

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
ESCUELA DE POSGRADO
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**EFEECTO DEL ÁREA Y FORMA DE LAS PARCELAS EN LA
CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO DE LOS BOSQUES
SECUNDARIOS DE NESHUYA, UCAYALI, 2019**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO SOSTENIBLE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESISTA: GALVAN GILDEMEISTER OCTAVIO FRANCISCO

JAVIER

ASESOR: DR. AYRA APAC NILTON CESAR

HUÁNUCO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a mis padres, quienes, en vida, con su ejemplo, me enseñaron los valores que hoy le dan dirección y justificación a mi vida.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco al Dr. Nilton Cesar Ayra Apac por su permanente esfuerzo en mejorar la calidad de esta investigación.

También debo agradecer al Servicio Forestal y de Fauna Silvestre quien, a través del Programa de Desarrollo Forestal Sostenible, Inclusivo y Competitivo en la Amazonía Peruana; financió investigaciones aplicadas, entre las cuales estuvo la investigación que se expone en esta tesis de doctorado.

Agradezco a los bachilleres Miguel Ángel Vargas Huaqui y Jaime Pérez Ortiz quienes participaron en todas las actividades de campo, al Sr. Enrique del Castillo quien, como para taxónomo facilitó la identificación de los árboles y a los pobladores del Caserío Nuevo Satipo quienes nos permitieron visitar sus predios y hacer los inventarios en sus bosques secundarios; especialmente al Sr. Armando Reyes Jiménez, quien facilitó necesidades logísticas y sociales, sin las cuales no hubiese sido posible efectuar la investigación.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el área y la forma de la parcela para cuantificar el stock de carbono, en la biomasa aérea de los árboles ($dap \geq 10$ cm) de bosques secundarios. Se trabajó en el sector de Neshuya-Curimana, Caserío Nuevo Satipo, Región Ucayali, Amazonia peruana. Se seleccionaron, al azar, seis bosques secundarios. En cada bosque se realizó un censo, en un área de 6 400 m², (80 m x 80 m) y, dentro de este, cuatro muestreos con 12 parcelas cuadradas de 100 m², 12 parcelas circulares de 100 m², tres parcelas cuadradas de 400 m² y tres parcelas circulares de 400 m². La biomasa aérea se calculó con una ecuación alométrica y el stock de carbono mediante una fracción de carbono de 0.5. Los censos reportaron un stock de carbono de entre 7757.28 Kg. ha⁻¹ y 17500 Kg. ha⁻¹. Se compararon los stocks de carbono por hectárea. La media aritmética del censo fue menor que la media aritmética de los muestreos con parcelas de 100 m², pero fue mayor que los muestreos con parcelas de 400 m². Los coeficientes de variación oscilaron entre 21% y 36% y fueron mayores en las parcelas de 100 m². Los errores absolutos indicaron que las parcelas de 100 m² tuvieron cierta tendencia a sobreestimar el stock de carbono y las parcelas de 400 m² a subestimarlo. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA), con diseño de bloques completos al azar. El ANOVA reportó que existen diferencias entre los tratamientos ($p = 0.002$) y entre los predios ($p = 0.000$). Las pruebas de Tukey, LSD de Fisher y de Bonferroni; con una confianza del 95%, hallaron diferencias entre las áreas de las parcelas, pero no entre las formas de las parcelas. Asimismo, las pruebas de Dunnet, Tukey y Bonferroni tampoco hallaron diferencias entre los diferentes muestreos y el censo. No obstante, el análisis de correlación de Pearson halló mayor asociación entre los muestreos con parcelas cuadradas y circulares de 100 m² (0.984 y 0.923) y el censo, que entre los muestreos con parcelas cuadradas y circulares de 400 m² y el censo (0.747 y 0.840). Se concluye que en bosques secundarios es mejor usar parcelas de 100 m² y que la elección de la forma de la parcela dependerá de consideraciones prácticas.

Palabras clave: Muestreo forestal, error de muestreo, biomasa aérea, Amazonia.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the area and shape of the plot to quantify the carbon stock in the aerial biomass of the trees ($\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$) of secondary forests. We worked in the Neshuya-Curimana sector, Caserío Nuevo Satipo, Ucayali Region, Peruvian Amazon. Six secondary forests were selected at random. In each forest a census was carried out in an area of 6400 m^2 , ($80 \text{ m} \times 80 \text{ m}$) and, within this, four samplings with 12 square plots of 100 m^2 , 12 circular plots of 100 m^2 , three square plots of 400 m^2 and three circular plots of 400 m^2 . The aerial biomass was calculated with an allometric equation and the carbon stock using a carbon fraction of 0.5. The censuses reported a carbon stock of between $7757.28 \text{ Kg. ha}^{-1}$ and $17,500 \text{ Kg. ha}^{-1}$. Carbon stocks per hectare were compared. The arithmetic mean of the census was lower than the arithmetic mean of the samples with 100 m^2 plots, but it was higher than the samples with 400 m^2 plots. The coefficients of variation ranged between 21% and 36% and were higher in the 100 m^2 plots. The absolute errors indicated that the 100 m^2 plots had a tendency to overestimate the carbon stock and the 400 m^2 plots to underestimate it. An analysis of variance (ANOVA) was used, with a randomized complete block design. The ANOVA reported that there are differences between treatments ($p = 0.002$) and between farms ($p = 0.000$). The Tukey, Fisher LSD and Bonferroni tests; with 95% confidence, they found differences between the areas of the plots, but not between the forms of the plots. Likewise, the Dunnett, Tukey and Bonferroni tests also found no differences between the different samplings and the census. However, Pearson's correlation analysis found a greater association between samplings with square and circular plots of 100 m^2 (0.984 and 0.923) and the census, than between samplings with square and circular plots of 400 m^2 and the census (0.747 and 0.840). It is concluded that in secondary forests it is better to use 100 m^2 plots and that the choice of the plot shape will depend on practical considerations.

