

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CARBONO ALMACENADO EN SUELO DE LAS SEIS ZONAS
DEL PARQUE NACIONAL TINGO MARIA**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

Presentado por:

RUDDY ÁNGEL SEMINARIO TORRES

Tingo María – Perú

2014

DEDICATORIA

A Dios, ya que sin Él nada podemos hacer. Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

A mi adorada mamá Isaura Torres Arce, mi abuelita Beatriz Angélica Salazar Guerrero y mi tía Sandra E. Seminario Salazar; por su comprensión y ayuda en el logro de mis objetivos para alcanzar las metas de mi profesionalización.

A mí pareja Leila Juliana Aguilar Ruiz; por estar siempre a mi lado apoyándome en los buenos y malos momentos, que suelen suceder a lo largo de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y/o salud para poder permitirme culminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por contribuir en mi carrera profesional.

Al Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo, asesor de la presente investigación, por su aporte durante su elaboración.

Al Ing. M. Sc. Luis Eduardo Oré Cierto, por sus aportes durante todo el trabajo de investigación.

A los jurados de tesis: Ing. M. Sc. José Lévano Crisóstomo, Ing. Erle Otto Javier Scaglioni Bustamante y al Ing. Jaime Torres García.

A mi pareja: Leila Juliana Aguilar Ruiz porque con su apoyo incondicional en todo momento siempre supo darme los ánimos para salir adelante y más aún en la culminación de mi trabajo de investigación.

A mis queridas(os) amigas(os): Lucy Károl Saavedra por apoyarme en la culminación del trabajo de investigación, a Harrinton Villanueva, Paquita Lao, Brendy Chanta, Marco Ríos y a todos mis amigos con quienes pasé buenos momentos en las aulas universitarias.

A todas las personas que de alguna forma influyeron en mi formación profesional y en la realización de este trabajo de investigación ya que no alcanzo a recordar y espero que me disculpen.

RESUMEN

La presente investigación, titulada “Carbono almacenado en suelo de seis zonas del Parque Nacional Tingo María”, la problemática principal fue determinar la diferencia del carbono almacenado en suelo de seis zonas del PNTM, y como objetivos determinar el contenido de carbono del suelo, raíces y hojarasca en las seis zonas de acuerdo a la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

La metodología desarrollada en la presente investigación consistió: Fase inicial de gabinete, que incluyó el reconocimiento del área de estudio y el diseño de muestreo al azar; fase de campo: obtención de la muestra de suelo, de raíces y de hojarasca; fase de laboratorio: determinación de la textura de suelo, pH, humedad relativa, densidad aparente, carbono de suelo, carbono de raíces y carbono de hojarasca; modelo aditivo lineal; y análisis de varianza de los factores en estudio (factor A: sectores y factor B: zonificación del Parque Nacional Tingo María).

Como resultado del trabajo, se encontraron que la cantidad de carbono total en el suelo del Parque Nacional Tingo María para la zona de protección estricta es de 225.68 Mg.C/ha, zona silvestre 193.28 Mg.C/ha, zona de amortiguamiento 160.59 Mg.C/ha, zona turística 131.62 Mg.C/ha, zona de uso especial 108.46 Mg.C/ha y en menor cantidad la zona de recuperación con 93.08 Mg.C/ha.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	Disposiciones generales	4
2.1.1.	Aéreas Naturales Protegidas (ANP).....	4
2.1.2.	Objetivos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP).....	5
2.2.	El Parque Nacional Tingo Maria.....	7
2.2.1.	Zonificación del Parque Nacional Tingo María	7
2.2.2.	Zona de protección estricta (ZPE).....	7
2.3.	La importancia del suelo en el bosque.....	13
2.4.	Secuestro de carbono	13
2.4.1.	Liberación de carbono en la atmósfera	15
2.4.2.	Biomasa	17
2.5.	Almacenamiento de carbono.....	18
2.6.	Impacto del aprovechamiento del carbono	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1.	Características generales de la zona en estudio.....	21
3.1.1.	Ubicación política	21
3.1.2.	Ubicación geográfica	21
3.2.	Materiales y equipos	24
3.2.1.	Muestras.....	24
3.2.2.	Equipos e instrumentos	24
3.2.3.	Reactivos.....	26
3.3.	Metodología	26

3.3.2.	Fase de campo.....	27
3.3.3.	Fase de laboratorio.....	28
3.3.4.	Fase final de gabinete	322
3.3.5.	Modelo aditivo lineal.....	35
3.3.6.	Análisis de varianza.....	36
IV.	RESULTADOS	37
4.1.	Análisis de suelo	37
4.1.1.	Textura	37
4.1.2.	Potencial de Hidrogeno.	39
4.1.3.	Humedad relativa	41
4.1.4.	Densidad aparente	44
4.1.5.	Carbono de suelo	46
4.1.6.	Carbono en raíces.....	48
4.1.7.	Carbono en hojarasca	50
4.1.8.	Carbono total del suelo.....	53
4.2.	Análisis de varianza del suelo.....	55
4.2.1.	Potencial de hidrogeno.....	55
4.2.2.	Humedad relativa	58
4.2.3.	Densidad aparente	61
4.2.4.	Carbono de suelo	64
4.2.5.	Carbono en raíces.....	67
4.2.6.	Carbono en hojarasca	69
4.2.7.	Carbono total del suelo.....	72
V.	DISCUSIÓN.....	76
VI.	CONCLUSIONES.....	82

VII. RECOMENDACIONES.....	84
VIII. ABSTRACT.....	85
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Coordenadas de ubicación política del PNTM	21
2	Niveles críticos de pH.....	30
3	Esquema del análisis de varianza	36
4	Textura de los suelos de la zonificación del PNTM	37
5	pH de los suelos de la zonificación del PNTM	400
6	Humedad relativa de los suelos de la zonificación del PNTM.	42
7	Densidad aparente de los suelos de la zonificación del PNTM.....	44
8	Carbono de suelo de los suelos de la zonificación del PNTM.....	46
9	Carbono en raíces de los suelos de la zonificación del PNTM.....	49
10	Carbono en hojarasca de los suelos de la zonificación del PNTM .	51
11	Carbono total del suelo de la zonificación del PNTM	53
12	ANVA del pH de los suelos de la zonificación del PNTM	56
13	Prueba de significancia con el T estadístico del pH con respecto al factor A.....	57
14	Prueba de significancia con el T estadístico del pH con respecto al factor B.....	57
15	ANVA de la Humedad relativa de los suelos de la zonificación del PNTM.....	59
16	Prueba de significancia con el T estadístico de la humedad relativa con respecto al factor A	60
17	Prueba de significancia con el T estadístico de la humedad relativa con respecto al factor B	60

18	ANVA de la densidad aparente de los suelos de la zonificación del PNTM.....	62
19	Prueba de significancia con el T estadístico de la densidad aparente con respecto al factor A	62
20	Prueba de significancia con el T estadístico de la densidad aparente con respecto al factor B	63
21	ANVA del carbono de suelo de la zonificación del PNTM	64
22	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono de suelo con respecto al factor A	65
23	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono de suelo con respecto al factor B	66
24	ANVA de carbono en raíces de los suelos de la zonificación del PNTM	67
25	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en raíces con respecto al factor A	68
26	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en raíces con respecto al factor B	69
27	ANVA de carbono en hojarasca de los suelos de la zonificación del PNTM.....	70
28	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en hojarasca con respecto al factor A	71
29	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en hojarasca con respecto al factor B	72
30	ANVA del carbono total del suelo de la zonificación del PNTM	73

31	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono total con respecto al factor A	74
32	Prueba de significancia con el T estadístico del carbono total con respecto al factor B	75
33	Textura de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María	91
34	pH de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María ..	94
35	Humedad relativa de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María	97
36	Densidad aparente de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María	101
37	Carbono de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María	104
38	Carbono de raíces de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María	107
39	Carbono de hojarasca de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de muestreo del PNTM.	22
2. Triangulo textural de suelo.	29
3. pH del suelo en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.....	41
4. Humedad relativa del suelo en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.	43
5. Densidad aparente del suelo en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.	45
6. Carbono del suelo en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.	48
7. Carbono de la raíz en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.	50
8. Carbono de la raíz en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.	52
9. Carbono de la raíz en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.	55
10. Zona turística rio Perdido.	114
11 Zona de amortiguamiento, zona silvestre y protección estricta.....	115
12 Cilindros muestreados para determinar la humedad relativa del suelo.....	115
13. Peso de hojarasca húmedo de un área de 0.5 x 0.5 m.	116
14 . Muestreo de suelo a una profundidad de 30 cm de profundidad.	116
15. Determinación de carbono de las muestras de suelo en la mufla.	117
16. Determinación del pH de la muestras de suelo.....	117
17. Reconocimiento del área de estudio, Parque Nacional de Tingo María ..	117

18. Visita al Parque Nacional de Tingo María.	118
19. Delimitación de parcelas para la tomas de muestras.....	119
20. Obtención de las muestras de raíces a diferentes profundidades.....	119
21. Georreferenciación de las parcelas en las diferentes zonas de estudio....	120

I. INTRODUCCIÓN

El principal gas de efecto invernadero (GEI) es el dióxido de carbono (CO_2), cuya concentración aumentó en $31 \pm 4 \%$, desde el periodo 1750 hasta el año 2000 (IPCC, 2001), como consecuencia de la utilización de combustibles fósiles, la minería y la deforestación mundial (FAO, 2000). En la actualidad, uno de los grandes problemas mundiales constituye el calentamiento global, por efectos de la utilización de combustibles fósiles, la agricultura migratoria y la deforestación de los bosques; las acciones más importantes para generar esta alteración, debido al aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera creando una retención de los rayos principalmente infrarrojos el cual hace que la temperatura quede atrapada en la capa de ozono y en consecuencia aumente ésta en la biosfera. Los países están conscientes que el aumento de la temperatura a causa de los gases de efecto invernadero (GEI) están acelerando los desórdenes ambientales y consecuentemente se viene generando una serie de efectos tales como alteraciones en el clima, que desde luego genera desordenes locales y mundiales en los regímenes de las precipitaciones principalmente. El cambio climático inducido por las actividades humanas es un problema mundial que afecta de forma negativa los procesos ecológicos, económicos y sociales que rigen el planeta (IPCC, 2001). El cambio climático es inducido principalmente por gases de efecto invernadero como el metano, el óxido

nitroso y el dióxido de carbono (CO_2), los cuales provocan el incremento de su concentración en la atmósfera. En lo que respecta a los contenidos de carbono atmosférico, éstos se han incrementado principalmente por dos actividades humanas: el cambio de uso de la tierra y la combustión de fósiles. Se estima que el cambio de uso de la tierra emite 1.6 ± 1.0 Gt ($1 \text{ Gt} = 1 \times 10^9 \text{ t}$) de carbono al año y que la combustión de fósiles emite 5.5 ± 0.5 Gt de carbono al año (LAL y KIMBLE, 1998). Esta situación se ha agravado en los últimos cien años, por lo que la comunidad científica ha concentrado gran parte de sus esfuerzos de investigación en esta área y, en las últimas décadas, ha sido también foco de discusión entre políticos.

El Parque Nacional Tingo María constituye una de las formas más importantes hasta hoy conocidas de conservación de la biodiversidad, asimismo, cumple funciones de mantenimiento de valores estéticos, de estabilidad climática, contribuyen al mantenimiento de los ciclos básicos (agua, carbono y otros nutrientes) y conservación de los suelos. Dentro de los servicios ambientales que prestan los bosques naturales, está el secuestro y almacenamiento de dióxido de carbono CO_2 (el gas más abundante de la atmósfera y que ocasiona el efecto invernadero), mitigando los efectos negativos en la calidad de aire. Las seis zonas de la categoría del PNTM influye directamente en el carbono almacenado del suelo, debido a la vegetación que prospera en cada zona, por lo tanto no se puede decir que los suelos del PNTM almacenan la misma cantidad de carbono en el suelo de toda el área en estudio, por ello el presente trabajo tiene la siguiente interrogante

¿en qué medida existe diferencia del carbono almacenado de suelo en las seis zonas del PNTM?, por lo que la hipótesis planteada es: “existe diferencia de carbono almacenado en el suelo de seis zonas del PNTM”.

La presente investigación plantea los siguientes objetivos:

- Determinar el contenido de carbono del suelo en las seis zonas de acuerdo a la zonificación del Parque Nacional Tingo María.
- Determinar el contenido de carbono de la hojarasca en las seis zonas de acuerdo a la zonificación del Parque Nacional Tingo María.
- Determinar el contenido de carbono de las raíces en las seis zonas de acuerdo a la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Disposiciones generales

2.1.1. Áreas naturales protegidas (ANP)

Las áreas naturales protegidas son los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, debido a su importancia para la conservación de la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país. (LA LEY DE ANP N° 26834).

La administración de las áreas naturales protegidas considera la importancia de la presencia del ser humano, sus procesos sociales, sus necesidades de manera individual y colectiva, así como el respeto a los usos tradicionales de las comunidades campesinas o nativas en el ámbito del área natural protegida, en armonía con sus objetivos y fines de creación. (LA LEY DE ANP N° 26834).

2.1.2. Objetivos de las áreas naturales protegidas

SMITH y PINEDO (2002) sostienen que las áreas naturales protegidas tienen como objetivos:

- Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, dentro de áreas suficientemente extensas y representativas de cada una de las unidades ecológicas del país.
- Mantener muestras de los distintos tipos de comunidad natural, paisajes y formas fisiográficas, en especial de aquellos que representen la diversidad única y distintiva del país.
- Evitar la extinción de especies de flora y fauna silvestre, en especial aquellas de distribución restringida o amenazadas.
- Evitar la pérdida de la diversidad genética.
- Mantener y manejar los recursos de la flora silvestre, de modo que aseguren una producción estable y sostenible.
- Mantener y manejar los recursos de la fauna silvestre, incluidos los recursos hidrobiológicos, para la producción de alimentos y como base de actividades económicas, incluyendo las recreativas y deportivas.
- Mantener la base de recursos, incluyendo los genéticos, que permita desarrollar opciones para mejorar los sistemas productivos, encontrar adaptaciones frente a eventuales cambios climáticos perniciosos y servir de sustento para investigaciones científicas, tecnológicas e Industriales.

- Mantener y manejar las condiciones funcionales de las cuencas hidrográficas de modo que se asegure la captación, flujo y calidad del agua, y se controle la erosión y sedimentación.
- Proporcionar medios y oportunidades para actividades educativas, así como para el desarrollo de la investigación científica.
- Proporcionar oportunidades para el monitoreo del estado del ambiente.
- Proporcionar oportunidades para la recreación y el esparcimiento al aire libre, así como para un desarrollo turístico basado en las características naturales y culturales del país.
- Mantener el entorno natural de los recursos culturales, arqueológicos e históricos ubicados en su interior.
- Restaurar ecosistemas deteriorados.
- Proteger, cuidar o mejorar sitios de reproducción o de refugio, rutas de migración, fuentes de agua o de alimento en épocas críticas.
- Proteger sitios frágiles.
- Proteger monumentos y sitios históricos en coordinación con las autoridades competentes.
- Conservar formaciones geológicas y geomorfológicas.
- Asegurar la continuidad de los servicios ambientales que prestan.

2.2. El Parque Nacional Tingo María

El Parque Nacional Tingo María se localiza en la selva central del Perú, en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, y en los distritos de Mariano Dámaso Beraún y Rupa Rupa.

2.2.1. Zonificación del Parque Nacional Tingo María

Para que un área natural protegida pueda cumplir con sus objetivos de conservación es preciso zonificar su territorio. La zonificación es una herramienta fundamental en el manejo de toda ANP, y el PN Tingo María no es la excepción.

La Ley de Áreas Naturales Protegidas lo prevé así en su artículo y señala una variedad de zonas, cada una con sus propios fines y diferentes grados de restricción a la actividad humana. De acuerdo al Plan Director, la zonificación es una herramienta de planificación y manejo que debe responder de manera ágil a los requerimientos del área natural protegida y que permite conciliar los objetivos de manejo y prioridades de protección.

2.2.2. Zona de protección estricta (ZPE)

Son espacios en los que los ecosistemas han sido pocos o nada intervenidos, o poseen especies o ecosistemas únicos, raros o frágiles que,

para mantener sus valores, requieren estar libres de la influencia de factores ajenos a los procesos naturales mismos, debiendo mantenerse las características y calidad del ambiente original. En estas áreas sólo se permiten actividades de manejo, monitoreo ambiental y, excepcionalmente, de investigación científica (LEY N° 26834, 2000).

Ubicación

Esta zona comprende las partes más altas del macizo de la Bella Durmiente, ubicadas aproximadamente entre las cotas de los 1,250 y los 1,808 m.s.n.m. También incluye al Tragadero del río Perdido. La superficie determinada es de 2,531.24 hectáreas.

