una distribución espacial heterogénea (Figura 4), con cinco rangos que varían aproximadamente entre 260.9 y 1,824 mg de C-CO<sub>2</sub>/kg de suelo/día, lo que evidencia diferencias en la actividad biológica del suelo dentro del área de estudio.

Se refleja una variación en la actividad microbiana dentro del área estudiada. El primer rango, entre 260.9 y 647 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día, corresponde a zonas donde la actividad biológica del suelo es más baja, lo que puede estar relacionado con menor disponibilidad de materia orgánica o condiciones ambientales que limitan el desarrollo de los microorganismos. En el rango de 647.1 a 714.5 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día se observa una actividad un poco mayor, lo que indica que el suelo mantiene un funcionamiento biológico relativamente estable. Los valores entre 714.6 y 781.9 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día reflejan una actividad intermedia, donde los microorganismos participan de manera más activa en la descomposición de la materia

orgánica. Cuando los valores se encuentran entre 782 y 929 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día, la actividad microbiana es más notable, lo que suele estar asociado a suelos con mejores condiciones biológicas y mayor presencia de materia orgánica. Finalmente, el rango más alto, de 929.1 a 1,824 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día, identifica las áreas con mayor actividad biológica dentro del área de estudio, donde los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes se desarrollan con mayor intensidad, lo que refleja un suelo con un funcionamiento ecológico más dinámico.

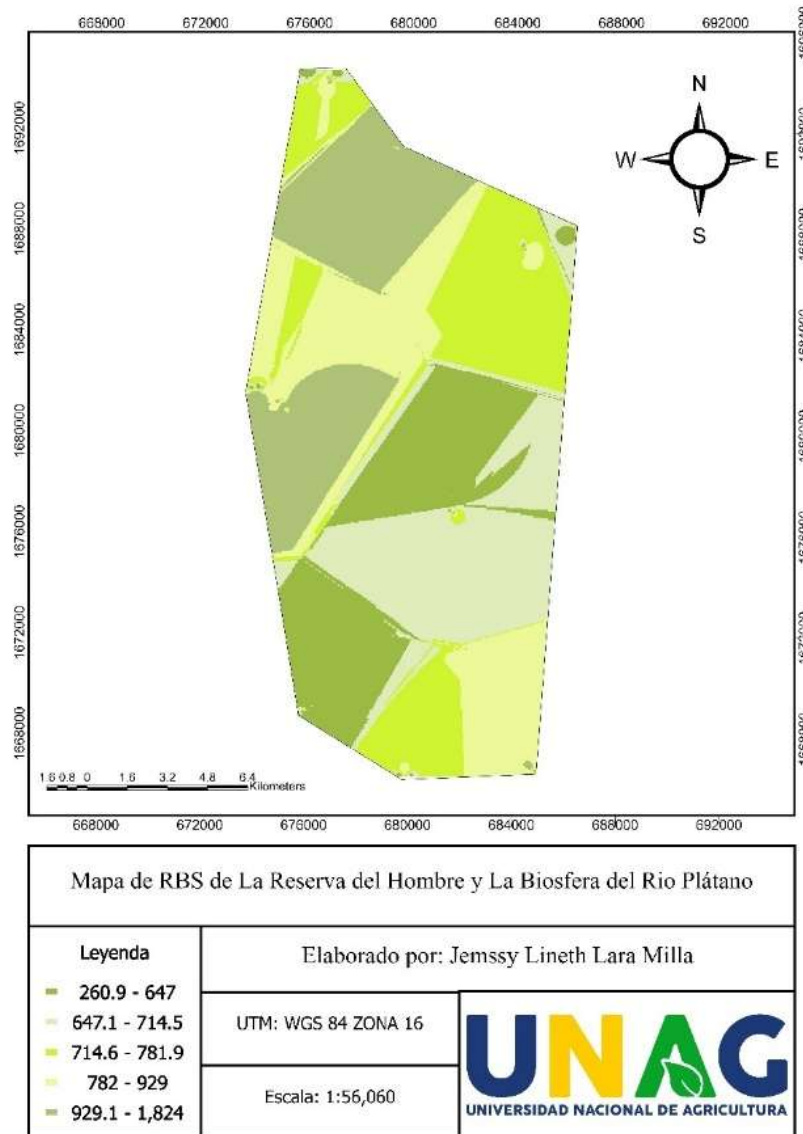


Figura 3 Mapa de Respiración Basal de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras, elaborado a partir de 120 muestras de suelo (n=120). Fuente: Elaboración propia (2025)

### 6.3 pH de los suelos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano

La distribución espacial del pH en los suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano (Figura 5) evidencia una variación natural en los niveles de acidez, con valores que oscilan entre 3.91 y 6.71, lo que refleja condiciones edáficas mayormente ácidas. Los rangos de pH moderadamente ácidos a ligeramente ácidos (5.33–6.71), indicando condiciones relativamente favorables para la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de la actividad microbiana. (W & R., 2000) Las áreas que presentan valores más bajos de pH (3.91–4.59) corresponden a suelos fuertemente ácidos. Esta variabilidad del pH está asociada a procesos naturales de formación del suelo, lixiviación de bases y acumulación de materia orgánica, características comunes en ecosistemas tropicales húmedos, donde el pH actúa como un factor determinante en la dinámica química y biológica del suelo.

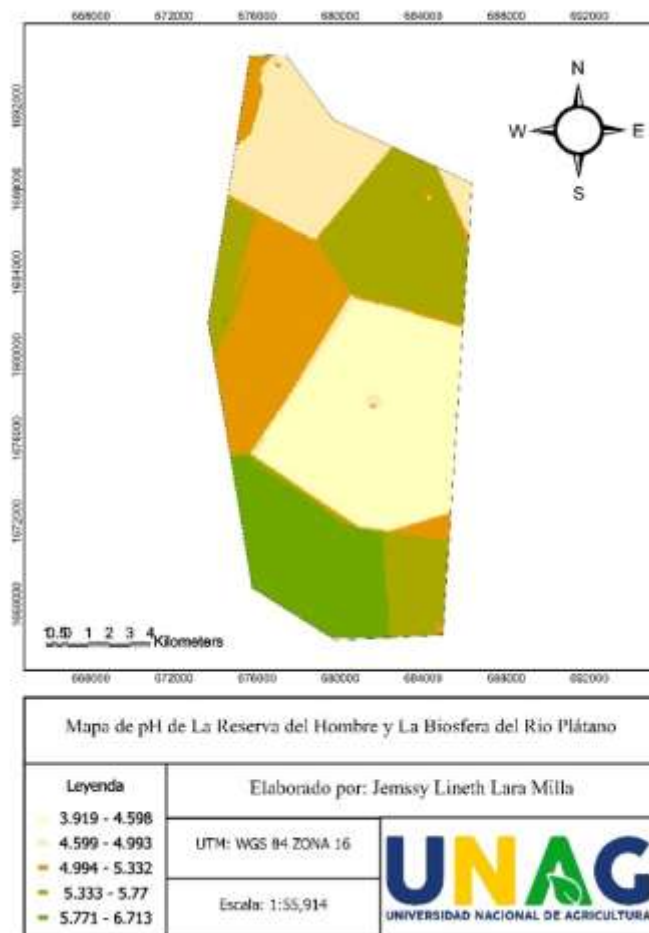


Figura 4 Mapa de pH de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025)

#### **6.4 Contenido de materia orgánica en los suelos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano**

La Figura 6 presenta la distribución espacial del porcentaje de materia orgánica en los suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, evidenciando una variabilidad moderada a alta en los contenidos de este componente edáfico, con valores que oscilan entre 0.83 % y 6.49 %. Los suelos con contenidos menores al 3 % se consideran de bajo contenido de materia orgánica, aquellos entre 3 % y 5 % corresponden a un rango medio u óptimo, y valores superiores al 5 % indican un contenido alto. (Purdue University, 2009) En el área de estudio predominan suelos con contenidos medios a altos de materia orgánica (3.01 %–6.49 %), lo que sugiere una buena condición biológica del suelo, asociada a una adecuada acumulación de residuos orgánicos y a la presencia de cobertura vegetal natural. (Ibáñez, 2006)

