



**FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS**

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL DE CAPTURA DE  
CARBONO EN EL FUNDO VIOLETA  
(DISTRITO DE TAHUAMANU – MADRE DE DIOS)

Tesis para optar el título de Licenciado en Geografía y Medio Ambiente

que presenta el

Bachiller:

GERMÁN CARLOS ARTURO LÓPEZ VALENZUELA

ASESORA: ANA SABOGAL

LIMA, 05 DE MARZO DE 2015

## AGRADECIMIENTOS

El resultado de la presente tesis de licenciatura se lo debo a un sinnúmero de personas que me apoyaron en todo momento con pequeñas observaciones puntuales, sugerencias de correcciones contextuales correspondientes a sus disciplinas de interés y consejos en general. Quisiera comenzar por agradecer a mi madre y padre, la Señora Violeta Valenzuela Recavarren y el Señor Germán López Vergara, respectivamente, por su paciencia y comprensión en todo momento. Su soporte, en todo sentido, fue vital para el desarrollo de esta tesis.

De igual forma le agradezco a las profesoras Ana Sabogal y Natalie Schulz, quienes me brindaron apoyo constante durante la investigación, asesorándome lo más posible y haciendo correcciones precisas en materias que no conocía, así como sugiriendo bibliografía relevante al tema de investigación.

También quisiera agradecer al Dr. Zaniel Novoa y al Dr. Roberto Chiarella quienes en su momento fueron grandes soportes para el consejo, selección y modelamiento de la idea inicial para el presente tema de investigación; al señor German del Centro de Investigación para la Geografía Aplicada (CIGA).

Asimismo, agradezco a la estudiante Luciana Vásquez Ríos por su apoyo en la toma de muestras en campo.

Finalmente, agradezco a los siguientes profesionales: Liseth Manrique, Evelyn Ramírez, Luis Ayala, Erik Ramos, Jhonatan Yauri, Wilar Gamarra, Erwin Ramírez, Jorge Castillo, Alberto Mamani, entre muchos otros de la empresa Servicios Geográficos y Medio Ambiente S.A.C. por guiar mi ruta de aprendizaje.

## RESUMEN

La presente tesis “Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo Violeta (distrito de Tahuamanu – Madre de Dios)” se desarrolló en la llanura amazónica del Suroriente peruano, en la zona biogeográfica Bosque Húmedo Tropical. Se planteó la comparación acerca de las capacidades como sumideros de carbono entre dos fundos: (i) un primer fundo con bosque primario (fundo Violeta) y (ii) un fundo con actividad agrícola (fundo vecino).

Para ello, se utilizó la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”; metodología desarrollada por el ICRAF. Esta incluye seis (06) etapas, dentro de las cuales se encuentran dos (02) trabajos de campo, los cuales se realizaron entre los años 2013 y 2014. El primero fue para realizar el cálculo de las parcelas a instalar según los depósitos de carbono seleccionados; y, el segundo, para la propia toma de muestras en los depósitos de carbono seleccionados.

Los principales resultados del trabajo indican que existe una gran diferencia del aporte de entre la biomasa viva sobre el suelo (vegetación arbórea y vegetación no arbórea) y la biomasa muerta (detritos y hojarasca), siendo la biomasa viva sobre el suelo, mayor. También, se demostró que el *stock* de carbono capturado difiere para cada depósito de carbono seleccionado, siendo su capacidad, de mayor a menor, como sigue: en la vegetación arbórea, en la vegetación no arbórea y en la hojarasca.

Sobre la base de ello, se puede concluir que el mejor sumidero de carbono está representado por la vegetación arbórea, lo que indica hacia dónde deberían estar dirigidos los esfuerzos de conservación en la llanura amazónica del Suroriente peruano.

Finalmente, el aporte de la presente investigación es tanto académico como social, debido a que no se presentan estudios a pequeña escala en el área mencionada. Adicionalmente, se espera que esta investigación sea complementada por estudios posteriores en el distrito en cuestión que permitan tomar las mejores decisiones en aras del desarrollo sostenible y la conservación de los bosques.

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	<b>I</b>
<b>SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>I</b>
<b>CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.2. HIPÓTESIS .....	4
1.3. OBJETIVOS .....	4
<b>CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>5</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	5
2.2. MARCO LEGAL.....	6
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	6
<b>CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>12</b>
3.1. LOCALIZACIÓN .....	12
3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA .....	13
3.3. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA .....	18
<b>CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>47</b>
<b>APÉNDICES</b> .....	<b>53</b>
APÉNDICE 1. FOTOGRAFÍAS .....	53
APÉNDICE 2. TABLAS.....	55
APÉNDICE 3. MAPAS Y PLANOS.....	56
APÉNDICE 4. RESPORTES DE LABORATORIO .....	68

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

TABLA 1. SIGLAS Y ACRÓNIMOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

AIDER	Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CAO	Observatorio Aéreo Carnegie
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIFOR	<i>Center for International Forestry Research</i> (Centro para la Investigación Forestal Internacional)
DAP	"Diámetro a la altura del pecho". Medida del perímetro del tronco de un árbol que se toma a la altura del pecho para luego obtener su diámetro.
DGFFS	Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre.
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FAOCLIM 2.0	Base de datos agroclimática financiada por el Grupo Climático de la FAO
FONAM	Fondo Nacional del Ambiente
GBP UTCUTS	Guía de las buenas prácticas del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y bosques
ICRAF	<i>World Agroforestry Centre</i> (Centro Mundial Agroforestal)
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET	Instituto Geológico y Minero Metalúrgico
INRENA	Instituto de Recursos Naturales del Perú.
LASPAF	Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i> (Detección y medición de luz)
LOCCLIM	<i>Software Local Climate</i>
MDL	Mecanismos de Desarrollo Limpio
MINAGRI	Ministerio de Agricultura del Perú
MINAM	Ministerio del Ambiente del Perú
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONERN	Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales
PROMPERU	Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo
REDD	Reforestación y reducción de emisiones de deforestación y degradación de los bosques
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SINANPE	Sistema de Áreas Naturales Protegidas por el Estado peruano
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

## INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, los sumideros de carbono se reducen en número debido a la deforestación, la cual agrupa una serie de agentes como la tala ilegal de árboles, la apertura de campos para actividades agrícolas, la construcción de vías de acceso, la construcción de viviendas, la tala para desarrollar actividades extractivas, entre otros. Salvo las Áreas de Conservación destinadas en cada país a proteger la biodiversidad, recursos naturales y mitigar el cambio climático; parece ser que las opciones para cumplir estos objetivos son cada vez menos.

La presente investigación se enfoca en la valoración económica de los sumideros de carbono naturales, representados por la biomasa viva y muerta sobre el suelo, abordando la comparación de la capacidad de captura de carbono entre un área con bosque primario (fundo Violeta) y un área con actividad agrícola (fundo vecino), ambos en el distrito de Tahuamanu, en el departamento de Madre de Dios – Perú.

Para lograr ello, se utilizó la metodología del ICRAF (Centro Mundial Agroforestal), vertida en la publicación “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”. Dicha metodología es aplicable a áreas pequeñas en bosques tropicales mediante métodos de cálculo simples y a bajo costo.

Los beneficios de realizar la investigación en dicho distrito incluyen la generación de datos sobre la capacidad de captura de carbono en el Bosque Húmedo Tropical del Suroriente peruano y la generación de consciencia ambiental para la toma de decisiones por las autoridades en cuanto al emplazamiento de componentes urbanos como vías de acceso, predios, permisos de actividades económicas, entre otros.

Por su parte, la importancia de realizar esta investigación reside en dos puntos principales. La primera yace en que sirve de ejemplo importante para valorar económicamente, a pequeña escala, un servicio ambiental poco conocido que mitiga, de acuerdo a Gore, entre el 20-23% de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial entre el (2009:172) o hasta el 25% de dichas emisiones según INRENA (2001:71). Por ejemplo, la inclusión del valor económico de dicho servicio ambiental en el presupuesto planificado de un determinado proyecto de una empresa, facilitaría que los impactos negativos se eviten, reduzcan o compensen apropiadamente.

En segundo lugar, es importante porque una vez conocido el valor económico de dichos sumideros, a mayor escala, es posible realizar una evaluación ambiental para planificar e implementar alternativas de desarrollo que vayan de la mano con la conservación de los ecosistemas, la seguridad alimentaria y la mitigación del cambio climático. En la actualidad, una de dichas alternativas es conocida como MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio), la cual favorece la captura de carbono para proyectos forestales en países en desarrollo como el Estado peruano (FOREST TRENDS, 2010:11) y es aplicada a través de la Asociación de propietarios, como se pudo constatar en el trabajo de campo a través de conversaciones con AIDER (Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral).

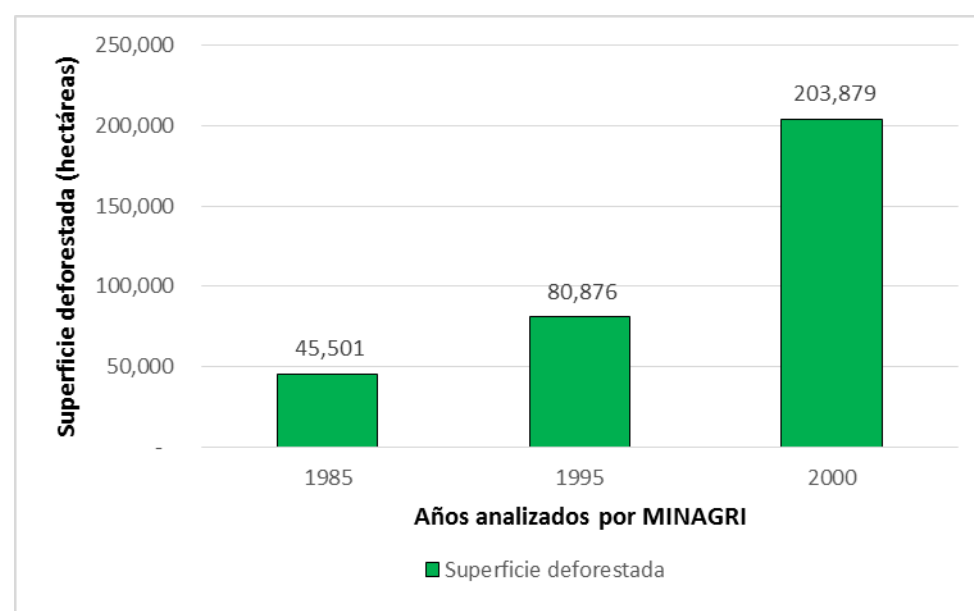
## CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la FAO, el bosque primario de la Amazonía es el ecosistema que contiene la mayor cantidad de carbono almacenado y cualquier cambio en el uso de suelo reduce su contenido (2002:17). Gore menciona que en los países tropicales y subtropicales, la deforestación es ocasionada por la roza y quema (54%), la expansión de monocultivos (22%), la tala excesiva (19%), la actividad pecuaria (5%) (2009: 172).

De acuerdo a León, en el Estado peruano, cerca de 150,000 ha/año de bosques son destruidas por diferentes actividades humanas; 2'000,000 ha han sido afectadas por el cultivo de hoja de coca; y 20,000 ha/año son afectadas por la tala ilegal en la costa norte (2007:51).

A nivel del departamento de Madre de Dios, la reducción de los sumideros de carbono debido a la deforestación ocasiona la emisión de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera. Entre sus causas se encuentran la actividad minera, la tala de bosques primarios, la construcción de carreteras, la apertura de campos para actividades agrícolas, entre otros. A este respecto se cuentan con las estadísticas del MINAGRI sobre deforestación para los años 1985, 1995 y 2000 que se muestran en el Gráfico siguiente.

**GRÁFICO 1. SUPERFICIE DEFORESTADA DEL PERÚ EN EL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS PARA LOS AÑOS 1985, 1995 Y 2000.**

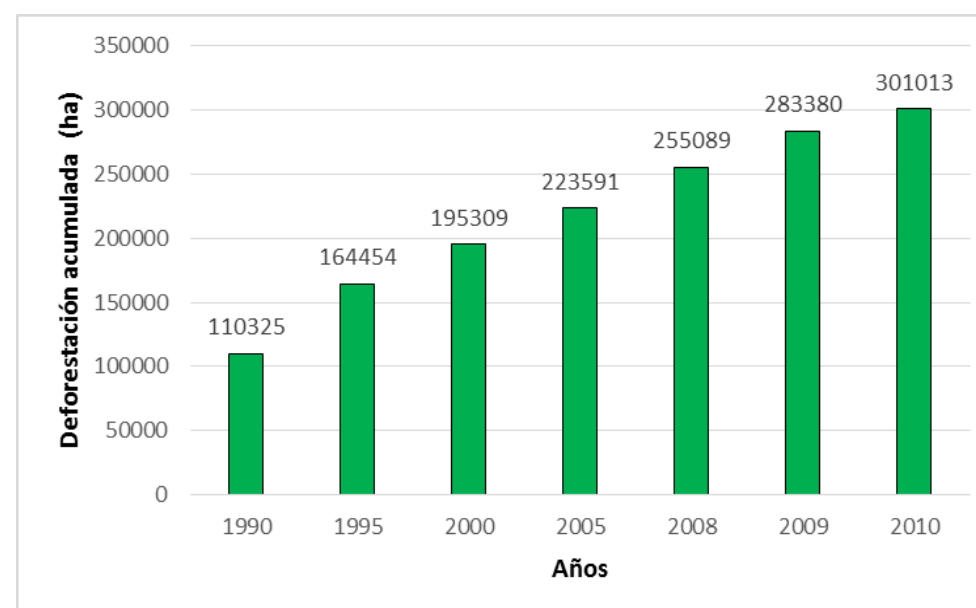


Fuente: INEI. 2014. Estadísticas de medio ambiente del MINAGRI.  
Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

De acuerdo al Gráfico N° 1, los resultados: (i) 1985: 45,501 ha; (ii) 1995: 80,876 ha; y (iii) 2000: 203,879 ha, indican que el ritmo de la deforestación se incrementó a un ritmo de 2 veces entre año y año.

Por su parte, de acuerdo a Recavarren, en Madre de Dios durante el periodo 1990 – 2010, se talaron 190,689 ha de bosque primarios (2011:70-91). Esta información puede observarse en el Gráfico N° 2. Una de las causas de ello se debe a la intensificación de la actividad minera tras la construcción de las carreteras de penetración “Cusco-Uros-Quincemil-Puerto Maldonado en el año 1965 y a la carretera “Cusco-Huambutio-Paucartambo-Pilcopata-Shintuya” en el año 1968 (Mosquera *et al*, 2009:12).

**GRÁFICO 2. DEFORESTACIÓN ACUMULADA EN EL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS EN EL PERIODO 1990 – 2010.**



Fuente: Recavarren. 2011. Proyecto REDD en Áreas Naturales Protegidas de Madre de Dios. Insumos para la elaboración de la línea base de carbono.  
Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

De acuerdo a Recavarren, se proyecta que para el año 2030, 944,910 ha sean deforestadas, teniendo como principal agente a la construcción de la carretera interoceánica y al incremento poblacional (2011:136-143). Mora opina de forma similar, indicando que la deforestación se incrementará debido a la presión por bienes y servicios que ejercerá el aumento de la población (2011:262); y consecuentemente, a una considerable disminución de sumideros de carbono.

En general, la principal función de los sumideros de carbono es mitigar, de forma natural, el impacto ambiental negativo ocasionado por la contaminación ambiental en el contexto del calentamiento global, el cual ocasiona alteraciones climáticas y afecta a los ecosistemas.<sup>1</sup> Esto se logra regulando el balance de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. A su vez, la captura de carbono representa una gran oportunidad para el sector forestal, a través de la gestión sostenible de plantaciones de bosques, con miras a ingresar al mercado de carbono.

<sup>1</sup> Existen, también, otros métodos como la reducción de la demanda energética, el uso de energía renovable, reducir el consumo de productos manufacturados, entre otros.



De esta forma, se torna ventajoso abordar la investigación a través de la valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono ya que facilita una mejor toma de decisiones en cuanto a cambio de uso de suelo y sus consecuencias. En ese sentido, se escogió un área de estudio junto a la carretera 30C.

### 1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Se elaboraron tres (03) preguntas de investigación que se muestran a continuación:

- ¿Cuál es la diferencia de la capacidad de captura de carbono de un fundo con bosque primario en comparación con un fundo con actividad agrícola?
- ¿Cuál es la diferencia de la capacidad de captura de carbono en los diferentes depósitos de almacenamiento de carbono en un bosque de tipo primario del sur oriente peruano?
- ¿Cuál de los depósitos de carbono posee mayor valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono?

### 1.2. HIPÓTESIS

Un área con bosque primario posee una mayor capacidad de almacenamiento de carbono que un área con actividad agrícola en la misma zona biogeográfica en el distrito de Tahuamanu en el departamento de Madre de Dios.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo general

Establecer una comparación de la valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono entre un bosque primario y un bosque con actividad agrícola.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Estimar el potencial de captura de carbono de los tres (03) depósitos de carbono siguientes: (i) vegetación arbórea; (ii) vegetación no arbórea; y (iii) detritos y hojarasca; de acuerdo a la categoría establecida para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del ICRAF en un fundo con bosque primario; y de la vegetación no arbórea, en el fundo con actividad agrícola.
- Valorar económicamente el servicio eco-sistémico de captura de carbono en ambos fundos.

## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

### 2.1. ANTECEDENTES

A nivel nacional, los estudios sobre captura de carbono comenzaron a fines de la década de 1990 gracias al apoyo del INRENA y BIOFOR. Uno de ellos fue llevado a cabo por Baldoceña R., en la zona de Neshuya – Curimaná (Pucallpa), al norte del área de investigación de la presente tesis donde se obtuvo que la tasa de captura de carbono fue de 9.26 t C ha/año (INRENA 2001: 15-41). Ese mismo año, Chambi, P. realizó la valoración económica de captura de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios, demostrando que la captura de carbono genera beneficios económicos para diferentes precios de dióxido de carbono almacenado (INRENA, 2001:46-70). Un siguiente estudio fue realizado por Malca, en las provincias de Loreto y Maynas a través de la formulación de encuestas a los propietarios residentes, cuyos resultados arrojaron una disposición a pagar por los servicios de captura de carbono por sobre la implementación de sistemas agroforestales (S/. 234.60/ha/año y S/. 159.40/ha/año, respectivamente). Según el autor, dicha percepción puede haber sido causada debido a la deforestación y a la baja productividad de sus cultivos (INRENA, 2001:71-117), lo cual fue sostenido por el estudio de Lapeyre, quien en 2003 determinó las reservas de carbono en San Martín, obteniendo que los sistemas de bosques menos intervenidos y evaluados tienen los contenidos más altos de captura de carbono y que los cultivos agrícolas no contribuyen significativamente a la retención de carbono (2003).

Tres años más tarde, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) publicó el documento técnico N° 29, titulado “Servicios Ambientales de Almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto-Perú”. Este estudio puso en evidencia la capacidad de captura de carbono del suelo en aguajales ya que los resultados arrojaron que más del 70% del carbono capturado fue fijado por el suelo (FREITAS, 2006:9).

En el año 2007, Diana Palomino realizó la tesis de maestría titulada: “Estimación del servicio ambiental de captura de CO<sub>2</sub> en la flora de los humedales de Puerto Viejo”. El estudio se desarrolló en los distritos de San Antonio y Chilca, en el departamento de Lima. En esta investigación se obtuvo como principal resultado que diferentes tipos de vegetación tienen diferentes capacidades de almacenamiento de carbono.

El esfuerzo más importante en el departamento de Madre de Dios es el realizado por AIDER, organización que desde 1992 realiza estudios sobre carbono. En el año 2011, elaboró la línea base de carbono del proyecto REDD a través de la compilación de cuatro (04) estudios independientes en el estudio “Proyecto REDD en Áreas Naturales Protegidas de Madre de Dios – Insumos para la elaboración de la línea base de carbono”, donde se analizan: (i) el stock de carbono almacenado, (ii) la cuantificación de la deforestación en Madre de Dios, (iii) la deforestación proyectada y (iv) la estimación de la degradación forestal por causas antrópicas.

En el año 2014 se realizó el estudio “Geografía del carbono en alta resolución del Perú”, a cargo del Observatorio Aéreo Carnegie (CAO) con el apoyo del MINAM, en el cual se muestrearon 6,7 millones de hectáreas a una resolución de 1.1 m, determinándose que la densidad media fue 99 t/ha. Cabe resaltar que la densidad de carbono del departamento de Madre de Dios y Ucayali ocupan el segundo lugar a nivel nacional, teniendo juntos el 26% del total del stock de carbono en el país (2014: 4-8). Este estudio es útil para la elaboración de políticas de conservación con énfasis en el cambio de uso de suelo.