2.2.2.1. Zona silvestre (ZS)

Son aquellas zonas que han sufrido poca o nula intervención humana y en las que predomina el carácter silvestre, pero que son menos vulnerables que las áreas incluidas en la zona de protección estricta. En esta zona es posible desarrollar actividades de investigación científica, las actividades educativas y la recreación, pero sin infraestructura permanente. No se permite el uso de vehículos motorizados. En esta zona se encuentran ecosistemas de bosques de colinas medias, caídas de agua, afloramientos rocosos y especies representativas como el gallito de las rocas, la pucacunga o pava de monte y varias especies de monos (LEY N° 26834, 2000).

Ubicación

Esta zona se ubica en el contorno de la zona de protección estricta excepto en el sector del Tragadero del río Perdido e incluye a las quebradas Ángela, Huairuro y Macho. Esta última da origen a la quebrada de gran atractivo turístico conocida como La Quinceañera. La superficie total del área es de 1,650.71 hectáreas.

2.2.2.2. Zona de recuperación (ZR)

Zona transitoria, aplicable a ámbitos que por causas naturales o intervención humana, han sufrido daños importantes y requieren por ello de un manejo especial para recuperar su calidad y estabilidad ambiental, luego del cual se le asignará la zonificación que corresponde a su naturaleza.

En este caso se ha identificado en el parque, áreas para recuperar hábitats de cedro y del gallito de las rocas, los mismos que han sufrido los impactos de la agricultura practicada al interior del parque (LEY N° 26834, 2000).

Ubicación

Esta zona se presenta a modo de pequeñas islas dentro del parque en número de once en la zona de protección estricta y de veinte al interior de la zona silvestre. La superficie determinada es de 268.33 hectáreas.

2.2.2.3. Zona de uso especial (ZUE)

Está conformada por los espacios ocupados por asentamientos humanos existentes al momento del establecimiento del parque o en los que, por razones especiales, tiene lugar algún tipo de uso agrícola, pecuario, agrosilvopastoril u otras actividades que implican la transformación del ecosistema original (LEY N° 26834, 2000).

Ubicación

Comprende seis áreas ubicadas en cuatro sectores de ocupación. El número de familias vivientes es de 36 familias del sector Melitón Carbajal en el río Oro (margen derecha), 16 familias del sector Afilador, entre los ríos Monzón y Huallaga (margen izquierda), 1 familia del sector “Cumbre Alania”, en el río Huallaga (margen izquierda) y 5 familias del sector Tambillo en el río Huallaga (margen izquierda).

Estas familias realizan actividades agrícolas, crianza de animales menores y extracción de maderas redondas, leña y productos no maderables del bosque aledaño a sus parcelas agrícolas destinado a su subsistencia y mantención. La superficie total que ocupa esta zona es de 265.63 hectáreas.

2.2.2.4. Zona de uso turístico y recreativo (ZUTR)

Espacios que por su naturaleza y rasgos paisajísticos, atractivos para los visitantes, permiten un uso recreativo compatible con los objetivos del parque. En estas zonas se permite el desarrollo de actividades educativas y de investigación, así como la construcción de infraestructura de servicios necesarios para el acceso, estadía y disfrute de los visitantes, incluyendo rutas de accesos carrozables, albergues y uso de vehículos motorizados (LEY N° 26834, 2000).

Las actividades turísticas y de recreación también pueden llevarse a cabo dentro de la zona silvestre, la zona de uso especial y la zona de recuperación, con las limitaciones propias de cada zona y de acuerdo al plan de uso turístico y de recreación. No se puede hacer actividades turísticas y recreativas en la zona de protección estricta.

Ubicación

Comprende tres áreas seleccionadas cuya superficie total es de 61.89 hectáreas: Área de uso turístico y recreativo de la Cueva de las Lechuzas. Incluye la alameda de entrada hacia el puente sobre el río Perdido y su área de recreación, la escalinata y la Cueva de las Lechuzas. Área de uso turístico y recreativo de la catarata Quinceañera, ubicada en las laderas bajas de la cumbre Alania. Área de uso turístico y recreativo Tres de Mayo – río Perdido. Abarca el sendero que se inicia desde el puente Tambillo que cruza el

río Huallaga y sigue el recorrido que se dirige al poblado de Tres de Mayo y el acceso a la catarata Sol Naciente, continuando por las inmediaciones en que el río Santa hace su ingreso a las cuevas subterráneas donde toma la denominación de río Perdido.

2.2.2.5. Zona de amortiguamiento (ZA) y área de Influencia

La zona de amortiguamiento es aquella zona adyacente al área natural protegida que por su naturaleza y ubicación requieren de un tratamiento especial para garantizar la conservación del área protegida. Está conformada por las áreas que rodean al PN Tingo María y sobre el cual tienen una influencia directa, sea porque mantienen una frontera física con el parque o porque ocupan la parte alta de una microcuenca que atraviesa o desemboca en el área protegida (LEY N° 26834, 2000).

La zona de amortiguamiento no es un área intangible sino un espacio para el desarrollo sostenible, y en ella se promueve el ecoturismo; el manejo o recuperación de flora y fauna; el reconocimiento de áreas de conservación municipal, áreas de conservación regional y áreas de conservación privada; concesiones de conservación; la investigación; la recuperación de ecosistemas; el desarrollo de sistemas agroforestales; y otras actividades que contribuyan a la práctica de sistemas de manejo sustentable.

2.3. La importancia del suelo en el bosque

De acuerdo a SENAYAKE y GAMBOA (2003) un bosque es un sistema dominado por árboles, que tiene como funciones principales de proveer sombra y de proteger contra la lluvia, así como de generar la fotosíntesis. Para la fotosíntesis interviene la luz solar, donde la clorofila captura la energía a una longitud de onda de 680 a 700 nm. Esta energía capturada sirve para construir el suelo. Los hongos, que viven cerca de las raíces, utilizan esta energía (10 – 20%). Estos hongos dan como 1000 veces más de raíces (hongos micorríticos) y a la vez ayuda para la nutrición de los árboles.

El suelo bajo de los árboles es vivo, es un ecosistema. Quizás es un ecosistema más complicado que el ecosistema del ambiente. Un gramo de suelo contiene: 1 - 2 billones células de bacterias; 100 - 200 millones de células individuales de actomycetas; 1 - 2 kilómetros de hongos; 100 - 500 millones de algas; y de 1 - 10 millones de virus, nematodos, gusanos, insectos, larvas, etc. (SENAYAKE y GAMBOA, 2003).

2.4. Secuestro de carbono

SENAYAKE y GAMBOA (2003) mencionan que en un suelo de buena calidad el 5% de carbono es de corto uso y se mantiene en el suelo por 1 ó 2 años, 10 - 20% de carbono es de edad media y se mantiene por 10 – 100

años, 75 – 85% de carbono es de uso de largo tiempo y se mantiene de 200 – 2,000 años, pudiendo en algunas regiones mantenerse hasta 10,000 años.

Cuando intervenimos en un bosque (cortando árboles, plantación o agricultura) cambiamos la proporción del carbono en el suelo. Revertimos la pirámide; es decir el 75% de carbono en el suelo es de corto uso y solamente el 5% de carbono se mantiene por largo tiempo (ANDALUZ, 2004).

El carbono es una parte viviente de la biosfera y el ciclo del carbono rota un tiempo de alrededor de 10 mil años. El ciclo consiste en que los árboles crecen, fijan el carbono, luego mueren y el carbono nuevamente retorna a la atmósfera. Así como los seres humanos también absorbemos este carbono, morimos y dejamos nuevamente este carbono en la atmósfera. Este proceso tiene una relación con lo que es el mercado de carbono. Por ejemplo, cuando cortamos los árboles estamos liberando el carbono a la atmósfera y si plantamos la misma cantidad vamos a fijar la misma cantidad de carbono (SENAYAKE y GAMBOA, 2003).

Según JANDL (2001) menciona que el termino secuestro de carbono trata de la cantidad de carbono en vez de la concentración. La cantidad resulta como una multiplicación entre la masa del suelo fina y su contenido de carbono. En consecuencia de muchos años la densidad del suelo puede cambiar. Es normal que la densidad del suelo en bosques maduros es más baja que en bosques jóvenes.

Según NASI *et al.* (2002) hace referencia que los árboles y los bosques tienen la capacidad de almacenar carbono. Estudios realizados concuerdan que poseen un alto potencial. Un bosque primario cerrado almacena entre suelo y vegetación, cerca de 250 toneladas de carbono por hectárea; si se convirtiera a agricultura migratoria liberaría cerca de 200 toneladas de carbono por hectárea, y un poco más si se convirtiera a pastizales o agricultura permanente. Los bosques abiertos albergan alrededor de 115 toneladas de carbono, y liberaría entre un cuarto y un tercio si se convirtiera a otro uso.

2.4.1. Liberación de carbono en la atmósfera

Toda la vegetación como plantas, árboles, y seres vivos están compuestos de carbono. Estos compuestos de carbono fueron alguna vez fijados por las plantas. El proceso es que las hojas toman dióxido en la atmósfera y junto con la energía solar lo transforman en oxígeno lo que sale nuevamente en la atmósfera. Las hojas al tomar el CO₂ y luz solar están creando alimentos como azúcares sólidos. Todo lo que es proteínas, carbono que hacen los partes sólidos en nuestros cuerpos son derivados de estos azúcares que las plantas transforman. Cuando estos componentes que se derivan de las azúcares sólidos y que hacen parte de nuestros cuerpos necesitan la energía para funcionar y para ser la materia viva que somos nosotros (BEAUMONT y MERENSON, 1999).

Cuando la materia muere, se va descomponiendo y se va quemando. Esta acción de combustión puede ser rápida o lenta. En el proceso la materia se oxidifica liberando el CO_2 , o sea las azúcares sólidas se cambia a CO_2 . Esta oxidación sale a la atmósfera. Este es el ciclo de carbono. Por ejemplo, en nuestra vida cotidiana estamos constantemente oxidificando materia para obtener la energía, respiramos oxígeno y a la vez sale el dióxido de carbono. A su vez las plantas están todo el tiempo absorbiendo este dióxido de carbono y transformándolo en oxígeno. Todo este ciclo podría ser visualizado de esta forma. Por eso, la lógica del mercado de carbono parecía estar correcto. Si estamos cortando árboles y liberando carbono de un lado, podemos sembrar otros árboles para fijarlo de nuevo. El valor de fijación de carbono al nivel mundial es aproximadamente \$5 americano por toneladas. Hoy día el argumento de la industria sobre la madera es eso: si un árbol tiene la capacidad capturar carbono solamente hasta un punto de crecimiento entonces en las plantaciones debería cortarlos después de este momento. Luego podemos resembrarlo de nuevo y comenzar el proceso de fijación de carbono de nuevo. Pero la realidad es que el tiempo de la fijación del carbono depende del tipo de árbol. Por ejemplo un pino o eucalipto el tiempo de fijación es corto, mientras que si es de mahogony, lo que es una madera dura, el tiempo de fijación será más largo.

JANDL (2003) menciona que los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. Contienen cuatro veces la cantidad de carbono que la vegetación. Por eso merecen atención cuando se

buscan mecanismos del secuestro de carbono. Aumentar el nivel de C en el suelo podría ser un servicio ambiental precioso. El carbono del suelo se encuentra en la hojarasca, en el sistema radicular vivo y muerto, y “el carbono negro”. En promedio, las moléculas orgánicas son mineralizadas en cuatro años; una parte de ellas es extremadamente recalcitrante y su tasa de mineralización es baja.

La edad de esta fracción de la materia orgánica, ligada a óxidos y arcillas, es de algunos cientos a miles de años. Es necesario entender los procesos claves en el suelo y su relación con otros factores como la temperatura, la humedad del suelo, y los nutrientes (particularmente nitrógenos). Dado este entendimiento, es posible manejar los bosques de manera que fijen y conserven sosteniblemente carbono en el suelo, el cual se puede manipular mediante la selección de especies de árboles, la ordenación de bosques, con medidas de mejora de los suelos y por la duración del turno de los bosques (JANDL, 2003).

2.4.2. Biomasa

La biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca o en kilocalorías por unidad de superficie o de volumen, trata de un concepto útil al proporcionar una orientación sobre la riqueza en materia orgánica que en un determinado momento posee un ecosistema (GUZMAN y AREVALO, 2003)

La biomasa es la cantidad de carbono almacenado en el bosque, así como también en el suelo. Es importante conocer la biomasa forestal para elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre el cambio climático. Además, para una parte de la población humana que vive en las zonas rurales de los países en desarrollo la biomasa es una fuente primordial de combustible para cocinar y para calefacción.

2.5. Almacenamiento de carbono

FAO (2000) menciona que los bosques desempeñan una función importante en la moderación del flujo neto de gas de efecto invernadero (GEI) entre la tierra y la atmósfera. Los bosques actúan como depósitos, almacenando carbono en la biomasa y los suelos. Actúan como sumideros de carbono cuando se aumenta su superficie o su productividad, dando origen a un incremento de la absorción de CO₂ atmosférico. Por el contrario, actúan como fuente de GEI cuando la quema y la descomposición de la biomasa y las alteraciones del suelo dan origen a emisiones de CO₂ y otros GEI. En la actualidad, el 20 por ciento aproximadamente de las emisiones antropógenas mundiales de CO₂ se deben a cambios en el uso de la tierra (y sobre todo a la deforestación que tiene lugar principalmente en las zonas tropicales).

JANDL (2001) menciona que los árboles caducifolios son más estables en comparación a las coníferas, además que poseen una madera más densa y por eso almacenan más carbono. Sin embargo la tasa de crecimiento

es más lenta. El crecimiento menos se compensa con la producción de biomasa total. Como efecto complementario, existe una mayor seguridad, por la permanencia del sumidero de carbono.

2.6. Impacto del aprovechamiento del carbono

LAGOS y VENEGAS (2003) mencionan que los gases que provocan cambios en el clima, son los mismos que actúan como gases de efecto invernadero siendo la razón de preocupación de muchos países debido a los problemas que producen, por tal motivo se han llevado a cabo una serie de acuerdos y convenciones en distintos países, con el objetivo de buscar soluciones conjuntas al problema.

HUSCH (2001) sostiene que una forma de mitigar los problemas de CO₂ además de reducir las emisiones, es "secuestrarlo", o sea capturarlo y mantenerlo el mayor tiempo posible en la biomasa, el suelo y los océanos. En el primero; se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica. Los bosques son el principal sumidero de CO₂, sin embargo, según algunos estudios la capacidad de absorción y almacenamiento de carbono varía de un bosque a otro, principalmente por la influencia de factores como: temperatura, precipitación, densidad de masa, tipo de suelo, pendiente, altura, condiciones topográficas, índices de crecimiento y edad.

Los bosques densos y aquellos que no han sufrido perturbaciones, tienen mayor capacidad para almacenar carbono que los bosques abiertos y de zonas arboladas, así como los bosques degradados. Por otra parte, los bosques húmedos y bosques maduros almacenan más carbono que los bosques de zonas áridas o semiáridas y los bosques jóvenes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales de la zona en estudio

3.1.1. Ubicación política

El estudio se realizó en el Parque Nacional Tingo María (PNTM), que se encuentra ubicado en el departamento Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Mariano Dámaso Beraún. Tiene una superficie de 4,777.8 hectáreas (Figura 1) y dentro de su riqueza biológica se reportan 144 especies vegetales superiores y 104 especies de animales superiores. Es uno de los once parques nacionales reconocidos legalmente en el Perú.

3.1.2. Ubicación geográfica

Cuadro 1. Coordenadas UTM.