Estas características son propias de ecosistemas forestales bien conservados, donde los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes se mantienen activos. No obstante, también se identifican sectores con contenidos bajos de materia orgánica (0.83 %–2.33 %), los cuales podrían estar relacionados con variaciones edáficas locales, menor aporte de biomasa o procesos naturales de mineralización más acelerados, lo que refleja la heterogeneidad propia de los suelos en ambientes tropicales húmedos. (Godoy Hernández , 2021)

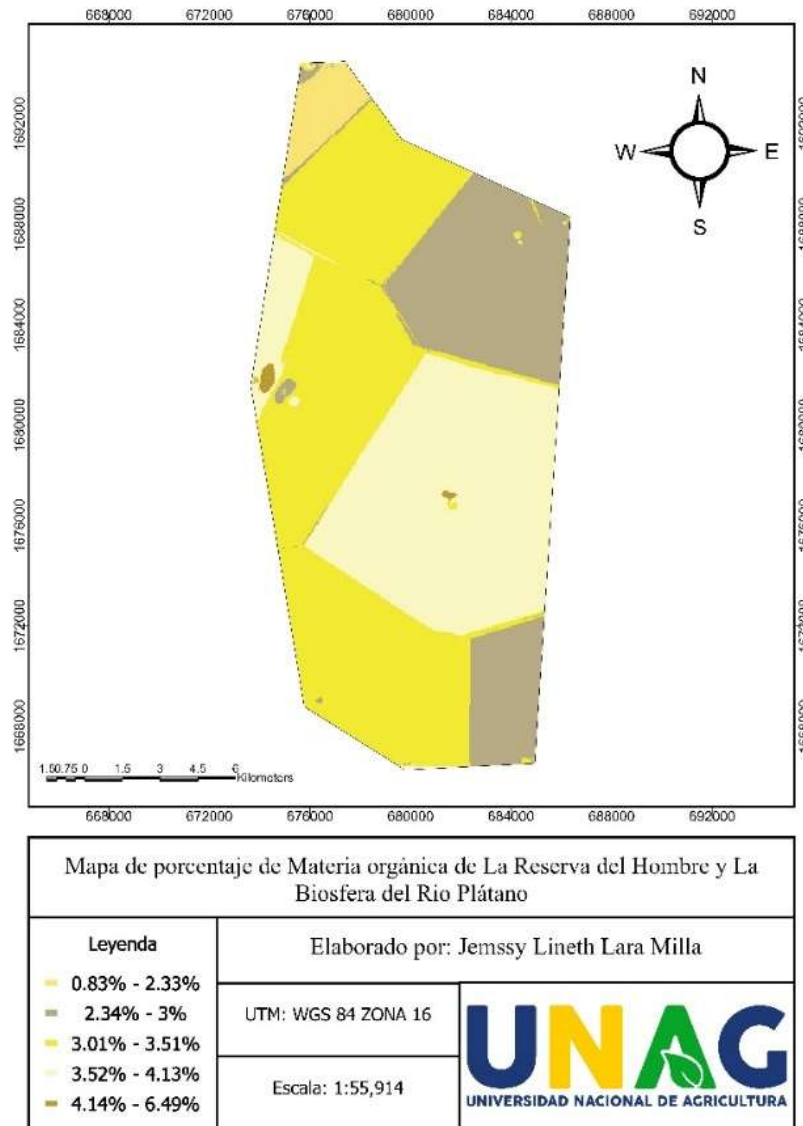


Figura 5 Mapa de contenido de materia orgánica de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120)

### 6.5 Porcentaje de arcilla en los suelos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano

La Figura 7 presenta la distribución espacial del porcentaje de arcilla en los suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, evidenciando una variabilidad moderada a alta en su contenido, con valores que oscilan entre 12.09 % y 33.62 %. El contenido de

arcilla es un factor clave en la fertilidad del suelo, ya que influye directamente en la capacidad de retención de agua y nutrientes, así como en la estabilidad estructural del suelo. (Zapata, 2018) En el área de estudio predominan suelos con contenidos medios a altos de arcilla (19.61 %–33.62 %), lo que sugiere una mayor capacidad de retención hídrica y nutricional, condiciones favorables para el desarrollo vegetal. No obstante, también se identifican sectores con porcentajes más bajos de arcilla (12.09 %–16.81 %), los cuales presentan texturas más ligeras, como francas o franco-arenosas, que favorecen el drenaje, pero limitan la retención de nutrientes y agua. Esta variabilidad responde a procesos naturales de formación del suelo y a la heterogeneidad edáfica propia de los ecosistemas tropicales, influyendo directamente en el comportamiento físico y químico del suelo.

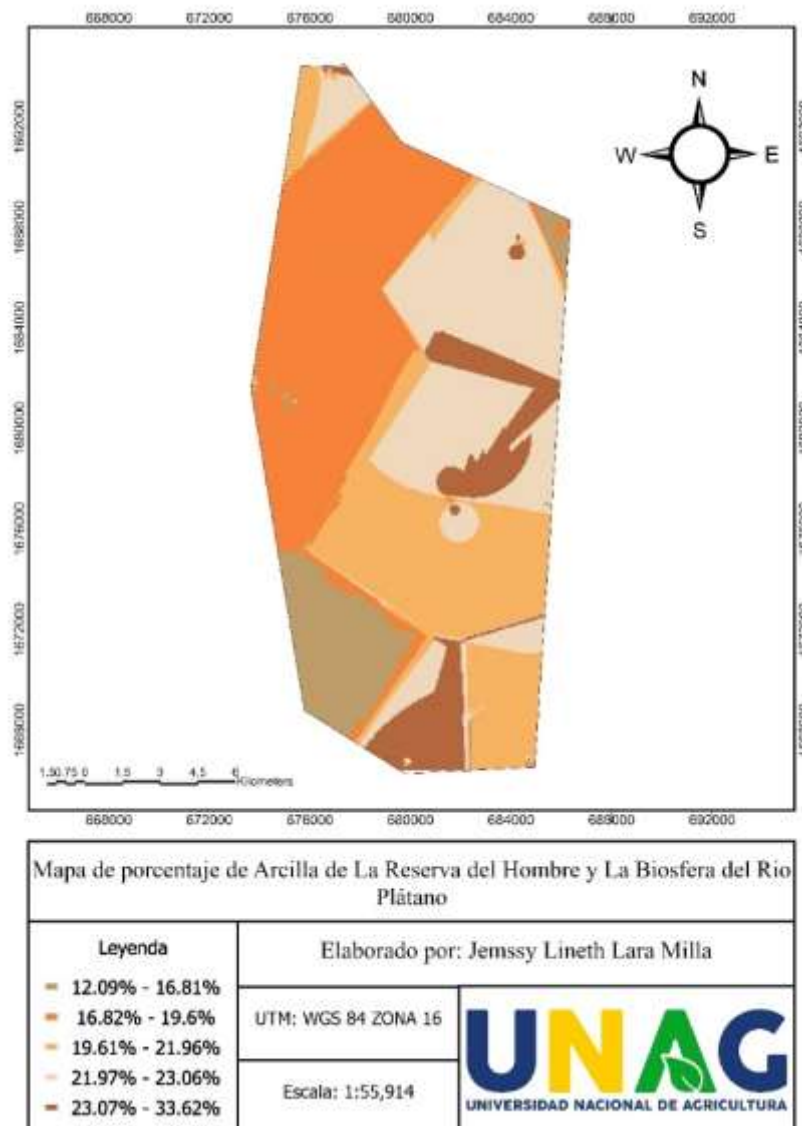


Figura 6 Mapa de porcentaje de arcilla de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120)

### **6.6 Porcentaje de Arena de los Suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano**

La Figura 8 muestra la distribución espacial del porcentaje de arena en los suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, donde se evidencia el predominio de texturas ligeras en gran parte del área de estudio. Los valores de arena oscilan aproximadamente entre 51.38 % y 82.13 %, lo que indica una dominancia de suelos arenosos a franco-arenosos, caracterizados por una estructura suelta y una elevada capacidad de drenaje. Las zonas con mayor contenido de arena favorecen la infiltración del agua y la aireación del sistema radicular, aunque presentan una menor capacidad de retención de nutrientes, condición típica de suelos con alta proporción de partículas gruesas (N. & R., 2016). En contraste, las áreas con menor porcentaje de arena tienden a coincidir con sectores donde aumentan los contenidos de arcilla y limo, lo que sugiere una textura más equilibrada o ligeramente más pesada, con mayor capacidad de retención de humedad y nutrientes. Esta variabilidad textural responde a procesos naturales de formación del suelo y a la heterogeneidad edáfica propia de ecosistemas tropicales, influyendo directamente en el comportamiento físico y productivo del suelo.