En el año 2015, en el Perú se realizó al Conferencia de las Partes o Países (COP20), cuya publicación titulada *Respond COP20 Lima*, muestra que la mayoría de las propuestas de los diferentes países se basan en los siguientes puntos: (i) la reducción de las emisiones de dióxido de carbono; (ii) la promoción de la eficiencia energética (en la construcción de infraestructura y uso de maquinaria sostenible); y (iii) la recuperación de hábitats; entre otros.

## 2.2. MARCO LEGAL

La presente investigación se desarrolla dentro del marco de la *Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente* y sus modificatorias, la cual indica en el Artículo VI del Título Preliminar la necesidad de adoptar medidas de mitigación, recuperación, restauración o compensación que correspondan a determinados impactos ambientales.

También, se vale de la *Ley N° 26821 – Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales*, la cual tiene como objetivo promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Finalmente, se apoya en la *Ley N° 30215 – Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Eco-sistémicos*, la cual fue publicada el 28 de junio de 2014. Esta ley tiene un alcance a las personas naturales, jurídicas, públicas y privadas, que promuevan, diseñen o implementen mecanismos de retribución por servicios eco-sistémicos. En su Artículo 6°, indica que para realizar el diseño mencionado, se debe estimar el valor económico del servicio eco-sistémico que corresponda, en este caso, la captura de carbono, considerado como tal en el Artículo 3° - Definiciones.

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

A continuación se muestra una aproximación hacia los principales conceptos sobre los cuales se apoya la investigación y que servirá para facilitar la comprensión del texto al lector.

### 2.3.1. Desarrollo sostenible

Según Barkemeyer *et al*, el concepto de desarrollo sostenible se basa sobre los pilares de sustentabilidad de tipo económico, social y ambiental (2011) que persigue el crecimiento económico y, según la ONU, la protección y uso sostenible de los ecosistemas (2014).

El concepto de desarrollo sostenible fue difundido gracias al documento “Nuestro Futuro Común” (Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, 1989), consolidándose en la Conferencia de Río de 1992, La Cumbre de la Tierra, como un

concepto que engloba una perspectiva a largo plazo de la solidaridad intergeneracional acerca del manejo de los recursos naturales. Es mutable y se adapta constantemente a las necesidades de la sociedad en general, lo cual lo sitúa entre la perspectiva conservacionista y la de aprovechamiento. Mientras que la primera comprende la tendencia al incremento de Áreas Naturales Protegidas con fines de conservación alrededor del mundo de tipo público y privado (GRÁFICOS N° 3 y N° 4); la segunda persigue la maximización de la producción de bienes y la hipermovilidad del capital.

### 2.3.2. Área Natural Protegida

Según León, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son espacios de conservación continentales y /o marinos dentro del SINANPE que proveen bienes y servicios ambientales que brindan beneficios a corto y largo plazo (2007:20-21). SERNANP menciona que son de interés cultural, paisajístico y científico, contribuyendo al desarrollo sostenible del Estado peruano (2015).

Su origen está basado en el paradigma conservacionista establecido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)<sup>2</sup> en 1994 (Phillips, 2003:08-24).

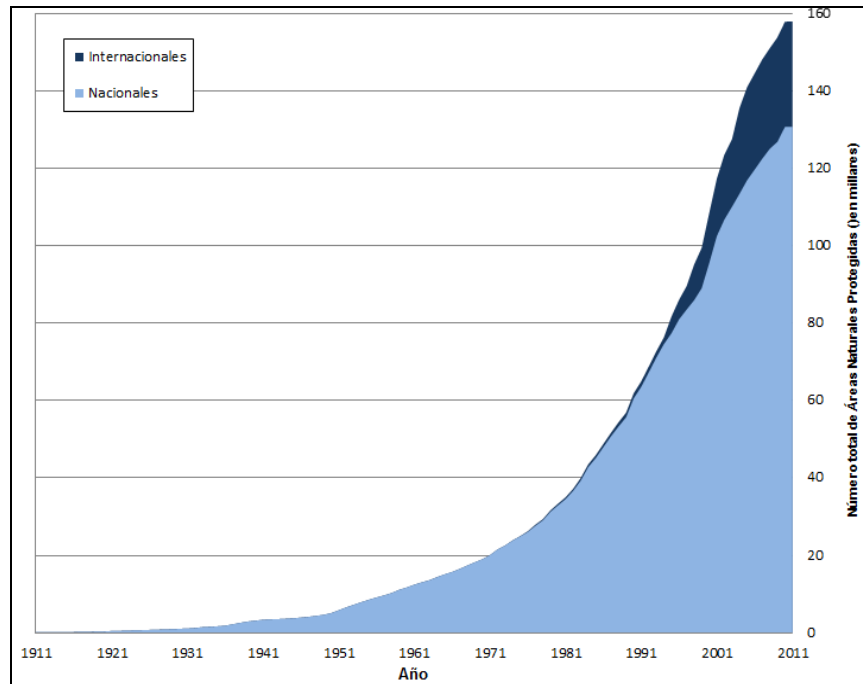
Las ANP se clasifican en Áreas de administración nacional, regional y privada. En conjunto se busca que funcionen como conexiones que permitan el desarrollo y desplazamiento de la flora y fauna. En la actualidad se observa una tendencia en la creación de ANP a nivel nacional e internacional (GRÁFICOS N° 3 y N° 4).

De acuerdo a SERNANP, su buen funcionamiento depende de las capacidades técnicas y financieras de las unidades de gestión de dichas ANP, los cuales están incluidos en el modelo conceptual de cada ANP. El modelo conceptual comprende las estrategias para minimizar los factores negativos y potenciar los factores positivos, estando bajo continuo seguimiento por sistemas de monitoreo que permiten comprobar la eficacia de una estrategia (2015).

---

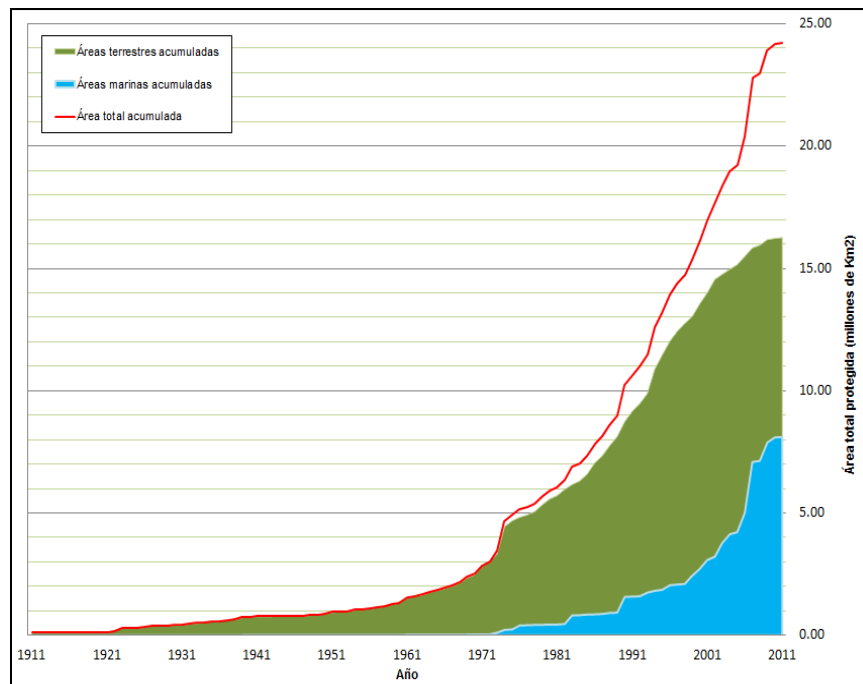
<sup>2</sup> La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es una organización internacional conformada por más de 1000 organizaciones de más de 80 Estados, 110 agencias gubernamentales y 800 organizaciones no gubernamentales (ONG) que se reúnen cada 4 años en el *World Parks Congress* o Congreso Mundial de la Naturaleza para orientar la política y aprobar el programa de trabajo de la UICN.

**GRÁFICO 3. CRECIMIENTO EN EL NÚMERO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS NACIONALES E INTERNACIONALES (1911 – 2011). 2013.**



Fuente: *The World Database on Protected Areas*. Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

**GRÁFICO 4. CRECIMIENTO EN EXTENSIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DESIGNADAS NACIONALMENTE (1911 - 2011). 2013.**



Fuente: *The World Database on Protected Areas*. Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

### 2.3.3. Servicio eco-sistémico

Es toda aquella condición ambiental sostenida por el correcto funcionamiento y estado de conservación de un factor ambiental bajo un estándar de calidad determinado y apropiado.

Asimismo, de acuerdo a la Ley N° 30215 – “Ley de mecanismos de retribución por servicios eco-sistémicos”, un servicio ambiental (o eco-sistémico) comprende el conjunto de beneficios ambientales directos e indirectos que las personas obtienen del buen funcionamiento del ecosistema (2014). Entre los tipos de servicios que se mencionan en dicha ley, se encuentra el secuestro o captura de carbono.

A continuación se realiza una breve explicación sobre la captura de carbono.

#### 2.3.3.1. La captura de carbono en los bosques

La captura o fijación de carbono en los bosques consiste en el proceso de fijación continua natural o artificial de carbono en los diferentes usos de tierra (Palomino, 2007:15); es decir, en sumideros de carbono.

Según León, la fijación natural consiste en la producción primaria o la generación de biomasa a partir de la fotosíntesis, conservación, reforestación, agricultura sostenible, entre otros (2007:83). Un ejemplo de fijación natural ocurre en las ANP del Perú, las cuales evitan la emisión que 36'387,723 ton/CO<sub>2</sub>e/año sean enviadas a la atmósfera (2007:30, indicado por INRENA, CONAM y PROCLIM, 2005).

Por su parte, un ejemplo de la fijación artificial comprende la implementación de una planta industrial desde donde se inyecta el dióxido de carbono en estado semi-líquido en capas permeables a cientos de metros bajo la superficie terrestre<sup>3</sup>.

En la presente investigación, se trata el tipo de fijación natural. De acuerdo a la FAO, el carbono capturado en superficie en los trópicos equivale entre 60 – 230 ton C/ha en bosque primarios; y entre 25 – 190 ton C/ha en bosques secundarios (2003).

### 2.3.4. Valoración económica

La valoración económica es un tema poco conocido y confuso ya que es complicado otorgarle un valor real en el mercado a bienes y servicios que nunca lo tuvieron (León, 2007:47). El término surge de la idea de compensar los daños ambientales y sociales a través de herramientas de gestión ambiental apropiadas, apoyado por la campaña de promoción de adaptación al Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (Robledo, 2005).

---

<sup>3</sup> Este segundo método ha sido criticado por la contaminación que ocasiona a largo plazo en las zonas de descarga de las aguas subterráneas así como a la generación de sismos de pequeñas magnitudes. De acuerdo a mi experiencia laboral, se debe realizar un estudio geológico detallado para determinar cuáles son los lugares adecuados para inyectar el dióxido de carbono bajo la superficie. Un método de inyección similar se utiliza en las actividades de explotación de hidrocarburos con el fin de evitar la descarga de aguas contaminadas en los cuerpos de agua superficiales, inyectándolas en formaciones subterráneas porosas.

Como menciona León, la valoración económica puede dividirse en valor de uso y valor de no uso. El valor de uso se subdivide en valores de uso directo, indirecto y de opción; mientras que el valor de no uso se subdivide en valores de existencia y de legado (2007:55). La captura de carbono está categorizada como valor de uso indirecto.

Específicamente en el Perú, el desarrollo de esta herramienta tuvo un gran avance conceptual y metodológico en la década de 1990 aunque no así en su aplicación en políticas públicas (INRENA, 2000). En el año 2000, se llevó a cabo el proyecto “Conservación y Manejo de la Diversidad Biológica y Ecosistemas Frágiles – BIOFOR”, dentro del cual se implementó el “Programa de Becas de Investigación sobre Valoración Económica de la Diversidad Biológica y Servicios Ambientales”. El objetivo principal de este programa era el capacitar a profesionales tanto del sector público como privado que desempeñaran funciones relacionadas a la gestión ambiental a través de cursos sobre valoración económica relacionados al Perú con la finalidad de que: (i) elaborasen trabajos de investigación sobre valoración económica de servicios ambientales y valoración económica de la diversidad biológica<sup>4</sup>; y (ii) contribuyeran al país mediante la aplicación de los conocimientos aprendidos.

En la actualidad, la valoración económica está siendo considerada en los estudios de impacto ambiental realizados por las consultoras ambientales. Los costos obtenidos son incrementados al costo total de los proyectos como costos de contingencia y utilizados en caso no se puedan mitigar los impactos ambientales negativos.

#### 2.3.4.1. Valoración económica del servicio eco-sistémico de captura de carbono

Como ya se explicó en las líneas previas, la valoración económica es el cálculo de un valor dado a un objeto, servicio ambiental u otro desde una perspectiva en particular, pudiendo ser esta ambiental o social; en este caso ambiental ya que es un servicio de la naturaleza.

Dicho cálculo comprende varias etapas que incluyen secuencialmente, por un lado, conocer cuantitativamente la biomasa de un depósito de carbono determinado, su *stock* de carbono, estimar su valor ambiental; y por otro, la disposición de las personas a pagar por dicho servicio ambiental.

A nivel político, la valoración económica se calcula por tonelada de dióxido de carbono emitida a la atmósfera. A la fecha, se han vertido muchas opiniones para establecer un precio para la valoración económica del servicio de captura de carbono por tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) que sea fijado o se emita, en el mercado de carbono. Por ejemplo, se encuentran las siguientes: (i) el Ministerio del Reino Unido (9.55 euros para el 2014 y 18.08 euros el año 2016) (ARES, 2014:10); (ii) la Administración de los Estados Unidos de Norteamérica (USD 48) (CLIMATE SPECTATOR, 2013); (iii) la empresa Royal Dutch Shell (USD 40) como forma de

<sup>4</sup> Los resultados de sus investigaciones estaban disponibles en la siguiente página web: [www.biofor.com.pe](http://www.biofor.com.pe); sin embargo, la página ya no existe. Los datos de donde se obtuvo la información sobre estas investigaciones proviene de la fotocopia de un archivo impreso en el año 2000.

promover una energía menos contaminante que el carbón como es el gas (CLIMATE PROGRESS, 2013); entre otros.

Es interesante mencionar la relación impuesto – emisión de dióxido de carbono tiene precedentes positivos. Por ejemplo, el ahora inexistente impuesto de 23 dólares australiano por tonelada de dióxido de carbono emitido en Australia por dos años hasta el año 2012 demostró que las emisiones disminuyeron en 9% en el sector energético (TCK, 2014). La decisión política de su anulación, a cargo del ministro Tony Abbott es mal vista por la Unión Europea ya que era el camino más efectivo para reducir las emisiones de dióxido de carbono (INNIS, 2014).

Finalmente, el reto se presenta de la forma siguiente: idear un modelo de financiamiento inteligente en el cual se pueda balancear la inversión económica junto con los beneficios ambientales (León, 2007:116).



## CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El área de investigación seleccionada fue parte del predio matriz de 53.0077 ha de extensión que perteneció al sr. Lucio Llerena Chipa. Luego de su desmembración, se crearon nuevas unidades inmobiliarias. Una de ellas fue adquirida por el sr. Germán López Vergara y otorgada a Germán López Valenzuela, actual propietario, siendo nombrada como “Fundo Violeta”.

**FOTOGRAFÍA 1. VISTA DEL FUNDO VIOLETA DESDE EL LADO OPUESTO DE LA CARRETERA 30C.**



Fotografía: Germán López Valenzuela. 2013.

### 3.1. LOCALIZACIÓN

El área de investigación se localiza al sur oriente del Estado peruano, en el departamento de Madre de Dios, provincia de Tahuamanu, distrito de Tahuamanu, sector San Pedro. Se encuentra en el kilómetro 107 de la carretera Iñapari - Puerto Maldonado (carretera “30C”), equivalente a la señalización “km 538” en los hitos viales, y próximo a la triple frontera con el Estado boliviano y el Estado brasileño. Su proximidad a la frontera del Estado boliviano es de 8.34 km. La localización del área de investigación puede observarse en el Apéndice 3.1. Mapa de Ubicación del Fundo Violeta.

El área de investigación se seleccionó sobre la base de tres (03) criterios que se muestran a continuación:

- **Accesibilidad:** Puede llegarse tomando una van desde la ciudad de Puerto Maldonado. El viaje toma aproximadamente 1:30 horas.
- **Tamaño:** Tiene una extensión aproximada de 20 hectáreas por lo que su investigación no requiere mucho tiempo ni inversión.
- **Situación geográfica:** Se encuentra frente a la carretera 30C (Carretera Iñapari – Puerto Maldonado). Esto la convierte de forma obligatoria en una zona de amortiguamiento del área boscosa alejada de la carretera y en punto de origen o destino para el desplazamiento de las especies que cruzan la carretera.

Dicha área se extiende sobre 20.0549 ha dentro de un perímetro de 2,250.89 m. La totalidad de las hectáreas se encuentran dentro de la jurisdicción de la Municipalidad distrital de Tahuamanu.

### 3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Para la caracterización física, se seleccionaron una serie de factores ambientales que se describen a continuación.

#### 3.2.1. Clima

Para la identificación del tipo climático del ámbito de estudio, se ha tomado como referencia el estudio de la Clasificación Climática del Perú, elaborado por el SENAMHI en 2006 y basado en el Sistema de Clasificación de Werren Thornthwaite, el cual considera los parámetros de precipitación, temperatura, evaporación y humedad relativa para un periodo de 20 años (1965 – 1984). A continuación se describe el tipo de clima del área de estudio.

Bosque húmedo tropical - B(r) A' H3: Esta subclase corresponde a un clima cálido y con abundantes precipitaciones en todas las estaciones del año, que varían en un rango de 2000-4000 mm/año (perúdic). Como ecosistema propio de los trópicos húmedos, el régimen pluvial es variable a través del año, presentando una temporada de menor precipitación y otra de mayor precipitación. La temporada de menor precipitación corresponde a los meses de junio-agosto, mientras que la época de mayor precipitación comprende los meses de diciembre-marzo.

#### 3.2.2. Variables meteorológicas

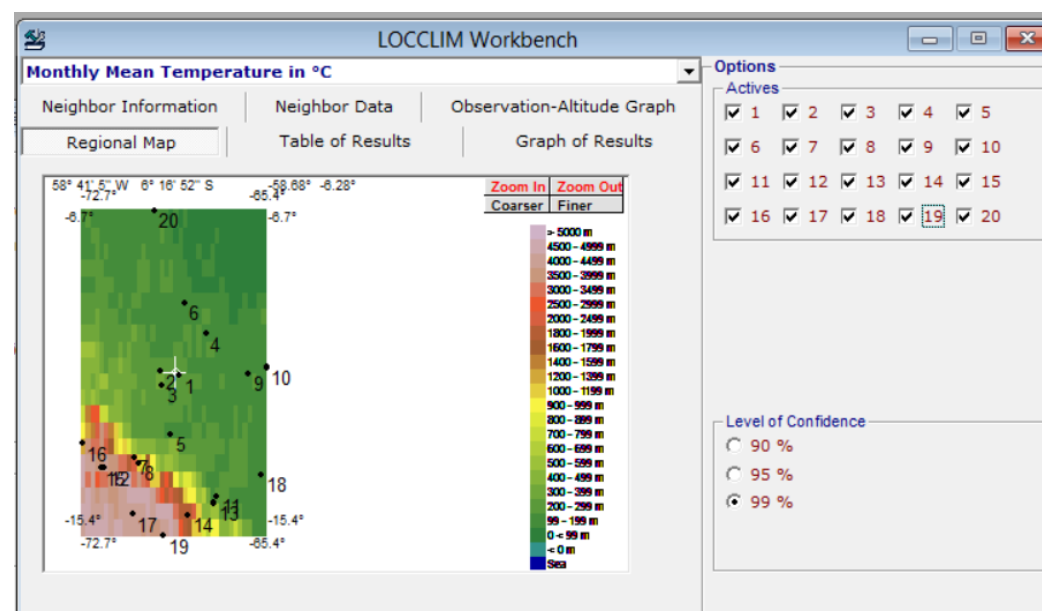
Se optó por la utilización del *software Locclim*<sup>5</sup> (software desarrollado por el Dr. Jürgen Grieser de la FAO), con el cual se generaron gráficos sobre las variables meteorológicas. También se tomaron datos del Boletín N° 123 del INGEMMET (1998) elaborado por Lidia Romero *et al.*

El *software Locclim* provee un estimado de las condiciones climáticas en lugares que no cuentan con datos de parámetros meteorológicos. Este utiliza datos de 28,800 estaciones climáticas de FAOCLIM 2.0, la cual es la base de datos agroclimática financiada por el Grupo Agroclimático de la FAO.

<sup>5</sup> *Locclim* es un software que trabaja con mediciones de latitud y longitud. Significa “Local Climate”, que traducido al castellano es: “Clima Local”.