Coordenadas UTM	
8 958 320 N	8 969 980 N
386 220 E	393 515 E

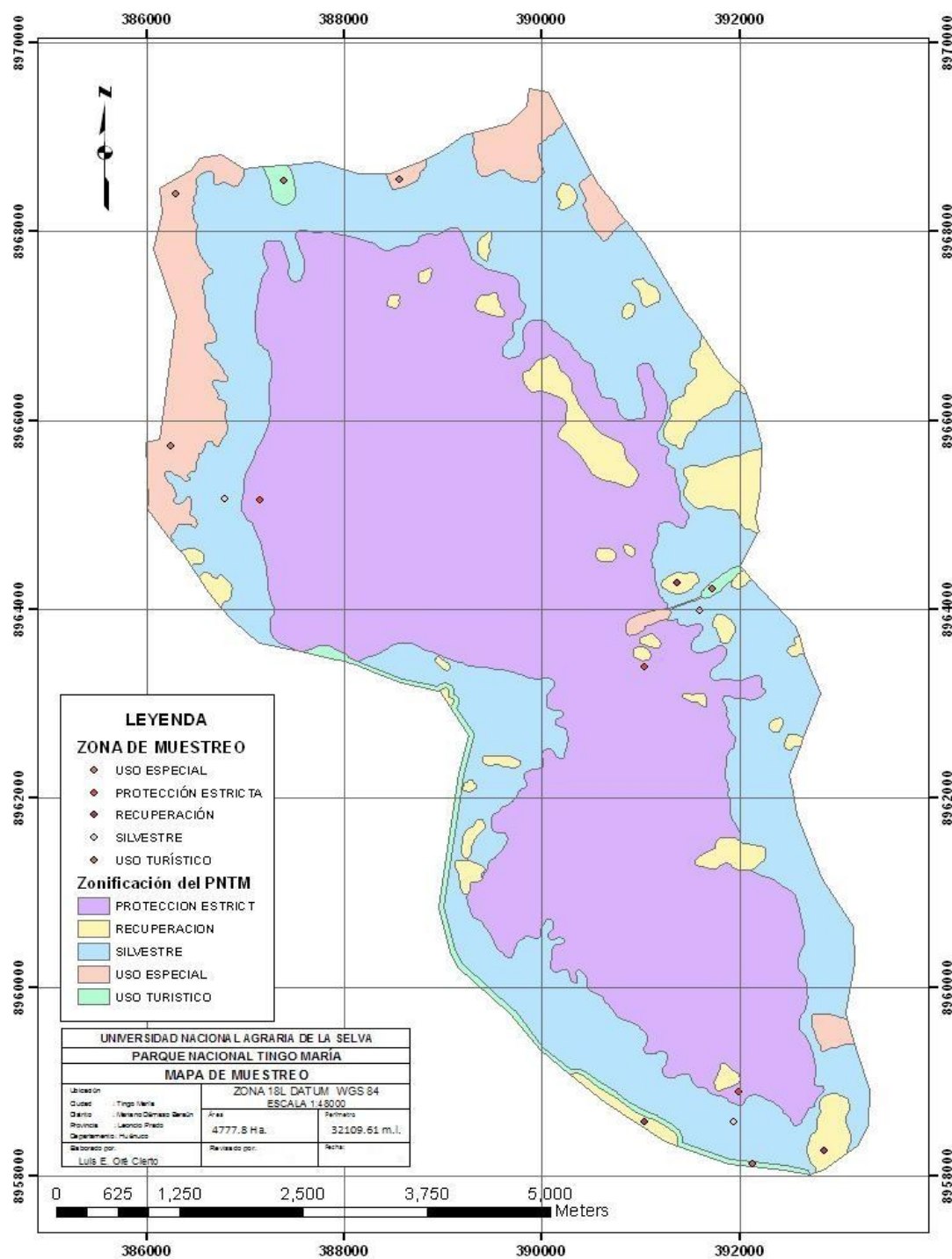


Figura 1. Mapa de muestreo del PNTM.

3.1.2. Zona de vida

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático, la zona de Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Tropical (bhm-PT).

3.1.3. Condiciones climáticas

Las estaciones meteorológicas del SENAMHI en la ciudad de Tingo María registran una temperatura máxima media anual de 29.8 °C y una temperatura mínima media anual de 19.2 °C, siendo la temperatura media anual de 24.5 °C. La humedad relativa media anual es cercana al 80 %. La precipitación media anual es de 3,300 milímetros. La época de lluvias comienza en octubre y se prolonga hasta abril. Sin embargo, en los últimos tres años el régimen de lluvias y estiaje ha sufrido grandes variaciones en su intensidad, ocasionando inundaciones en las riberas de los ríos y sequías que han afectado a la agricultura.

3.1.4. Relieve y suelos

Toda la extensión de la cadena montañosa de la Bella Durmiente se encuentra comprendida dentro del Parque. Por ello, el relieve en su interior es, con excepción de algunas pequeñas terrazas, muy escarpado y accidentado, constituido básicamente por montañas cuyas paredes tienen

alturas que van de 300 a 500 metros disectadas por numerosas quebradas, pequeñas cascadas y manantiales. Las pendientes son muy pronunciadas, superando por lo general los 45° de inclinación. La altitud del Parque va de los 650 y los 1,808 msnm. Sus suelos poco profundos y pedregosos son muy susceptibles a la erosión y muestran claramente su vocación de protección; en el Parque no existen tierras con vocación agrícola o ganadera. Dada su condición montañosa, se puede apreciar diversos afloramientos de rocas y signos de deslizamientos naturales u ocasionados por labores agrícolas no muy recientes.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1.Muestras

Se seleccionó el suelo (muestra del PNTM), dividiéndolo en seis partes, de acuerdo a su zonificación: Protección estricta, recuperación, silvestre, uso especial, uso turístico y zona de amortiguamiento de cada sitio de estudio como la zona Quinceañera, zona río Oro, zona río Perdido y zona Tres de Mayo. Siendo 12 muestras para cada zona de estudio y 18 para cada zonificación.

3.2.2.Equipos e instrumentos

- Cinta métrica
- Cuadro de madera de 50x50 cm²

- GPS Carmín 12 XL
- Libreta de campo
- Estufa
- Bolsas de plástico
- Plumón indeleble
- Papel filtro
- Papel kraft
- Equipo fotográfico
- Computadora
- Potenciometro (pH metro)
- Mufla
- Agitador eléctrico
- Agitador manual
- Probeta Bouyucus(1130 ml)
- Probeta graduada de 100 ml
- Densimetro o Hodrometro
- Pizetas
- Pipetas
- Vasos de plásticos de 50 ml
- Cilindros muestreadores
- Pala
- Machete

3.2.3. Reactivos

- Agua destilada
- Hexametafosto de sodio al 10%
- Ácido clorhídrico 10%
- Soluciones buffer 4.0 y 9.0

3.3. Metodología

La ejecución de la presente investigación, se realizó en el Área Natural Protegida de Tingo María “Parque Nacional Tingo María” que se encuentra a cargo de la administración del SERNANP – MINAM. Se realizó en cuatro fases: inicial de gabinete, de campo, de laboratorio y final de gabinete.

3.3.1. Fase inicial de gabinete

3.3.1.1. Reconocimiento del área de estudio

Se reconoció el área de estudio de acuerdo al mapa de zonificación del PNTM, con la finalidad de hacer los muestreos para el estudio de la captura de carbono de suelo de las seis zonas (uso especial, uso silvestre, protección estricta, uso turístico, recuperación y zona de amortiguamiento).

3.3.1.2. Diseño de muestreo al azar

Se delimitó los espacios muestrales mediante el diseño de muestreo al azar (PIMENTEL, 1997) para ello se trabajó con grillas de 300x300m que es un total de 9.0 ha por muestreo, de las cuales se realizó 12 muestras para cada zona de estudio y 18 para cada zonificación.

3.3.2. Fase de campo

3.3.2.1. Obtención de muestra se suelo

Una vez obtenido los puntos a muestrear se ubicó las áreas con la finalidad de extraer muestras; para el caso del suelo se sacó muestra a una profundidad de 30 cm, ya que hasta esta profundidad se encuentra en mayor porcentaje el carbono del suelo.

3.3.2.2. Obtención de muestra de raíces

Para la obtención de muestras de raíces se trabajó a tres profundidades del suelo: suelo superficial (0 a 10 cm), suelo intermedio (20 a 30 cm) y suelo a profundo (50 a 60 cm); para ello se usó el volumen de cilindros.

3.3.2.3. Obtención de muestras de hojarasca

Para la obtención de hojarasca se usó un cuadro de 50 x 50 cm, de las cuales se lanzó al azar en el área muestral, y se juntó dentro del cuadro toda la hojarasca de su perímetro.

3.3.3. Fase de laboratorio

3.3.3.1. Determinación de textura del suelo

Se pesó 50 g de suelo y se colocó en un vaso dispersor. Se añadió 50 ml de hexametáfosfato de sodio al 10%, completándose con agua destilada hasta aproximadamente 2/3 del vaso de dispersión. Luego, se agitó por 5 minutos en el dispersor eléctrico y se trasvasó la suspensión a la probeta de bouyucos de 1130 cc. Se colocó un hidrómetro dentro de la probeta y se añadió agua destilada hasta la marca 1130 cc. Luego se retiró el hidrómetro y se agitó enérgicamente la suspensión, utilizando el agitador manual, y efectuó la primera lectura a los 40 s después se dejó reposar 2 horas y se tomó la segunda lectura y registró la temperatura. Luego se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%Arena + \%Limo + \%Arcilla = 100\%$$

$$\%Limo + \%Arcilla = \frac{\text{lectura corregida a los 40''}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

$$\%Arcilla = \frac{\text{lectura corregida a las 2h}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

$$\%Limo = (\%limo + \%arcilla) - \%arcilla$$

$$\%Arcilla = 100 - (\%limo + \%arcilla)$$

Lectura corregida a los $40' = 9/5 (T \text{ } ^\circ\text{C} + 32)$, si el resultado es mayor a $68 \text{ } ^\circ\text{F}$ restarlo y si es menor sumarlo. Este último por 0.2 y sumarle a la lectura del hidrómetro a $40''$. El resultado se interpretó utilizando el triángulo textural.

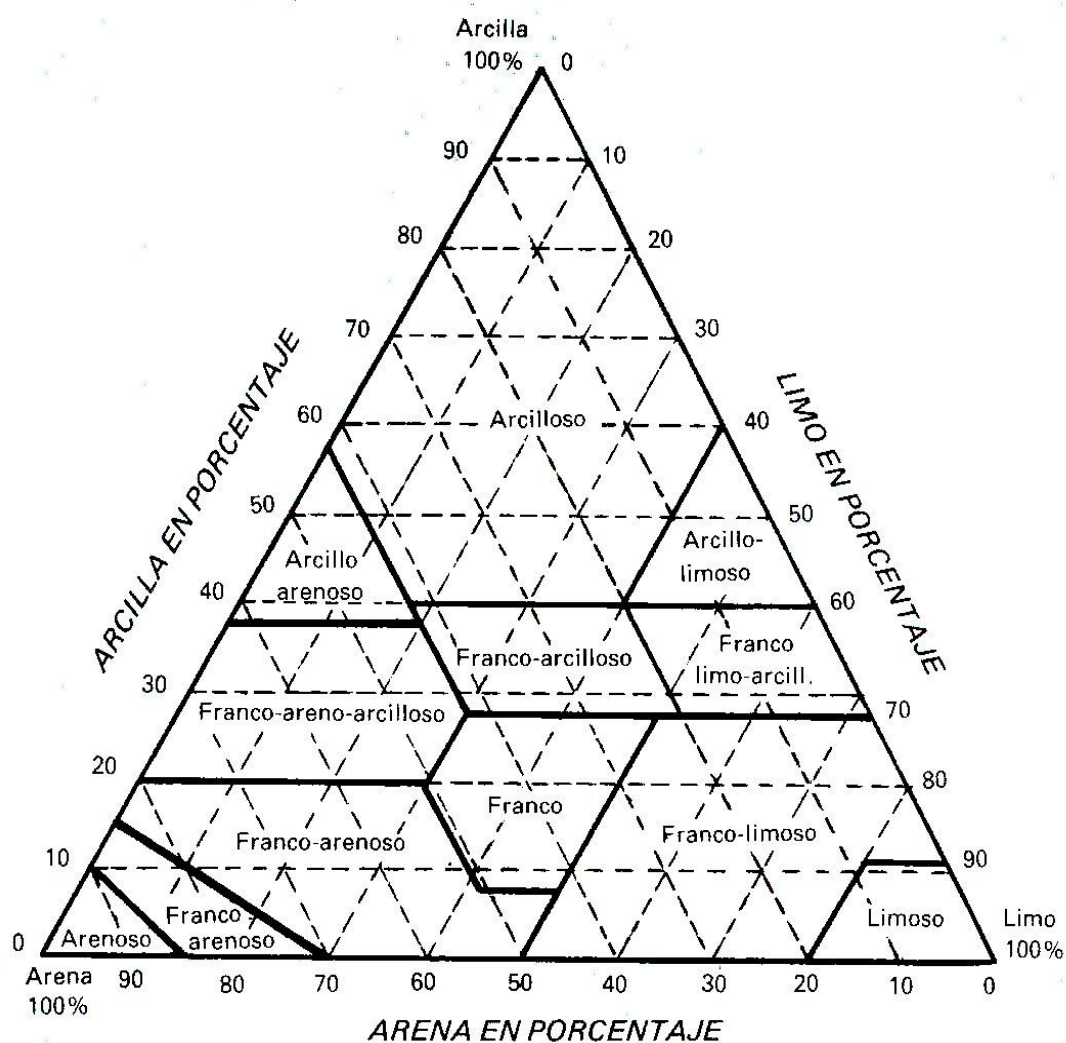


Figura 2. Triángulo textural de suelo.

3.3.3.2. Determinación del pH del (suelo método electrométrico)

Se pesó 20 g de la muestra de suelo y se colocó en un vaso de precipitación. Se añadió 20 ml de agua destilada, se agitó por 15 minutos, se dejó en reposo por 10 minutos y se tomó la lectura, pero antes se calibró el potenciómetro con la solución buffer 4.0 y 7.0 poniendo a temperatura ambiente. Se limpió el electrodo de vidrio que es sensible a los cambios, se secó y sumergió en la muestra. Se tomó la lectura cuando se estabilizó el potenciómetro. Finalmente se interpretó los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Niveles críticos de pH.

Descripción	Rangos
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

3.3.3.3. Determinación de la humedad relativa del suelo

Se extrajo la muestra en un cilindro cuya base tiene una maya metálica fina, se cubrió con papel filtro para evitar la salida de partículas de

suelo. Se pesó el cilindro conteniendo, el papel filtro y la muestra de suelo. Se colocó a secar a la estufa por 24 horas a 103 °C, para pesarlo y luego se usó la siguiente fórmula.

$$\%H = \frac{Pa - P1}{Pi - Pb} \times 100$$

Dónde:

Pa: Peso total del cilindro con suelo húmedo

Pi: Peso total del cilindro con suelo seco

Pb: Peso total más el papel

3.3.3.4. Determinación de la densidad aparente

Se pesó 50 g de muestra de suelo, para colocarlos en la probeta sobre la palma de la mano por 10 veces de una altura aproximada de 5 cm para compactar el suelo y anotar el volumen final para aplicar la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

3.3.3.5. Obtención de datos de carbono del suelo

Para la determinación del carbono de suelo se usó el método de calcinación en mufla a 600 °C por 24 horas; antes de someterlo, la muestra se secó al horno con la finalidad de eliminar la humedad, se secó en una estufa a

103 °C por 48 horas (tiempo para obtener peso constante); después se sacó la muestra y se añadió ácido clorhídrico al 10% para eliminar compuestos carbonatados.

3.3.3.6. Obtención de datos de carbono de raíces

Una vez seleccionado las raíces del volumen del cilindro (suelo + piedras + raíces), se procedió a pesarlos para luego secarlos en la estufa a 103 °C por 24 horas.

3.3.3.7. Obtención de datos de carbono de hojarasca

La hojarasca húmeda se envolvió en papel kraft y luego se pesó para luego ser secado en una estufa a 103 °C por 24 horas aproximadamente (tiempo para obtención de peso constante), el tiempo fue relativo, ya que dependió del tipo de hojarasca que vino de la fase de campo.

3.3.4. Fase final de gabinete

3.3.4.1. Cálculos matemáticos para la obtención de carbono del suelo

JANDL (2006) menciona que para la determinación del carbono de suelo utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$C_{suelo} = P_{seco} - P_{calcificación}$$

$$D_{aparente} = \frac{P_{seco}}{V_{cilindro}}$$

$$V_{cilindro} = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

Dónde:

P_{seco} : Peso seco al horno

$P_{calcificación}$: Peso de los minerales luego de calcinarlos

$D_{aparente}$: Densidad del suelo a estudiar

$V_{cilindro}$: Volumen del cilindro

D : Diámetro del cilindro

H : Altura del cilindro

C_{suelo} : Carbono del suelo

3.3.4.2. Cálculos matemáticos para la obtención de carbono de raíces

JANDL (2006) para la determinación del carbono de las raíces se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$CH_{raíz} = \frac{P_{fresco} - P_{seco}}{P_{fresco}} \times 100$$

$$P_{materia\ seca} = P_{fresco} - CH_{raíces} \times P_{fresco}$$

$$D_{raíz} = \frac{P_{seco\ de\ raíces}}{V_{cilindro}}$$

$$\%_{raices} = \frac{P_{raiz}}{P_{total}} \times 100$$

$$C_{raiz} = P_{seco\ de\ raiz} \times f$$

Dónde:

P_{seco} : Peso seco al horno de la raíz

P_{fresco} : Peso fresco de las raíces

D_{raiz} : Densidad de raíz en función de volumen de suelo

$\%_{raices}$: Porcentaje de las raíces en función del peso total

CH_{raiz} : Contenido de humedad de la raíz

$V_{cilindro}$: Volumen del cilindro

C_{raiz} : Carbono de la raíz

f : Factor de conversión = 0.45 (IPCC, 2001)

3.3.4.3. Cálculos matemáticos para la obtención de carbono de hojarasca

JANDL (2006) para la determinación del carbono de hojarasca se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$CH_{hojarasca} = \frac{P_{fresco} - P_{seco}}{P_{fresco}} \times 100$$

$$P_{materia\ seca} = P_{fresco} - CH_{hojarasca} \times P_{fresco}$$

$$C_{hojarasca} = P_{seco\ de\ hojarasca} \times f$$

Dónde:

P_{seco}	: Peso seco al horno de la hojarasca
P_{fresco}	: Peso de fresco de la hojarasca
$CH_{\text{hojarasca}}$: Contenido de humedad de la hojarasca
$C_{\text{hojarasca}}$: Carbono de la hojarasca
f	: Factor de conversión = 0.45 (IPCC, 2001)

3.3.5. Modelo aditivo lineal

Los diferentes variables que se evaluaron fueron representados por la ecuación de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha+\beta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

Para i = 1, 2,3 y 4 Zonas y/o sectores del PNTM (factor A).