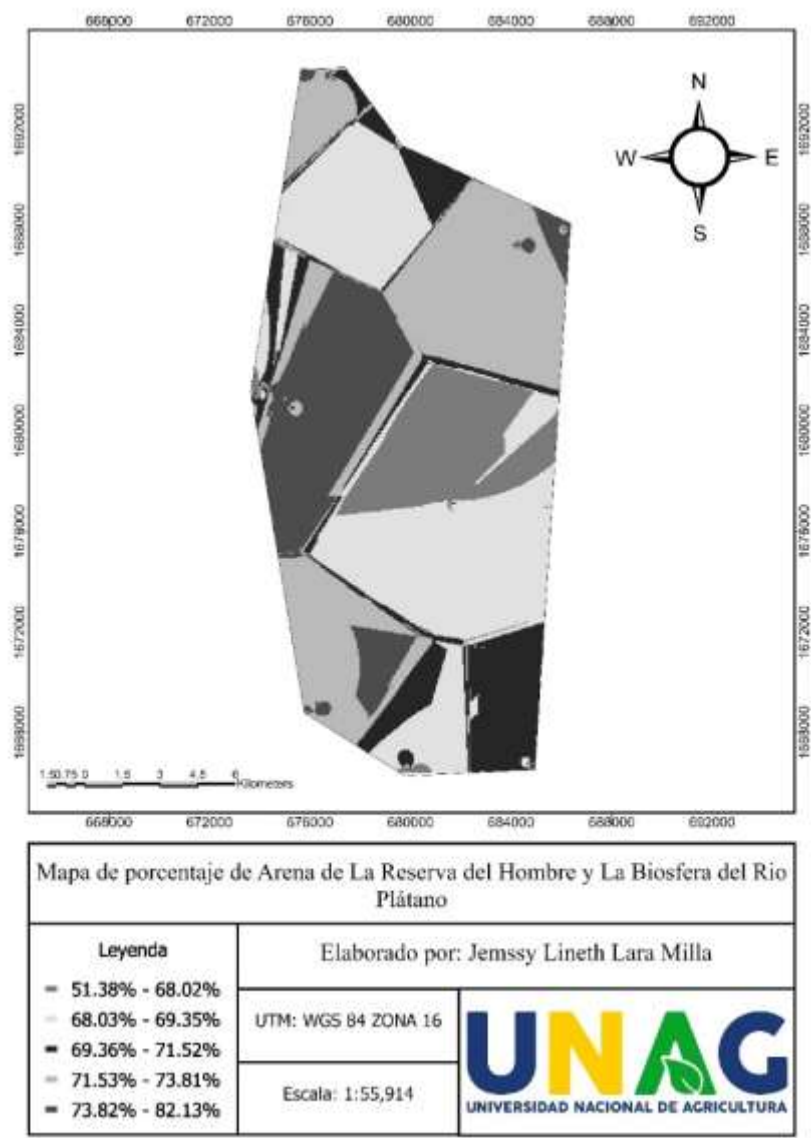


Figura 7 Mapa de porcentaje de arena de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120)

**6.7 Porcentaje de Limo de los Suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano**

Dentro de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, el porcentaje de limo en los suelos muestra una variabilidad espacial marcada, evidenciando diferencias texturales a lo largo del territorio analizado (Figura 9). Los valores de limo oscilan aproximadamente entre 2.03 % y 23.63 %, predominando rangos intermedios en gran parte del área. Las zonas con

mayores porcentajes de limo, comprendidos entre 14.49 % y 23.63 %, se concentran principalmente en sectores centrales y del norte de la reserva, donde los suelos presentan una textura más balanceada. Este tipo de textura favorece tanto la retención de humedad como la disponibilidad de nutrientes, debido a que el limo actúa como un componente intermedio entre la arena y la arcilla, mejorando las condiciones para el desarrollo vegetal (Brady N., 2017)

Por el contrario, las áreas con menores contenidos de limo, que varían entre 2.03 % y 8.88 %, se localizan de manera dispersa en los extremos del territorio. Estos suelos tienden a presentar una textura más arenosa, lo que implica una menor capacidad de retención de agua y nutrientes, incrementando la susceptibilidad a procesos de erosión hídrica si no se aplican prácticas adecuadas de manejo y conservación del suelo.

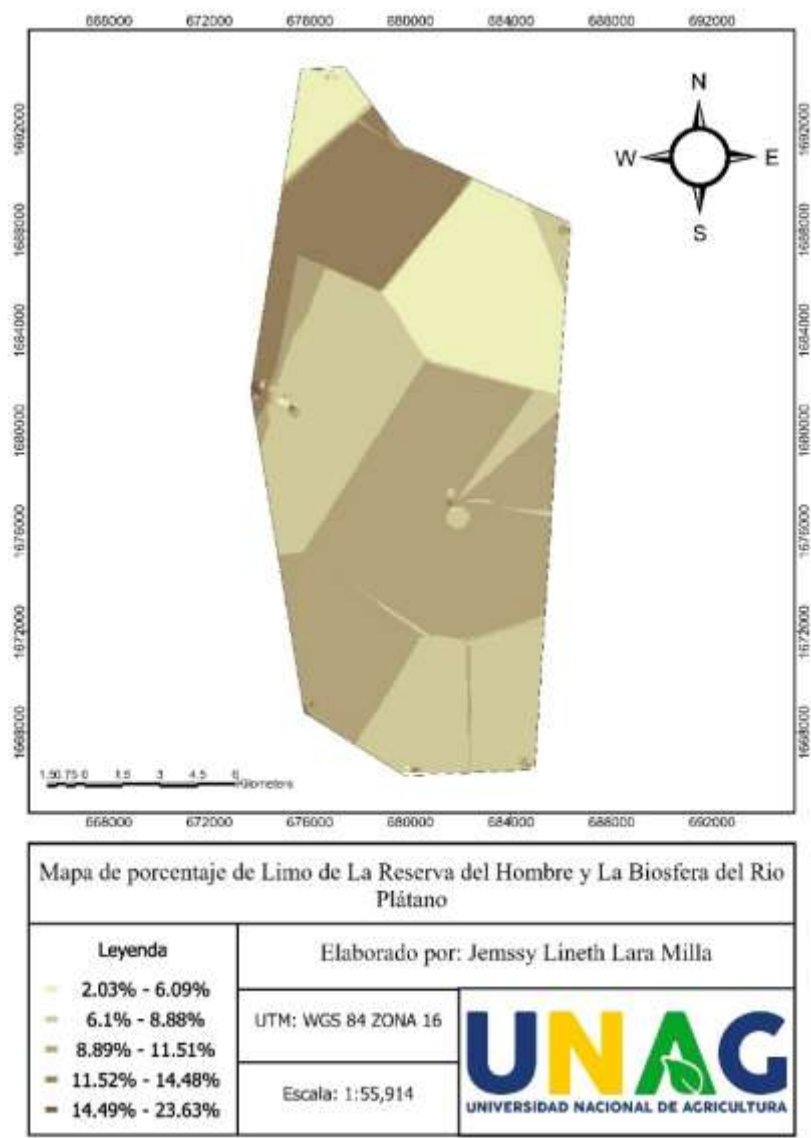


Figura 8 Mapa de porcentaje de limo de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120)