Se utilizaron veinte (20) estaciones alrededor del área de investigación en diferentes países (Perú, Brasil y Bolivia), ingresando las coordenadas de Longitud  $-69^{\circ} 10'$  y Latitud  $-11^{\circ} 43'$  para una altitud de 300 msnm (coordenadas geográficas y altitud del área de investigación) y utilizando un nivel de confianza del 99% (Gráfico N° 5).

**GRÁFICO 5. ESTACIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA FAO UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE CLIMA.**



Elaboración: Germán López Valenzuela.

En el Gráfico N° 5 se puede observar el *Regional Map* o “Mapa Regional” (denominación del software a la máscara de recorte utilizada para elaborar la triangulación de datos meteorológicos).

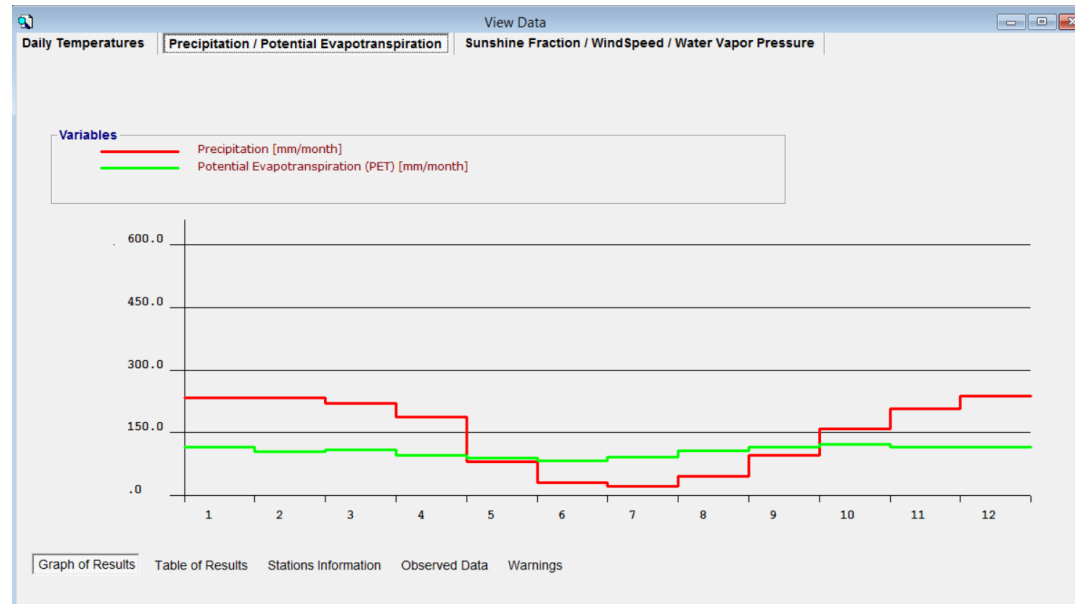
A continuación se describen las variables meteorológicas que afectan al área de investigación.

### 3.2.1.1. Precipitación

El promedio a nivel global nos indica que los bosques tropicales presentan precipitaciones de 2000-5000 mm/año. De acuerdo a Romero, en el caso de Madre de Dios, el promedio anual de precipitación es de 2000 mm/año<sup>6</sup> (1998:19). La época húmeda comprende de diciembre a marzo; mientras que la época seca, de junio a agosto.

<sup>6</sup> Esto determinó la elección de la ecuación alométrica que se aplicó en el capítulo de Estimación del servicio ambiental.

GRÁFICO 6. PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL.



Elaboración: Germán López Valenzuela.

De acuerdo al análisis de los resultados mostrados en el Gráfico N° 6, la precipitación promedio mensual es de 146.8 mm.

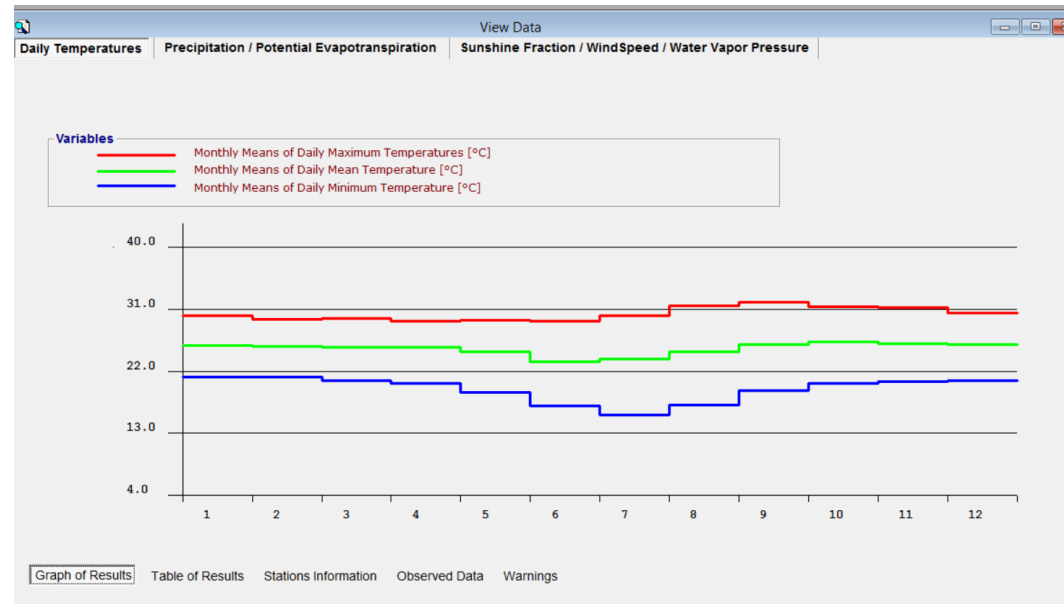
### 3.2.1.2. Temperatura

En promedio a nivel global, la temperatura anual de los bosques tropicales oscila entre 26-28°C (Rutherford 2008:38). De acuerdo a Romero, en el departamento de Madre de Dios, la temperatura mensual oscila entre 24-26°C; los valores máximos alcanzan el rango de 33-36°C en los meses de agosto y setiembre; los mínimos, entre 18-20°C. La temperatura mensual promedio se mantiene también dentro del rango 24-26°C (1998:19).

Entre los meses de mayo a setiembre, existe la posibilidad de que se presente un “friaje” o “surazo”. La población local manifiesta experimentar hasta 3 de estos en fechas alrededor de la Fiesta de San Juan (24 de junio), Fiestas Patrias (28 de julio) y el Aniversario de Santa Rosa de Lima (30 de agosto). Los “surazos” son perturbaciones extratropicales que provienen del Sureste, canalizados por los Andes (Romero, 1998:19) e invaden la Amazonía peruana en forma de masas de aire frío, presentándose en el departamento de Madre de Dios y continuando hacia el Norte por la provincia de la Convención (departamento de Cusco). En el caso de que sean intensos, continúan hacia los departamentos de Ucayali y Loreto (ERM, 2011).

Con el *software Locclim* se realizó el análisis de dichos parámetros para compararlos con la información extraída de Romero.

GRÁFICO 7. PARÁMETROS DE TEMPERATURA MEDIDOS.



Elaboración: Germán López Valenzuela.

De acuerdo al análisis de los datos que se muestran en el Gráfico N° 7, la temperatura promedio mensual es 25.26 °C; las temperaturas máximas se registran en el mes de agosto y setiembre; mientras que las temperaturas mínimas se evidencian en los meses de junio, julio y agosto.

De esta forma, la información obtenida de Romero coincide con la elaborada, dándole validez al uso del *software* para los requerimientos funcionales de la presente investigación.

### [3.2.1.3. Humedad atmosférica relativa](#)

En las estaciones meteorológicas, la humedad atmosférica relativa se calcula en horas de la mañana, en función de las precipitaciones totales y la evapotranspiración de los cursos de agua de la región. De acuerdo a Romero, en el departamento de Madre de Dios se presenta un promedio mayor a 75% (1998:19).

### **3.2.3. Geología**

La información sobre la geología actual del área de investigación corresponde a la carta geológica 24-y "Mavila", elaborada por INGEMMET en 1998, a cargo de Lidia Romero. Así mismo, existen estudios previos de prospección de hidrocarburos y minerales como los realizados por PETROPERÚ: "Evaluación Geológica Preliminar de las Sub-cuencas Ucayali y Madre de Dios" (1978); y la ONERN: "Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la Zona de Iberia – Iñapari" (1980).

#### 3.2.3.1. Geología estructural

El área de investigación se encuentra inmersa estructuralmente en la sub-cuenca Madre de Dios – Beni, cuenca de antearco<sup>7</sup> que se formó debido a eventos tectónicos contraccionales. Dicha sub-cuenca es una unidad morfoestructural cenozoica situada entre los elementos geotectónicos positivos mayores conocidos como Cordillera Oriental, Arco de Fitzcarrald y el Cratón Brasileiro.

#### 3.2.3.2. Geología histórica

El fundo Violeta se encuentra dentro de la Formación Madre de Dios, cuyos materiales constituyen los depósitos de “tierra firme” o depósitos no inundables. Dichos materiales son sedimentos superficiales depositados durante el Plio – Pleistoceno.

#### 3.2.3.3. Geología económica

El departamento de Madre de Dios presenta escasa mineralización metálica, donde se destaca la presencia de oro detrítico<sup>8</sup>.

Por su parte, debido a que el sub-suelo cuenta con rocas sedimentarias de origen marino-continental de grosor considerable, podría ser utilizado como reservorio y además guardar la posibilidad de almacenar petróleo. Sin embargo, no es interesante como zona generadora de petróleo debido al grosor delgado del Cretáceo<sup>9</sup>.

Finalmente, existe potencial de recursos no metálicos para la construcción (arena, arcilla, grava y hierro), los cuales no se desarrollaron debido a la falta de acceso. Por lo pronto, las principales actividades económicas se enfocan en la minería artesanal, la explotación maderera, la comercialización de castaña, la ganadería y la pesca.

#### 3.2.3.4. Geología ambiental

Debido a que el área de estudio se encuentra en un llano, en esta parte se tratarán solamente dos (02) procesos geodinámicos: a) la erosión fluvial y b) los factores humanos, que puedan ocasionar impactos directos o indirectos al fundo Violeta.

##### **a. Erosión fluvial**

Los ríos del departamento de Madre de Dios son de tipo meándrico y se caracterizan por su intensa acción hidráulica que ocasiona que cambien de curso y formen nuevos cauces. Sin embargo, no se esperan cambios a corto plazo en el fundo Violeta. El curso de agua más cercano al fundo es la quebrada San Pedro, la cual se encuentra a 330 m hacia el Noreste.

<sup>7</sup> Es el espacio entre una fosa y el continente en un evento continuo de subducción.

<sup>8</sup> El oro detrítico es producto de la degradación de yacimientos auríferos primarios emplazados en rocas paleozoicas (formaciones Sandia y Ananea). Diversos agentes exógenos lo removieron de sus rocas encajonantes para transportarlos por los cursos de agua que descienden desde la Cordillera Oriental y formar depósitos aluviales.

<sup>9</sup> En la actualidad, sin embargo, en la provincia de Manu se encuentra el Lote de Contrato de exploración N° 76, perteneciente a HUNT OIL EXPLORATION AND PRODUCTION con un área de 1'071,290.083 ha (tiene como área efectiva de trabajo 235 ha) y el pozo exploratorio de Karene-46-49-3X. Por su parte, en la provincia de Tambopata, se encuentran los siguientes pozos exploratorios: Los amigos 2X; Río Cariyacu-46-9-1X; Pariamanu 1X; y Puerto Primo 2X. Fuente: PERUPETRO.

#### **b. Factores humanos**

Se observa deforestación en los centros poblados de la provincia de Tahuamanu debido al comercio formal e informal de los diferentes tipos de madera (en especial de cedro y caoba). Las áreas desboscadas suelen ser utilizadas para la realización de actividades agrícolas. En el caso del fundo Violeta, se observó tala ilegal de árboles. (Apéndice 1.1. y 1.2.).

#### **3.2.4. Capacidad de Uso Mayor de Tierras**

En el área de investigación, se identificó un solo tipo de suelo de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor de Suelo.

##### 3.2.4.1. Subclase P2s – F1e

De acuerdo al mapa de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, realizado por ONERN en 1981, el área de investigación cuenta con Tierras no aptas para fines agrícolas. Sin embargo, reúne características que permiten la propagación de pastos (naturales y cultivados), con calidad agrológica media del suelo (P2s) y alta erosión (F1e). Puede consultarse el Apéndice 3.2. Mapa de Capacidad de Uso Mayor de Tierras.

#### **3.2.5. Hidrología**

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Madre de Dios, específicamente dentro de la cuenca Orthon. Se ubica al sur del río Muyumanu y aproximadamente a 330 m de la quebrada San Pedro. Puede consultarse el Apéndice 3.3. Mapa de Cuencas Hidrográficas.

#### **3.2.6. Fisiografía**

El área de estudio se encuentra en una planicie no inundable según INGEMMET. Dichas planicies están constituidas por capas delgadas de suelo arcilloso, sedimentos cuaternarios de la Formación Madre de Dios. Puede consultarse el Apéndice 3.4. Mapa de Fisiografía.

### **3.3. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA**

Debido a las limitaciones de tiempo y presupuesto, la caracterización biológica presentada a continuación corresponde al cuadrante 24-y “Mavila”, el cual abarca el área de investigación.

#### **3.3.1. Flora**

De acuerdo a Romero *et al*, existe una vegetación arbustiva (Chamizal), característica de las zonas aledañas a los ríos De las Piedras, Tahuamanu, Manuripe y Acre (1998: 35). También, se presenta la *Bertholletia excelsa*, también conocida como “castaña” o “el oro de Madre de Dios”. A continuación, se detalla un listado de las especies más representativas del área de investigación:

TABLA 2. ESPECIES DE FLORA MÁS REPRESENTATIVAS DEL FUNDO VIOLETA.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Utilidad
Lecythidaceae	<i>Bertholletia excelsa</i>	Castaña	Frutos secos
Urticaceae	<i>Cecropia tessmannii</i>	Cetico	Elaboración de papel
Urticaceae	<i>Cecropia ferreira</i>	Cetico	
Bombacaceae	<i>Ochroma lagopus</i>	Palo de balsa (topa)	Construcción de balsas
Malvaceae	<i>Ceiba pentrandia</i>	Huimba	Frutal
Lauraceae	<i>Aniba rosaeodora</i>	Palo de rosa	Perfumería
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Ebanistería
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	
Fabaceae	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Tipo cedro	
Meliaceae	<i>Trichilia tocachiana</i>	Lupuna	
Lauraceae	<i>Chuba pucheryminos</i>	Mohena amarilla	
Fabaceae	<i>Anuburana cearensis</i>	Ishpingo (Roble criollo)	
Moraceae	<i>Brosimum uleanum</i>	Manchinga	
Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Capirona	Combustible
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Atadijo	Construcción de viviendas
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i>	Catahua	Veneno
Olacaceae	<i>Heisteria pallida</i>	Chuchuhuasi	Alcohol
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Shiringa	Extracción de jebe
Moraceae	<i>Castilla ulei</i>	Caucho negro	Uso industrial
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis caapi</i>	Ayahuasca	Alucinógeno

Fuente: Romero, Lidia. 1998.

Elaboración y complementación: Germán López Valenzuela. 2014.

### 3.3.2. Fauna

La llanura amazónica de Madre de Dios pertenece a la gran división zoogeográfica llamada "Dominio Amazónico" que constituye el origen y lugar de evolución de las especies de la selva amazónica. Dicha evolución varía de acuerdo sea a la altura del suelo, sotobosque, troncos, dosel secundario y dosel superior (Romero, 1998:36).

#### [3.3.2.1. Fauna del suelo](#)

La fauna observada en el suelo comprende terminas, hormigas, coleópteros, planarias terrestres, lombrices, miriápodos y arañas.

#### [3.3.2.2. Fauna terrestre del sotobosque](#)

##### a. Anfibios y ofidios

No se observaron anfibios ni ofidios. Sin embargo, de acuerdo a Romero, Lidia (1998), en el área podrían encontrarse las especies listadas en la siguiente tabla.



**TABLA 3. ESPECIES DE ANFIBIOS Y OFIDIOS MÁS REPRESENTATIVOS DEL CUADRANTE 24-Y MÁVILA.**

Familia	Nombre científico	Nombre común
<b>Anfibios</b>		
Bufonidae	<i>Bufo marinus</i>	Sapo gigante
Testudinidae	<i>Chelonoidis denticulata</i> (antiguamente conocido como <i>Geochelone denticulata</i> )	Tortuga terrestre de patas amarillas, también conocida como motelo o morrocoy amazónico.
Testudinidae	<i>Chelonoidis carbonaria</i> (antiguamente conocido como <i>Geochelone carbonaria</i> )	Tortuga terrestre de patas rojas, también conocida como "morrocoy sabanero."
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys annulata</i>	Tortuga montañera o tortuga trueno
<b>Ofidios</b>		
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa
Viperidae	<i>Lachesis muta</i>	Shushupe

Fuente: Romero, Lidia. 1998.

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

#### **b. Mamíferos terrestres**

No se observaron mamíferos terrestres. Sin embargo, de acuerdo a Romero, Lidia (1998), en el área podrían encontrarse las siguientes especies listadas.

**TABLA 4. ESPECIES DE MAMÍFEROS TERRESTRES MÁS REPRESENTATIVAS DEL CUADRANTE 24-Y MÁVILA.**

Familia	Nombre científico	Nombre común
Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Sachavaca
Cervidae	<i>Mazama americana</i>	Venado colorado
Cervidae	<i>Mazama gouazoubira</i>	Venado plumizo
Cuniculidae	<i>Agouti paca</i>	Majaz
Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>	Punchana
Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i>	Sajino
Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	Huangana
Felidae	<i>Felis concolor</i>	Puma
Felidae	<i>Felis onca</i>	Jaguar u otorongo
Felidae	<i>Felis pardalis</i>	Ocelote

Fuente: Romero, Lidia. 1998.

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

#### **3.3.2.3. Fauna de los troncos y coronas inferiores**

De acuerdo a Romero, en este estrato se hallan mariposas *Caligo* sp., *Morpho* sp., y de las familias Heliconiidae e Ithoniidae. Por otra parte, se encuentran comejenes, hormigas, avispas y abejas. Finalmente, no se observaron aves pero podrían

encontrarse las siguientes aves trepadoras, hormigueras, carpinteros y picaflores (1998:37).

#### [3.3.2.4. Fauna de las coronas](#)

De acuerdo a Romero, la fauna característica de este estrato está compuesta por monos, aves, murciélagos (*Desmodus rotundus*), ardillas, anfibios, lagartijas, salamaquejas, ofidios, loros, osos perezosos, tigrillos, osos hormigueros y papagayos (1998:37).

## CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló de acuerdo a la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” (2009), metodología perteneciente al *World Agroforestry Center* (ICRAF) para la determinación de carbono. Se aplicó dicha metodología por las siguientes razones: (i) la aplicación de la metodología no requiere instrumentos de medición costosos ni sofisticados y (ii) el diseño de las áreas de muestreo y la respectiva toma de muestras son sencillas. En conclusión, puede replicarse con facilidad en áreas de similares características biogeográficas.

La metodología consistió de seis (06) etapas. En la etapa N° 01 se realizó la planificación en gabinete, la cual comprendió las actividades que se realizaron en campo, la determinación del área de cobertura de investigación tanto en el fundo con bosque primario y el fundo con actividad agrícola, su estratificación, así como qué depósitos de carbono fueron medidos. La etapa N° 02 comprendió la implementación de las parcelas de muestreo; es decir, la determinación del tipo, tamaño, número, localización e instalación de las parcelas de análisis. Esta etapa requirió realizar un viaje al área de estudio seleccionada para tomar muestras con las cuales se determinó el número de parcelas que se realizaron en la etapa siguiente. La etapa N° 03 requirió un segundo viaje al área de estudio donde se estimó la biomasa de los diferentes depósitos seleccionados (vegetación arbórea, vegetación no arbórea y detritos y hojarasca) para ambos fundos, dependiendo de su existencia. Las siguientes etapas se realizaron en gabinete. En la etapa N° 04 se determinaron los *stocks* de carbono para cada depósito. En la etapa N° 05 se realizó la estimación del servicio ambiental. Finalmente, en la etapa N° 06, se valoró económicamente la capacidad de almacenamiento de carbono para cada fundo y se elaboraron los resultados y conclusiones.