Para j = 1, 2, 3, 4,5 y 6 Zonificación del PNTM (factor B).

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta.

μ = Media general alcanzado.

α_i = Es el efecto del i -ésimo nivel del sector en estudio

β_j = Es el efecto del j -ésimo nivel de la zonificación del

PNTM.

$(\alpha+\beta)_{ij}$ = Es el efecto interactivo entre en i -ésimo nivel del sector y el j -ésimo nivel de la zonificación del PNTM.

ξ_{ijk} = Es el efecto del error aleatorio.

3.3.6. Análisis de varianza

Para realizar el análisis de varianza se consideró como fuente de variación el efecto del factor A: sectores del Parque Nacional Tingo María, el efecto del factor B: zonificación del PNTM, el efecto de la interacción entre los niveles de sector con la zonificación y el efecto del error dentro de la investigación, para ello se procedió de la siguiente manera:

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Modelo	23	SC tratamientos	CM tratamientos
A	3	SC a	CM a
B	5	SC b	CM b
AB	15	SC axb	CM axb
Error exp.	48	SC error exp.	SC error exp.
TOTAL	71	SC total	

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: Zona Río Perdido, a4: Zona Tres de Mayo); B: Zonificación del PNTM (b1: Zona de Amortiguamiento, b2: Zona de Protección Estricta, b3: Zona de Recuperación, b4: Zona de Uso Especial, b5: Zona Silvestre, b6: Zona Turística).

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de suelo

4.1.1. Textura

En las muestras de texturas de suelo que se determinaron en las diferentes zonas del Parque Nacional Tingo María; predominaron el tipo “franco arcillo arenoso”, característico de los suelos de la selva alta; pese a ello, también se encontraron otros tipos resaltando el tipo “arcilloso” que fueron encontrados en zonas de protección estricta, los cuales son característicos debido a su intangibilidad, como son zonas no intervenidas por actividades antrópicas, manteniendo su estado original de un bosque prototipo a primario y/o secundario. El Cuadro 4 nos muestra los resultados.

Cuadro 4. Textura de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	Textura
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	Franco arcillo arenoso
		Franco arcilloso
	Zona de Protección Estricta	Arcilloso
		Franco arenoso
Zona de Recuperación	Franco arcillo arenoso	

		Franco arenoso
	Zona de Uso Especial	Franco arcilloso
		Franco arenoso
	Zona Silvestre	Franco arcillo arenoso
		Franco arenoso
	Zona Turística	Franco arcillo arenoso
		Franco arenoso
<hr/>		
	Zona de Amortiguamiento	Franco arcillo arenoso
	Zona de Protección Estricta	Arcilloso
	Zona de Recuperación	Arcilloso
Zona Rio Oro		Franco arcillo arenoso
	Zona de Uso Especial	Franco arcilloso
	Zona Silvestre	Arcillo arenoso
	Zona Turística	Arcilloso
<hr/>		
		Arcilloso
	Zona de Amortiguamiento	Franco arcillo arenoso
		Franco arcillo arenoso
	Zona de Protección Estricta	Franco arenoso
Zona Rio Perdido		Franco arcillo arenoso
	Zona de Recuperación	Franco arenoso
		Arcilloso
	Zona de Uso Especial	Franco arcillo arenoso

	Zona Silvestre	Franco arenoso
	Zona Turística	Franco arcillo arenoso
		Franco arenoso
<hr/>		
	Zona de Amortiguamiento	Franco arcillo arenoso
	Zona de Protección Estricta	Franco arcillo arenoso
		Franco arenoso
	Zona de Recuperación	Franco arcillo arenoso
Zona Tres De Mayo	Zona de Uso Especial	Franco arcillo arenoso
		Franco arenoso
	Zona Silvestre	Franco arenoso
	Zona Turística	Arcillo arenoso
		Franco arcillo arenoso

4.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)

En los valores de pH encontrados en las seis zonas de estudio, las cuales a pesar de no ser tan variables contrastándolas entre ellas, se observa que el mayor valor se obtuvo en la zona de amortiguamiento del sector río Oro con un valor de 8.63, la cual en contraste con el pico más bajo ubicado también en la zona de amortiguamiento con un valor de 6.17 del sector Tres de Mayo; ya que los suelos de la selva tienden a ser ácidos. El Cuadro 5 y Figura 3 nos muestran los valores.

Cuadro 5. pH de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	pH	Desviación estándar	CV (%)
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	7.90	0.79	10.03
	Zona de Protección Estricta	7.54	1.12	14.82
	Zona de Recuperación	6.64	0.48	7.26
	Zona de Uso Especial	7.20	0.51	7.09
	Zona Silvestre	7.53	0.41	5.40
	Zona Turística	7.05	0.22	3.15
Zona Rio Oro	Zona de Amortiguamiento	8.63	0.08	0.95
	Zona de Protección Estricta	6.67	0.04	0.61
	Zona de Recuperación	6.84	0.06	0.90
	Zona de Uso Especial	8.06	0.10	1.27
	Zona Silvestre	7.43	0.52	7.05
	Zona Turística	8.34	0.01	0.15
Zona Rio Perdido	Zona de Amortiguamiento	6.79	0.10	1.51
	Zona de Protección Estricta	7.83	0.71	9.03
	Zona de Recuperación	7.18	0.98	13.60
	Zona de Uso Especial	7.57	0.68	8.94
	Zona Silvestre	6.99	0.18	2.53
	Zona Turística	6.64	0.48	7.26
Zona Tres de Mayo	Zona de Amortiguamiento	6.17	0.83	13.49

Zona de Protección Estricta	7.19	0.07	0.93
Zona de Recuperación	6.19	0.17	2.81
Zona de Uso Especial	6.51	0.42	6.43
Zona Silvestre	7.20	0.07	0.91
Zona Turística	7.08	0.24	3.41

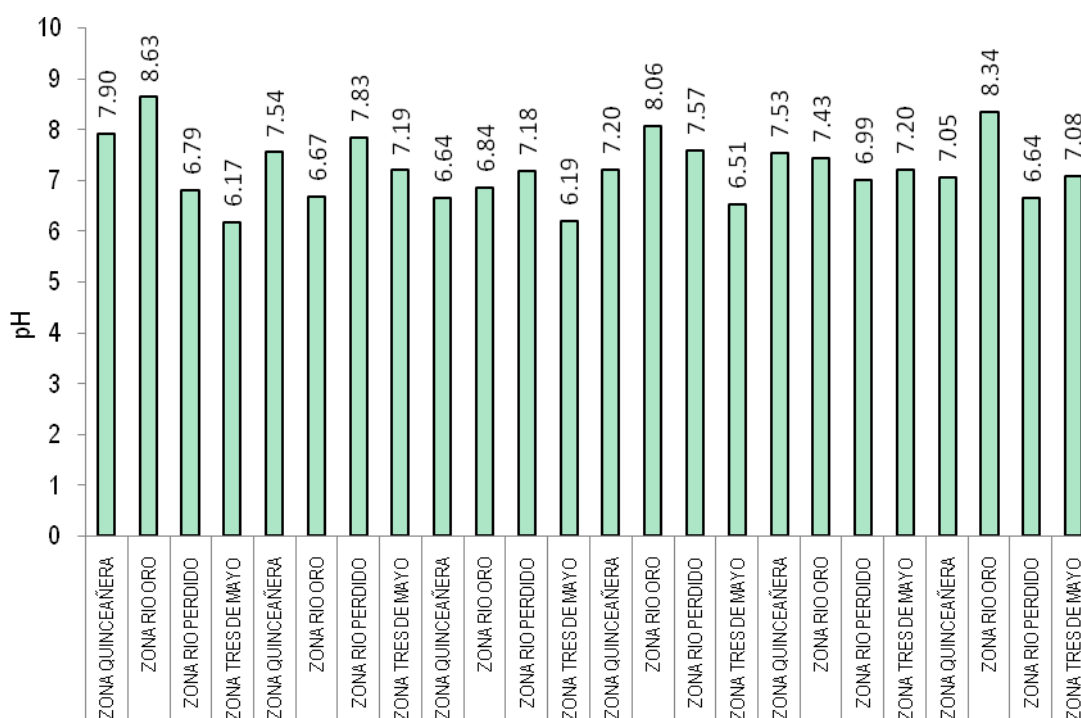


Figura 3. pH del suelo en la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

4.1.3. Humedad relativa

En el porcentaje de humedad relativa determinada en las muestras de suelo, los niveles más altos fueron encontrados en la zona turística con un valor máximo de 26.06%, del sector de río Perdido y el sector de río Oro, los

valores obtenidos son similares debido a que en estas áreas existe bastante humedad en las partes bajas donde escurre el río Oro y el río Perdido; pese a ello los valores mínimos se encontraron en la zona de protección estricta teniendo el pico más bajo en el sector de río Oro con un valor 11.70%. El Cuadro 6 y Figura 4 nos muestra los resultados.

Cuadro 6. Humedad relativa de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	HR (%)	Desviación estándar	CV (%)
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	14.29	1.60	11.20
	Zona de Protección Estricta	20.06	7.59	37.82
	Zona de Recuperación	22.47	4.84	21.55
	Zona de Uso Especial	18.08	6.32	34.97
	Zona Silvestre	22.11	4.87	22.02
	Zona Turística	22.66	4.70	20.72
Zona Rio Oro	Zona de Amortiguamiento	23.30	0.25	1.06
	Zona de Protección Estricta	11.70	3.06	26.17
	Zona de Recuperación	23.80	4.53	19.03
	Zona de Uso Especial	19.26	6.22	32.30
	Zona Silvestre	22.69	4.77	21.00
	Zona Turística	26.06	1.68	6.45
Zona Rio Perdido	Zona de Amortiguamiento	20.84	4.22	20.23
	Zona de Protección Estricta	14.21	6.62	46.55
	Zona de Recuperación	23.04	5.20	22.56

	Zona de Uso Especial	21.14	7.19	34.02
	Zona Silvestre	23.07	5.15	22.31
	Zona Turística	26.06	1.68	6.45
<hr/>				
	Zona de Amortiguamiento	20.10	2.43	12.07
	Zona de Protección Estricta	23.53	5.20	22.10
Zona Tres de Mayo	Zona de Recuperación	20.34	0.92	4.51
	Zona de Uso Especial	22.55	4.00	17.73
	Zona Silvestre	16.67	1.51	9.07
	Zona Turística	23.04	3.31	14.35

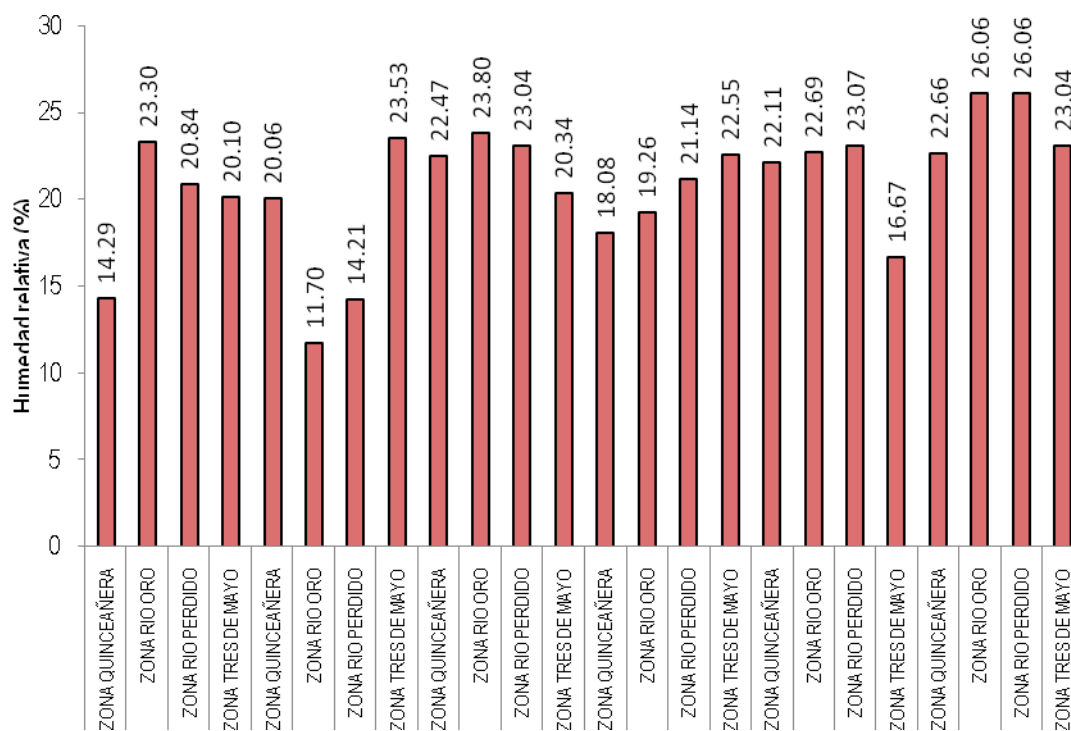


Figura 4. Humedad relativa del suelo en la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

4.1.4. Densidad aparente

En la densidad aparente determinada en las muestras de suelo, los niveles más altos fueron encontrados en la zona turística en río Oro con un valor máximo de 1,834.64 Kg/m³, con un coeficiente de variación estadística de 4.43%, pese a ello los valores mínimos se encontraron en la zona de recuperación encontrado el pico más bajo en la zona de río Oro con un valor 1,398.49 Kg/m³, con un coeficiente de variación estadística de 7.6%. El Cuadro 7 y Figura 5 nos muestra los resultados.

Cuadro 7. Densidad aparente de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	Densidad aparente (Kg/m ³)	Desviación estándar (Kg/m ³)	CV (%)
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	1,603.99	109.78	6.84
	Zona de Protección Estricta	1,464.38	61.72	4.21
	Zona de Recuperación	1,567.99	158.55	10.11
	Zona de Uso Especial	1,622.34	218.48	13.47
	Zona Silvestre	1,436.53	31.47	2.19
	Zona Turística	1,834.64	81.23	4.43
Zona Río Oro	Zona de Amortiguamiento	1,501.41	83.34	5.55
	Zona de Protección Estricta	1,678.39	37.92	2.26
	Zona de Recuperación	1,398.49	106.30	7.60
	Zona de Uso Especial	1,560.51	133.71	8.57
	Zona Silvestre	1,464.38	61.72	4.21
	Zona Turística	1,834.64	81.23	4.43
Zona Río Perdido	Zona de Amortiguamiento	1,593.80	240.04	15.06

	Zona de Protección Estricta	1,596.52	70.77	4.43
	Zona de Recuperación	1,567.99	158.55	10.11
	Zona de Uso Especial	1,705.22	122.99	7.21
	Zona Silvestre	1,593.80	240.04	15.06
	Zona Turística	1,624.04	233.82	14.40
	Zona de Amortiguamiento	1,564.25	147.26	9.41
	Zona de Protección Estricta	1,551.34	129.24	8.33
Zona Tres de Mayo	Zona de Recuperación	1,678.39	37.92	2.26
	Zona de Uso Especial	1,559.16	263.21	16.88
	Zona Silvestre	1,493.94	94.90	6.35
	Zona Turística	1,579.54	213.09	13.49

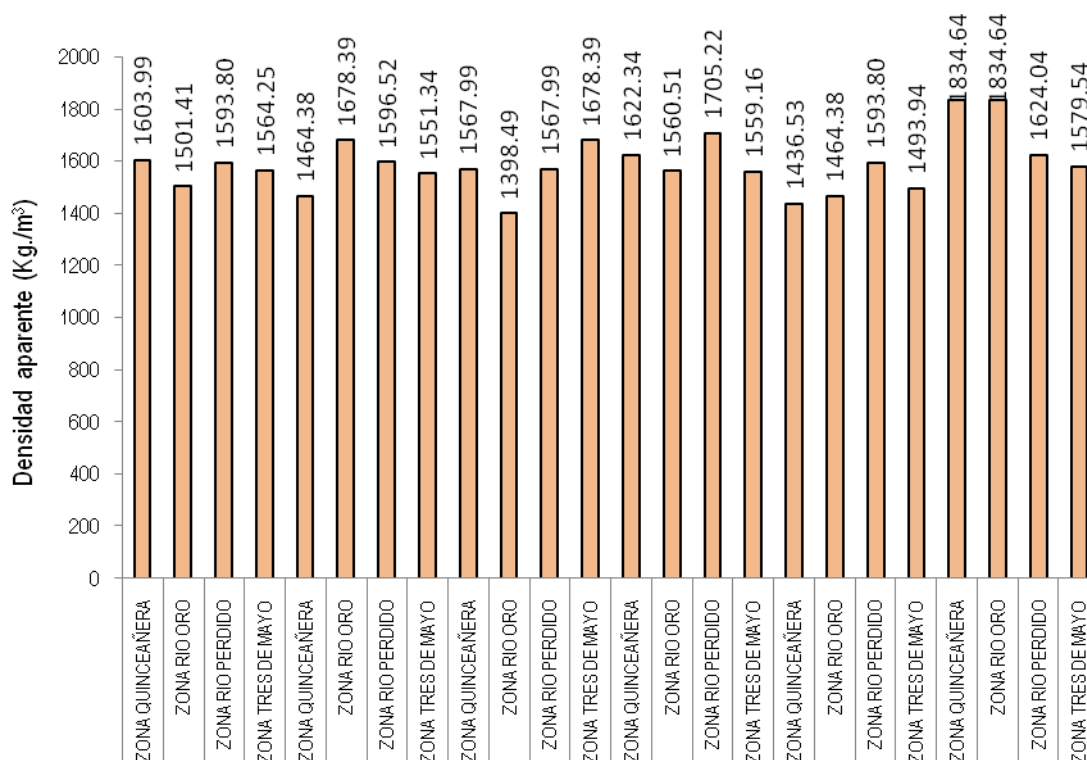


Figura 5. Densidad aparente del suelo en la zonificación del Parque Nacional Tingó María.