### 6.8 Textura de Suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano

La Figura 10 muestra la distribución de las texturas de los suelos en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, donde se evidencia una marcada variabilidad espacial. Predominan las texturas franco arenosa y franco arcillo arenosa, lo que indica suelos con un balance adecuado entre drenaje, aireación y retención de humedad. En sectores puntuales se identifican texturas más livianas, como arena francosa y arcillo arenoso, las cuales presentan

una mayor permeabilidad y menor capacidad de retención de agua. Estas diferencias texturales están asociadas al material parental y a las condiciones topográficas del área, influyendo directamente en la fertilidad del suelo y en su aptitud para el desarrollo de la vegetación

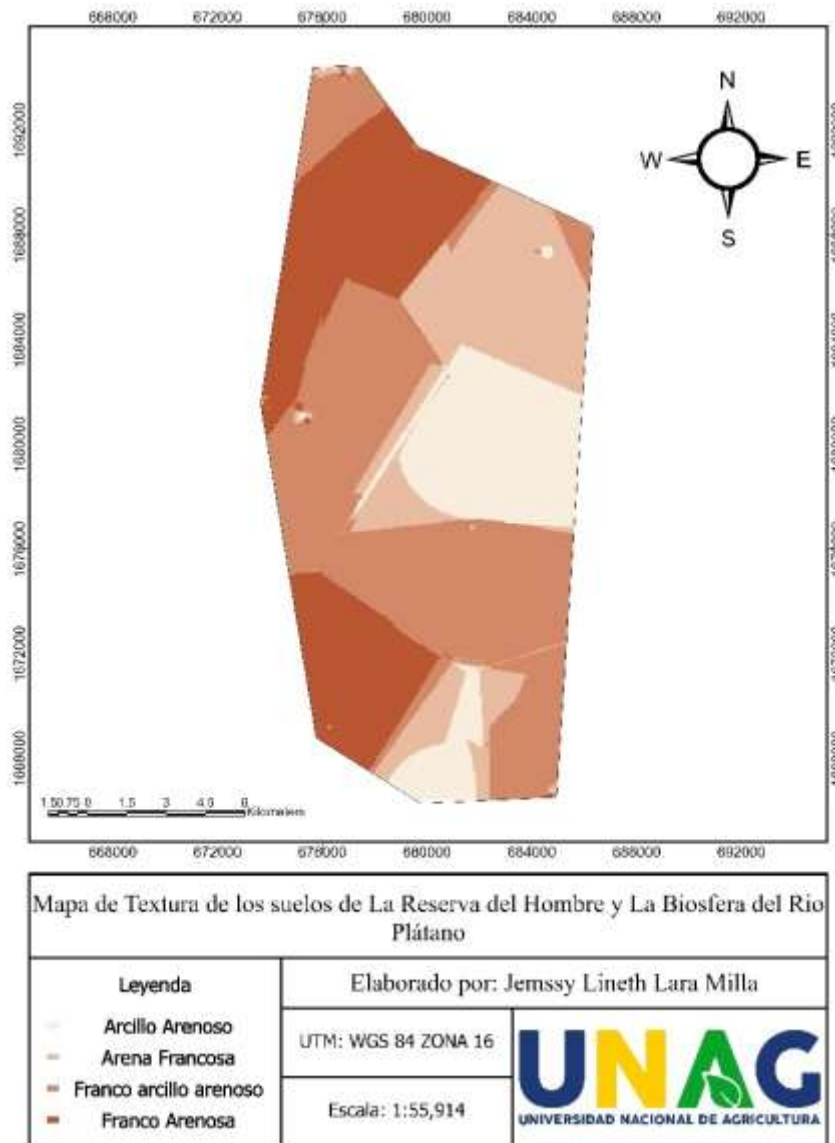


Figura 9 Mapa de textura de los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Honduras. Fuente: Elaboración propia (2025). (n=120)

### 6.9 Análisis descriptivo de las diferentes variables de los suelos obtenidos de La Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano

El análisis estadístico de las variables del suelo evaluadas en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano (Tabla 2), revela una variedad en las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La textura un predominio de la fracción arenosa es 49.6%, lo que indica la presencia de suelos franco arenosos con buena aireación, sin embargo son áridos debido a su muy baja capacidad de retención de agua. (ScienceDirect, 2023)

Las fracciones de arcilla, arena y limo, tienen medias con mucha diferencia entre sí de arena 71.35%, Arcilla 20.16% y limo 8.34% presentan una gran variedad lo que significan que no son equilibrados. Por otro lado, con los indicadores químicos y biológicos, el pH se mantiene en un rango alto indicando acidez con un 6.75, adecuado para la actividad microbiana. La respiración basal del suelo, principal indicador biológico del estudio, mostro una media de 362.575 mg C-CO<sub>2</sub>/kg/día con un coeficiente de varianza alto. Estos datos pueden estar influenciado por la materia orgánica disponible, la humedad y las condiciones texturales, lo que respalda su uso como indicador sensible de la salud en ecosistemas naturales no intervenidos.

Tabla 2 Estadísticos descriptivos no paramétricos de las variables edáficas obtenidas de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano (n = 120). Elaboración propia (2025).

| Variable       | n   | Min   | P5     | P10   | P25    | P50    | Media  | P75    | P90     | Max     | IQR    | Varianza  | Desv. Est. |
|----------------|-----|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|-----------|------------|
| <b>pH</b>      | 120 | 3.77  | 4.13   | 4.36  | 4.59   | 5.03   | 5.19   | 5.81   | 6.18    | 6.75    | 1.22   | 0.545     | 0.738      |
| <b>%CO</b>     | 120 | 0.37  | 0.67   | 0.85  | 1.22   | 1.86   | 1.78   | 2.17   | 2.55    | 4.23    | 0.95   | 0.476     | 0.69       |
| <b>%MO</b>     | 120 | 0.64  | 1.15   | 1.46  | 2.11   | 3.2    | 3.07   | 3.74   | 4.39    | 7.3     | 1.64   | 1.415     | 1.189      |
| <b>Arena</b>   | 120 | 49.6  | 60.78  | 63.6  | 66.4   | 70.4   | 71.35  | 76.5   | 79.6    | 84.8    | 10.1   | 42.939    | 6.553      |
| <b>Arcilla</b> | 120 | 9.6   | 11.6   | 12.76 | 15.6   | 20.16  | 20.31  | 24.22  | 28.4    | 38.8    | 8.62   | 34.441    | 5.869      |
| <b>Limo</b>    | 120 | 2     | 3.2    | 4.2   | 5.6    | 7.2    | 8.34   | 10.8   | 14.2    | 21      | 5.2    | 33.665    | 5.802      |
| <b>RBS</b>     | 120 | 143.9 | 331.25 | 414.1 | 541.38 | 719.88 | 792.04 | 956.43 | 1274.34 | 2010.05 | 415.05 | 131460.75 | 362.575    |

**Desv. Est:** desviación estándar **Varianza:** Coeficiente de Varianza; **CO:** Carbono Orgánica; **MO:** Materia Orgánica; **RBS:** Respiración Basal.