### 4.1. ETAPA N° 01: PLANIFICACIÓN EN GABINETE

La planificación en gabinete incluyó las reuniones con la asesora de tesis, la búsqueda y recopilación de datos e información virtual y física. Específicamente, consistió en las siguientes fases:

- **Fase N° 1: Determinación del área de cobertura de la investigación.** El área que se utilizó está contenida dentro del fundo con bosque primario y es la misma que la parcela de vegetación arbórea. De acuerdo a la metodología del ICRAF, se utilizó una parcela rectangular de 20 x 100 (2000 m<sup>2</sup>) para la medición de árboles (vegetación arbórea) con dap superior a 30 cm. Dentro de esta parcela se encuentran las cuatro (04) sub-parcelas de vegetación no arbórea y las cuatro (04) sub-parcelas de detritos y hojarasca. Cabe mencionar que de acuerdo a otro método para la medición de árboles, mencionado por Dierschke (2011:56-57, indicado por Dierssen en 1994), conocido como el análisis Braun-Blanquet, el área mínima de muestreo arbóreo es de 50m x 50m (2500 m<sup>2</sup>). Sin embargo,

este último método es de mayor utilidad para analizar la relación entre la composición florística y la ecología de un lugar, lo cual difiere del análisis de los depósitos de carbono.

- Fase N° 2: Estratificación del área de investigación.** El fundo con bosque primario es un área mínimamente intervenida, con vegetación primaria, de relieve plano y pequeña extensión (20.0549 ha), por lo que se lo consideró en su totalidad como perteneciente a un solo estrato. Cabe mencionar que se encuentra dentro de la zona de vida Bosque húmedo tropical. Esta consideración es igualmente válida para el fundo vecino o con actividad agrícola ya que presenta un relieve plano y es de una extensión aún menor (2 ha).
- Fase N° 3: Determinación de los depósitos de carbono a medir.** Esta fase se basó sobre la “Guía de las buenas prácticas del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y bosques” (GBP UTCUTS). Se seleccionó el tipo de proyecto “Conservación del bosque” (Tabla N° 5), dentro del cual se seleccionaron los siguientes depósitos: (i) “S” o “Necesarios” (árboles o vegetación arbórea; y hojarasca) y (ii) “T” o “Quizás” (vegetación no arbórea). Dichos depósitos fueron seleccionados bajo criterios de costo y logística. Por ejemplo, según el ICRAF (2009:39, indicado por Schegel *et al* en 2001), el muestreo de raíces arbóreas tiene un alto costo, alcanzando los USD 120.00 por raíz muestreada. Por su parte, el muestreo de madera muerta hubiese presentado una alta dificultad y costo de transporte. Finalmente, el muestreo de suelo requería 96 muestras (alto costo de análisis en laboratorio).

**TABLA 5. TIPOS DE DEPÓSITOS DE CARBONO DE ACUERDO A LA GBP UTCUTS. 2014.**

Tipo De Proyecto	Tipos De Depósitos De Carbono						Objetivo
	Biomasa viva			Biomasa muerta		Suelo	
	Árboles	Vegetación no arbórea	Raíces	Madera muerta	Hojarasca		
Conservación del bosque	S	T	R	T	S	R	Reducción de emisión de CO <sub>2</sub>
Manejo forestal sostenible	S	T	R	T	S	T	
Restaurar vegetación nativa	S	T	R	S	S	T	Reforestación (captura de CO <sub>2</sub> )
Plantaciones forestales	S	N	R	T	T	R	
Plantaciones agroforestales	S	S	T	S	S	R	

S: Necesario; R: Recomendado; N: No recomendado; T: Quizás, dependiendo de las exigencias del mercado.

Fuente: *World Agroforestry Centre* (ICRAF). 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales.

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

#### 4.2. ETAPA N° 02: IMPLEMENTACIÓN DE PARCELAS DE MUESTREO

Esta etapa se realizó entre el 12 – 16 de agosto de 2013 y comprendió las siguientes fases:

- **Fase N° 1: Tipo de parcelas.** El tipo de parcelas de muestreo es permanente porque teóricamente permitiría realizar un próximo muestreo y analizar la variabilidad de las reservas de carbono de un año a otro. En la práctica, el monitoreo no se realizará debido a que escapa al alcance de la presente investigación.
- **Fase N° 2: Tamaño de las parcelas.** En cuanto al tamaño de las parcelas, se decidió aumentar su tamaño y reducir su número ya que el transporte de materiales dentro del área de estudio es complicado debido a la densidad de la vegetación arbórea y arbustiva, y hubiese incrementado los costos de muestreo. El tamaño de las parcelas varía de acuerdo al tipo de depósito de carbono a medir, siendo estas las medidas: (i) depósito de vegetación arbórea: 20 m x 100 m (2000 m<sup>2</sup>); (ii) depósito de vegetación no arbórea: 0.5 m x 0.5 m (0.25 m<sup>2</sup>); y (iii) depósito de detritos y hojarasca: 0.5 m x 0.5 m (0.25 m<sup>2</sup>).
- **Fase N° 3: Número de parcelas.** En tercer lugar, con respecto al número de las parcelas se siguió lo estipulado por el ICRAF, el cual indica que se debe realizar un muestreo previo de los diferentes depósitos para la medición de carbono con un determinado nivel de confianza. Con ello se debe obtener un estimado de la varianza existente para cada tipo de depósito en cada estrato y con 4 a 8 repeticiones para que tenga validez estadística (2009:16).

Se consideró la apertura de cuatro (04) parcelas de muestreo para cada uno de los depósitos siguientes: (i) vegetación no arbórea y (ii) detritos y hojarasca, distribuidas de forma sistemática dentro de la parcela de vegetación arbórea sobre la base de los siguientes cálculos.

##### **Cálculo del número de parcelas para vegetación no arbórea**

**Paso N° 01:** Las muestras fueron llevadas a laboratorio donde se determinó el porcentaje de carbono presente en las muestras a través del Método de Walkley y Black. Para hallar la cantidad de C en biomasa (kg), se multiplicó la muestra de materia fresca (kg) por el porcentaje de carbono. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA 6. CÁLCULO DEL CARBONO EN BIOMASA (KG) DE LAS MUESTRAS DE VEGETACIÓN NO ARBÓREA.**

Índice	Muestras de vegetación no arbórea (VNA)				Total C en biomasa (kg)
	VNA-1	VNA-2	VNA-3	VNA-4	
MF muestra (kg)	1.155	1.2	1.48	1.575	2.5282875
C (%)	50.3	48.12	45.15	44.55	
C en biomasa (kg)	0.58097	0.5774	0.6682	0.701663	

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

VNA: Vegetación no arbórea.

C: Carbono.

MF: Muestra fresca.

**Paso N° 02:** Se calculó el promedio, desviación estándar y varianza del stock de carbono de los datos preliminares, obteniéndose un promedio de 0.632072 kg y una desviación estándar equivalente a 0.0541895.

**Paso N° 03:** Se calculó el número de parcelas requeridas mediante la fórmula genérica para un único estrato.

$$n = [(N \times S)^2] / [(N^2 \times E^2) / t^2 + (N \times S^2)]$$

Donde:

n: Número de parcelas

E: Error permitido (promedio por nivel de precisión seleccionado)

t: Muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza (generalmente se utiliza 2 como número de muestra)

N: Número de parcelas en el área del estrato (área del estrato dividida por el tamaño de la parcela en hectáreas)

S: Desviación estándar del estrato

La información con la que se cuenta se muestra a continuación:

**TABLA 7. DATOS BASE PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PARCELAS DE VEGETACIÓN NO ARBÓREA (VNA).**

E	0.063207
t	2
N	802196
s	0.0541895

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

E: Error permitido (promedio por nivel de precisión seleccionado)

t: Muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza (generalmente se utiliza 2 como número de muestra)

N: Número de parcelas en el área del estrato (área del estrato dividida por el tamaño de la parcela en hectáreas)

S: Desviación estándar del estrato

El desarrollo de la fórmula genérica para el cálculo del número de parcelas para vegetación no arbórea se muestra a continuación:

$$n = [(802196 \times 0.0541895)^2] / [(802196)^2 \times (0.06320719)^2 / (2)^2 + 802196 \times (0.0541895)^2]$$

$$n = 1\ 889\ 704\ 933 / 642\ 740\ 329.9$$

$$n = 2.940075245 \text{ o } 3, \text{ aproximadamente.}$$

**Cálculo del número de parcelas para hojarasca**

Para este cálculo se utilizó el mismo procedimiento que para el caso de la vegetación no arbórea.

**Paso N° 01:** En laboratorio, se determinó el porcentaje de carbono presente en las muestras a través del Método de Walkley y Black.

**TABLA 8. CÁLCULO DEL CARBONO EN BIOMASA (KG) DE LAS MUESTRAS DE HOJARASCA.**

Índice	Muestras de hojarasca				Total C en biomasa (kg)
	D1	D2	D3	D4	
MF muestra (kg)	0.5	0.48	0.55	0.4	
C (%)	41.39	45.54	44.36	46.93	
C en biomasa (kg)	0.20695	0.218592	0.24398	0.18772	0.857242

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

D: Detritos y hojarasca.

C: Carbono.

MF: Muestra fresca.

**Paso N° 02:** Se calculó el promedio, desviación estándar y varianza del stock de carbono de los datos preliminares, obteniéndose un promedio igual a 0.2143105 kg y una desviación estándar equivalente a 0.0203706.

**TABLA 9. CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.**

Muestras	Peso (Kg)	Diferencia entre peso y promedio (Kg)	x2
D1	0.20695	0.0073605	5.42E-05
D2	0.218592	-0.0042815	1.83E-05
D3	0.24398	-0.0296695	0.0008803
D4	0.18772	0.0265905	0.0007071
Σ (x2)			0.0016598
Varianza (s2)			0.000415
s			0.0203706

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

D: Detritos y hojarasca.

X<sup>2</sup>: Diferencias elevadas al cuadrado.

Σ (X<sup>2</sup>): Sumatoria de cuadrados.

S<sup>2</sup>: Varianza.

S: Desviación estándar.

**Paso N° 03:** Se calculó el número de parcelas requeridas para un único estrato mediante la fórmula genérica que se muestra a continuación.

$$n = [(N \times S)^2] / [(N^2 \times E^2) / t^2 + (N \times S^2)]$$

Donde:

n: Número de parcelas

E: Error permitido (promedio por nivel de precisión seleccionado)

t: Muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza (generalmente se utiliza 2 como número de muestra)

N: Número de parcelas en el área del estrato (área del estrato dividida por el tamaño de la parcela en hectáreas)

S: Desviación estándar del estrato.

La información con la que se cuenta se muestra a continuación:

**TABLA 10. DATOS BASE PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE PARCELAS DE HOJARASCA.**

E	0.02143105
t	2
N	802196
s	0.02037057

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

E: Error permitido (promedio por nivel de precisión seleccionado)

t: Muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza (generalmente se utiliza 2 como número de muestra)

N: Número de parcelas en el área del estrato (área del estrato dividida por el tamaño de la parcela en hectáreas)

S: Desviación estándar del estrato.

El desarrollo de la fórmula genérica para el cálculo del número de parcelas para vegetación no arbórea se muestra a continuación:

$$n = [(802196 \times 0.02143105)^2] / [(802196)^2 \times (0.02143105)^2 / (2)^2 + 802196 \times (0.02037057)^2]$$

$$n = 267\,034\,483.2 / 73\,890\,711.51$$

$$n = 3.613911377$$

$$n = 4 \text{ aprox.}$$

De esta forma, el número de parcelas a realizar es 4 por área de estudio.

- **Fase N° 4: Localización de las parcelas.** La localización de la parcela de vegetación arbórea se realizó alejado de al menos 45 m de cualquier límite del fundo con bosque primario o camino (trocha) realizado por el hombre, siendo establecido en un lugar no muy adentrado dadas las dificultades de movimiento y transporte por la densidad de la vegetación.

Las parcelas de muestreo de vegetación no arbórea y hojarasca se localizaron en las mismas coordenadas UTM y, a su vez, dentro de la parcela mayor destinada a la vegetación arbórea. De esta forma, se consideraron sub-parcelas. Tanto las coordenadas de la parcela de vegetación arbórea así como de las sub-parcelas mencionadas se muestran en las tablas a continuación.



TABLA 11. COORDENADAS DE LA PARCELA DE VEGETACIÓN ARBÓREA.

Coordenadas UTM de la parcela de vegetación arbórea		
Puntos	X	Y
A	481600	8703000
B	481620	8703000
C	481600	8702900
D	481620	8702900

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

Los puntos A, B, C y D representan los vértices de la parcela de vegetación arbórea.

TABLA 12. COORDENADAS DE LAS SUB-PARCELAS.

Coordenadas UTM de las sub-parcelas (Vegetación no arbórea y hojarasca)		
Puntos	X	Y
SP-1	481608	8702975
SP-2	481617	8702980
SP-3	481610	8702927
SP-4	481619	8702937

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

Los puntos SP-1, SP-2, SP-3 y SP-4 representan la localización de las sub-parcelas. No se tomaron puntos de los vértices dado su pequeño tamaño.

Se recomienda consultar el plano del fundo Violeta en el APÉNDICE 3.5.

- **Fase N° 5: Instalación de las parcelas.** La demarcación de las parcelas se realizó utilizando hilo de pescar, pintura acrílica y detritos del área muestreada.

#### 4.3. ETAPA N° 03: ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA

Esta etapa significó el segundo viaje al área de estudio del 19 al 22 de marzo de 2014.

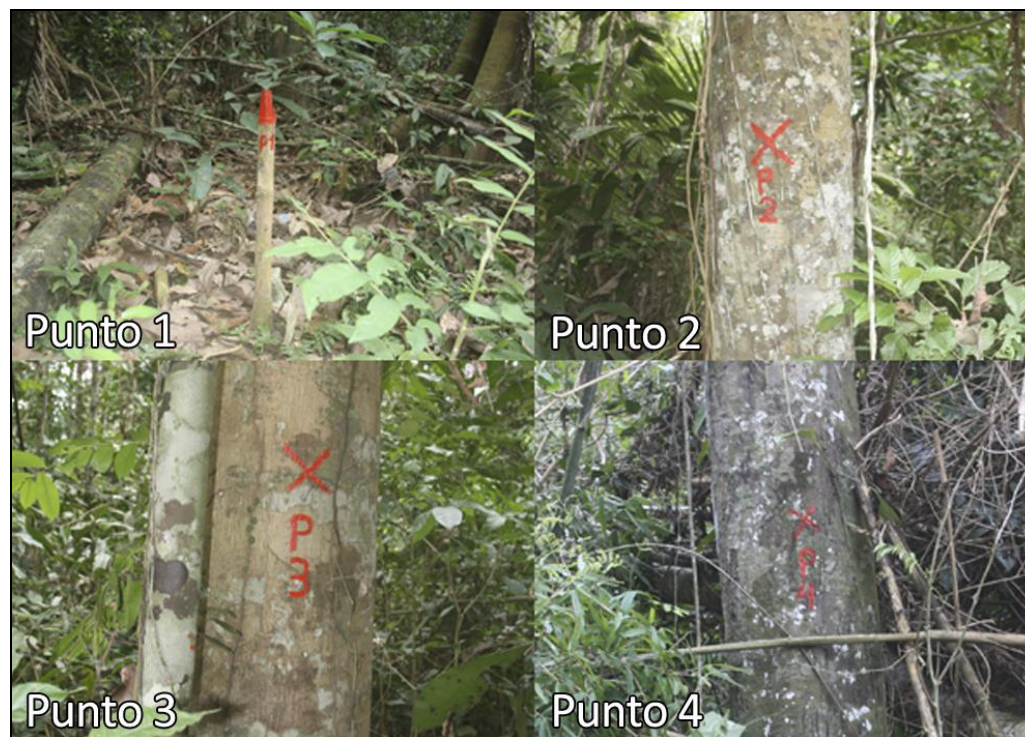
Cabe recordar que la estimación de la biomasa depende del depósito de carbono a medir.

##### 4.3.1. Estimación de biomasa en la vegetación arbórea

En el caso de la vegetación arbórea, según la metodología del ICRAF, se escogió el método indirecto (no destructivo), el cual consiste en la utilización de ecuaciones alométricas que permiten relacionar algunas dimensiones básicas que pueden ser obtenidas durante el trabajo de campo sin dañar a los árboles. Esta estimación se realizó solo para el fundo con bosque primario ya que el fundo con actividad agrícola no presentaba ninguno. A continuación se muestra el procedimiento de estimación:

**Paso N° 01:** Se establecieron los vértices de la parcela de 20 m x 100 m (2000 m<sup>2</sup>) mediante el uso de un GPS y una cinta métrica metálica de 50 m. Los vértices fueron árboles de tamaño significativo, fácilmente reconocibles y que se muestran a continuación en el siguiente *collage* de fotografías.

FOTOGRAFÍA 2. VÉRTICES DE LA PARCELA DE VEGETACIÓN ARBÓREA SELECCIONADOS: P1, P2, P3 Y P4.



Fotografía: Luciana Vásquez Ríos. 2014.

**Paso N° 02:** En este caso, dado que las dificultades para observar y medir las copas de los árboles en áreas densamente forestadas podrían ocasionar un error muestral, se utilizó el dap<sup>10</sup> como única variable para calcular la biomasa total de los árboles mediante la ecuación alométrica<sup>11</sup> para maderas duras de zonas húmedas tropicales (precipitación entre 2000 – 4000 mm/año, tipo perúdic). La ecuación se muestra a continuación:

$$Y = \exp \{-2.289 + 2.649 \times \ln (\text{dap}) - 0.021 \times [\ln (\text{dap})]^2\}$$

Donde:

Y: Materia seca sobre el suelo en kg de materia seca por árbol.

dap: Diámetro a la altura del pecho (130 cm).

ln: Logaritmo natural.

exp: "elevado a la potencia de".

<sup>10</sup> Diámetro a la altura del pecho (1.30 m).

<sup>11</sup> Una ecuación alométrica tiene la siguiente estructura:  $B_{AU} = f(\text{datos dimensionales})$ ; donde,  $B_{AU}$ : Biomasa arbórea sobre el suelo de una unidad, en kg de materia seca por árbol (kg M.S./árbol) y  $f$  (datos dimensionales): Ecuación alométrica que relaciona la biomasa sobre el suelo (kg M.S./árbol) con los datos dimensionales medidos en campo (i.e. dap, altura total del árbol, entre otros).

**Paso N° 03:** Luego de calcular la biomasa arbórea unitaria, se halló la biomasa arbórea por hectárea a través de la siguiente fórmula:

$$B_A = (\Sigma_{AU} / 1000) \times (10\ 000 / \text{área de la parcela en m}^2)$$

Donde:

$B_A$ : Biomasa arbórea sobre el suelo

$\Sigma_{AU}$ : Sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela (kg M.S./área de la parcela)

Factor 1000: Conversión de las unidades de la muestra de kg M.S./ t M.S.

Factor 10 000: Conversión del área (m<sup>2</sup>) a hectáreas.

#### 4.3.2. Estimación de biomasa en la vegetación no arbórea

La presente estimación se realizó para ambos fundos, lo que consiste en la construcción de cuatro (04) sub-parcelas de vegetación no arbórea dentro del fundo con bosque primario, en la parcela de vegetación arbórea. A continuación se describe el procedimiento:

**Paso N° 01:** En el caso del fundo con bosque primario, dada la densidad de la vegetación, no se utilizó un marco. Se optó por seleccionar áreas representativas del estrato dentro de la parcela forestal (en lo posible con distribución sistemática) para el establecimiento de las parcelas para la medición de la biomasa de la vegetación no arbórea. Luego, se construyó el perímetro de las parcelas de medidas 50 cm x 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>) utilizando hilo para pescar y mantillo.

En el caso del fundo con actividad agrícola, la densidad de la vegetación no era alta, por lo que no se utilizó un marco y se optó por seleccionar áreas representativas del estrato dentro de la parcela forestal para el establecimiento de las parcelas para la medición de la biomasa de la vegetación no arbórea debido a que los cultivos se encontraban distribuidos en parches aleatorios a lo largo del fundo vecino. Luego, se construyó el perímetro de las parcelas utilizando los mismos materiales que para el fundo con bosque primario.

**Paso N° 02:** Se cortó a ras del suelo todo el material localizado dentro del perímetro de cada sub-parcela y se le pesó con una balanza simple que se adquirió en uno de los mercados de Puerto Maldonado.

**Paso N° 03:** De cada muestra fresca se obtuvo una sub-muestra de 200g que se guardó en bolsas de plástico correctamente identificadas para su posterior envío al laboratorio.

#### 4.3.3. Estimación de biomasa en los detritos y hojarasca

La presente estimación se realizó solamente para el fundo con bosque primario y consiste en el uso de las cuatro (04) sub-parcelas de vegetación arbórea pre-existentes. A continuación se describe el procedimiento:

Como en el caso de la vegetación no arbórea, las parcelas para el cálculo de hojarasca pueden ser localizadas dentro de la parcela forestal establecida. Estas

cuatro (04) sub-parcelas tienen un tamaño de 50 cm x 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>) cada una. A continuación, se muestra el procedimiento de cálculo.