4.1.5. Carbono de suelo

En los niveles de carbono almacenado en el suelo, se observa que los valores máximos fueron registrados en la zona de protección estricta teniendo como pico más alto la zona de Tres de Mayo con un valor de 197.55 Mg.C/ha, y un coeficiente de variación estadística de 10.10%; por ser zonas intangibles, se mantienen libre de alteraciones, además es en este sector las áreas geomorfológicamente son agrestes, con fuertes pendientes, por lo que existe un desinterés de las familias por las tierras para la producción agrícola; pero las zonas alteradas por el hombre como son las zonas de uso especial y zonas de recuperación, se registraron valores mínimos de carbono de suelo de 58.49 Mg.C/ha, con un coeficiente de variación estadística de 45.23%, se debe a que como son suelos pobres en materia orgánica, y estando estos suelos sin cobertura vegetal, y cuando llueve con altas intensidades ocurre una erosión hídrica, lavando los suelos y empobreciéndola. El Cuadro 8 y Figura 6 nos muestra los resultados.

Cuadro 8. Carbono de suelo de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	Carbono suelo (Mg.C/ha)	Desviación estándar (Mg.C/ha)	CV (%)
	Zona de Amortiguamiento	95.49	29.08	30.45
	Zona de Protección Estricta	180.56	71.17	39.41
Zona Quinceañera	Zona de Recuperación	91.49	52.14	56.99
	Zona de Uso Especial	114.74	15.31	13.34
	Zona Silvestre	165.99	22.78	13.72

	Zona Turística	115.47	22.26	19.28
Zona Rio Oro	Zona de Amortiguamiento	111.69	10.72	9.60
	Zona de Protección Estricta	194.59	30.20	15.52
	Zona de Recuperación	58.79	16.13	27.43
	Zona de Uso Especial	69.61	12.84	18.44
	Zona Silvestre	148.93	23.16	15.55
	Zona Turística	118.78	25.11	21.14
Zona Rio Perdido	Zona de Amortiguamiento	143.15	34.92	24.39
	Zona de Protección Estricta	181.67	52.14	28.70
	Zona de Recuperación	58.49	26.45	45.23
	Zona de Uso Especial	61.99	28.30	45.66
	Zona Silvestre	171.40	38.82	22.65
	Zona Turística	103.66	29.00	27.97
Zona Tres de Mayo	Zona de Amortiguamiento	181.98	41.43	22.77
	Zona de Protección Estricta	197.55	19.96	10.10
	Zona de Recuperación	102.07	38.28	37.51
	Zona de Uso Especial	100.19	40.15	40.07
	Zona Silvestre	163.10	16.31	10.00
	Zona Turística	103.18	16.74	16.22

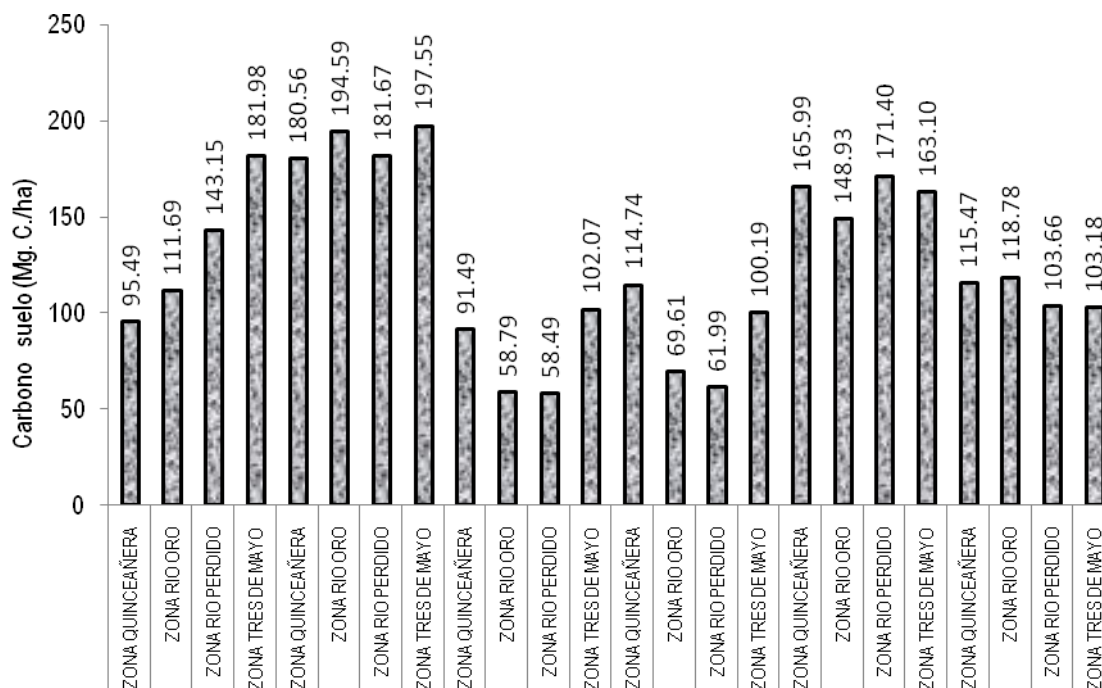


Figura 6. Carbono del suelo en la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

4.1.6. Carbono en raíces

En los niveles de carbono almacenado en el raíces se observa que los valores máximos fueron registrados en la zona de protección estricta teniendo como pico más alto la zona de rio Oro con un valor de 30.61 Mg.C/ha, como estas son zonas intangibles se mantienen libre de alteraciones, que en comparación a zonas alteradas por el hombre como los son las zonas de uso especial y zonas de recuperación que fue donde se registraron los valores mínimo de 8.83 Mg.C/ha. El Cuadro 9 y Figura 7 nos muestran los resultados.

Cuadro 9. Carbono en raíces de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	Carbono raíz (Mg.C/Ha)	Desviación estándar (Mg.C/Ha)	CV (%)
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	17.76	2.57	14.49
	Zona de Protección Estricta	24.99	5.96	23.84
	Zona de Recuperación	10.43	2.47	23.72
	Zona de Uso Especial	13.63	1.25	9.16
	Zona Silvestre	11.55	1.02	8.87
	Zona Turística	15.19	1.10	7.27
Zona Rio Oro	Zona de Amortiguamiento	16.40	1.61	9.84
	Zona de Protección Estricta	30.61	4.27	13.94
	Zona de Recuperación	8.83	0.72	8.11
	Zona de Uso Especial	15.72	1.13	7.21
	Zona Silvestre	23.29	9.15	39.27
	Zona Turística	16.59	0.78	4.70
Zona Rio Perdido	Zona de Amortiguamiento	21.88	9.29	42.44
	Zona de Protección Estricta	24.79	1.78	7.18
	Zona de Recuperación	11.11	1.07	9.59
	Zona de Uso Especial	14.46	2.05	14.15
	Zona Silvestre	29.60	2.40	8.11
	Zona Turística	13.68	1.87	13.65
Zona Tres de Mayo	Zona de Amortiguamiento	25.86	4.58	17.72
	Zona de Protección Estricta	25.13	2.62	10.43

Zona de Recuperación	13.97	1.02	7.27
Zona de Uso Especial	14.94	1.34	8.94
Zona Silvestre	21.88	9.29	42.44
Zona Turística	15.09	0.88	5.81

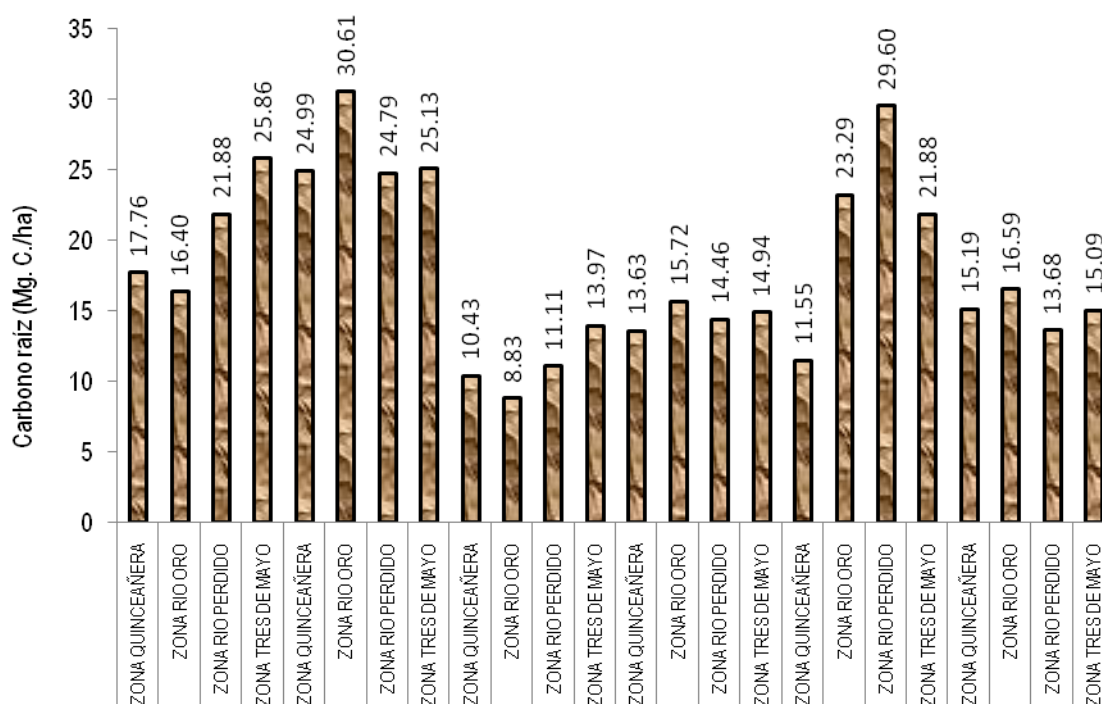


Figura 7. Carbono de la raíz en la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

4.1.7. Carbono en hojarasca

En los niveles de carbono almacenado en el hojarasca se observa que los valores máximos fueron registrados en la zona de protección estricta teniendo como pico más alto la zona de Tres de Mayo con un valor de 11.91 Mg.C/ha, con un coeficiente de variación estadística de 26.31%; como estas

son zonas intangibles se mantienen libre de alteraciones, en comparación a las zonas alteradas por el hombre como lo son las zonas de uso especial y zonas de recuperación que fue donde se registraron en el sector La Quinceañera con un valores mínimo de 2.47 Mg.C/ha, con un coeficiente de variación estadística de 58.38%. El Cuadro 10 y Figura 8 nos muestran los resultados.

Cuadro 10. Carbono en hojarasca de los suelos de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	Carbono hojarasca (Mg.C/ha)	Desviación estándar (Mg.C/ha)	CV (%)
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	5.51	2.47	44.93
	Zona de Protección Estricta	9.46	0.94	9.91
	Zona de Recuperación	2.47	1.44	58.38
	Zona de Uso Especial	6.52	0.80	12.28
	Zona Silvestre	9.57	0.85	8.86
	Zona Turística	5.20	0.39	7.58
Zona Rio Oro	Zona de Amortiguamiento	10.32	2.36	22.85
	Zona de Protección Estricta	11.21	1.21	10.81
	Zona de Recuperación	6.04	2.32	38.36
	Zona de Uso Especial	6.38	1.49	23.41
	Zona Silvestre	9.17	1.13	12.27
	Zona Turística	6.64	0.38	5.71
Zona Rio Perdido	Zona de Amortiguamiento	5.51	2.47	44.93
	Zona de Protección Estricta	10.24	0.84	8.25

	Zona de Recuperación	5.48	1.50	27.30
	Zona de Uso Especial	9.42	4.95	52.59
	Zona Silvestre	9.42	1.53	16.24
	Zona Turística	6.78	0.62	9.16
<hr/>				
	Zona de Amortiguamiento	6.82	3.68	54.00
	Zona de Protección Estricta	11.91	3.13	26.31
Zona Tres de Mayo	Zona de Recuperación	3.13	0.97	30.97
	Zona de Uso Especial	6.23	2.58	41.43
	Zona Silvestre	9.20	0.82	8.97
	Zona Turística	6.22	0.43	6.92

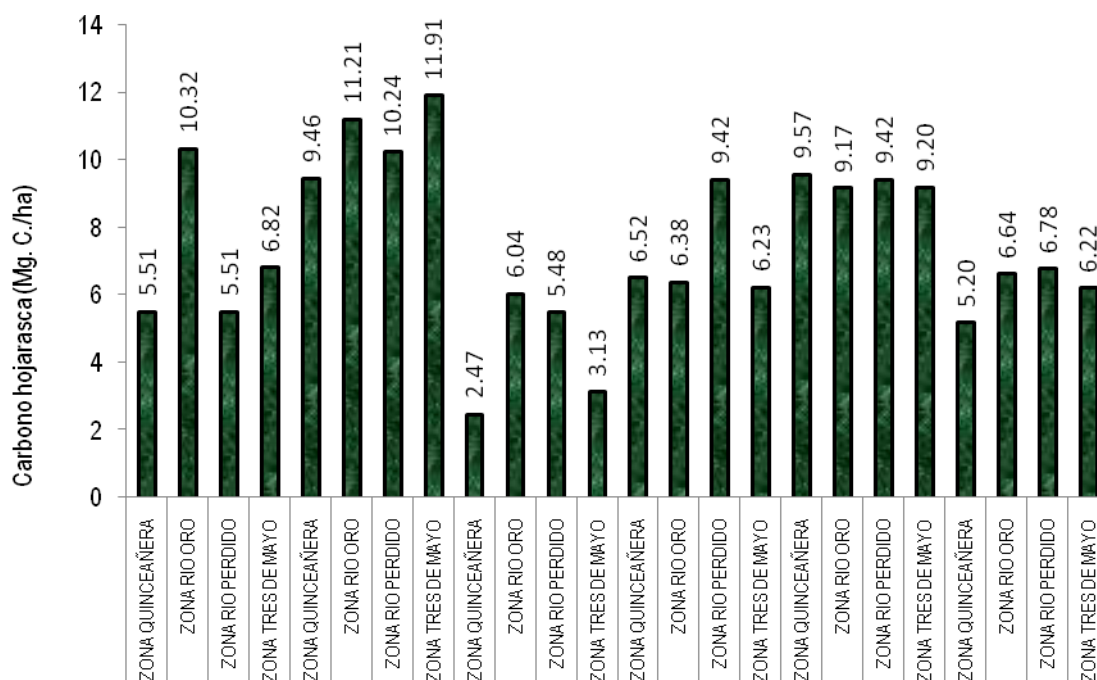


Figura 8. Carbono de la raíz en la zonificación del Parque Nacional Tingo María.

4.1.8. Carbono total del suelo

En los niveles de carbono total almacenado, que es la sumatoria del carbono en las raíces, suelo y hojarasca, se observa que los valores máximos fueron registrados en la zona de protección estricta teniendo como pico más alto del sector de Rio Oro con un valor de 236.41 Mg.C/ha, con un coeficiente de variación estadística de 3.65%; una posible explicación a estos resultados se debe a que como es una zona de protección estricta, lo cual indica la no intervención del hombre sobre el recurso natural, ha logrado la bioacumulación de altas cantidades de carbono del suelo, raíces y hojarasca; por lo que sucede lo contrario para las zonas de uso especial y zonas de recuperación, registrándose en el sector Rio Oro con un valores mínimo de 73.66 Mg.C/ha y un coeficiente de variación estadística de 8.67%. El Cuadro 11 y Figura 9 nos muestran los resultados.

Cuadro 11. Carbono total del suelo de la zonificación del PNTM.