## **6.10 Correlación entre las variables edáficas en los suelos de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano**

La matriz de correlación de Spearman (Figura 10) revela interacciones clave entre las propiedades edáficas evaluadas en los suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano, evidenciando patrones típicos de suelos tropicales. La respiración basal mostró correlaciones positivas entre el carbono orgánico ( $r=0.07$ ) y la materia orgánica ( $r= 0.1$ ), lo cual es esperable debido a su estrecha asociación funcional. Asimismo, el limo muestra correlaciones positivas con %CO y %MO, sugiriendo que las fracciones más finas del suelo contribuyen a una mayor retención de materia orgánica. Por otro lado, la arena presenta correlaciones negativas significativas con arcilla y limo, reflejando la naturaleza excluyente de las fracciones texturales. La arcilla también mantiene relaciones inversas con la arena y moderadas con el limo, caracterizando la distribución textural del perfil. Finalmente, variables como el pH y la resistencia a la penetración (RBS) muestran correlaciones débiles con el resto de atributos, indicando que su variabilidad responde a factores distintos a la textura y al contenido orgánico del suelo. Los valores más altos se asocian a zonas con mayor cobertura vegetal y menor intervención antrópica, mientras que los valores más bajos podrían relacionarse con suelos más intervenidos o con menor disponibilidad de carbono orgánico, la respiración basal del suelo es un indicador directo de la actividad microbiana y del contenido de carbono orgánico disponible, siendo sensible a cambios en el uso y manejo del suelo. (FAO, 2006)

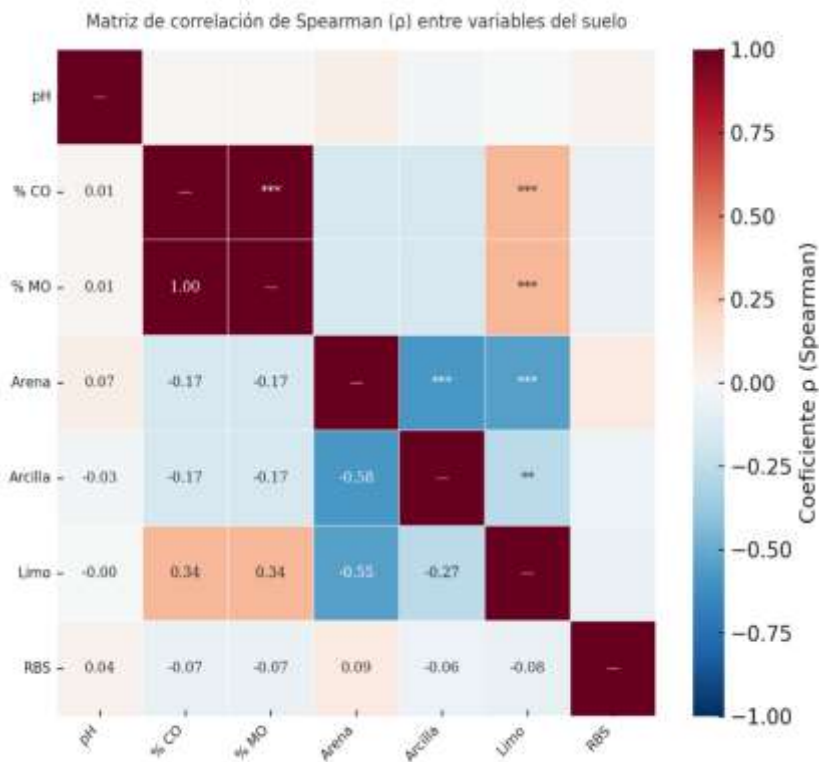


Figura 10 Análisis de Correlación de Pearson para las variables de suelo obtenida en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Olancho, Honduras (n=120). Elaboración propia (2025).

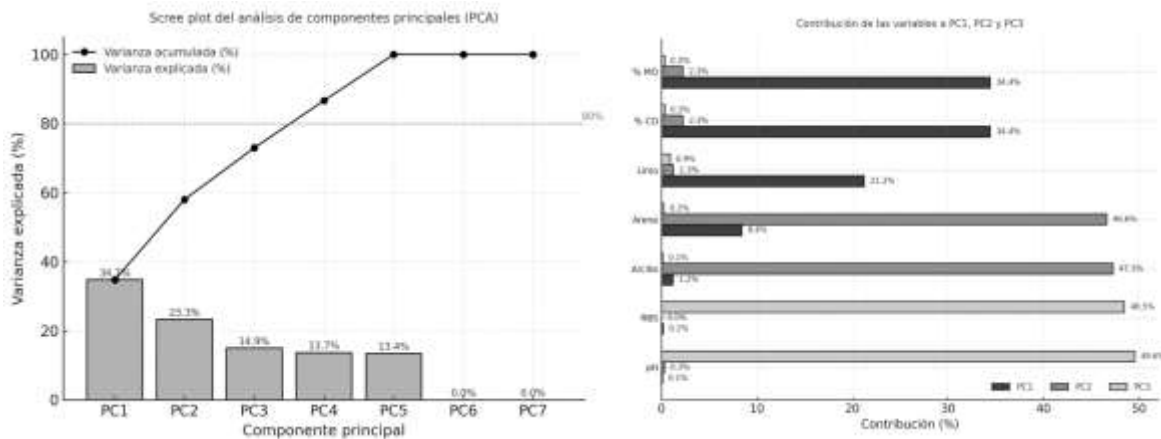
### 6.11 Análisis multivariado de las propiedades edáficas del suelo mediante componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) representado en la figura 12 permitió sintetizar la información de las propiedades físicas y químicas del suelo evaluadas en las diferentes microcuencas de La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano. En el Biplot (PC1 vs PC2) se observa que los dos primeros componentes principales explican conjuntamente una proporción importante de la variabilidad total del conjunto de datos, donde PC1 explica el 34.74 % y PC2 el 23.26 %, sumando 58 % de la variación. Esto indica que estas dos dimensiones son suficientes para visualizar los principales patrones de diferenciación entre las muestras.

Se observa que los primeros cinco componentes contribuyen a la mayor parte de la variación registrada: PC1 (34.7 %), PC2 (23.7 %) y PC3 (14.9 %) representan juntos aproximadamente

73.3 % de la variabilidad total del sistema, lo cual valida el uso de ACP como herramienta para reducir la dimensionalidad. En conjunto, el ACP revela que la mayor parte de la variabilidad entre localidades se debe a las propiedades texturales (Arena, Arcilla, Limo) y a algunos indicadores químicos de fertilidad (pH y RBS). Los sitios con mayor contenido de arena tienden a desplazarse hacia valores positivos de PC1, mientras que los suelos con mayor proporción de arcilla o limo se orientan hacia valores negativos o hacia el eje PC2. Esto permite identificar gradientes de textura y fertilidad que caracterizan los suelos de las diferentes localidades incluidas en el estudio.

Figura 11 ACP de propiedades edáficas en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río



Plátano. A) Muestras en CP1 vs. CP2. B) Varianza explicada. C) Carga de variables en los tres primeros componentes. Cada letra indica la comunidad de procedencia. Elaboración propia (2025).

## **6.12 Relación entre propiedades físico-químicas del suelo mediante análisis de componentes principales CP1 vs CP2**

En la Figura 13 correspondiente al análisis de componentes principales se observa la distribución de las muestras en función de los dos primeros componentes CP1 y CP2, los cuales explican conjuntamente 58 % de la variabilidad total del sistema (34.74 % en CP1 y 23.26 % en CP2). Este nivel de representación permite identificar patrones claros de asociación entre las propiedades físico-químicas del suelo evaluadas en las distintas localidades del estudio.

El CP1 está fuertemente influenciado por las variables Arena, pH y RBS, las cuales se proyectan en dirección positiva sobre el eje. Esta relación es coherente con los valores estadísticos de la tabla, donde la fracción de Arena presenta la media más alta (71.35 %) y un amplio rango de variación (49.6–84.8 %), lo que le otorga un peso significativo en la diferenciación de las muestras. De igual forma, el pH (3.77–6.75) y la RBS (143.9–2010) presentan una variabilidad amplia, lo que explica su contribución a este componente. Esta orientación indica que las muestras con mayor contenido de arena y mayor saturación de bases tienden a ubicarse hacia valores positivos de CP1, representando suelos de textura más gruesa y mayor fertilidad química.

Por otro lado, el CP2 está asociado principalmente con la Arcilla y en menor medida con el Limo, variables que se proyectan hacia el cuadrante superior del eje vertical. Este patrón es consistente con los resultados de la tabla, donde la Arcilla muestra un rango amplio (9.6–38.8 %) y una variabilidad considerable (IQR = 8.62), lo cual explica su contribución diferenciadora en este componente. La orientación de Arcilla y Limo en CP2 indica que los suelos con mayor proporción de partículas finas tienden a concentrarse en valores positivos de este eje, reflejando condiciones de mayor retención de agua y capacidad de intercambio.