**Paso N° 01:** *Idem* al descrito previamente para la vegetación no arbórea (acápites 4.2.1.2.).

**Paso N° 02:** Se colectó todo el material localizado dentro de los límites y se le pesó.

**Paso N° 03:** De cada muestra fresca se obtuvo una sub-muestra de 200g que se guardó en bolsas de plástico correctamente identificadas para su posterior envío al laboratorio.

#### 4.4. ETAPA N° 04: DETERMINACIÓN DE STOCKS DE CARBONO

##### 4.4.1. Determinación del stock de carbono en la vegetación arbórea

El cálculo del *stock* de carbono en la vegetación arbórea se calculó por hectárea utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta C_{BA} = (B_A \times CF)$$

Donde:

$\Delta C_{BA}$ : Cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo (t C/ha)

$B_A$ : Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha)

CF: Fracción de carbono (t C/t MS). El valor estándar del IPCC para CF es 0.5.

##### 4.4.2. Determinación del stock de carbono en la vegetación no arbórea

La determinación del *stock* de carbono de la vegetación no arbórea se realizó en laboratorio siguiendo el siguiente procedimiento:

**Paso N° 01:** Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60°C hasta obtener un peso constante. De esta forma, se determinó la relación entre materia seca y húmeda. A continuación, se muestra la fórmula que fue utilizada.

$$MS_{MUESTRA} = (MF_{SUB-MUESTRA} / MS_{SUB-MUESTRA}) \times MF_{MUESTRA}$$

Donde:

$MS_{MUESTRA}$ : Materia fresca de la muestra (kg/ 0.25 m<sup>2</sup> para vegetación arbustiva de pequeño porte)

$MF_{SUB-MUESTRA}$ : Materia fresca (kg) de la sub-muestra llevada para la determinación de la cantidad de humedad

$MS_{SUB-MUESTRA}$ : Materia seca (kg) de la sub-muestra llevada para la determinación de la cantidad de humedad

$MF_{MUESTRA}$ : Materia fresca de la muestra (kg/ 0.25 m<sup>2</sup> para vegetación arbustiva de pequeño porte)

**Paso N° 02:** Se calculó la cantidad de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea mediante la siguiente fórmula.

$$\Delta C_{BN MUESTRA} = MS_{MUESTRA} \times CF$$

Donde:

$\Delta C_{BN \text{ MUESTRA}}$ : Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra de vegetación no arbórea (kg/ 0.25 m<sup>2</sup>)  
CF: Fracción de carbono (kg C/kg MS) determinada en el laboratorio o utilizando el padrón del IPCC = 0.5.

**Paso N° 03:** Se calculó la cantidad de carbono en la biomasa de la muestra de vegetación no arbórea por hectárea mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta C_{BN} \text{ (t C/ha)} = (10\,000 \text{ m}^2 / 0.25 \text{ m}^2) \times [(\sum \Delta C_{BN \text{ MUESTRA}} / N^{\circ} \text{ de muestras}) / 1000]$$

Donde:

$\Delta C_{BN}$  (t C/ha): Cantidad de carbono en la biomasa de vegetación no arbórea por hectárea (t C/ha)  
 $\sum \Delta C_{BN \text{ MUESTRA}}$ : Sumatoria de la cantidad de carbono de todas las muestras (kg C/ 0.25 m<sup>2</sup>)

#### 4.4.3. Determinación del stock de carbono en los detritos y hojarasca

Aquí se aplicaron los mismos pasos (N° 01, 02 y 03) del procedimiento explicado para obtener el *stock* de carbono para la vegetación no arbórea.

#### 4.5. ETAPA N° 05: ESTIMACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL

De acuerdo a FOREST TRENDS, sobre la base de los pesos moleculares (44/12), una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas de CO<sub>2</sub>e. De esta forma, para saber la cantidad de CO<sub>2</sub>e capturado (servicio ambiental), se multiplicó la cantidad del *stock* de carbono por el valor numérico 3.67 (2010:5). A continuación se muestra la fórmula que se utilizó.

$$CO_2e = \Delta C_{TOTAL} \text{ (t C/fundo Violeta)} \times 3.67$$

Donde:

CO<sub>2</sub>e: Dióxido de carbono equivalente.  
 $\Delta C_{TOTAL}$ : Cantidad de carbono total en la biomasa.  
3.67: Factor de conversión.

#### 4.6. ETAPA N° 06: VALORACIÓN ECONÓMICA

Esta última etapa comprendió la estimación económica del servicio ambiental de captura de carbono en ambos fundos a través de la multiplicación del valor dado para la estimación ambiental (Etapa N° 05) y el valor monetario sugerido para la emisión de dióxido de carbono equivalente por cada tonelada.

Este cálculo se observa a través de la siguiente fórmula:

$$VE = t \text{ CO}_2 \times P$$

Donde:

t CO<sub>2</sub>: Toneladas fijadas en el fundo

P: Precio utilizado para cada tonelada de CO<sub>2</sub>; en este caso, el indicado por Sohngen y Beach, USD 27.25.

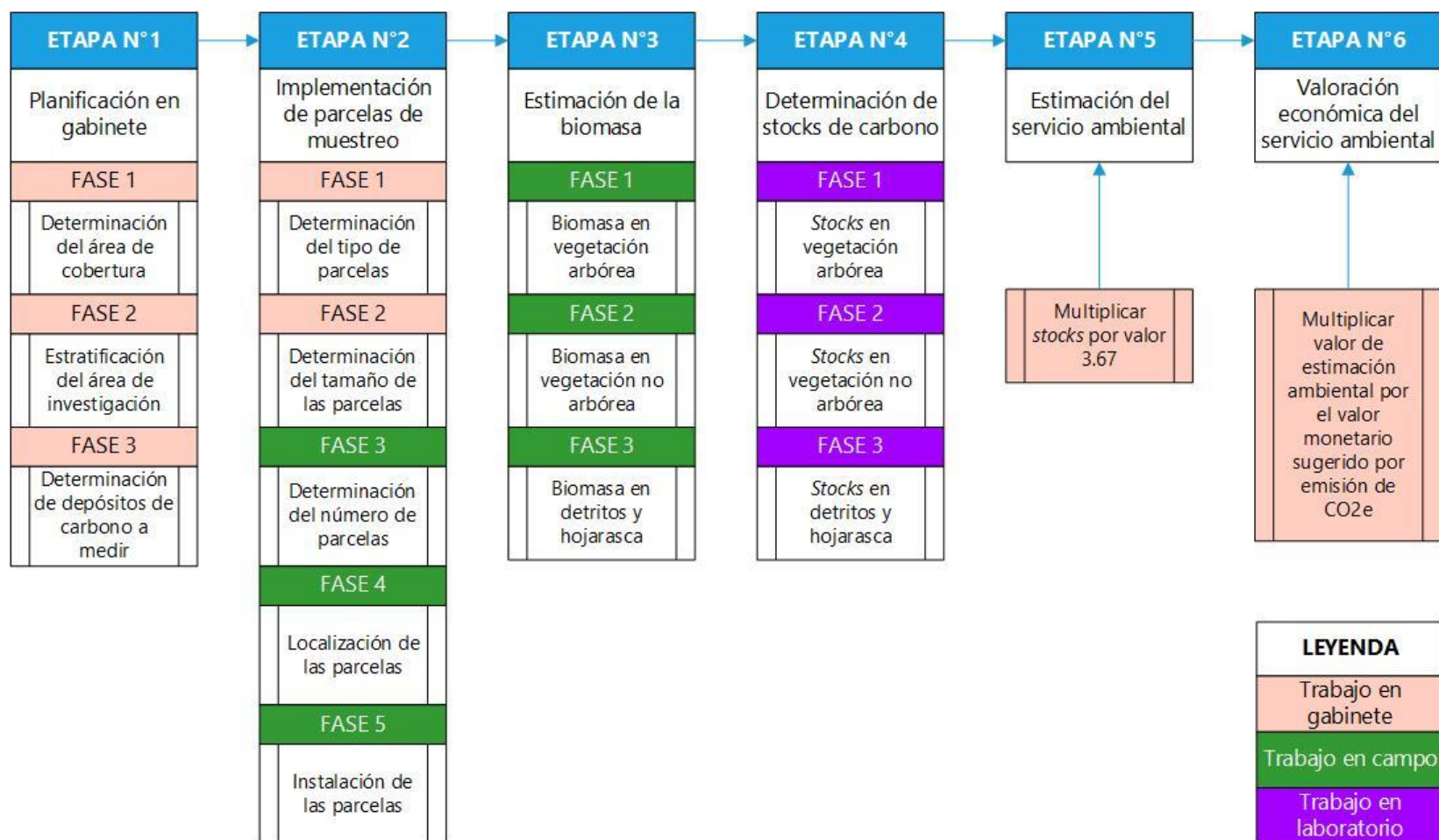
Con respecto del valor del precio utilizado para cada tonelada de CO<sub>2</sub>, este se basó sobre la información presentada por los investigadores del clima Brent Sohngen y Robert H. Beach, quienes indican que USD 27.25 es un precio justo para valorar económicamente un servicio eco-sistémico a nivel mundial ya que favorecería el secuestro de 76 billones de toneladas de carbono y 422 millones de hectáreas de bosques adicionales (NATURE CONSERVACY, 2013).

Por su parte, información similar es presentada por Kindermann *et al.*, en el estudio *Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation*, en la cual, de acuerdo al modelo DIMA (*Dynamic Integrated Model of Forestry and Alternative Land Use*) se indica un precio de USD 24.48 para lograr una reducción del 50% de la deforestación para el año 2030 (2008).

No está de más recordar que la valoración económica en el fundo con bosque primario toma en consideración a los siguientes depósitos: (i) vegetación arbórea; (ii) vegetación no arbórea; y (iii) detritos y hojarasca. En el caso del fundo con actividad agrícola, solo toma en cuenta al depósito de vegetación no arbórea, al no presentarse los otros depósitos.

A continuación, se pueden consultar un flujograma que resume la metodología de investigación (lustración N° 1).

ILUSTRACIÓN 1. FLUJOGRAMA DE METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.



Fuente: World Agroforestry Center (ICRAF). 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

## CAPÍTULO 5: RESULTADOS

### 5.1. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA

En el caso del fundo con bosque primario, los depósitos que se midieron son los siguientes: (i) vegetación arbórea, (ii) vegetación no arbórea y (iii) hojarasca. Por su parte, en el fundo con actividad agrícola, sólo se presentó la vegetación no arbórea. Como ya se explicó previamente en el capítulo de metodología, este mismo criterio se extiende al desarrollo de la determinación del *stock* de carbono, la estimación ambiental y la valoración económica, ya que son parte de una secuencia de aplicación metodológica.

#### 5.1.1. Estimación de biomasa en la vegetación arbórea

La medición de los árboles dentro de la parcela de vegetación arbórea en el fundo con bosque primario indicó una biomasa total de 24,335.07 kg/MS. La tabla con los cálculos para estos árboles con dap comprendidos entre 5.0 cm y 148.0 cm puede consultarse en Apéndice 2.1.

En la Tabla, se presenta el cálculo de la biomasa arbórea. En la fila A x C se puede observar dicho resultado por hectárea; esto asciende a 121.68 kg/MS.

**TABLA 13. CÁLCULO DE LA BIOMASA ARBÓREA POR HECTÁREA.**

<b>A</b>	Conversión de la sumatoria a toneladas: Sumatoria / 1000	24.33506954
<b>B</b>	Área de la parcela (m <sup>2</sup> )	2000
<b>C</b>	Conversión del área (m <sup>2</sup> ) a ha: 10000/área de la parcela	10000/2000=5
<b>A x C</b>	Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha)	121.6753477

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

#### 5.1.2. Estimación de biomasa en la vegetación no arbórea

##### 5.1.2.1. Fundo con bosque primario

El cálculo de la biomasa en las cuatro (04) sub-parcelas de muestreo en el fundo con bosque primario ascendió a 5.14 kg. Este resultado es producto del análisis de las muestras llevadas a laboratorio durante el segundo trabajo de campo.

##### 5.1.2.2. Fundo con actividad agrícola

Por su parte, en el caso de las cuatro (04) sub-parcelas de muestreo en el fundo con actividad agrícola, la biomasa ascendió a 1.58 kg. De la misma forma, el análisis se realizó en laboratorio tras el segundo trabajo de campo.



En síntesis, se puede afirmar que la diferencia en biomasa entre las muestras recogidas es de 3.56 kg, dos veces más que el valor del primero.

### 5.1.3. Estimación de biomasa en los detritos y hojarasca

Con respecto de la estimación de biomasa en los detritos y hojarasca, esta solo se realizó en el fundo con bosque primario. Para las cuatro (04) sub-parcelas de muestreo, se calculó un total de 1.81 kg. De la misma forma que en el caso de la vegetación arbórea, este resultado se obtuvo del análisis que se realizó en laboratorio.

## 5.2. DETERMINACIÓN DE STOCKS DE CARBONO POR DEPÓSITO DE CARBONO

La determinación de *stocks* de carbono arrojó grandes diferencias para cada tipo de depósito.

### 5.2.1. Determinación de *stock* de carbono en la vegetación arbórea

El cálculo del *stock* de carbono en árboles se desarrolló solo para el fundo con bosque primario. El resultado que se obtuvo es de 60.84 t C/ha.

### 5.2.2. Determinación de *stock* de carbono en la vegetación no arbórea

#### 5.2.2.1. Fundo con bosque primario

En el caso de este fundo, el cálculo del *stock* de carbono se realizó, primero, por cada una de las cuatro (04) muestras, obteniéndose los siguientes resultados, mostrados en la Tabla siguiente:

**TABLA 14. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CARBONO PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE VEGETACIÓN NO ARBÓREA EN EL FUNDO VIOLETA EN EL AÑO 2014.**

Vegetación no arbórea			
Muestra	Peso de la muestra (Kg)	Porcentaje de carbono	Cantidad de carbono en la muestra (Kg)
VNA-1	1.2	48.51%	0.58212
VNA-2	1.15	47.52%	0.54648
VNA-3	1.4	49.11%	0.68754
VNA-4	1.39	46.14%	0.641346
Peso total de las muestras (Kg)			2.457486

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.  
VNA: Vegetación no arbórea.

Como paso siguiente, se calculó el *stock* de carbono por hectárea, obteniendo el siguiente resultado: 24.6 t C/ha.

#### 5.2.2.2. Fundo con actividad agrícola

Un procedimiento similar se realizó para el fundo con actividad agrícola, donde primero se calculó el *stock* de carbono por muestra, como se observa a continuación.

**TABLA 15. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CARBONO PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE VEGETACIÓN NO ARBÓREA DEL FUNDO VECINO EN EL AÑO 2014.**

Vegetación no arbórea			
Muestra	Peso de la muestra (Kg)	Porcentaje de carbono	Cantidad de carbono en la muestra (Kg)
VNA-1	0.35	44.75%	0.156625
VNA-2	0.4	48.71%	0.19484
VNA-3	0.38	47.33%	0.179854
VNA-4	0.45	44.16%	0.19872
Peso total de las muestras (Kg)			0.730039

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

Luego, se calculó el *stock* de carbono por hectárea, obteniendo el siguiente resultado: 7.3 t C/ha.

De esta forma, se concluye que existe una diferencia de 17.5 t C/ha entre ambos fundos, donde el fundo con bosque primario captura el triple que el fundo con actividad agrícola.

### 5.2.3. Determinación de *stock* de carbono en detritos y hojarasca

La determinación del *stock* de carbono en detritos y hojarasca solo se realizó en el fundo con bosque primario, al no presentarse en el fundo vecino con actividad agrícola.

En primer lugar, se calculó el *stock* de carbono por muestra, como se puede observar en la Tabla siguiente:

**TABLA 16. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CARBONO PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE HOJARASCA Y DETRITOS EN EL FUNDO VIOLETA EN EL AÑO 2014.**

Detritos y hojarasca			
Muestra	Peso de la muestra (Kg)	Porcentaje de carbono	Cantidad de carbono en la muestra (Kg)
D-1	0.5	44.36%	0.2218
D-2	0.45	35.64%	0.16038
D-3	0.38	43.37%	0.164806
D-4	0.48	40.00%	0.192
Peso total de las muestras (Kg)			0.738986

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

D: Detritos y hojarasca.

En segundo lugar, se realizó el cálculo por hectárea, obteniéndose el siguiente resultado: 7.39 t C/ha.

### 5.3. DETERMINACIÓN DE STOCKS DE CARBONO TOTALES

Una vez finalizado el análisis por cada depósito, se procedió a juntar los depósitos en los siguientes: (i) Biomasa viva sobre el suelo (vegetación arbórea + vegetación no arbórea) y (ii) Biomasa muerta sobre el suelo (detritos y hojarasca).

El cálculo en el fundo con bosque primario comprendió la biomasa viva sobre el suelo y la biomasa muerta sobre el suelo.

Por otra parte, en el fundo con actividad agrícola, dicho cálculo se redujo a la biomasa viva sobre el suelo (sólo la vegetación no arbórea).

#### 5.3.1. Fundo con bosque primario

##### 5.3.1.1. Stock de carbono total por hectárea

Los *stocks* de carbono de la biomasa viva sobre el suelo son los siguientes:

- Vegetación arbórea: 60.84 t C/ha.
- Vegetación no arbórea: 24.57 t C/ha.

Por su parte, el *stock* de carbono de la biomasa muerta sobre el suelo es el siguiente:

- Detritos y hojarasca: 7.39 t C/ha.

De esta forma, la suma de ambas cantidades indica el *stock* total del área del fundo con bosque primario, siendo este el resultado: 92.80 t C/ha.

##### 5.3.1.2. Stock de carbono total para el fundo entero

En el caso del *stock* de carbono total para el fundo, el resultado se obtuvo mediante la multiplicación del *stock* de carbono total por hectárea y el área en hectáreas del fundo; esto se muestra a continuación:

$$\Delta C_{\text{TOTAL}} \text{ (t C/fundo Violeta)} = \Delta C_{\text{TOTAL}} \text{ (t C/ha)} \times 20.0549 \text{ hectáreas}$$

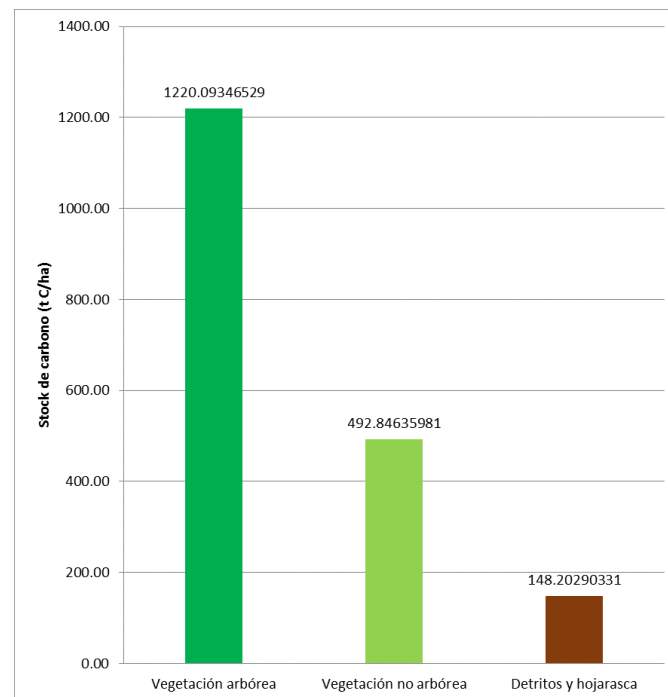
$$\Delta C_{\text{TOTAL}} \text{ (t C/fundo Violeta)} = 92.80239385 \times 20.0549 \text{ hectáreas}$$

$$\Delta C_{\text{TOTAL}} \text{ (t C/fundo Violeta)} = 1861.142728422365$$

Además, se puede afirmar lo siguiente:

- En el fundo Violeta existe un *stock* de carbono total de 1861.142728422365 toneladas. Esto equivale a 1861.14 ton C.
- El *stock* de la biomasa viva sobre el suelo fue de 1712.94 t C, lo cual representa el 92.04% del total; mientras que el *stock* de la biomasa muerta fue de 148.20 t C, lo que equivale al 7.96% del total. La diferencia de aporte entre la biomasa viva y la biomasa muerta es de 1564.74 t C.
- En cuanto a la biomasa viva, el *stock* de carbono en la vegetación arbórea fue 1220.09 t C (65.56%) y en la vegetación no arbórea, 492.85 t C (26.48%) (Gráfico N° 8). La diferencia entre el aporte de estos dos últimos fue 727.25 t C.