Lugar y/o zonas de estudio	Zonificación del PNTM	Carbono total (Mg.C/ha)	Desviación estándar (Mg.C/ha)	CV (%)
Zona Quinceañera	Zona de Amortiguamiento	118.75	11.37	9.58
	Zona de Protección Estricta	215.00	26.02	12.10
	Zona de Recuperación	104.39	18.69	17.90
	Zona de Uso Especial	134.89	5.79	4.29
	Zona Silvestre	187.11	8.22	4.39
	Zona Turística	135.85	7.92	5.83

Zona Rio Oro	Zona de Amortiguamiento	138.41	4.90	3.54
	Zona de Protección Estricta	236.41	11.89	5.03
	Zona de Recuperación	73.66	6.39	8.67
	Zona de Uso Especial	91.72	5.16	5.62
	Zona Silvestre	181.39	11.14	6.14
	Zona Turística	142.00	8.75	6.17
Zona Rio Perdido	Zona de Amortiguamiento	170.54	15.56	9.12
	Zona de Protección Estricta	216.70	18.25	8.42
	Zona de Recuperación	75.08	9.67	12.88
	Zona de Uso Especial	85.86	11.77	13.70
	Zona Silvestre	210.42	14.25	6.77
	Zona Turística	124.12	10.50	8.46
Zona Tres de Mayo	Zona de Amortiguamiento	214.65	16.56	7.72
	Zona de Protección Estricta	234.59	8.57	3.65
	Zona de Recuperación	119.17	13.42	11.26
	Zona de Uso Especial	121.36	14.69	12.10
	Zona Silvestre	194.18	8.81	4.54
	Zona Turística	124.49	6.01	4.83

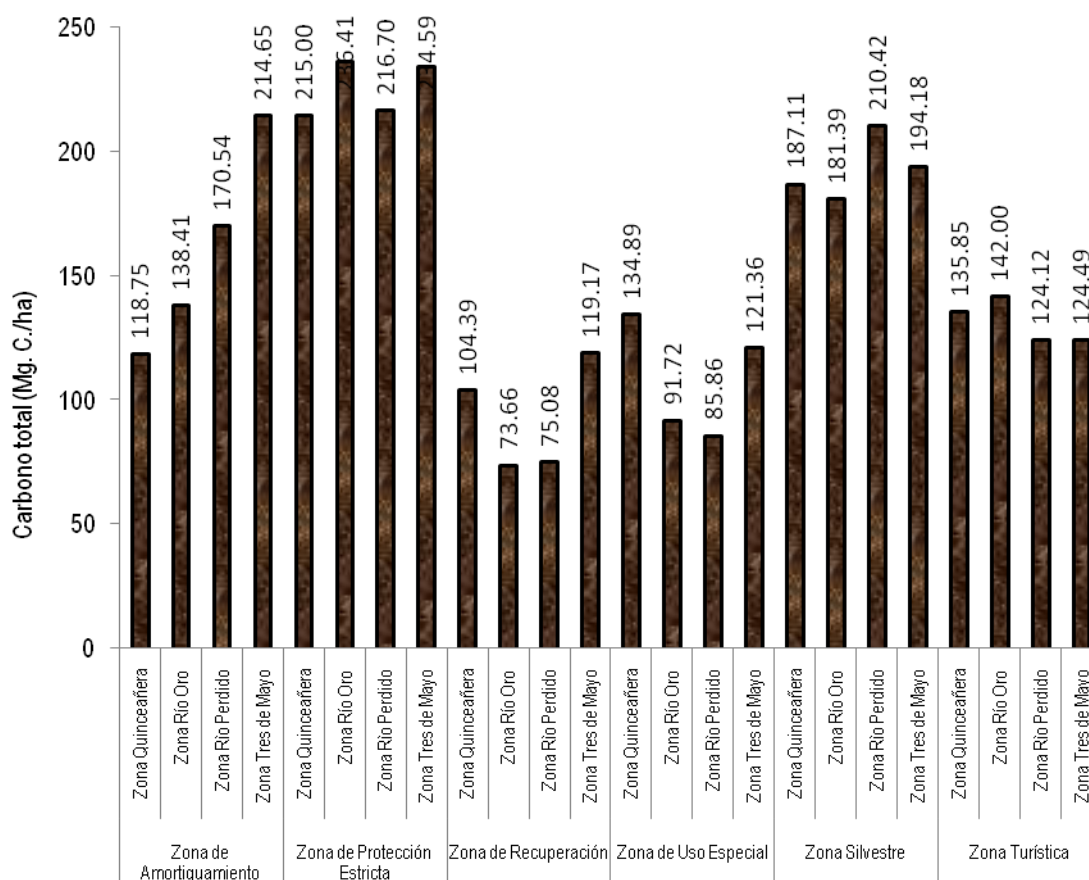


Figura 9. Carbono de la raíz en la zonificación del Parque Nacional de Tingo María.

4.2. Análisis de varianza del suelo

4.2.1. Potencial de hidrogeno

Como se puede apreciar, el factor A muestra un F calculado (7.20) mayor al F tabular, indicando una alta significancia estadística, por lo que el pH del suelo difiere relativamente en promedio de acuerdo a los lugares de estudio; Mientras que en el factor B muestra que el F calculado (1.97) es menor al F tabular, indicando una no significancia estadísticamente, por lo que el pH de acuerdo a la zonificación del PNTM son semejantes entre sí. Pero también

se puede observar que la interacción del factor AxB es altamente significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio difiere entre sí; además el modelo del análisis de varianza del pH del suelo presenta un F calculado (3.18) mayor al F tabular, indicando que los tratamientos son diferentes en el área estudiada, con un pH promedio en el factor A de 7.21 con un coeficiente de variación de 8.51%. El Cuadro 12 nos muestra los resultados.

Cuadro 12. ANVA del pH de los suelos de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	27.61	1.20	3.18	**
A	3	8.15	2.72	7.20	**
B	5	3.71	0.741	1.97	NS
A*B	15	15.76	1.05	2.79	**
Error	48	18.09	0.38		
Total	71	45.71			
	R-square	C.V.	Root MSE	PH Mean	
	0.604056	8.510219	0.61401231	7.215000	

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo); B: zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística). *: Significativo, **: altamente significativo, NS: no significativo.

La zona de estudio (factor A) a2 y a1 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto al pH del suelo, a1 y a3 también son semejantes,

mientras que la zona de estudio a4 estadísticamente es diferente a las zonas de estudios a1, a2 y a3. En el Cuadro 13 se muestran los resultados.

Cuadro 13. Prueba de significancia con el T estadístico del pH con respecto al factor A.

	T estadístico	Media	N	A
	A	7.66	18	a2
	A			
B	A	7.31	18	a1
B				
B		7.17	18	a3
	C	6.72	18	A4

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: Zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo).

En la zonificación del PNTM (factor B) b1, b4, b2, b5 y b6, los resultados indican que estadísticamente son semejantes en cuanto al pH del suelo, mientras que la zona b3 estadísticamente es diferente a las demás zonificaciones del PNTM. El Cuadro 14 nos muestra los valores obtenidos.

Cuadro 14. Prueba de significancia con el T estadístico del pH con respecto al factor B.

	T estadístico	Media	N	B
	A	7.37	12	b1
	A			

A	7.33	12	b4
A			
A	7.30	12	b2
A			
A	7.28	12	b5
A			
A	7.27	12	b6
B	6.71	12	b3

Donde B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

4.2.2. Humedad relativa

Como se puede apreciar en el Cuadro 14, el factor A muestra un F calculado (0.24) menor al F tabular, indicando una no significancia estadística, por lo que la humedad relativa del suelo no difiere relativamente en promedio de acuerdo a los lugares de estudio; Mientras que en el factor B muestra que el F calculado (2.28) es menor al F tabular, indicando una no significancia estadísticamente, por lo que la humedad relativa de acuerdo a la zonificación del PNTM son semejantes entre sí. Pero también se puede observar que la interacción del factor AxB es no significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio no difiere entre sí; además el modelo del análisis de varianza de la humedad relativa del suelo presenta un F calculado (1.28) menor al F tabular, indicando que los

tratamientos son semejantes en el área estudiada, con una humedad relativa promedio de 20.87% con un coeficiente de variación de 26.66%.

Cuadro 15. ANVA de la humedad relativa de los suelos de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	913.28	39.70	1.28	NS
A	3	22.02	7.34	0.24	NS
B	5	353.03	70.60	2.28	NS
A*B	15	538.23	35.88	1.16	NS
Error	48	1488.19	31.00		
Total	71	2401.48			
	R-square	C.V.	Root MSE	HR Mean	
	0.38	26.66	5.56	20.87	

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo); B: zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística). NS: no significativo

En la zona de estudio (factor A) a3, a2, a4 y a1 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto a la humedad relativa del suelo, obteniéndose mayor promedio de 21.39% en la zona de estudio a3 y un menor promedio 19.94% en a1. En el Cuadro 16 se muestran los resultados.

Cuadro 16. Prueba de significancia con el T estadístico de la humedad relativa con respecto al factor A.

T estadístico	Media	N	A
A	21.39	18	a3
A			
A	21.13	18	a2
A			
A	21.03	18	a4
A			
A	19.94	18	a1

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo).

En la zonificación del PNTM (factor B) b6, b3, b5 y b4 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto la humedad relativa del suelo; b3, b5, b4 y b1 indican que estadísticamente son semejantes; y b5, b4, b1 y b2 indican que estadísticamente también que son semejantes; mientras que la zona b2 y b6 estadísticamente difieren relativamente en promedio de Humedad relativa en el factor B. En el Cuadro 17 se muestran los resultados.

Cuadro 17. Prueba de significancia con el T estadístico de la humedad relativa con respecto al factor B.

	T estadístico	Media	N	B
	A	24.45	12	b6
B	A	22.41	12	b3

B	A	C	21.13	12	b5
B	A	C	20.25	12	b4
B	A	C	19.63	12	b1
	A	C	17.37	12	b2

Donde B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

4.2.3. Densidad aparente

Como se puede apreciar, el factor A muestra un F calculado (0.21) menor al F tabular, indicando una no significancia estadística, por lo que la densidad aparente del suelo no difiere relativamente en promedio de acuerdo a los lugares de estudio; Mientras que en el factor B muestra que el F calculado (2.03) es menor al F tabular, indicando una no significancia estadísticamente, por lo que la densidad aparente de acuerdo a la zonificación del PNTM son semejantes entre sí. Pero también se puede observar que la interacción del factor AxB es no significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio no difiere entre sí; además el modelo del análisis de varianza de la humedad relativa del suelo presenta un F calculado (1.06) menor al F tabular, indicando que los tratamientos son semejantes en el área estudiada, con una densidad aparente promedio de 1586.48 kg/m^3 con un coeficiente de variación de 11.39%. En el Cuadro 18 se muestran los resultados.

Cuadro 18. ANVA de la densidad aparente de los suelos de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	794090.43	34525.67	1.06	NS
A	3	20804.93	6934.97	0.21	NS
B	5	332346.47	66469.29	2.03	NS
A*B	15	440939.02	29395.93	0.90	NS
Error	48	1568978.32	32687.04		
Total	71	2363068.75			
	R-square	C.V.	Root MSE	DA Mean	
	0.33	11.39	180.79	1586.48	

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: Zona Río Oro, a3: Zona Río Perdido, a4: Zona Tres de Mayo); B: Zonificación del PNTM (b1: Zona de Amortiguamiento, b2: Zona de Protección Estricta, b3: Zona de Recuperación, b4: Zona de Uso Especial, b5: Zona Silvestre, b6: Zona Turística). NS: No significativo

En la zona de estudio (factor A) a3, a2, a4 y a1 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto a la densidad aparente, obteniéndose mayor promedio de 1613.56 kg/m^3 en la zona de estudio a3 y un menor promedio 1571.10 kg/m^3 en a4. El Cuadro 19 muestra los resultados.

Cuadro 19. Prueba de significancia con el T estadístico de la densidad aparente con respecto al factor A.

T estadístico	Media	N	A
A	1613.56	18	a3
A	1588.31	18	a1
A	1572.97	18	a2

A 1571.10 18 a4

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo).

En la zonificación del PNTM (factor B) b6, b4, y b2 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto la densidad aparente del suelo; y b1, b3 y b5 indican que estadísticamente también que son semejantes; mientras que las zonas b6, b4, b2 y b1, b3, b5 estadísticamente difieren relativamente en promedio en el factor B. El Cuadro 20 nos muestra los valores.

Cuadro 20. Prueba de significancia con el T estadístico de la densidad aparente con respecto al factor B.

T estadístico	Media	N	B
A	1718.21	12	b6
A			
B A	1611.81	12	b4
B A			
B A	1572.66	12	b2
B			
B	1565.87	12	b1
B			
B	1553.21	12	b3
B			
B	1497.16	12	b5

Donde B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

4.2.4. Carbono de suelo

Como se puede apreciar, el factor A muestra un F calculado (1.30) menor al F tabular, indicando una no significancia estadística, por lo que el carbono del suelo no difiere relativamente en promedio de acuerdo a los lugares de estudio; Mientras que en el factor B muestra que el F calculado (13.90) es mayor al F tabular, indicando una alta significancia estadísticamente, por lo que el carbono del suelo de acuerdo a la zonificación del PNTM difieren entre sí. Pero, también se puede observar que la interacción del factor AxB es no significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio no difiere entre sí; sin embargo el modelo del análisis de varianza del carbono del suelo presenta un F calculado (3.70) mayor al F tabular, indicando que los tratamientos son altamente significativa en el área estudiada, con un contenido de carbono en suelo promedio de 126.43 Mg.C/ha con un coeficiente de variación de 31.89%. En el Cuadro 21 se muestran los resultados.

Cuadro 21. ANVA del carbono de suelo de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	138341.57	6014.85	3.70	**
A	3	6325.97	2108.65	1.30	NS
B	5	113014.10	22602.82	13.90	**
A*B	15	19001.49	1266.76	0.78	NS
Error	48	78060.26	1626.25		

Total	71	216401.84		
	R-square	C.V.	Root MSE	SUELO Mean
	0.63	31.89	40.32	126.43

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo); B: zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

*: Significativo

** : Altamente significativo

NS: No significativo

En la zona de estudio (factor A) a4, a1, a3 y a2 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto al contenido de carbono en el suelo, obteniéndose mayor promedio de 141.34 Mg.C/ha en la zona de estudio a4 (zona Tres de Mayo) y un menor promedio 117.06 Mg.C/ha en a2 (zona río Oro). El Cuadro 22 muestra los resultados.

Cuadro 22. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono de suelo con respecto al factor A.

T estadístico	Media	N	A
A	141.34	18	a4
A			
A	127.29	18	a1
A			
A	120.06	18	a3
A			
A	117.06	18	a2

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo).

En la zonificación del PNTM (factor B) b2 y b5 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto al contenido de carbono en el suelo; b1 es semejante a b5 y 6, pero diferente estadísticamente b2, b4 y b3; mientras que las zonas b4 y b3 estadísticamente no difieren relativamente en promedio en el factor B. La zona b2 presenta un mayor promedio de contenido de carbono de 133.59 Mg.C/ha y un menor contenido en la zona b3 con un promedio de 77.71 Mg.C/ha. El Cuadro 23 muestra los resultados.

Cuadro 23, Prueba de significancia con el T estadístico del carbono de suelo con respecto al factor B.

T estadístico	Media	N	B
A	188.59	12	b2
A			
B	162.36	12	b5
B			
B	133.08	12	b1
D	110.27	12	b6
D			
D	86.63	12	b4
D			
D	77.71	12	b3

B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

4.2.5. Carbono en raíces

Como se puede apreciar, el factor A muestra un F calculado (2.45) menor al F tabular, indicando una no significancia estadísticamente, por lo que el carbono de las raíces no difiere relativamente en promedio de acuerdo a los lugares de estudio; Mientras que en el factor B muestra que el F calculado (15.72) es mayor al F tabular, indicando una alta significancia estadísticamente, por lo que el carbono de raíces de acuerdo a la zonificación del PNTM son diferentes entre sí. Pero también se puede observar que la interacción del factor AxB no es significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio no difiere entre sí; sin embargo el modelo del análisis de varianza del carbono de raíces muestra un F calculado (4.88) mayor al F tabular, indicando que los tratamientos son diferentes en el área estudiada. En el Cuadro 24 se muestran los resultados.

Cuadro 24. ANVA de carbono en raíces de los suelos de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	2671.59	116.15	4.88	**
A	3	174.51	58.17	2.45	NS
B	5	1869.95	373.99	15.72	**
A*B	15	627.12	41.80	1.76	NS
Error	48	1141.78	23.78		
Total	71	3813.37			
	R-square	C.V.	Root MSE	RAIZ Mean	

0.70 26.76 4.87 18.22

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo); B: zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística). *: Significativo. **: Altamente significativo. NS: no significativo.

En la zona de estudio (factor A) a4, a3, a2 y a1 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto al contenido de carbono en raíces, obteniéndose mayor promedio de 19.48 Mg.C/ha en la zona de estudio a4 (Zona Tres de Mayo) y un menor promedio 15.59 Mg.C/ha en a1 (Zona Quinceañera). El Cuadro 25 muestra los resultados.

Cuadro 25. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en raíces con respecto al factor A.