Finalmente, se observa que las variables %CO y %MO se proyectan hacia la parte derecha del eje CP1, aunque con menor intensidad que las texturales. Esto sugiere que los contenidos de carbono y materia orgánica, si bien influyen en la variación total, lo hacen de manera

secundaria respecto a la textura y la fertilidad química. Sus valores moderados en la tabla (MO: 0.64–7.3 %; CO: 0.37–4.23 %) explican su menor peso comparado con Arena, Arcilla o RBS.

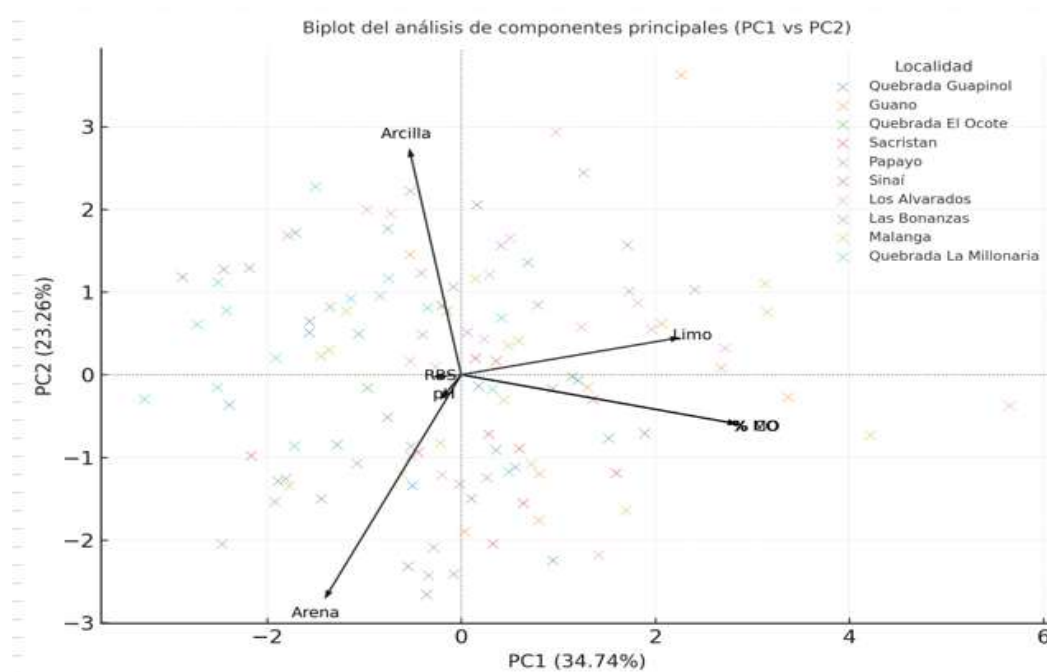


Figura 12 Biplot del análisis de componentes principales (ACP) entre CP1 y CP2, mostrando la asociación entre muestras y propiedades físico-químicas del suelo en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano. Cada letra indica la comunidad de procedencia. Elaboración propia (2025).

### 6.13 Contribución de las variables edáficas a los tres primeros componentes principales CP1, CP2 y CP3

Como se aprecia en el scree plot del análisis de componentes principales, la mayor parte de la variabilidad del conjunto de variables edáficas se concentra en los tres primeros componentes, los cuales explican conjuntamente más del 70 % de la varianza total. El CP1, con un aporte del 34.7 %, representa el eje más relevante del sistema y agrupa aquellas propiedades del suelo que ejercen la mayor influencia sobre la estructura general de los datos, sugiriendo que en este componente se concentran variables estrechamente vinculadas a procesos de fertilidad y dinámica biogeoquímica del suelo.

El CP2, con 23.3 %, refleja un segundo gradiente asociado principalmente a variaciones físicas y químicas que complementan la estructura descrita por el primer componente, mientras que el CP3, que explica 14.9 %, integra características específicas que contribuyen a la diferenciación fina entre sitios o tratamientos. Esta distribución de la varianza evidencia que la variabilidad edáfica analizada responde a la interacción simultánea de atributos físicos, químicos y biológicos del suelo, lo que justifica la interpretación detallada de los componentes principales para comprender los factores que estructuran el ecosistema edáfico estudiado.

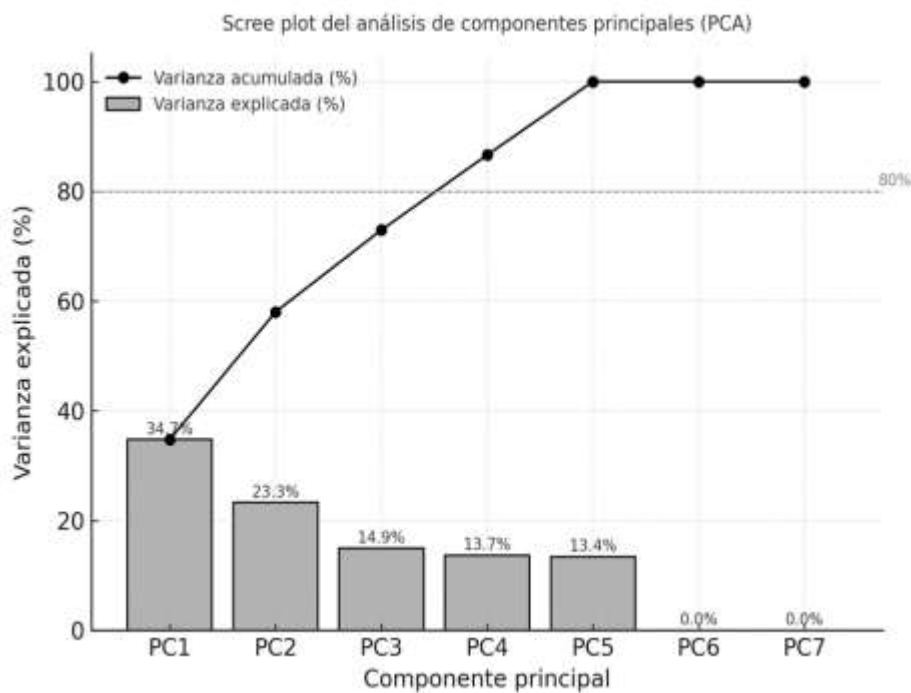


Figura 13 Contribución porcentual de las propiedades fisicoquímicas del suelo a los tres primeros componentes principales CP1, CP2 y CP3, según el análisis de componentes principales realizado en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano. Elaboración propia (2025).

#### 6.14 Distribución de frecuencias y comportamientos estadísticos de los datos

El análisis de datos de respiración basal, representada en el histograma de frecuencias con curva de densidad (Figura 15), construido a partir de 120 muestras de suelo,

muestra la distribución de los valores de respiración basal del suelo (RBS) en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano. Los datos revelan una distribución marcadamente asimétrica hacia la derecha, indicando que la mayoría de los sitios evaluados presentan valores de respiración basal entre 400 y 850 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, mientras que únicamente un porcentaje reducido del total exhibe valores excepcionalmente altos que superan los 1,200 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Esta asimetría positiva es característica de ecosistemas tropicales poco intervenidos, donde la actividad microbiana puede variar ampliamente debido a la heterogeneidad ambiental del paisaje (Bastida, 2008).