**GRÁFICO 8. STOCK DE CARBONO POR DEPÓSITO EN EL FUNDO VIOLETA.**



Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

**5.3.2. Fundo con actividad agrícola**

En el caso de este fundo, y dado que existe un solo dato, el procedimiento se redujo a multiplicar el valor del *stock* de carbono de los detritos y hojarasca junto con el valor del área del fundo en hectáreas; esto se muestra a continuación:

$$\Delta C_{TOTAL} \text{ (t C/fundo vecino)} = \Delta C_{TOTAL} \text{ (t C/ha)} \times 2 \text{ hectáreas}$$

$$\Delta C_{TOTAL} \text{ (t C/fundo vecino)} = 7.30039 \times 2 \text{ hectáreas}$$

$$\Delta C_{TOTAL} \text{ (t C/fundo vecino)} = 14.60078$$

De esta forma, en el fundo vecino existe un stock de carbono total de 14.60078 toneladas o 14.6 ton C, siendo la capacidad por hectárea de 7.3 ton C.

De este análisis se puede afirmar que existe una diferencia de 1846.54195 ton C entre ambos fundos, siendo el fundo con bosque primario el de mayor almacenamiento de *stocks* de carbono.

**5.4. ESTIMACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL**

**5.4.1. Fundo con bosque primario**

Los resultados de la estimación del servicio ambiental en este fundo se muestran a continuación:

$$CO_2e = 1861.142728422365 \times 3.67$$

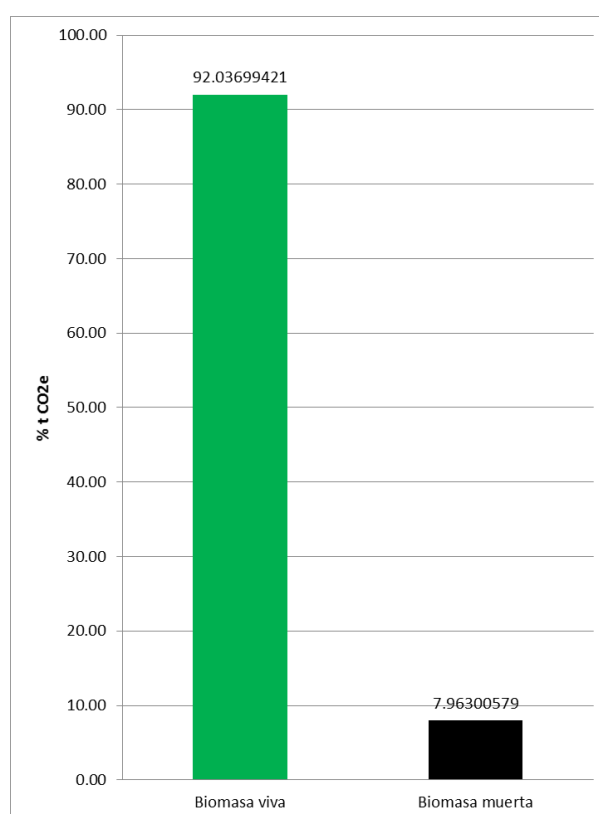
$$CO_2e = 6830.39381331008$$

En conclusión, en el fundo Violeta, el servicio ambiental de fijación de captura de carbono equivalente (o capturado) es igual a 6830.39 ton CO<sub>2</sub>e aprox.

Además, se puede afirmar lo siguiente:

- La biomasa viva aportó 6286.39 t CO<sub>2</sub>e (92.04%), mientras que la biomasa muerta aportó 543.90 t CO<sub>2</sub>e (7.96%) (GRÁFICO N° 09). La diferencia entre ambos es 5742.58 t CO<sub>2</sub>e.
- Sobre el previo resultado, a nivel de hectárea, se calculó 340.58 t CO<sub>2</sub>e. La biomasa viva aportó 313.46 t CO<sub>2</sub>e y la biomasa muerta, 27.12 t CO<sub>2</sub>e. La diferencia entre ambos es 286.34 t CO<sub>2</sub>e.

**GRÁFICO 9. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL FUNDO VIOLETA.**



Elaboración: Germán López Valenzuela. 2014.

#### 5.4.2. Fundo con actividad agrícola

La estimación del servicio ambiental en este fundo se presenta a continuación:

$$\text{CO}_2\text{e} = 14.60078 \times 3.67$$

$$\text{CO}_2\text{e} = 53.5848626$$

En el fundo vecino, el servicio ambiental de fijación de captura de dióxido de carbono equivalente (o capturado) es igual a 53.5848626 ton CO<sub>2</sub>e o aprox. 53.58 ton CO<sub>2</sub>e. A nivel de una (01) hectárea, esto equivale a 26.79 t CO<sub>2</sub>e.

Se puede afirmar que existe una gran diferencia cuantitativa en el servicio ambiental total ofrecido por cada uno de los fundos y que difiere en 6776.80895 ton CO<sub>2</sub>e o 6776.81 ton CO<sub>2</sub>e.

En esta misma línea, el estudio “Estimación del *stock* de carbono almacenado en la biomasa de los bosques de la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene – Madre de Dios”, realizado por Percy Recavarren y Miriam Delgado, dentro del marco del proyecto REDD, obtuvo resultados similares para un bosque primario. Los autores indican que existe una capacidad de almacenamiento de 72-219 t CO<sub>2</sub>e/ha en los bosques mencionados, con un promedio de 127,68 t CO<sub>2</sub>e/ha. También, que el estrato agrícola capturó 50 t CO<sub>2</sub>e/ha, siendo el que menor carbono capturó con respecto del promedio (2011:38-39). De acuerdo a León, un bosque tropical contiene aproximadamente 243.18 t CO<sub>2</sub>e/ha (2007:85, indicado en *United Nations Environmental Program*, 2000). La variación en los valores se debe a que utilizaron imágenes satelitales dada la gran extensión del área de estudio, lo que reduce la cantidad de especies analizadas por cobertura de otras copas; así como por la vegetación no arbórea y hojarasca que no se incluyeron.

## 5.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL

### 5.5.1. Fundo con bosque primario

La valoración económica en el fundo con bosque primario se presenta a continuación:

$$VE = 6830.39381331008 \times US \$ 27.25$$

$$VE = US \$ 186,128.2314126997$$

El valor económico del servicio ambiental de fijación de dióxido de carbono para el fundo Violeta es de US \$ 186,128.2314126997 o US \$ 186,128.23 aprox.

### 5.5.2. Fundo con actividad agrícola

La valoración económica en el fundo con actividad agrícola se presenta a continuación:

$$VE = 53.5848626 \times US \$ 27.25$$

$$VE = US \$ 1460.18750585$$

El valor económico del servicio ambiental de fijación de dióxido de carbono para el fundo vecino es de US \$ 1460.18750585 o US \$ 1460.19 aproximadamente.

A continuación se presenta una Tabla comparativa para la valoración económica en ambos fundos.

TABLA 17. RESUMEN DE VALORACIÓN ECONÓMICA PARA AMBOS FUNDOS.

Valoración económica (USD)	Fundo con bosque primario	Fundo con actividad agrícola
VA	122,018.5	No presenta
VNA	49,288.33	1460.187506
D	14,821.4	No presenta
<b>Total</b>	<b>186,128.2314</b>	<b>1460.187506</b>
<b>Por hectárea</b>	<b>9,280.94</b>	<b>730.09</b>

Elaboración: Germán López Valenzuela. 2015.

VA: Vegetación arbórea

VNA: Vegetación no arbórea

D: Detritos y hojarasca

USD: Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo a la Tabla 17, se puede afirmar que la valoración económica de captura de carbono en la totalidad del fundo Violeta con bosque primario ascendió a USD 186,128.23, de los cuales USD 171,306.83 correspondieron a la biomasa viva y USD 14,821.40 a la biomasa muerta (detritos y hojarasca). El primero representa once veces y media al valor del segundo.

Por su parte, la valoración económica de captura de carbono en la totalidad del fundo vecino con actividad agrícola ascendió a USD 1,460.19. Por hectárea, este valor asciende a USD 730.09.

Finalmente, se observa una diferencia monetaria total de USD 184,668.044 y una diferencia monetaria por hectárea de 8,550.85, donde el mayor valor prevalece para el fundo con bosque primario.

## CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo establecer una comparación de la valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono entre un bosque primario y un bosque con actividad agrícola en la misma zona biogeográfica, Bosque Húmedo Tropical, en Madre de Dios. Además, conocer cuál es el depósito de carbono que posee mayor capacidad de almacenamiento y cuáles son los factores a los que está sometido.

Para ello se utilizó la metodología del ICRAF (Centro Mundial Agroforestal), vertida en la publicación “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”, el cual es aplicable a áreas pequeñas, siendo aceptable su uso tanto para un bosque primario como para un bosque convertido a actividad agrícola.

Al comparar la metodología empleada con otras utilizadas en estudios sobre captura de carbono en el Perú, se puede afirmar que, si bien existen diferencias en cuanto al uso de materiales y presupuesto, se obtuvieron resultados muy similares y a menor costo. Por ejemplo, en el estudio realizado por Recavarren en el marco del programa REDD, titulado “Estimación del *stock* de carbono almacenado en la biomasa de los bosques de la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene, Madre de Dios”, se utilizaron imágenes satelitales Landsat, además de una comprobación en campo, en la cual se instalaron decenas de parcelas de vegetación arbórea, obteniéndose un resultado de 72 – 219 ton CO<sub>2</sub>e/ha (2011:18-61). Al comparar este resultado con el del fundo con bosque primario (fundo Violeta), se constata que es similar al dato obtenido, 340.58 ton CO<sub>2</sub>e/ha. Cabe considerar que en el estudio mencionado solo consideró la vegetación arbórea, por lo que el resultado es menor a comparación de la presente tesis.

Asimismo, investigaciones realizadas sobre captura de carbono como los de Chambi en la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios (2001:46-70), o Lapeyre en San Martín (2003) ofrecen resultados similares.

Por parte del estudio realizado por Palomino sobre la captura de carbono en un ecosistema de humedales, en Puerto Viejo, los resultados de la capacidad de captura de carbono por hectárea fueron mucho menores, considerando que solo se tomó en cuenta la vegetación no arbórea, teniendo como promedio el valor de 73.7 ton CO<sub>2</sub>e/ha (2007:78). Este dato es menor al capturado en la vegetación no arbórea del fundo Violeta, con bosque primario, con un valor de 90.1719 ton CO<sub>2</sub>e/ha.

Finalmente, en el caso del análisis de stocks de carbono en el Perú, realizado por el CAO en 2015, el análisis de imágenes satelitales arrojó un promedio de 99 ton CO<sub>2</sub>e/ha, ubicando además a la suma del *stock* de carbono capturado para los departamentos de Ucayali y Madre de Dios, en 26% del total nacional.

Básicamente, los resultados varían en función de la densidad boscosa, dado que la vegetación arbórea es la que aporta la mayor capacidad de captura de carbono. De



aquí se deduce que un área con bosque primario posee una mayor capacidad de almacenamiento de carbono que un área con actividad agrícola, en este caso, para una misma zona biogeográfica, el Bosque Húmedo Tropical del Suroriente peruano.

En el fundo Violeta, la capacidad de almacenamiento fue 92.80 t C/ha, mientras que para el fundo vecino fue 7.3 ton C/ha. Esto quiere decir que cualquier actividad que cambie el uso de suelo del primero disminuye los almacenes de carbono; en este caso, la deforestación del fundo vecino sufrió un impacto en el momento que la vegetación arbórea fue removida para preparar la tierra para el cultivo.

No obstante, dada la situación geográfica del fundo vecino (con actividad agrícola) (junto a la carretera 30C) era muy probable que se llevase a cabo esta actividad. En las últimas dos décadas, la construcción de la carretera 30C y la apertura de campos de cultivo, han generado una gran cantidad de deforestación que ha reducido los depósitos de carbono arbóreos, generando, además, un impacto negativo directo a la biodiversidad del distrito. Si a esto se le incluye la falta de gobernabilidad en dicha región, la cual genera la tala ilegal de árboles, entonces las consecuencias escalarán a medida que pasen los años, ya que es “costoso definir y hacer cumplir derechos de propiedad sobre el bosque” (Barrantes 1996:11-18).

Es probable que, también, en el futuro el fundo con bosque primario se vea afectado en algunos años por dicha situación así como por el uso de estos espacios para la construcción de viviendas, el aprovechamiento de la madera, entre otros.

Por otra parte, se constató en los trabajos de campo que la construcción y asfaltado de dicha carretera presenta una oportunidad comercial a los pobladores inmigrantes de zonas como Puno, Arequipa, entre otros departamentos, que intercambian productos con la conurbación Iñapari (Perú) – Assis (Brasil). De acuerdo al Centro de Estudios de Políticas de la Universidad de Princeton, esta situación requiere la implementación de alternativas de desarrollo sostenible a través de la captura de carbono e instrumentos legales de conservación, que juntos representan oportunidades de negocio para la población (2003:19) y conservación de la biodiversidad (FAO, 2002:1). Cabe mencionar que dichas propuestas no representan soluciones que engloben a toda la población, sino solo a la residente. Además, sobre esta última población, no todos los propietarios de terrenos no cuentan con el conocimiento técnico, financiamiento ni disponibilidad de tiempo que les permita gestionar un proyecto de dicha naturaleza. La USGS menciona que no están dispuestos a intercambiar el potencial de uso que ellos prevén en sus propiedades por proyectos de sumideros de carbono (2008:2)<sup>12</sup>, ya que un servicio eco-sistémico no es algo que pueda identificarse rápidamente (León, 2007:21), cuya importancia no se ha difundido lo suficiente (León, 2007:26, indicado por Eagles *et al* en 2002).

Así, la interacción exitosa entre la conservación de los sumideros de carbono y la satisfacción de las necesidades de la población se presenta como un desafío aún no

---

<sup>12</sup> Sobre este último punto, es necesario tener en cuenta la percepción diferencial del medio ya que una resolución unilateral de la autoridad competente podría desencadenar conflictos por tenencia, delimitación, acceso a los recursos naturales, entre otros. La percepción diferencial se refiere a las distintas perspectivas de las personas sobre un tema.

resuelto, donde la importancia de la captura de carbono como alternativa de desarrollo sostenible es un tema que depende de la puesta en valor de los servicios ecosistémicos que proveen los bosques (como se menciona en León, 2007, prólogo N° 01) y no de los ingresos económicos que pueden obtenerse.

Con respecto de las limitaciones que tuvo esta investigación, algunas de ellas fueron el transporte hacia y desde el lugar de muestreo, el poco tiempo de luz durante el trabajo de campo por la densidad de la vegetación y la falta de mano de obra necesaria para realizar un trabajo de campo más exhaustivo.

Para futuras investigaciones se recomienda que se realice un análisis completo que incluya el muestreo de las raíces (no realizadas por su alto costo), así como el establecimiento de un programa de monitoreo en parcelas de vegetación arbórea y sub-parcelas de vegetación no arbórea y detritos sobre la capacidad de captura de carbono. De llegar a concretarse estos requerimientos, el análisis sería mucho más exacto.

Finalmente, se sugieren hipótesis relacionadas a temas como la comparación de captura de carbono en suelo entre fundos de diferente cobertura vegetal; y elaboración de ecuaciones alométricas con relación a los distintos tipos de especies de árboles presentes en el fundo, con la finalidad de ahondar en la precisión de los valores calculados en la presente tesis.

## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES

- Se demostró que la metodología del ICRAF aplicada para la presente investigación ofrece resultados muy similares para captura de carbono por hectárea con respecto de metodologías de mayor costo e implementación logística.
- Se demostró que un bosque primario en el distrito de Tahuamanu posee una mayor capacidad de almacenamiento de carbono en comparación a un bosque convertido al sistema agroforestal. Esto se debe principalmente a la presencia de los depósitos de vegetación arbórea, los cuales representan a los mayores sumideros de carbono.
- De la conclusión precedente, se puede afirmar que la deforestación impacta negativamente a la captura de carbono total de un área determinada, reduciendo los depósitos naturales.
- Se demostró que la valoración económica de un bosque primario (USD 9,280.94/ha) es mucho mayor en comparación a la de un bosque convertido a actividad agroforestal (USD 730.09/ha).

### 7.2. RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios, se recomienda comparar los resultados que se obtengan sobre captura de dióxido de carbono equivalente con los resultados que se puedan obtener del análisis con imágenes satelitales en una misma área de estudio.
- Es recomendable tomar muestras de mayor tamaño para cada depósito de carbono con la finalidad de evitar posibles pérdidas de muestra por el transporte desde el área de investigación hasta el laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARES, Elena. 2014. *Carbon Price floor*. Consulta: 05/03/2015. Página web: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.parliament.uk%2Fbriefing-papers%2Fsn05927.pdf&ei=2Jv4VPTmMPGHsQSz9IDACw&usq=AFQjCNHI9o89g3CCyaGoCt94haYwJhuKFg&bvm=bv.87519884,d.cWc>
- BARKEMEYER, Ralf; HALT, Diane; PREUSS, Lutz; y TSANG, Stephen. 2014. *What happened to the "Development" in Sustainable Development? Business Guidelines Two Decades After Brundtland*. Consulta: 03/02/2015. Página web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sd.521/pdf>
- BEACH, Robert. 2007. *Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. Proceedings of the National Academy of Science*. Consulta: 15/09/2014. Página web: <http://www.pnas.org/content/105/30/10302.full.pdf>
- CARNEGIE INSTITUTION FOR SCIENCE y MINAM. 2014. *La geografía del carbon en alta resolución del Perú*. Lima: MINAM, p. 66.
- CHAMBI, Pedro. 2001. *Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios*. Lima: IICFOE. P. 20.
- CLIMATE PROGRESS. 2013. *Shell Oil Self-Imposes Carbon Pollution Tax High Enough To Crash Coal, Erase Natural Gas's Value-Added*. Consulta: 01 de diciembre de 2013. Página web: <http://thinkprogress.org/climate/2013/11/21/2978021/shell-oil-carbon-pollution-tax/>
- CLIMATE SPECTATOR. 2013. *\$48 – the right price for a tonne of CO<sub>2</sub>?* Consulta: 01 de diciembre de 2013. Página web: <http://www.businessspectator.com.au/article/2013/8/23/science-environment/48-right-price-tonne-co2>
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 1993. Consulta: 26/01/2014. Página web: <http://www.cbd.int/convention/text/>
- DEB CONSULTING. 2013. *Mapa de clasificación climática del Perú*. Consulta: 10 de noviembre de 2013. Página web: <http://debconsulting.weebly.com/peruacute-clasif-climat-senamhi---wt.html>
- DIERSCHKE, H. 1994. *Pflanzensociologie. Grundlagen und Methoden*. Stuttgart: Ulmer.p. 683.

- DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE (DGFFS). 2010. *Perú forestal en números*. Lima: MINAG. pp.86.
- DIRECCIÓN GENERAL PARLAMENTARIA. 2010. *Carpeta georeferencial de Madre de Dios*. Lima: Dirección General Parlamentaria (DGP). pp.16.
- EAGLES, P.; MCCOOL, S.; y HAYNES, C. 2002. *Sustainable tourism in protected áreas: guidelines for planning and management*. En *Best Practice Protected Area Guidelines Series, 8*. UNEP, IUCN, WTO y Cardiff University. Suiza y Cambridge: IUCN. pp. 184.
- EL PERUANO. 2014. *Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos*. Consulta: 20/07/2014. Página web: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley\\_302105\\_MRSE.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf)
- ERM. 2011. *Estudio de Impacto Ambiental para la Ampliación del Programa de Exploración y Desarrollo en la Locación San Martín Este del Lote 88*. Consulta: 02/04/2015. Página web: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20hidrocarburos/EIA/EIA%20PLUSPETROL%20AMP%20DEL%20PROGRAMA%20LOCACION%20SAN%20MARTIN%20LOTE%2088/Cap%C3%ADtulo%20III%20-%20L%C3%ADnea%20de%20Base%20Ambiental.pdf>
- FLANNERY, Tim. 2006. *We are the weather makers. The story of global warming*. EEUU: Text Publishing Company.
- FONAM. 2013. *Conservación de la biodiversidad*. Consulta: 18/06/2013. Página web: <http://www.fonamperu.org/general/bosques/conserv.php>
- FOREST TRENDS. 2010. *Aprendiendo sobre pagos por servicios ambientales. Fundamentos para la elaboración de proyectos de carbono forestal*. Consulta: 20/08/2014. Página web: [http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_2430.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2430.pdf)
- FREITAS, Luis; OTÁROLA, Erasmo; DEL CASTILLO, Dennis; LINARES, Carlos; MARTÍNEZ, Percy; y MALCA, Gustavo. 2006. *Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú*.
- GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS. 2007. *Plan de desarrollo concertado 2007-2021*. Consulta: 06/09/2014. Página web: <http://www.concytec.gob.pe/portalsinacyt/index.php/mapa-corcytec/corcytec-madrededios/institucionalidad-madrededios/plan-desarrollo-regional-concertado-madrededios.html>
- GORE, Al. 2009. *Nuestra elección*. Barcelona: Océano.
- GUISEL, A. 1978. *La síntesis ecológica*. Madrid: Alhambra.