T estadístico	Media	N	A	
A	19.48	18	a4	
A				
A	19.25	18	a3	
A				
B	A	18.57	18	a2
B				
B		15.59	18	a1

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo).

En la zonificación del PNTM (factor B) b2 es diferente a las zonas b1, b6, b4 y b3 indicando que estadísticamente difieren en cuanto al contenido

de carbono en raíces; mientras que b5 y b1son semejante, además b4 es semejante a b6 y b3. La zona b2 presenta un mayor promedio de contenido de carbono en raíces de 26.38 Mg.C/ha y un menor contenido en la zona b3 con un promedio de 11.08 Mg.C/ha. El Cuadro 26 muestra los resultados.

Cuadro 26. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en raíces con respecto al factor B.

T estadístico		Media	N	B
	A	26.38	12	b2
	B	21.57	12	b5
	B			
	B	20.47	12	b1
	C	15.13	12	b6
	C			
D	C	14.68	12	b4
D				
D		11.08	12	b3

Donde B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

4.2.6. Carbono en hojarasca

Como se puede apreciar, el factor A muestra un F calculado (1.89) menor al F tabular, indicando una no significancia estadística, por lo que el carbono en hojarasca no difiere relativamente en promedio de acuerdo a los

lugares de estudio; mientras que en el factor B muestra que el F calculado (10.54) es mayor al F tabular, indicando una alta significancia estadísticamente, por lo que el carbono en hojarasca de acuerdo a la zonificación del PNTM difieren entre sí. Pero también se puede observar que la interacción del factor AxB es no significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio no difiere entre sí; sin embargo el modelo del análisis de varianza del carbono del suelo presenta un F calculado (3.10) mayor al F tabular, indicando que los tratamientos son altamente significativa en el área estudiada, con un contenido de carbono en hojarasca promedio de 7.45 Mg.C/ha con un coeficiente de variación de 32.66%. En el Cuadro 27 se muestran los resultados.

Cuadro 27. ANVA de carbono en hojarasca de los suelos de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	422.34	18.36	3.10	*
A	3	33.68	11.22	1.89	NS
B	5	312.16	62.43	10.54	**
A*B	15	76.50	5.10	0.86	NS
Error	48	284.45	5.92		
Total	71	706.79			
	R-square	C.V.	Root MSE	HOJA Mean	
	0.59	32.66	2.43	7.45	

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo); B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

*: Significativo. **: Altamente significativo. NS: No significativo

En la zonificación del PNTM (factor B) a2 y a3 indican que estadísticamente difieren en cuanto al contenido de carbono en hojarasca; mientras que a2, a3 y a4 son semejantes estadísticamente. La zona a2 presenta un mayor promedio de contenido de carbono en hojarasca de 8.29 Mg.C/ha y un menor contenido en la zona a1 con un promedio de 6.45 Mg.C/ha. El Cuadro 28 muestra los resultados.

Cuadro 28. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en hojarasca con respecto al factor A.

	T estadístico	Media	N	A
	A	8.29	18	a2
	A			
B	A	7.80	18	a3
B	A			
B	A	7.25	18	a4
B				
B		6.45	18	a1

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo).

En la zonificación del PNTM (factor B) b2 y b5 indica que son semejantes entre sí, son diferentes a las zonas b4, b1 y b6 que también son semejantes entre sí, indicando que estadísticamente difieren en cuanto al contenido de carbono en hojarasca; mientras que b6 y b3 son semejantes estadísticamente. La zona a2 presenta un mayor promedio de contenido de

carbono en hojarasca de 10.70 Mg.C/ha y un menor contenido en la zona b3 con un promedio de 4.28 Mg.C/ha. El Cuadro 29 muestra los resultados.

Cuadro 29. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono en hojarasca con respecto al factor B.

T estadístico	Media	N	B
A	10.70	12	b2
A			
A	9.34	12	b5
B	7.13	12	b4
B			
B	7.03	12	b1
B			
C	6.20	12	b6
C			
C	4.28	12	b3

Donde B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

4.2.7. Carbono total del suelo.

Como se puede apreciar, el factor A muestra un F calculado (1.36) menor al F tabular, indicando una no significancia estadística, por lo que el carbono total del suelo no difiere relativamente en promedio de acuerdo a los lugares de estudio; mientras que en el factor B muestra que el F calculado

(19.91) es mayor al F tabular, indicando una alta significancia estadísticamente, por lo que el carbono total del suelo de acuerdo a la zonificación del PNTM difieren entre sí. Pero también se puede observar que la interacción del factor AxB es no significativa estadísticamente, indicando que la zonificación del PNTM dentro de los lugares de estudio no difiere entre sí; sin embargo el modelo del análisis de varianza del carbono del suelo presenta un F calculado (5.12) mayor al F tabular, indicando que los tratamientos son altamente significativa en el área estudiada, con un contenido de carbono total del suelo promedio de 152.11 Mg.C/ha con un coeficiente de variación de 26.01%. En el Cuadro 30 se muestran los resultados.

Cuadro 30. ANVA del carbono total del suelo de la zonificación del PNTM.

ANVA	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Sig.
Model	23	184447.44	8019.45	5.12	**
A	3	6377.56	2125.85	1.36	NS
B	5	155870.22	31174.04	19.91	**
A*B	15	22199.66	1479.97	0.95	NS
Error	48	75161.33	1565.86		
Total	71	259608.78			
	R-square	C.V.	Root MSE	CT Mean	
	0.71	26.01	39.57	152.11	

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo); B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

*: Significativo. **: Altamente significativo. NS: No significativo

En la zona de estudio (factor A) a4, a1, a3 y a2 indican que estadísticamente son semejantes en cuanto al contenido de carbono total en el suelo, obteniéndose mayor promedio de 168.07 Mg.C/ha la zona de estudio a4 (zona Tres de Mayo) y un menor promedio 143.93 Mg.C/ha en a2 (zona Río Oro). El Cuadro 31 muestra los resultados.

Cuadro 31. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono total con respecto al factor A.

T estadístico	Media	N	A
A	168.07	18	a4
A			
A	149.34	18	a1
A			
A	147.12	18	a3
A			
A	143.93	18	a2

Donde A: Lugar y/o zona de estudio (a1: zona Quinceañera, a2: zona Río Oro, a3: zona Río Perdido, a4: zona Tres de Mayo)

En la zonificación del PNTM (factor B) b2 y b5 que son semejantes entre sí, son diferentes a las zonas b1 y b6 son semejantes entre sí y por último b4 y b3 que también son semejantes entre sí; indicando que estadísticamente difieren en cuanto al contenido de carbono total del suelo; mientras que b6 y b4 son semejantes estadísticamente. El Cuadro 32 muestra los resultados.

Cuadro 32. Prueba de significancia con el T estadístico del carbono total con respecto al factor B.

	T estadístico	Media	N	B
	A	225.68	12	b2
	A			
	A	193.28	12	b5
	B	160.59	12	b1
	B			
C	B	131.62	12	b6
C				
C	D	108.46	12	b4
	D			
	D	93.08	12	b3

Donde B: Zonificación del PNTM (b1: zona de amortiguamiento, b2: zona de protección estricta, b3: zona de recuperación, b4: zona de uso especial, b5: zona silvestre, b6: zona turística).

V. DISCUSIÓN

La cantidad de carbono almacenado en el suelo en las diferentes zonas de estudio muestra que la zona de protección estricta cuenta con mayor cantidad de carbono almacenado mostrado en el Cuadro 8, debido a que se mantiene intangible ante actividades generadas por el hombre, seguido por la zona silvestre, zona de amortiguamiento y zona turística, quienes muestran en menor cantidad, lo que fue contrastado por JANDL (2003), quien menciona que los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. Conteniendo cuatro veces la cantidad de carbono que la vegetación, por lo que merecen atención cuando se buscan mecanismos de secuestro de carbono. Aumentar el nivel de C en el suelo podría ser un servicio ambiental. Pese a ello, MONTROYA (1995) menciona que algo que altera las cantidades de carbono que un suelo tiende a capturar es el cambio de uso del suelo mismo; anualmente se deforestan aproximadamente 17 millones de hectáreas, lo que significa una liberación de cerca de 1.8 billones de toneladas de carbono, que corresponde del total de las emisiones antropogénicas, a su vez SENAYAKE y GAMBOA (2003), menciona que en un suelo de buena calidad el 5% de carbono es de corto uso y se mantiene en el suelo por 1 ó 2 años, 10 - 20% de carbono es de edad media y se mantiene por 10 – 100 años, 75 – 85% de carbono es de uso de largo tiempo y se mantiene de 200 – 2,000 años, pudiendo en algunas regiones mantenerse hasta 10,000 años. Cuando se

interviene un bosque (cortando árboles, plantación o agricultura) se modifica la proporción del carbono en el suelo. Revirtiendo la pirámide; es decir el 75% de carbono en el suelo es de corto uso y solamente el 5% de carbono se mantiene por largo tiempo todo esto se ve reflejado en las zonas de uso especial y zonas de recuperación que han sido intervenidas por el hombre y debido a ello presentan niveles bajo en cuanto a carbono almacenado en el suelo se refiere generando así aumentar los niveles de carbono en la atmosfera.

CAMPOS (2000) menciona que los bosques densos y aquellos que no han sufrido perturbaciones, tienen mayor capacidad para almacenar carbono que los bosques abiertos y de zonas arboladas, así como los bosques degradados. Por otra parte, los bosques húmedos y bosques maduros almacenan más carbono que los bosques de zonas áridas o semiáridas y los bosques jóvenes, esto se ve reflejado en los valores de carbono que se encontraron en las zonas de uso especial y zonas de recuperación, las cuales debido a su condición no cuentan con masa arbórea y han sido alteradas por actividades antrópicas, pero debido a ello el carbono almacenado anteriormente en estas zonas fue disperso a la atmosfera al momento de deforestar el ecosistema en cuestión, es por ello que se debe tener en cuenta el grado de importancia que muestran las áreas verdes ya que según lo manifiesta JANDL (2003) aumentar el nivel de C en el suelo podría ser un servicio ambiental precioso.

JANDL (2003) menciona que el carbono del suelo se encuentra en la hojarasca, en el sistema radicular vivo y muerto, y el “carbono negro”. En promedio, las moléculas orgánicas son mineralizadas en cuatro años; una parte de ellas es extremadamente recalcitrante y su tasa de mineralización es baja. Esto se puede observar en el Cuadro 10 que nos muestra los niveles de carbono almacenado en hojarasca siendo la zona de protección estricta quien cuenta con los valores más altos, debido a la cantidad arbórea que esta presenta seguido por zona silvestre, zona de amortiguamiento y zona turística, zonas que también mantienen cantidades considerables de carbono almacenado en la hojarasca aunque en menor cantidad, a su vez OLIVA Y GARCÍA (1998), afirman que, en los ecosistemas terrestres, la vía más importante del flujo de carbono atmosférico a la vegetación y el suelo es biológica, por medio de la fotosíntesis y la descomposición, respectivamente, lo cual nos da a entender que entre tanto halla masa arbórea abra niveles de carbono en la hojarasca puesto que es en las hojas de estos árboles donde se realiza la fotosíntesis, dado que entre mayor masa arbórea exista mayor carbono almacenado habrá. Por otro lado si las zonas anteriores cuentan con masa arbórea las zonas de uso especial y las zonas de recuperación debido a no contar con árboles sus niveles carbono almacenado en la hojarasca que se encuentra en dichos lugares.

La cantidad de carbono almacenado en las raíces en las diferentes zonas de estudio indica que la zona de protección estricta cuenta con mayor cantidad de carbono almacenado observado en el Cuadro 9, debido a que se

mantiene intangible ante actividades generadas por el hombre, seguidos tenemos a la zona silvestre, zona de amortiguamiento y zona turística, que muestran en menor medida contrastado por OLIVA y GARCIA (1998), describen que, la incorporación de C al suelo en los ecosistemas naturales se da por dos vías principales: por el mantillo (capa superficial de materia vegetal) y por la biomasa radicular, lo cual nos manifiesta que en tanto halla árboles en una zona se dará el proceso de captura de carbono; ajeno a esta situación las zonas de uso especial y zonas de recuperación las cuales han sido depredadas poseen valores mínimos en comparación a las demás zonas de estudio.

La suma de almacenamiento de carbono en el suelo, hojarasca y raíces dentro de un ecosistema dado mostrado en el Cuadro 11 nos da una visión general de almacenamiento de carbono, el cual es. Según FAO (2000) los bosques actúan como depósitos, almacenando carbono en la biomasa y los suelos. Actúan como sumideros de carbono cuando se aumenta su superficie o su productividad, dando origen a un incremento de la absorción de CO₂ atmosférico. Por el contrario, actúan como fuente de GEI cuando la quema y la descomposición de la biomasa y las alteraciones del suelo dan origen a emisiones de CO₂ y otros GEI. En la actualidad, el 20 por ciento aproximadamente de las emisiones antropógenas mundiales de CO₂ se deben a cambios en el uso de la tierra (y sobre todo a la deforestación que tiene lugar principalmente en las zonas tropicales). Según se observa en el cuadro la zona de protección estricta es quien posee los mayores valores de carbono capturado, seguido por la zona silvestres, zona de amortiguamiento y zona

turística, las cuales presentan niveles de carbono altos aunque en menor cantidad al mencionado anteriormente. Según NASI *et al.* (2002), los árboles y los bosques tienen la capacidad de almacenar carbono. Estudios realizados concuerdan que poseen un alto potencial. Un bosque primario cerrado almacena entre suelo y vegetación, cerca de 250 toneladas de carbono por hectárea; si se convirtiera a agricultura migratoria liberaría cerca de 200 toneladas de carbono por hectárea, y un poco más si se convirtiera a pastizales o agricultura permanente. Los bosques abiertos albergan alrededor de 115 toneladas de carbono, y liberaría entre un cuarto y un tercio si se convirtiera a otro uso.

El contenido de carbono total del suelo en cada zonificación del PNTM obteniéndose que la zona de protección estricta (b2) y la zona silvestre (b5) que son semejantes estadísticamente entre sí, son diferentes a las zonas de amortiguamiento (b1) y turística (b6) que son semejantes entre sí y por último las zonas de uso especial (b4) y de recuperación (b3) que también son semejantes entre si mostrados en el Cuadro 32; indicando que estadísticamente difieren en cuanto al contenido de carbono total del suelo; mientras que la zona turística (b6) y de uso especial (b4) son semejantes estadísticamente. La zona de protección estricta (b2) presenta un mayor promedio de contenido de carbono total de suelo 225.68 Mg.C/ha y un menor contenido en la zona de recuperación(b3) con un promedio de 93.08 Mg.C/ha.; por lo tanto estadísticamente estos resultados difieren entre sí; corroborando con lo que menciona SENAYAKE y GAMBOA (2003), que cuando intervenimos

en un bosque (cortando árboles, plantación o agricultura) cambiamos la proporción del carbono en el suelo y , ya que la zonificación de protección estricta (b2) que han sido pocos o nada intervenidos, que poseen ecosistemas únicos, en estas áreas sólo se permiten actividades de manejo, monitoreo ambiental y, excepcionalmente, de investigación científica a comparación de la zonificación zona de recuperación (b3) que es una zona transitoria, aplicable a ámbitos que por causas naturales o intervención humana, pero no hay significancia estadística según los sitios de estudios (ver Cuadro 31) muestra diferentes cantidades de carbono total en el suelo obteniéndose mayor promedio de 168.07 Mg.C/ha en la zona de estudio Tres de Mayo (a4) y un menor promedio 143.93 Mg.C/ha en zona río oro (a2) siendo esta zona la más intervenida por actividades humanas, que los bosques degradados tienen menor capacidad para almacenar carbono que los bosques maduros y húmedos.

VI. CONCLUSIONES

1. La cantidad de carbono del suelo del Parque Nacional Tingo María para la zona de protección estricta es de 188.59 Mg.C/ha, zona silvestre 162.36 Mg.C/ha, zona de amortiguamiento 133.08 Mg.C/ha, zona turística 110.27 Mg.C/ha, zona de uso especial 86.63 Mg.C/ha y en menor cantidad la zona de recuperación 77.71 Mg.C/ha.
2. La cantidad de carbono en raíces del Parque Nacional Tingo María para la zona de protección estricta es de 26.38 Mg.C/ha, zona silvestre 162.36 Mg.C/ha, zona de amortiguamiento 20.47 Mg.C/ha, zona turística 15.13 Mg.C/ha, zona de uso especial 14.68 Mg.C/ha y en menor cantidad la zona de recuperación con 11.08 Mg.C/ha.
3. La cantidad de carbono en hojarasca del Parque Nacional Tingo María para la zona de protección estricta es de 10.70 Mg.C/ha, zona silvestre 9.34 Mg.C/ha, zona de uso especial 7.13 Mg.C/ha, zona de amortiguamiento 7.03 Mg.C/ha, zona turística 6.20 Mg.C/ha, y en menor cantidad la zona de recuperación con 4.28 Mg.C/ha.
4. La cantidad de carbono total en el suelo del Parque Nacional Tingo María para la zona de protección estricta es de 225.68 Mg.C/ha, zona silvestre

193.28 Mg.C/ha, zona de amortiguamiento 160.59 Mg.C/ha, zona turística 131.62 Mg.C/ha, zona de uso especial 108.46 Mg.C/ha y en menor cantidad la zona de recuperación con 93.08 Mg.C/ha.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones de captura de carbono con mayor número de repeticiones en todo el ecosistema del Parque Nacional Tingo María.
2. Investigar la cantidad de carbono que se almacena en el Parque Nacional Tingo María, tanto en la vegetación y suelo. Con el propósito de darle una valoración real desde el punto de vista de este servicio ambiental.
3. Hay que tomar en cuenta la importancia primordial que tienen los bosques del Parque Nacional Tingo María, no solamente por los bienes que recibimos de ellos sino también por la serie de servicios ambientales, como es la captura de CO₂, por esta y muchas razones más es importante, preservar el PNTM y continuar con la aprobación de leyes que beneficien a su preservación y que de igual manera las autoridades correspondientes deberían ser más estrictas al momento de aplicarlas.