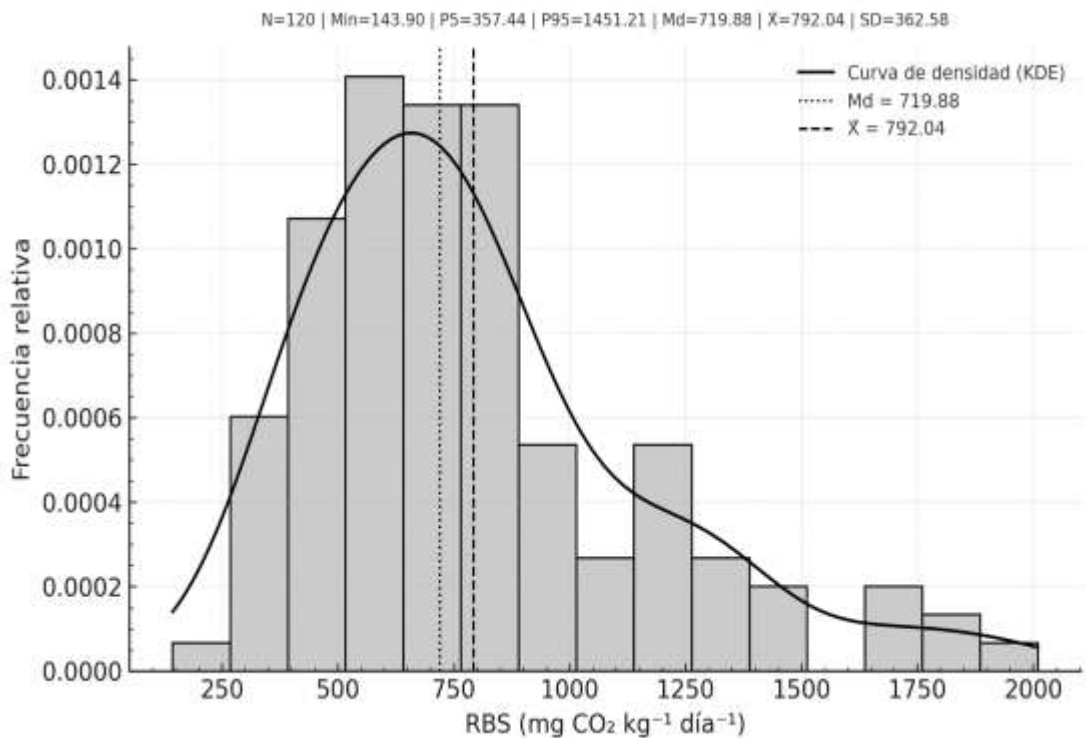


Figura 14 Histograma de frecuencias con curva de densidad para los valores de respiración basal del suelo en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Olancho, Honduras. Elaboración propia (2025).

#### 6.15 Interpretación ecológica de los rangos establecidos

Con base en los valores de respiración basal del suelo, se establecieron cuatro categorías ecológicas para interpretar el nivel de actividad biológica en los suelos de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano. Estas categorías corresponden a baja ( $< 541 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ), media ( $541\text{--}956 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ), alta ( $956\text{--}1274 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) y muy alta ( $> 1274 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) actividad biológica. Cada rango refleja diferentes estados funcionales del suelo, desde condiciones con limitada actividad microbiana y baja disponibilidad de carbono, hasta suelos con procesos intensos de mineralización y reciclaje de nutrientes.

Tabla 3 Rangos de respiración basal del suelo e interpretación ecológica en La Reserva del Hombre y La Biosfera del Río Plátano, Olancho, Honduras. Elaboración propia (2025).

| Categoría Ecológica                 | Rango de respiración basal ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-2} \text{ día}$ ) | Interpretación ecológica   |
|-------------------------------------|---|--|
| <b>Baja actividad biológica</b>     | $< 541$   | Suelos con baja actividad microbiana y limitada descomposición de materia orgánica. Generalmente asociados a condiciones ácidas, texturas arenosas y baja disponibilidad de carbono lábil. Reflejan posibles estados iniciales de degradación o ecosistemas con productividad biológica restringida. |
| <b>Actividad biológica media</b>    | $541 - 946$   | Representa la condición ecológica predominante. Indica suelos con equilibrio funcional entre el aporte y la mineralización de materia orgánica. Mantienen una biota activa y resiliente, propia de ecosistemas estables con adecuada disponibilidad de carbono y humedad.                            |
| <b>Alta actividad biológica</b>     | $956 - 1274$  | Denota suelos con alta actividad microbiana, vinculada a abundancia de materia orgánica fácilmente degradable y residuos vegetales recientes. Refleja ecosistemas con fertilidad biológica elevada y procesos activos de reciclaje de nutrientes.  |
| <b>Actividad biológica muy alta</b> | $> 1274$  | Suelos con mineralización intensiva del carbono orgánico. Aunque reflejan una biota muy activa, niveles elevados pueden asociarse a pérdida de carbono si no hay reposición de materia orgánica. Requieren manejo orientado a la   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | conservación de carbono y estabilidad del suelo. |
|--|--|--|

Esta clasificación permite evaluar de forma integral el funcionamiento biológico del suelo y sirve como una herramienta útil para identificar áreas con mayor estabilidad ecológica o con potencial riesgo de pérdida de carbono, así como para establecer referencias en futuros procesos de monitoreo y manejo del suelo en ecosistemas naturales conservados

## VII. CONCLUSIONES

- Los suelos sin intervención humana de la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano presentan una actividad biológica variable pero predominantemente media a alta, reflejada en los valores de respiración basal obtenidos. Esta condición evidencia que los ecosistemas evaluados mantienen procesos biológicos activos y funcionales, propios de ambientes naturales bien conservados, donde el reciclaje de nutrientes y la dinámica del carbono se desarrollan de manera equilibrada.
- La respiración basal del suelo mostró una relación directa con variables edáficas clave, especialmente con el contenido de materia orgánica, el pH y la textura del suelo. Los mayores valores de respiración basal se asociaron a suelos con contenidos medios a altos de materia orgánica, pH moderadamente ácido a cercano a neutro y texturas franco arenosas a franco arcillo arenosas, lo que confirma la influencia conjunta de las propiedades físicas y químicas sobre la actividad microbiana del suelo.
- El establecimiento de rangos de referencia de respiración basal para suelos no intervenidos en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano constituye una línea base fundamental para la región. Estos valores permiten evaluar comparativamente el estado de la salud del suelo frente a diferentes niveles de intervención antrópica y representan una herramienta técnica clave para futuros estudios, programas de monitoreo ambiental y estrategias de manejo sostenible orientadas a la conservación de los recursos naturales.

## VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los valores de respiración basal obtenidos en suelos sin intervención humana obtenidos en esta investigación sean utilizados como parámetros de comparación en estudios futuros sobre degradación, restauración y manejo sostenible del suelo. Estos valores representan condiciones naturales del funcionamiento biológico del suelo, por lo que pueden servir como meta o referencia ecológica en proyectos de restauración de áreas degradadas y conservación de suelos.

Se recomienda que las instituciones encargadas de la gestión ambiental incorporen indicadores biológicos del suelo, como la respiración basal, junto con variables edáficas como materia orgánica, textura y pH en los programas de evaluación de la calidad del suelo. Los resultados de la investigación evidencian que estas variables influyen en la actividad microbiana del suelo, por lo que su análisis conjunto permite obtener una visión más integral del funcionamiento del ecosistema edáfico.

Asimismo, se sugiere implementar estrategias de manejo y conservación adaptadas a cada microcuenca, promoviendo su protección de la cobertura vegetal, la reducción de procesos de erosión y el uso sostenible de los recursos naturales. Esto permitirá detectar de manera temprana procesos de degradación, facilitando la toma de decisiones técnicas y formulación de políticas orientadas a la conservación de estos ecosistemas.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriulo, A., & Irizar, A. (2017). La materia orgánica como indicador de calidad del suelo. *INTA*, 4. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2101/INTA\_CRBsAsNorte\_EEAPergamino\_Andriulo\_Alicia\_La\_materia\_org%C3%A1nica\_como\_indicador\_base\_de\_calidad\_del\_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed
- Asociación Gremial Agrícola Central. (2022). *La respiración como indicador de la calidad de suelos*. Obtenido de <https://www.agricolacentral.cl/2022/11/09/la-respiracion-es-un-indicador-sensible-e-integrador-de-la-calidad-de-suelos-que-factores-inciden-y-como-se-mide>
- Barla Galván, R. (11 de Agosto de 2009). Glosario Ecológico. *Hell Gestion Ambiental*. Obtenido de <https://hellgestionambiental.blogspot.com/2009/08/>
- Bastida. (2008). *AEET*. Obtenido de file:///C:/Users/jemss/Downloads/admin,+ECOS.2018.27-3.15\_Sarmiento+et+al.pdf
- Brady N. (2017). Obtenido de *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.: <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
- Centro de Investigaciones Agronómicas. (2002). ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN. *AminoGrow*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf
- CHIPES. (2023). CHIPES. *Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano*. Obtenido de <https://chipes.org/portfolio/reserva-de-la-biosfera-rio-platano/>
- CREA. (2021). Los suelos de mi país (Argentina). *Proyecto Suelo*. Obtenido de <https://lossuelosdemipais.crea.org.ar/wp-content/uploads/2021/11/1.Proyecto-Suelo.docx.pdf>