- ICRAF. 2009. *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Lima: Centro Mundial Agroforestal. pp. 79.
- INNIS, Michelle; REED, Stanley; y DAVENPORT, Coral. 2014. *Australia Tax Repeal Is Big Blow to Fight Against Emissions*. Consulta: 22/01/2015. Página web: [http://www.nytimes.com/2014/07/18/business/international/australia-tax-repeal-is-big-blow-to-fight-against-emissions.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2014/07/18/business/international/australia-tax-repeal-is-big-blow-to-fight-against-emissions.html?_r=1)
- INRENA. 2001. *Valoración Económica de la Diversidad Biológica y Servicios Ambientales en el Perú*. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales. Pp. 50.
- KINDERMANN, Georg; OBERSTEINER, Michael; SOHNGEN, Brent; SATHAYE, Jayant; ANDRASKO, Kenneth; RAMETSTEINER, Ewald; SCHLAMADINEGER, Bernhard; WUNDER, Sven y BEACH, Robert. 2008. *Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation*.
- LAPEYRE, Tatiana *et al.* 2003. *Determinación de las Reservas de Carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de Uso de Tierra en San Martín*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Especialidad de Ciencias Ambientales.
- LEÓN, Fernando. 2007. *El Aporte de las Áreas Naturales Protegidas a la Economía Nacional*.
- LEÓN, Jorge. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. San José: IICA. 2da edición.
- LOCKE, Harvey. 2005. *Rethinking protected area categories and the new paradigm*. Victoria.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA DEL PERÚ (MINAGRI). 2011. *Plan Nacional Anticorrupción del Sector Forestal y de Fauna Silvestre*. Lima: Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Pp. 39.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ (MINAM). 2009. *Política Nacional del Ambiente*. Lima: MINAM. Pp. 48.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ (MINAM). 2014. *Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos*. Consulta: 09/09/2014. Página web: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley\\_302105\\_MRSE.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf)
- MORA, Camilo. 2011. *Ongoing global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: a review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea*. Consulta: 19/01/2015. Página web: <http://www.int-res.com/articles/theme/m434p251.pdf>
- NATURE CONSERVACY. 2013. *Climate change: What We Do. The Role of Forests in Reducing Emissions*. Consulta: 22/01/2015. Página web: <http://www.nature.org/ourinitiatives/urgentissues/global-warming-climate-change/how-we-work/the-role-of-forests-in-reducing-emissions.xml>

- OFICINA NACIONAL DE EVALUCIÓN DE RECURSOS NATURALES (ONERN). 1980. *Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona Iberia – Iñapari*. Lima:ONERN. pp 377.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUCIÓN DE RECURSOS NATURALES (ONERN). 1981. *Mapa de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. Consulta: 06 de setiembre de 2012. Página web: <http://mapasplanosperu.blogspot.com>
- OLGUÍN, Marcela. 2001. *Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta de Purépecha*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Pp. 73.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2003. *Agroforestería para la producción animal en América Latina – II. Memorias de la segunda conferencia electrónica (Agosto de 2000 – marzo de 2001)*. Consulta: 02/04/2015. Página web: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4435s/y4435s00.pdf> Roma: Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 1998. *Appendix 1: Definitions as in FRA Working Paper 1 and comments*. Consulta: 26/10/2014. Página web: <http://www.fao.org/docrep/006/ad665e/ad665e06.htm>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2002. *Informe sobre recursos mundiales de suelos: Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Roma: FAO. Pp. 83.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2010. *Challenges and opportunities for carbón sequestration in grassland systems*. Consulta: 13 de noviembre de 2014. Página web: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/climate/AGPC\\_grassland\\_webversion\\_19.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/climate/AGPC_grassland_webversion_19.pdf)
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2014. *El estado de los bosques del mundo*. Roma: FAO. Pp. 146.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Clasificación de los sistemas de producción agropecuaria por categorías generales*. Consulta: 26 de noviembre de 2013. Página web: <http://www.fao.org/docrep/003/y1860s/y1860s13.htm#uuu>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Estado actual de la información sobre antecedentes*

- socio-económicos (Mauro Ríos, consultor FAO). Consulta: 28 de noviembre de 2013. Página web: <http://www.fao.org/docrep/006/ad396s/ad396s05.htm>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Los bosques tropicales: ¿Fuentes o sumideros de carbono atmosférico?* Consulta: 12/06/2013. Página web: <http://www.fao.org/docrep/n9800s/n9800s02.htm>
  - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Servicios ambientales*. Consulta: 12/06/2013. Página web: <http://www.fao.org/docrep/007/ae159s/ae159s16.htm>
  - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. 2014. *Open working Group proposal for Sustainable Development Goals*. Consulta: 05/01/2015. Página web: <https://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html>
  - ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). 2010. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation: (CIMO GUIDE)*. Suiza: Chairperson, Publication board. Pp. 661.
  - PALOMINO, Diana. 2007. *Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo*. Tesis de maestría en Ciencias Ambientales con mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento Ambiental. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.
  - PERUPETRO. 2012. *Mapa de lotes*. Consulta: 13/06/2013. Página web: <http://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/perupetro/site/InformacionRelevante/MapaLotes/Mapa%20de%20Lotes>
  - PHILLIPS, Adrian. 2003. *Turning Ideas on Their Head. The new paradigm for protected areas*. Consulta: 03/02/2015. Página web: <http://www.georgewright.org/202phillips.pdf>
  - RECAVARREN, Percy. 2011. *Proyecto REDD en Áreas Naturales Protegidas de Madre de Dios. Insumos para la elaboración de la línea base de carbono*.
  - ROMERO, Lidia et al. 1998. *Geología de los cuadrángulos de Río Acre 22-v, Iñapari 22-x, Qda. Mala 23-v, Iberia 23-x, San Lorenzo 23-y, Puerto Lidia 24-v, Río Manuripe 24-x, Mavila 24-y, Santa María 24-z, Valencia 25-z, Palma Real 26-z y Río Heath 27-z*. Hojas: SC 19-10, SC 19-14, SC 19-15, SD 19-3 y SD 19-7. Lima: INGEMMET.
  - SENAMHI. 2013. *Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas*. Puerto Maldonado: AIDER. Pp. 205.
  - SERNANP. 2015. *Análisis de Factores en ANP*. Consulta: 05/04/2015. Página web: <http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/contenido.jsp?ID=109>
  - SERNANP. 2015. *¿Qué es un ANP?* Consulta: 05/04/2015. Página web: <http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/contenido.jsp?ID=6> ?



- SOLANO, Pedro. 2011. *Manual de instrumentos legales para la conservación privada en el Perú*. Cuarta edición. Consulta: 23/05/2013. Página web: [http://www.spda.org.pe/data/publicacion/20120228110731\\_MANUAL-FINALISIMO.pdf](http://www.spda.org.pe/data/publicacion/20120228110731_MANUAL-FINALISIMO.pdf)
- TCK, THE GLOBAL CALL FOR CLIMATE ACTION. 2014. Emissions soar as Australia repeals its carbon tax. Consulta: 22/01/2014. Página web: <http://tcktcktck.org/2014/11/emissions-soar-australia-repeals-carbon-tax/65177>
- THE WORLD DATABASE ON PROTECTED AREAS. *Statistics*. Consulta: 28/05/2013. Página web: <http://www.wdpa.org/Statistics.aspx>
- TORRES, César. 2013. *Práctica 5: Clasificación Climática Thornthwaite*. Consulta: 10 de noviembre de 2013. Página web: <http://es.scribd.com/doc/16567801/PRACTICA-5-CLASIFICACION-CLIMATICA-THORNTHWAITE>
- UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN). 2010. *Qué es REDD+*. Consulta: 28 de noviembre de 2013. Página web: [http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur\\_trabajo/sur\\_bosquesam/sur\\_bosques\\_cambio\\_climatico/sur\\_bosques\\_redd/](http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_bosquesam/sur_bosques_cambio_climatico/sur_bosques_redd/)
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2008. *Carbon sequestration to mitigate Climate change*. Consulta: 13 de noviembre de 2014. Página web: <http://pubs.usgs.gov/fs/2008/3097/pdf/CarbonFS.pdf>
- WINROCK INTERNATIONAL. *Winrock Sampling Calculator*. Consulta: 12/06/2013. Página web: <http://www.winrock.org/ecosystems/tools.asp>

## APÉNDICES

### APÉNDICE 1. FOTOGRAFÍAS

APÉNDICE 1.1. FOTOGRAFÍA DE LA ZONA DESBOSCADA. COORDENADAS UTM:  
481712 E, 8703038 N.



Fotografía: Germán López Valenzuela. 2013.

APÉNDICE 1.2. FOTOGRAFÍA DE UNATROCHA DE INGRESO VISIBLE DESDE LA  
CARRETERA 30C. 2014



Fotografía: Germán López Valenzuela. 2013.

## APÉNDICE 2. TABLAS

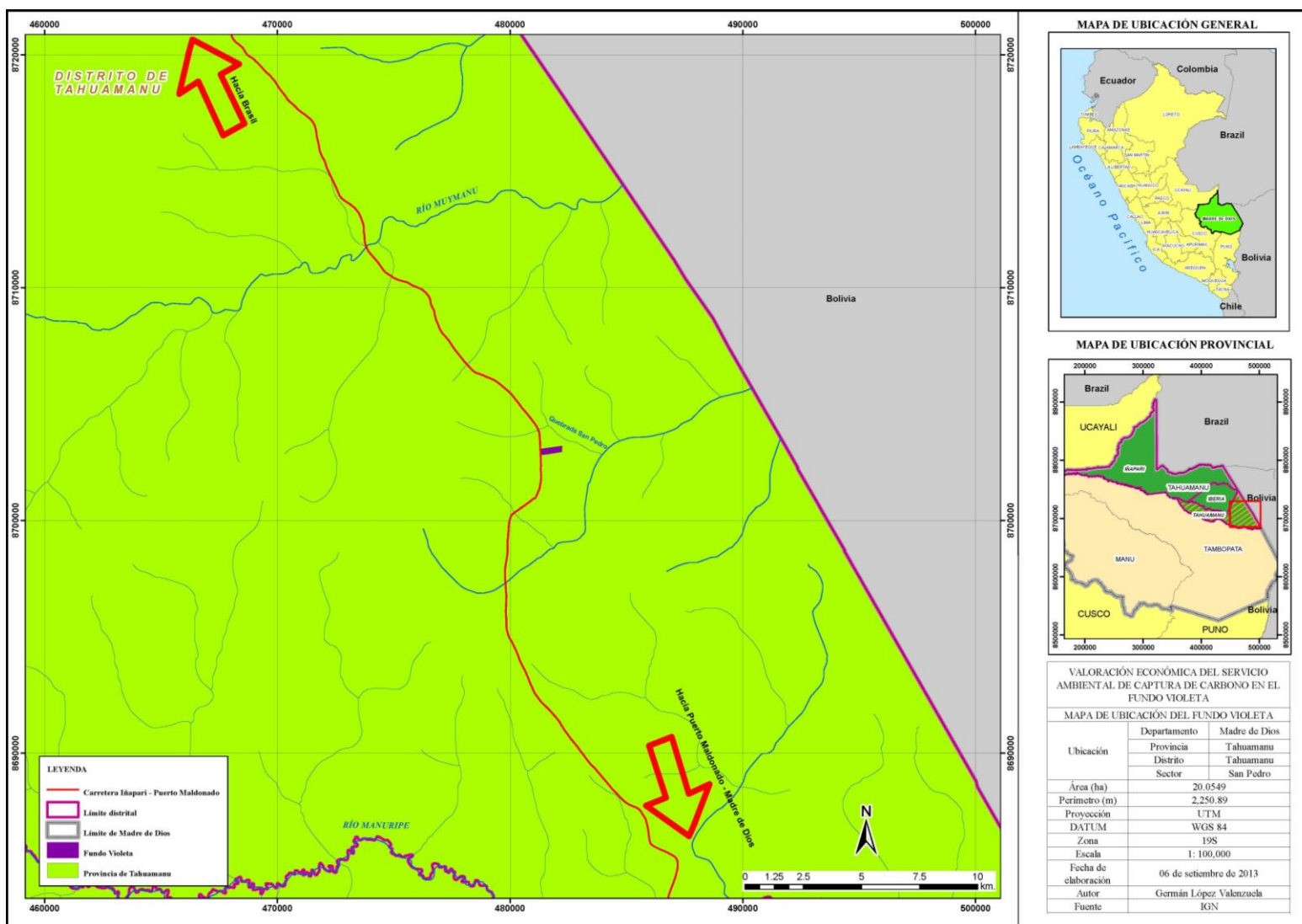
 APÉNDICE 2.1. TABLA CON LOS CÁLCULOS DE DAP Y BIOMASA ARBÓREA  
PARA ÁRBOLES CON RANGO DE DAP 5-148 CM.

Número de Árbol	2p	DAP (cm)	Biomasa (kg MS/árbol)
1	18	5.72957795	9.69114656
2	18	5.72957795	9.69114656
3	20	6.36619772	12.7095658
4	21	6.68450761	14.407617
5	21	6.68450761	14.407617
6	24	7.63943727	20.296584
7	29	9.2309867	32.9450624
8	31	9.86760647	39.0634777
9	33	10.5042262	45.8195584
10	35	11.140846	53.233871
11	36	11.4591559	57.1940955
12	39	12.4140856	70.1159676
13	40	12.7323955	74.778138
14	43	13.6873251	89.8611223
15	53	16.870424	152.666224
16	55	17.5070437	167.662275
17	56	17.8253536	175.477274
18	57	18.1436635	183.506068
19	58	18.4619734	191.750495
20	60	19.0985932	208.893492
21	67	21.3267624	275.947456
22	70	22.281692	308.146057
23	76	24.1915514	379.009084
24	80	25.4647909	431.176359
25	82	26.1014107	458.774017
26	84	26.7380304	487.396774
27	90	28.6478898	579.530667
28	90	28.6478898	579.530667
29	91	28.9661996	595.81485
30	98	31.1943689	717.411399
31	100	31.8309886	754.638455
32	102	32.4676084	792.989204
33	103	32.7859183	812.589168
34	103	32.7859183	812.589168
35	106	33.7408479	873.102612
36	111	35.3323974	979.744877
37	114	36.287327	1047.25596
38	119	37.8788765	1165.75417
39	122	38.8338061	1240.49235
40	124	39.4704259	1291.85328
41	126	40.1070457	1344.45314
42	134	42.6535248	1567.41908
43	137	43.6084544	1656.29271
44	140	44.5633841	1748.08096
45	142	45.2000038	1810.90629
Sumatoria			24335.0695

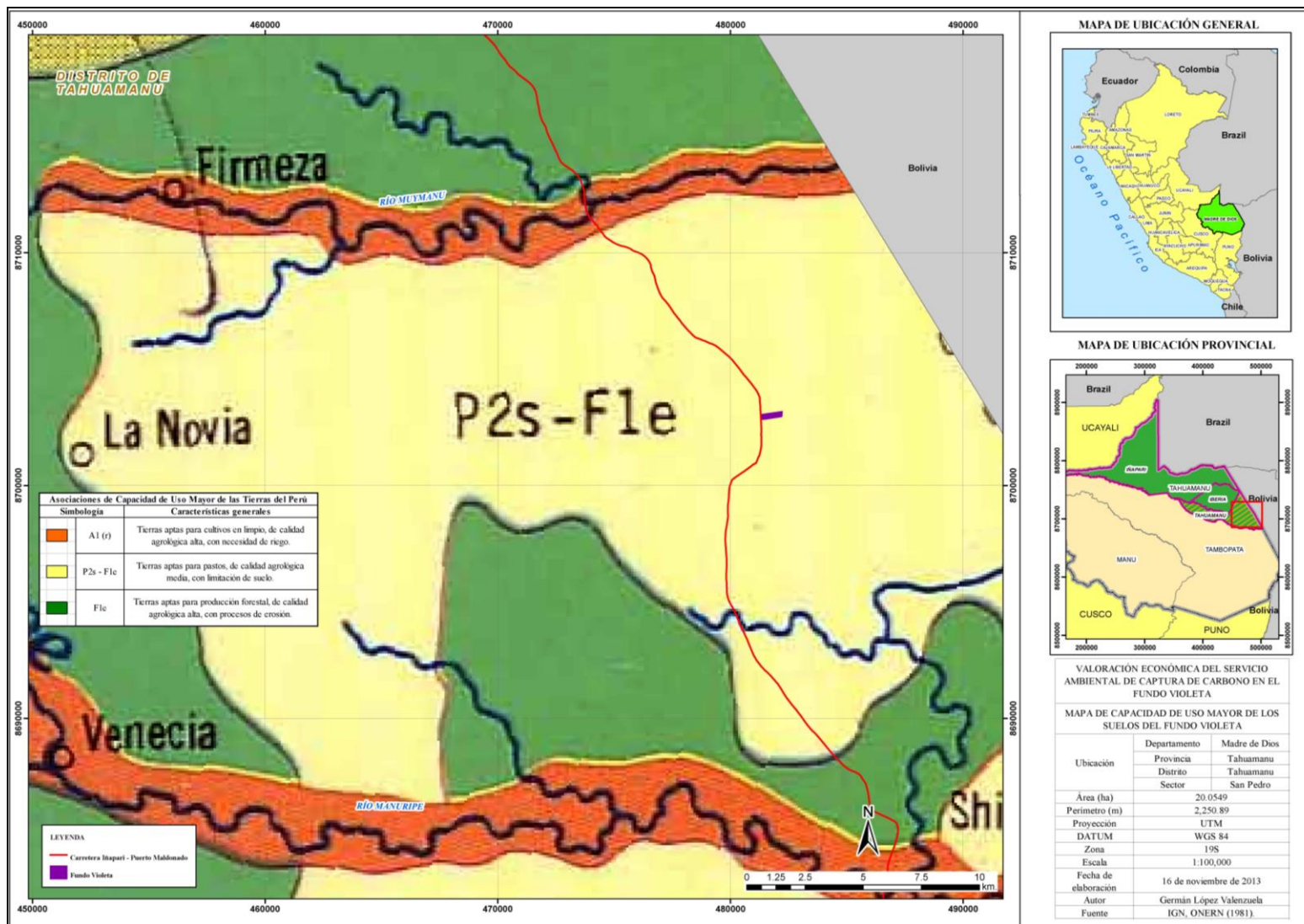
Elaboración: Germán López Valenzuela. 2013