VIII. ABSTRACT

In the present investigation, titled " Carbon stored in soil of six zones of the National Park Tingo Maria ", the principal problematic was to determine the difference of the carbon stored in soil of six zones of the PNTM, and as aims to determine the content of carbon of the soil, roots and verbiage in six zones of agreement to the zoning of the National Park Tingo Maria.

To meet the following objectives and methodologies were performed. Initial phase of cabinet: recognition of the study area, random sampling design; field phase: obtaining a soil sample, obtaining root sample, sampling of stubble; laboratory phase: determination of soil texture, pH, relative humidity, bulk density, soil carbon, carbon, carbon roots and leaves; linear additive model; and analysis of variance of the factors under study (factor A: sectors and factor B: zoning Tingo Maria National Park).

As a result of the work, they found that the total amount of carbon in the soil of Tingo Maria National Park to Area the Strict Protection is 225.68 Mg.C/ha, Area Wilderness 193.28 Mg.C/ha, buffer zone 160.59 Mg.C/ha, Tourist Zone 131.62 Mg.C/ha, Special Use Zone 108.46 Mg.C/ha and fewer Recovery Zone with 93.08 Mg.C/ha.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDALUZ C., 2004. Derecho Ambiental. Ambiente Sano y Desarrollo Sostenible. Editorial Bellido S.R.L., Primera Edición. 445 p.

BEAUMONT, R., y MERENSON, C. 1999. Protocolo de Kioto y mecanismo de desarrollo limpio. Nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y el Caribe. Documento preparado para el Dpto. de Montes de FAO. 94 p.

CAMPOS, J. 2000. Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el área de conservación, Cordillera Volcánica - Central, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba Costa Rica. 70 p.

FAO. 2000. Directrices Para la Evaluación en los Países Tropicales. Volumen y biomasa. Departamento de montes. [En línea]: FAO (http://www.fao.org/documents/advanced_s_result.asp?QueryString=BIOMASA 15 de abril del 2012).

GUZMAN W., y AREVALO L. 2003. Servicios Ambientales de almacenamiento de carbono como activo para el desarrollo en la Amazonía Peruana: avances y retos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 17 p.

JANDL R. 2006. Secuestro de carbono en Bosques – El Papel del suelo, Revista Forestal Iberoamericana Vol. 1 N° 1. IUFRO. Centro de Investigación Forestal. Viena, Austria. [En línea]: GOOGLE (<http://www.google.com.pe/search?q=carbono+en+el+suelo&hl=es&Start=40&sa=N>, 10 de enero del 2013).

HUSCH, B. 2001 Estimación del contenido de carbono en los bosques. Conferencia del Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia Chile.

IPCC, 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report, Summary for Policymakers. This summary, approved in detail at IPCC Plenary XVIII (Wembley, United Kingdom, 24 - 29 September. 34 p. [En línea]: IPCC (<http://www.ipcc.ch/pub/SYRspm.pdf>> acceso: 22 de Julio 2002).

JANDL R. 2001. Medición de Tendencias en el Tiempo del Almacenamiento de Carbono del Suelo. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia Chile.

- LAL, R.; KIMBLE, J. 1998. Pedospheric processes and the carbon cycle. In Lal, R; Kimble, KM; Follett, RF; Stewart, BA. Eds. Soil processes and the carbon cycle. Estados Unidos, CRC Press. 1 - 8 p.
- LEY N° 26834. 2000. Ley Áreas Naturales Protegidas, promulgado el 15 de julio del 2000, Lima.
- MONTOYA, G. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F.
- NASI R., WUNDER S., y CAMPOS A. (2002). Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación? Serie Técnica/ Informe Técnico N° 331. Turrialba, Costa Rica. 41 p.
- OLIVA, M. Y GARCÍA F. 1998. Un nuevo campo de acción en la química biológica: Parte I. Generalidades sobre el cambio global. Educación Química. UNAM. México.
- LAGOS, O. y VENEGAS, S. 2003. Impacto del aprovechamiento forestal en la biomasa y carbono de bosques naturales de nueva quesada, rio san juan. Universidad Centroamérica, facultad de ciencia, tecnología y ambiente. Managua – Nicaragua.

PIMENTEL, F. 1997. Estadística Experimental. 12ava edic. Edit. Livraria Novel. Univ. Sao Paulo. Paracicaba, Estado do Sao Paulo - Brasil.

SENAYAKE R. GAMBOA L. 2003. Fortaleciendo de Relaciones Comunitarias: Intercambio Internacional para el Manejo de los Recursos Naturales. Taller de Desarrollo en la Economía Local desde un enfoque de Forestaría Análoga: Sri Lanka y Ecuador. Santa María Huatulco, México, 9 - 15 de Noviembre 2003. 41 p.

SMITH, R., PINEDO, D. 2002. Comunidades y Áreas Naturales Protegidas en la Amazonia peruana. 9na Conferencia Bienal de la IASCP. Zimbabwe, Junio 19 - 21.

ANEXO

Anexo 1. Datos de los resultados del análisis de suelos de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

Cuadro 33. Textura de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

Nº	ZONA	DESCRIPCION	CLASE TEXTURAL
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcillo arenoso
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arenoso
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	Arcillo arenoso
7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcillo arenoso
8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	Franco arcillo arenoso
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	Franco arcillo arenoso
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arcillo arenoso
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arcillo arenoso
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arcillo arenoso
13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN Estricta	Franco arcillo arenoso
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN Estricta	Franco arenoso
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN Estricta	Franco arenoso

19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	Arcillo arenoso
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	Arcillo arenoso
21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	Arcillo arenoso
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	Arcilloso
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	Arcilloso
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	Arcilloso
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Arcilloso
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Arcilloso
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Arcilloso
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Arcilloso
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Arcilloso
30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Arcilloso
31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcilloso
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcillo arenoso
36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcilloso
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	Franco arcillo arenoso
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	Franco arenoso

42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	Franco arenoso
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arenoso
44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arcillo arenoso
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arcillo arenoso
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Franco arcillo arenoso
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Franco arenoso
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Franco arcillo arenoso
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Arcilloso
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	Arcilloso
53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	Arcilloso
54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcillo arenoso
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	Franco arcillo arenoso
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	Franco arcillo arenoso
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	Franco arenoso
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	Franco arcillo arenoso
59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	Franco arenoso
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	Franco arenoso
61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arenoso
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arcillo arenoso
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	Franco arenoso
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Franco arenoso

65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Arcilloso
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	Arcilloso
67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcilloso
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Franco arcillo arenoso
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arcilloso
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arenoso
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	Franco arenoso

Cuadro 34. pH de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

N°	ZONA	DESCRIPCION	pH
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	7.34
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	5.47
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	6.45
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	6.03
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	5.7
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	7.17
7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	7.05
8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	6.75
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	7.32
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.23
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.38
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	5.96

13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	7.28
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	7.2
15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	7.12
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	7.28
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	7.13
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	7.15
19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	8.15
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	6.92
21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	7.22
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	8.35
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	8.34
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	8.32
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.83
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.77
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.92
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	6.67
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	6.62
30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	6.72
31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	8.64
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	8.52
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	8.72
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	8.16
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	7.92

36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	8.1
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	7.17
38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	7.05
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	6.75
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	7.32
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	6.23
42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	6.38
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	5.96
44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	7.22
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	8.35
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	8.34
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	8.32
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	6.83
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	6.77
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	6.92
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	6.67
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	6.62
53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	8.16
54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	7.92
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	8.1
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	7.28
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	7.2
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	7.12

59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	7.28
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	6.75
61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	7.32
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.23
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	6.38
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	5.96
65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	8.34
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	8.32
67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	6.83
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	8.72
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	8.16
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	7.92
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	6.77
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	6.92

Cuadro 35. Humedad relativa de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

N°	ZONA	DESCRIPCION	Humedad%
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	20.588
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	22.794
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	25.000
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	25.735
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	16.912
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	25.735

7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	16.912
8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	18.382
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	25.000
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	19.118
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	21.324
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	20.588
13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	14.706
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	16.912
15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	18.382
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	16.176
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	27.206
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	27.206
19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	27.345
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	24.597
21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	16.143
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	27.018
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	27.471
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	23.699
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	25.490
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	28.302
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	17.601
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	16.026
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.375

30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.697
31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	23.567
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	22.973
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	23.358
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	13.043
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	27.765
36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	16.981
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	28.468
38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	24.597
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	16.143
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	27.018
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	27.471
42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	23.699
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	24.627
44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	28.453
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	16.026
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.375
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.697
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	23.567
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	22.973
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	24.597
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	14.955
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	11.082

53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	27.471
54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	24.862
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	26.420
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	24.597
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	15.304
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	16.143
59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	27.018
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	24.824
61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	23.699
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	27.698
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	16.026
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.375
65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	26.222
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	24.597
67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	13.138
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	16.558
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	13.188
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	12.439
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	14.897
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	26.913

Cuadro 36. Densidad aparente de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

N°	ZONA	DESCRIPCION	Da (Kg./m ³)
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1548.966
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1392.031
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	1458.270
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	1919.902
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1751.758
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	1855.702
7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	1299.297
8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	1337.002
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	1545.908
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1723.224
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1630.490
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1681.443
13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	1608.071
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	1498.013
15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	1375.726
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1406.298
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1720.167
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1527.565
19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	1542.851
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	1392.031

21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	1458.270
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	1931.112
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	1732.396
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	1840.416
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1299.297
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1350.250
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1545.908
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1723.224
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1630.490
30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1681.443
31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1599.918
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1508.203
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1396.107
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	1406.298
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	1732.396
36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	1542.851
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	1392.031
38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	1458.270
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	1931.112
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	1732.396
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	1840.416
42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	1299.297
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1350.250

44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1723.224
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1630.490
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1681.443
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1599.918
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1508.203
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1392.031
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1458.270
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1931.112
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	1732.396
53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	1840.416
54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	1542.851
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	1392.031
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	1458.270
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	1459.289
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	1931.112
59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	1732.396
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	1840.416
61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	1350.250
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	1723.224
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	1630.490
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1542.851
65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1392.031
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	1458.270

67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1723.224
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1630.490
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	1458.270
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	1477.632
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	1931.112
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	1458.270

Cuadro 37. Carbono de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

Nº	ZONA	DESCRIPCION	Carbono(Mg.C/Ha)
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	186.312
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	129.205
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	141.225
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	113.651
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	230.411
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	120.662
7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	45.694
8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	108.244
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	80.620
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	48.184
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	124.413
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	133.601
13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	146.997
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	156.845

15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	185.459
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	179.935
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	225.457
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	187.263
19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	164.174
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	116.204
21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	166.406
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	88.522
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	149.995
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	117.811
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	42.120
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	53.652
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	80.606
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	162.928
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	235.235
30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	185.594
31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	102.748
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	126.764
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	105.566
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	67.714
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	86.201
36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	54.923
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	133.370

38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	156.142
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	224.703
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	82.597
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	144.660
42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	83.712
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	29.504
44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	52.495
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	93.460
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	224.151
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	212.623
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	108.235
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	110.099
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	127.911
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	191.447
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	84.440
53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	79.453
54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	22.063
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	134.757
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	174.811
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	188.413
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	146.759
59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	102.852
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	96.791

61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	22.291
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	104.027
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	148.149
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	280.208
65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	118.476
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	143.003
67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	133.801
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	89.265
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	63.402
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	207.836
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	217.369
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	134.251

Cuadro 38. Carbono de raíces de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

N°	ZONA	DESCRIPCION	Carbono raíces (Mg./Ha)
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	31.293
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	26.199
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	16.738
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	14.555
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	20.086
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	14.701
7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	13.536

8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	16.302
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	14.264
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	15.283
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	13.827
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	12.808
13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	19.649
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	34.205
15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	11.790
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	24.307
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	28.674
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	22.415
19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	35.369
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	21.250
21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	13.245
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	15.574
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	17.466
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	16.738
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	9.752
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	8.733
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	8.005
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	24.598
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	34.059
30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	33.186

31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	17.466
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	14.118
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	17.612
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	16.593
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	16.447
36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	14.118
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	31.293
38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	26.199
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	31.293
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	16.302
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	12.081
42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	12.663
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	11.935
44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	9.606
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	11.790
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	24.161
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	27.218
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	22.997
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	19.649
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	34.205
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	11.790
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	12.663
53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	17.321

54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	13.391
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	11.790
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	10.189
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	12.663
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	14.555
59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	14.264
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	16.738
61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	13.827
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	8.005
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	9.461
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	22.560
65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	19.213
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	33.186
67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	19.504
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	14.118
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	19.649
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	15.137
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	12.081
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	13.682

Cuadro 39. Carbono de hojarasca de suelo de las seis zonas del Parque Nacional Tingo María.

N°	ZONA	DESCRIPCION	Carbono hojarasca (Mg/Ha)
1	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	7.128
2	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	11.160
3	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	5.400
4	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	3.564
5	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	2.160
6	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	5.638
7	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE USO ESPECIAL	9.720
8	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	6.372
9	ZONA TRES DE MAYO	ZONA TURISTICA	6.660
10	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	1.944
11	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	4.320
12	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE RECUPERACIÓN	3.132
13	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	8.856
14	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	10.332
15	ZONA TRES DE MAYO	ZONA SILVESTRE	8.400
16	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	16.200
17	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	10.728
18	ZONA TRES DE MAYO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	8.802
19	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	7.999
20	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	10.692

21	ZONA RIO ORO	ZONA SILVESTRE	8.832
22	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	7.020
23	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	6.768
24	ZONA RIO ORO	ZONA TURISTICA	6.120
25	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	3.348
26	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	5.760
27	ZONA RIO ORO	ZONA DE RECUPERACIÓN	9.000
28	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.540
29	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	11.700
30	ZONA RIO ORO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	12.384
31	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	10.080
32	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	13.320
33	ZONA RIO ORO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	7.560
34	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	5.400
35	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	8.496
36	ZONA RIO ORO	ZONA DE USO ESPECIAL	5.256
37	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	11.520
38	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	7.920
39	ZONA RIO PERDIDO	ZONA SILVESTRE	8.820
40	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	6.732
41	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	7.560
42	ZONA RIO PERDIDO	ZONA TURISTICA	6.041
43	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	3.528

44	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	7.164
45	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE RECUPERACIÓN	5.760
46	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	10.044
47	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.320
48	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	11.362
49	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	9.000
50	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	3.960
51	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	3.564
52	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	4.500
53	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	7.560
54	ZONA RIO PERDIDO	ZONA DE USO ESPECIAL	16.200
55	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	9.997
56	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	10.332
57	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA SILVESTRE	8.388
58	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	5.123
59	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	4.759
60	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA TURISTICA	5.715
61	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	4.500
62	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	1.656
63	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE RECUPERACIÓN	1.260
64	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	9.144
65	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	10.728
66	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE PROTECCIÓN ESTRICTA	8.496

67	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	9.000
68	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	3.960
69	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	3.564
70	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	7.560
71	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	6.372
72	ZONA QUINCEAÑERA	ZONA DE USO ESPECIAL	5.616

Anexo 2. Panel fotográfico del trabajo de investigación.



Figura 10. Zona turística río Perdido.



Figura 11. Zona de amortiguamiento, zona silvestre y protección estricta.



Figura 12. Cilindros muestreados para determinar la humedad relativa del suelo.



Figura 13. Peso de hojarasca húmedo de un área de 0.5 x 0.5 m.



Figura 14 . Muestreo de suelo a una profundidad de 30 cm de profundidad.



Figura 15. Determinación de carbono de las muestras de suelo en la mufla.



Figura 16. Determinación del pH de la muestras de suelo.



Figura 17. Reconocimiento del área de estudio, Parque Nacional de Tingo María.



Figura 178. Visita al Parque Nacional de Tingo María.



Figura 189. Delimitación de parcelas para la tomas de muestras.



Figura 20. Obtención de las muestras de raíces a diferentes profundidades.



Figura 21. Georreferenciación de las parcelas en las diferentes zonas de estudio.