- Enciclopedia. (2025). *Materia Orgánica*. Obtenido de Concepto : <https://concepto.de/materia-organica/>
- Espinal , F. (24 de Diciembre de 2024). La gestión sostenible del suelo en Honduras: una llave para el futuro. *Proceso Digital*, pág. 1. Obtenido de <https://proceso.hn/la-gestion-sostenible-del-suelo-en-honduras-una-llave-para-el-futuro/>
- FAO. (1969). *LOS SUELOS DE HONDURAS*. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/4/ar884s/ar884s.pdf>
- FAO. (1996). Nociones ambientales básicas para profesores rurales y Extenciones. *Ecología y Enseñanza Rural*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>
- FAO. (2006). Obtenido de Biodiversidad del Suelo: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/en/>
- FAO. (2021). Degradación de Suelo. *FAO*, 1. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- FAO. (2021). Herramientas técnicas y financieras para valorizar el potencial productivo y ambiental de los suelos en Latinoamérica y el Caribe. *FAO*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcgclefindmkaj/https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/GSP/LAC\\_Webinar/Suelos-LAC\\_LATSOLAN\\_9\\_6\\_M\\_O.pdf](chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcgclefindmkaj/https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/LAC_Webinar/Suelos-LAC_LATSOLAN_9_6_M_O.pdf)
- FAO. (2025). Portal de Suelos de la FAO. *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FERTILAB. (2017). La respiración como indicador de la salud del suelo. *FERTILAB*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/La-Respiracion-como-Indicador.pdf>
- Godoy Hernández , P. (2021). Descomposición y estabilización de la materia orgánica en un bosque ribereño tropical antiguo: efectos de las propiedades del suelo y la estructura de la vegetación. *Ecosistemas Forestales*. Obtenido de <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-021-00293-0>
- Hinostroza, A., Malca, J., & Suarez, L. (2021). Dinámica de la biomasa microbiana y su relación con la respiración. *Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas.*, 15. Obtenido de [file:///C:/Users/jemss/Downloads/Dialnet-DinamicaDeLaBiomasaMicrobianaYSuRelacionConLaRespi-7944948%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jemss/Downloads/Dialnet-DinamicaDeLaBiomasaMicrobianaYSuRelacionConLaRespi-7944948%20(1).pdf)
- Ibáñez, J. (2006). Obtenido de La materia orgánica del suelo y su papel en la fertilidad.: <https://digital.csic.es/handle/10261/15344>

- ICF. (2025). Plan de Manejo Reserva del Hombre y la Biosfera del Rio Plátano. *Reserva de la Biosfera Transfronteriza*, 252. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2021/08/Plan-de-Manejo\_Version-Final\_RHBRP\_abril-201-4.pdf
- IEQFQ. (21 de Enero de 2025). ¿Qué son los microorganismos del suelo y qué tipos hay? *Instituto Europeo de Química, Física y Biología.*, 1. Obtenido de https://ieqfb.com/tipos-microorganismos-del-suelo/
- IHOBE. (1998). Causas. *Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco*. Obtenido de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/ud\_fp\_ea/es\_def/adjuntos/UD\_FP\_Actividades%20agrarias%20y%20medio%20ambiente\_2004HR.pdf
- INTA. (2009). Degradación del suelo: procesos físicos, químicos y biológicos. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/suelos/25-degradacion\_del\_suelo.pdf
- INTAGRI. (2018). La salud del suelo. *Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura*. Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-salud-del-suelo
- Irazoque Soria Galvarro , A. A. (Noviembre de 2015). Lineamientos técnicos para una ley de conservación de suelos para la República de Honduras. 36. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3eddd55d-006e-4ea8-aaa9-01d5939107d9/content
- Law, L. (2022). Tierras Vírgenes. *Park National Service*, 1. Obtenido de https://www.nps.gov/es-es/jotr/tierras-virgenes.htm#:~:text=Tierra%20virgen%20es%20un%20%C3%A1rea,administradas%20por%20el%20gobierno%20federal.
- Martinez , M., & Ortega Bu , R. (2021). Microorganismos degradadores de materia orgánica y sus efectos sobre la calidad del suelo. *Agrícola Central*. Obtenido de https://www.agricolacentral.cl/2021/11/30/microorganismos-degradadores-de-materia-organica-y-sus-efectos-sobre-la-calidad-del-suelo/?utm\_source=chatgpt.com
- MUNDOAGRO . (12 de Noviembre de 2022). La respiración es un indicador sensible e integrador de la calidad de suelos. Obtenido de https://mundoagro.cl/la-respiracion-es-un-indicador-sensible-e-integrador-de-la-calidad-de-suelos-que-factores-incidentes-y-como-se-mide/

- Mundoagro. (2021). La respiración es un indicador sensible e integrador de la calidad de suelos. Qué factores inciden y cómo se mide. *Mundoagro*. Obtenido de <https://mundoagro.cl/la-respiracion-es-un-indicador-sensible-e-integrador-de-la-calidad-de-suelos-que-factores-inciden-y-como-se-mide/#:~:text=La%20respiraci%C3%B3n%20basal%20es%20en,et%20al.%2C%202014>).
- N., B., & R., W. (2016). *The nature and properties of soils*. Obtenido de <https://archive.org/details/natureproperties00brad>
- Otiniano, A., Florian , L., & Sevillano , R. (2006). La materia organica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Scielo*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292006000100009](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009)
- Piscitelli , M. (15 de Julio de 2015). *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*. Obtenido de <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>
- Purdue University. (2009). *Classification of organic soils*. Obtenido de <https://docs.lib.purdue.edu/context/jtrp/article/2676/viewcontent/jtrp1186.pdf>
- SCIELO. (2013). Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el Departamento del Magdalena, Colombia. *Biagro*, 2. Obtenido de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612013000300004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000300004)
- ScienceDirect. (2023). Salud y manejo del suelo. *Cultivos agrícolas, incluidos los pastos, de Lockhart y Wiseman (Décima edición)*, 79. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780323857024000236>
- SEMARNAT. (2002). Suelos. *Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales*, pág. 1. Obtenido de [https://paot.org.mx/centro/informacion/informe02/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/03\\_Suelos/3.2\\_Degradacion/index.htm](https://paot.org.mx/centro/informacion/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.2_Degradacion/index.htm)
- Servicio Web del Gobierno Vasco . (25 de Agosto de 2017). *Euskadi, bien común* . Obtenido de <https://www.euskadi.eus/informacion/degradacion-del-suelo/web01-a2inglur/es/>
- SSSA. (1996). Chemical Methods. *Methods of Soil Analysis*. Obtenido de <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.2136/sssabookser5.3>

- UNA. (2026). Repositorio Institucional UNA. *Universidad Nacional Agraria de Nicaragua*.  
Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4747/1/tnp30g643.pdf>
- UNESCO. (24 de Agosto de 2024). Alerta mundial de la UNESCO sobre la rápida degradación de los suelos. pág. 1. Obtenido de <https://www.unesco.org/es/articles/alerta-mundial-de-la-unesco-sobre-la-rapida-degradacion-de-los-suelos>
- USDA. (Agosto de 1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y salud del suelo*, 88. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf)
- USDA. (Agosto de 1999). La Respiración como Indicador de la Salud del Suelo. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*, 88. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf)
- W, J., & R., M. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*. Obtenido de <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/>
- Zapata. (2018). Obtenido de Física de suelos aplicada. Universidad Nacional de Colombia.: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/66620>