APÉNDICE 3. MAPAS Y PLANOS

APÉNDICE 3.1. MAPA DE UBICACIÓN

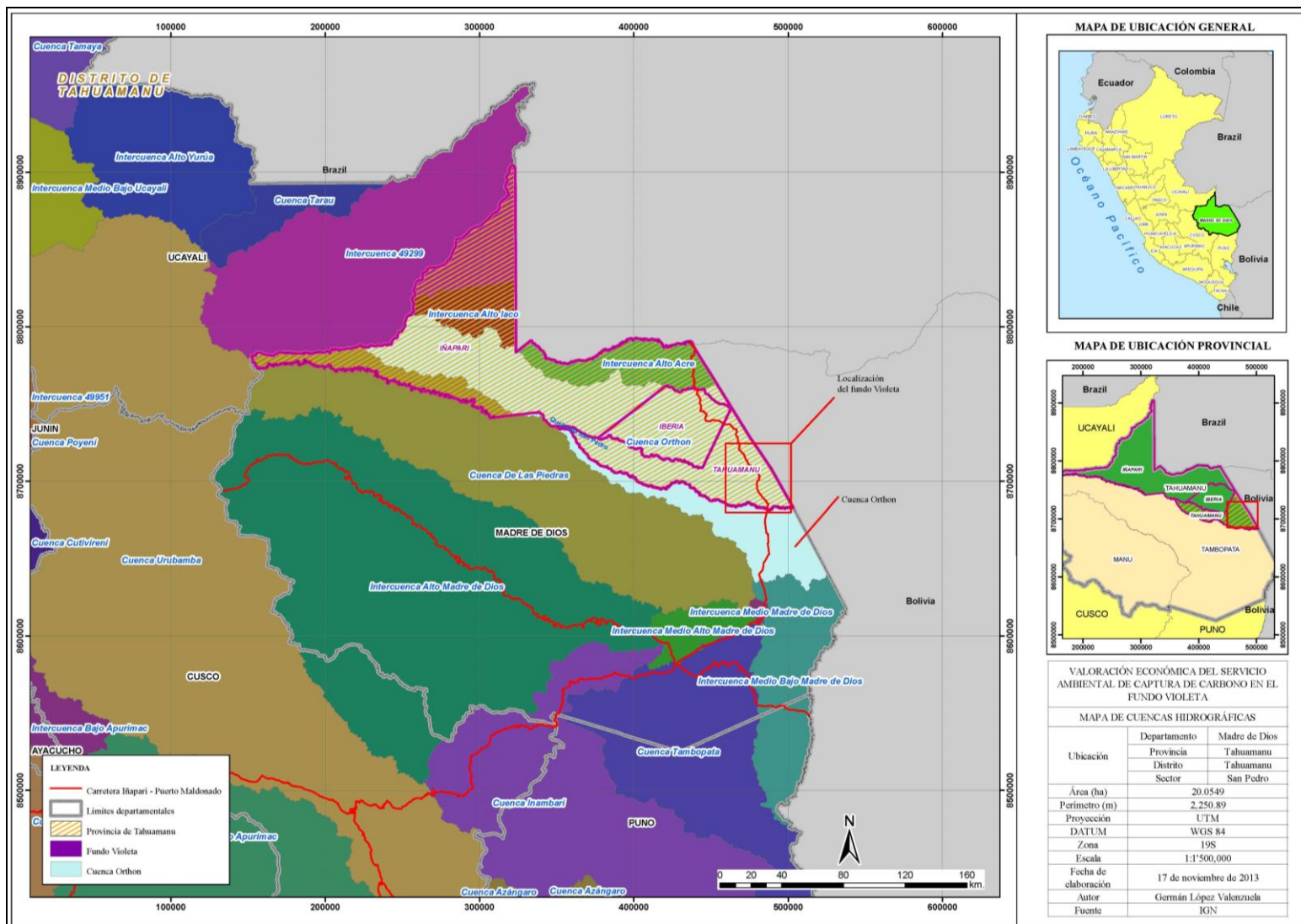


APÉNDICE 3.2. MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR

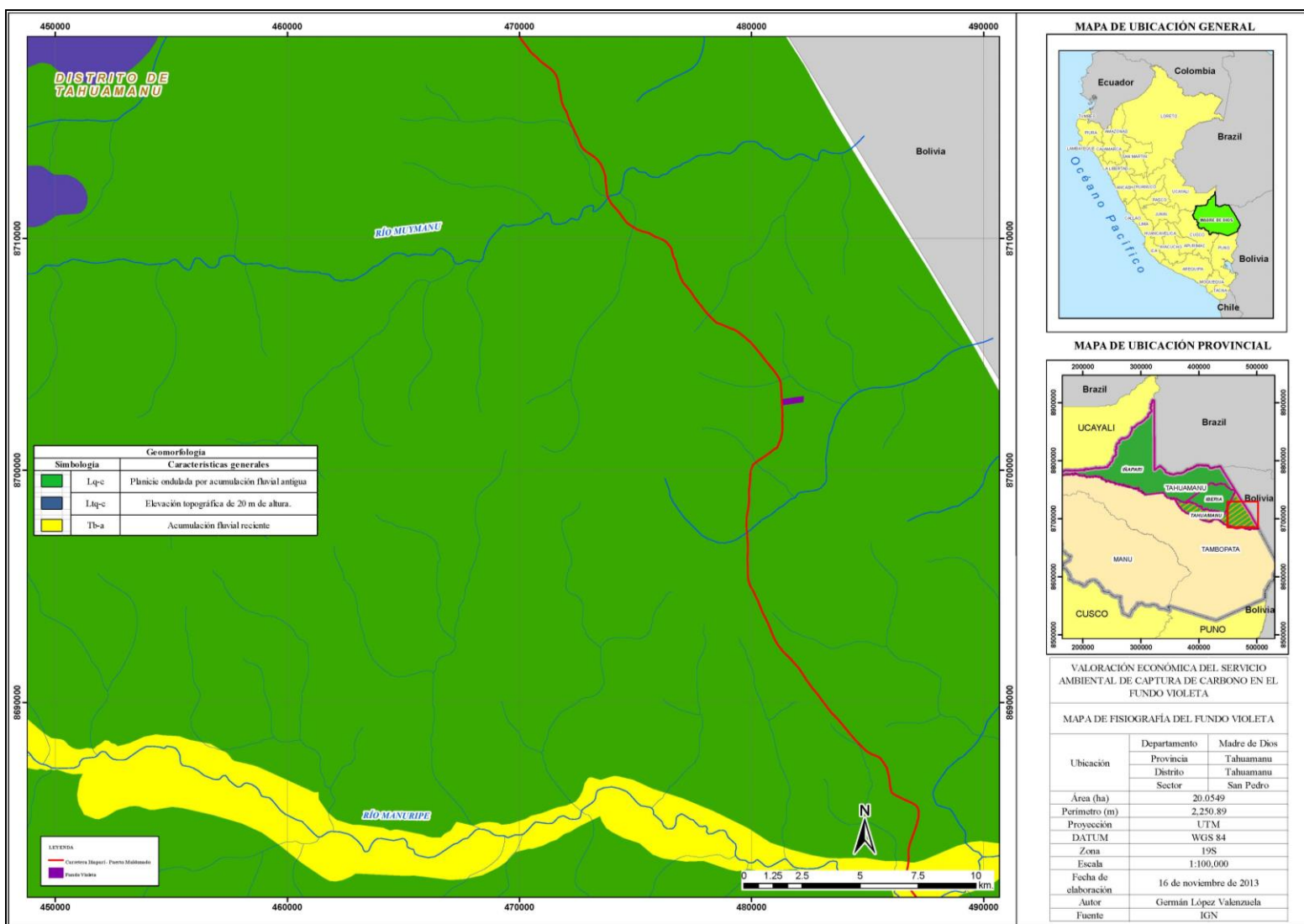




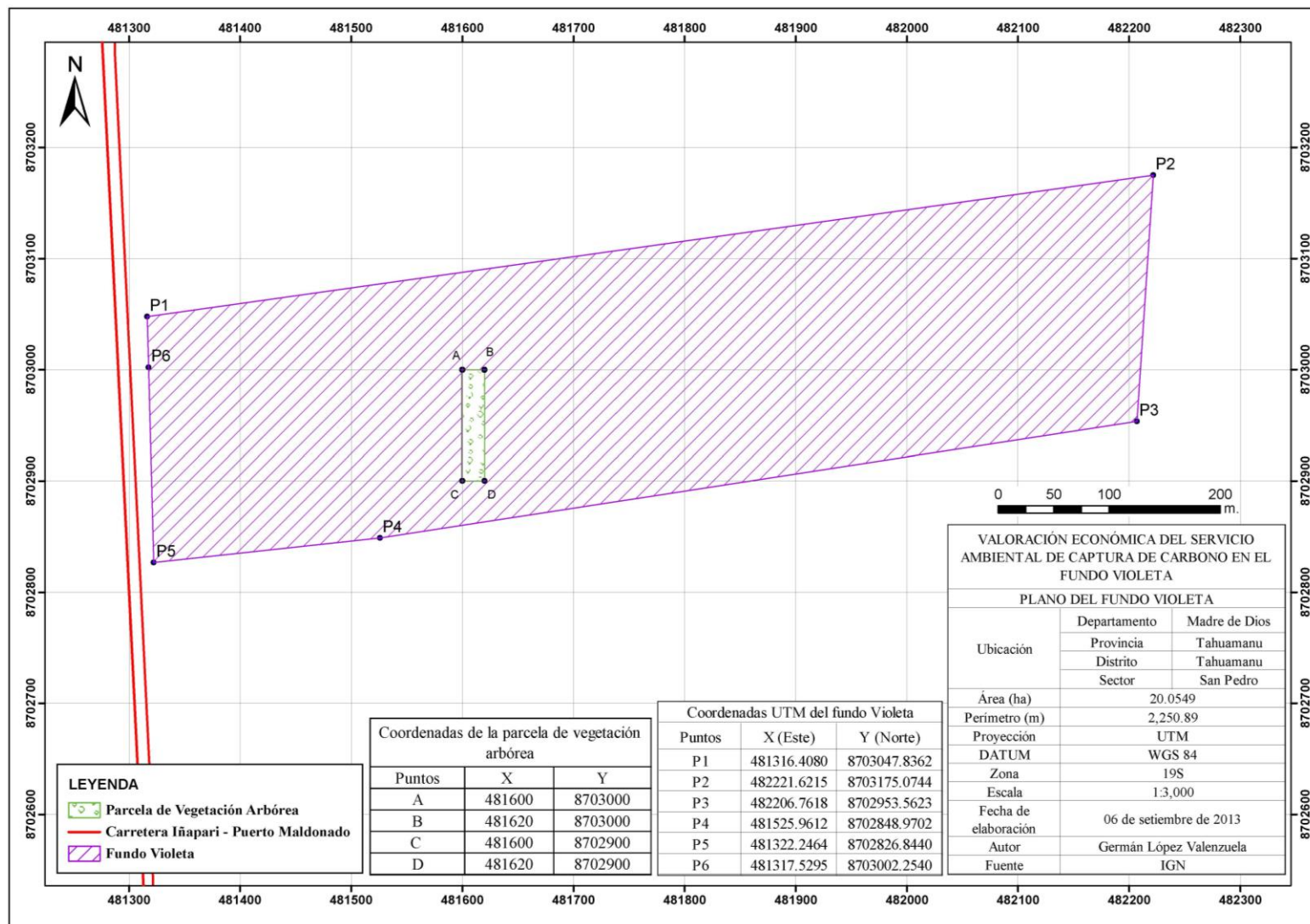
APÉNDICE 3.3. MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS



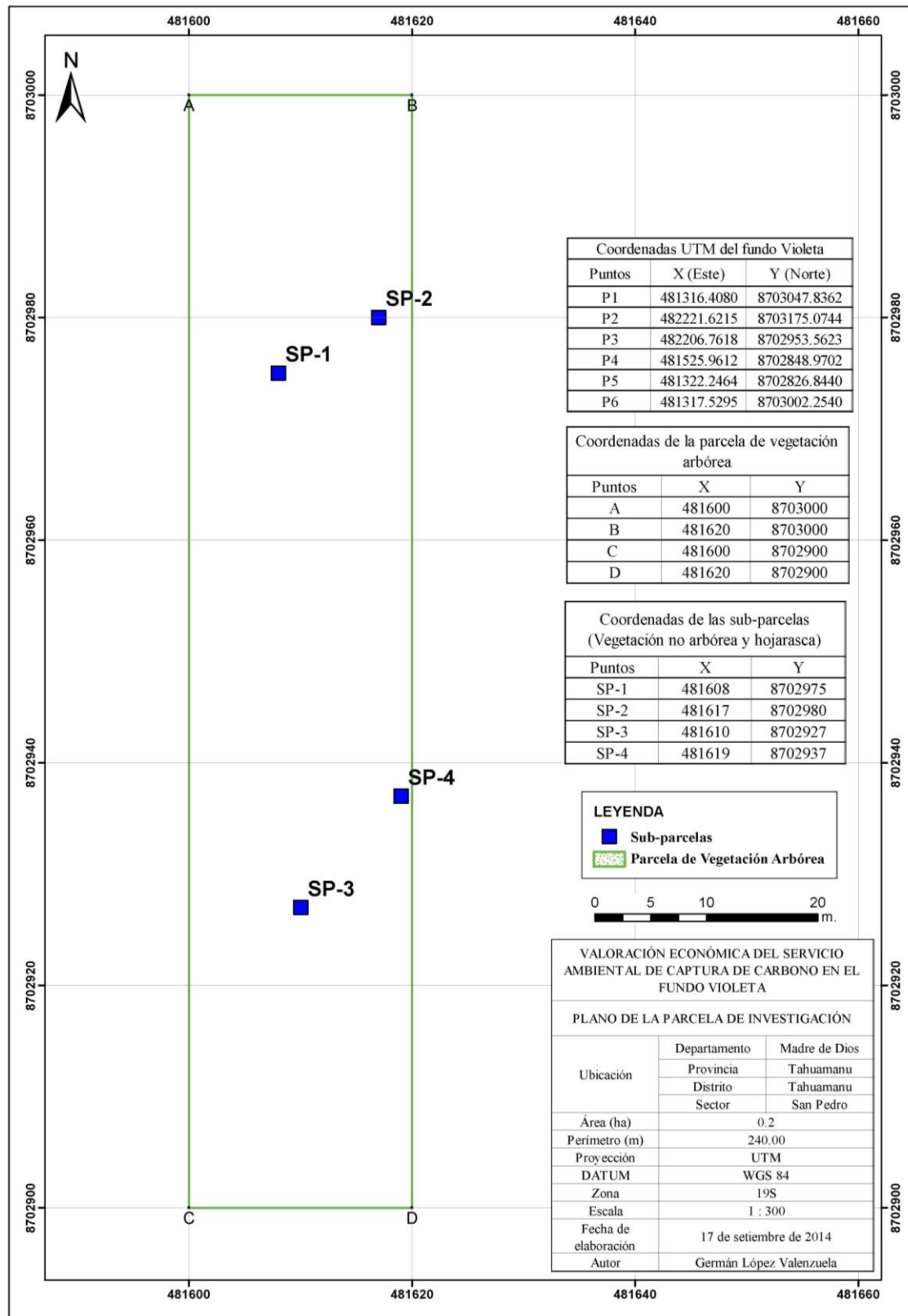
APÉNDICE 3.4. MAPA DE FISIOGRAFÍA



APÉNDICE 3.5. PLANO DEL FUNDO VIOLETA



APÉNDICE 3.6. PLANO DE LA PARCELA DE INVESTIGACIÓN




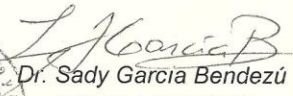




APÉNDICE 4. RESPORTES DE LABORATORIO

**APÉNDICE 4.1. REPORTES DE LABORATORIO DEL AÑO 2013.**


**Apéndice 4.1.1. Informe de análisis especial en foliar (vegetación no arbórea) del año 2013 para el fundo Violeta. Realizado por el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.**

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES																	
<b>INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR</b>																			
SOLICITANTE :	GERMAN LOPEZ VALENZUELA																		
PROCEDENCIA :	MADRE DE DIOS/ TAHUAMANU/ TAHUAMANU																		
MUESTRA :	VEGETACION NO ARBOREA																		
REFERENCIA :	H.R. 41614																		
FACTURA :	24888																		
FECHA :	29/08/13																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N° LAB</th> <th style="width: 60%;">CLAVES</th> <th style="width: 30%;">C %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4461</td> <td>VNA 1</td> <td>50.30</td> </tr> <tr> <td>4462</td> <td>VNA 2</td> <td>48.12</td> </tr> <tr> <td>4463</td> <td>VNA 3</td> <td>45.15</td> </tr> <tr> <td>4464</td> <td>VNA 4</td> <td>44.55</td> </tr> </tbody> </table>					N° LAB	CLAVES	C %	4461	VNA 1	50.30	4462	VNA 2	48.12	4463	VNA 3	45.15	4464	VNA 4	44.55
N° LAB	CLAVES	C %																	
4461	VNA 1	50.30																	
4462	VNA 2	48.12																	
4463	VNA 3	45.15																	
4464	VNA 4	44.55																	
  <b>Dr. Sady García Bendezú</b> Jefe de Laboratorio																			
<hr/> Av. La Molina s/n Campus UNALM Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe																			

Apéndice 4.1.2. Informe de análisis especial en foliar (detritos y hojarasca) del año 2013 para el fundo Violeta. Realizado por el Laboratorio de análisis en suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.



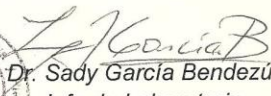
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES




**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR**

SOLICITANTE : GERMAN LOPEZ VALENZUELA  
 PROCEDENCIA : MADRE DE DIOS/ TAHUAMANU/ TAHUAMANU  
 MUESTRA : DETRITOS Y HOJARASCA  
 REFERENCIA : H.R. 41615  
 FACTURA : 24888  
 FECHA : 29/08/13

Nº LAB	CLAVES	C %
4465	D 1	41.39
4466	D 2	45.54
4467	D 3	44.36
4468	D 4	46.93



Dr. Sady García Bendezu  
Jefe de Laboratorio



Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**Apéndice 4.1.3. Informe de análisis especial en suelo del año 2013 para el fundo Violeta. Realizado por el Laboratorio de análisis en suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : GERMAN LOPEZ VALENZUELA  
 PROCEDENCIA : MADRE DE DIOS/ TAHUAMANU/ TAHUAMANU  
 REFERENCIA : H.R. 41613  
 FACTURA : 24888  
 FECHA : 03/09/2013

Lab	Número Muestra		C %
	Claves		
3541	SA 1		0.54
3542	SA 2		0.18
3543	SA 3		0.80
3544	SB 1		0.50
3545	SB 2		0.30
3546	SB 3		0.82
3547	SC 1		0.52
3548	SC 2		0.16
3549	SC 3		0.50
3550	SD 1		0.34
3551	SD 2		0.36
3552	SD 3		0.72




Dr. Sady García Bendezi  
 Jefe del Laboratorio

---

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## APÉNDICE 4.2. REPORTES DE LABORATORIO DEL AÑO 2014.

Apéndice 4.2.1. Informe de análisis especial en foliar (vegetación no arbórea) del año 2014 del fundo Violeta. Realizado en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : GREENPRINT CONSULTANTS E.I.R.L.

PROCEDENCIA : MADRE DE DIOS/ TAHUAMANU/ TAHUAMANU/ FUNDO VIOLETA


MUESTRA : VEGETACION NO ARBOREA

REFERENCIA : H.R. 44605

FACTURA : 26369

FECHA : 09/04/14

Nº LAB	CLAVES	C %
1506	FV - VNA - 1 - 2014	48.51
1507	FV - VNA - 2 - 2014	47.52
1508	FV - VNA - 3 - 2014	49.11
1509	FV - VNA - 4 - 2014	46.14
1510	OF - VNA - 1 - 2014	44.75
1511	OF - VNA - 2 - 2014	48.71
1512	OF - VNA - 3 - 2014	47.33
1513	OF - VNA - 4 - 2014	44.16




*Sady García Bendezi*  
Dr. Sady García Bendezi  
Jefe de Laboratorio


---

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**Apéndice 4.2.2. Informe de análisis especial en foliar (detritos y hojarasca) del año 2014 del fundo Violeta. Realizado en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : GREENPRINT CONSULTANTS E.I.R.L.

PROCEDENCIA : MADRE DE DIOS/ TAHUAMANU/ TAHUAMANU/ FUNDO VIOLETA


MUESTRA : DETRITOS Y HOJARASCA

REFERENCIA : H.R. 44606

FACTURA : 26369

FECHA : 09/04/14

Nº LAB	CLAVES	C %
1514	D1 - FV	44.36
1515	D2 - FV	35.64
1516	D3 - FV	43.37
1517	D4 - FV	40.00




*Sady García Berdezu*  
Dr. Sady García Berdezu  
Jefe de Laboratorio


---

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**Apéndice 4.2.3. Informe de caracterización de suelos del fundo Violeta del año 2014. Realizado en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : GREENPRINT CONSULTANTS E.I.R.L.

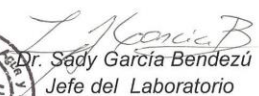

Departamento : MADRE DE DIOS  
Distrito : TAHUAMANU  
Referencia : H.R. 44604-033C-14

Provincia : TAHUAMANU  
Predio :  
Fecha : 08/04/14

Fact.: 26369

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
6052	OF-2014	6.56	0.21	0.00	2.09	5.9	83	73	21	6	Fr.A.	4.80	3.70	0.63	0.10	0.04	0.00	4.47	4.47	93
6053	FV-2014	4.61	0.35	0.00	2.10	2.8	73	65	19	16	Fr.A.	7.20	3.42	0.75	0.12	0.03	0.10	4.42	4.32	60

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

  
  
**Dr. Sady García Bendezú**  
 Jefe del Laboratorio

---

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS**

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO<sub>3</sub>): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono Orgánico con dicromato de potasio. %M.O. = %Cx1.724.
6. Nitrógeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COOCH<sub>3</sub>)N; pH 7.0
10. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup>: método de Yuan. Extracción con KCl, N
12. Iones solubles:
  - a) Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
  - b) Cl, Co<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> solubles: volumetría y colorimetría. SO<sub>4</sub> turbidimetría con cloruro de Bario.
  - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
  - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

**Equivalencias:**  
 1 ppm=1 mg/kilogramo  
 1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro  
 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg  
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes  
 CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

**TABLA DE INTERPRETACION**

Salinidad		Materia Orgánica			Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas		
Clasificación del Suelo	CE(es)	CLASIFICACIÓN	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg	
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9	
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5		
*moderadamente salino	4 - 8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2		
*fuertemente salino	>8					*defc. Mg		>10	

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de Cationes %		
Clasificación del Suelo	pH	A	Fr.A	Ar	Fr.Ar.A	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
*fuertemente ácido	<5.5	= arena	= franco arenoso	= franco arcilloso	= franco arcillo arenoso	=	=	60 - 75
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	A.Fr = arena franca	Fr.A = franco arenoso	Fr.Ar = franco arcilloso	Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso	=	=	15 - 20
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Fr = franco	Fr.L = franco limoso	Ar = arcilloso arenoso	Ar.L = arcilloso limoso	=	=	3 - 7
*neutro	6.6 - 7.0	L = limoso		Ar = arcilloso		=	=	<15
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8							
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4							
*fuertemente alcalino	>8.5							