Keywords: forest sampling, sampling error, aerial biomass, Amazonia.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a área e a forma da parcela para quantificar o estoque de carbono na biomassa aérea das árvores ($DAP \geq 10$ cm) de florestas secundárias. Trabalhamos no setor de Neshuya-Curimana, Caserío Nuevo Satipo, Região de Ucayali, Amazônia Peruana. Seis florestas secundárias foram selecionadas aleatoriamente. Em cada floresta foi realizado um censo, em uma área de 6.400 m^2 ($80 \text{ m} \times 80 \text{ m}$) e, dentro deste, quatro amostragens com 12 parcelas quadradas de 100 m^2 , 12 parcelas circulares de 100 m^2 , três parcelas quadradas de 400 m^2 e três parcelas circulares de 400 m^2 . A biomassa aérea foi calculada com uma equação alométrica e o estoque de carbono usando uma fração de carbono de 0,5. Os censos relataram um estoque de carbono entre $7757,28 \text{ Kg. ha}^{-1}$ e $17.500 \text{ Kg. ha}^{-1}$. Os estoques de carbono por hectare foram comparados. A média aritmética do censo foi inferior à média aritmética das amostras com parcelas de 100 m^2 , mas foi superior às amostras com parcelas de 400 m^2 . Os coeficientes de variação variaram entre 21% e 36% e foram maiores nas parcelas de 100 m^2 . Os erros absolutos indicaram que as parcelas de 100 m^2 causam superestimação do estoque de carbono e as parcelas de 400 m^2 causam subestimação. Foi utilizada uma análise de variância (ANOVA), com delineamento de blocos completos ao acaso. A ANOVA relatou que existem diferenças entre os tratamentos ($p = 0,002$) e entre as propriedades ($p = 0,000$). Os testes Tukey, Fisher LSD e Bonferroni; com 95% de confiança, encontraram diferenças entre as áreas das parcelas, mas não entre as formas das parcelas. No entanto, a análise de correlação de Pearson encontrou maior associação entre as amostragens com parcelas quadradas e circulares de 100 m^2 (0,984 e 0,923) e o censo, do que entre as amostragens com parcelas quadradas e circulares de 400 m^2 e o censo (0,747 e 0,840). Conclui-se que em florestas secundárias é melhor usar parcelas de 100 m^2 e que a escolha do forma da parcela dependerá de considerações práticas.

Palavras chave: amostragem florestal, erro de amostragem, biomassa aérea, Amazônia.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
RESUMO	vi
ÍNDICE	vii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
1.1. Fundamentación del problema	10
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	10
1.3. Viabilidad de la investigación	11
1.4. Formulación del problema	11
1.4.1. Problema general	11
1.4.2. Problemas específicos.....	12
1.5. Formulación de objetivos.....	12
1.5.1. Objetivo general.....	12
1.5.2. Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes de investigación	13
2.2. Bases teóricas	18
2.3. Bases conceptuales.....	30
2.4. Bases filosóficas.....	31
2.5. Bases epistemológicas.....	31

2.6. Bases antropológicas	32
CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS	33
3.1. Formulación de las hipótesis	33
3.1.1. Hipótesis general.....	33
3.1.2. Hipótesis específicas.....	33
3.2. Operacionalización de variables	33
3.3. Definición operacional de las variables	34
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....	35
4.1. Ámbito de estudio	35
4.2. Tipo y nivel de investigación	37
4.3. Población y muestra	38
4.4. Diseño de investigación	40
4.5. Técnicas e instrumentos	41
4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos.....	52
4.7. Aspectos éticos.....	53
CAPÍTULO V. RESULTADOS	54
5.1. Análisis descriptivo.....	54
5.2. Análisis inferencial y contrastación de hipótesis	67
5.3. Discusión de resultados.....	73
5.4. Aporte científico de la investigación.....	76
CONCLUSIONES	77
SUGERENCIAS	78
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS	91

INTRODUCCIÓN

El principal problema medioambiental, en la Amazonia peruana, es la deforestación, cuya causa principal es la ampliación para la agricultura de las áreas con bosque primario, es decir, el bosque húmedo tropical maduro; ya sea intervenido o no intervenido (Ministerio del Ambiente, 2016). No obstante, como parte del sistema de producción conocido como de “tumba y quema”, las áreas dedicadas a la agricultura después dejan de utilizarse, periodo de tiempo en el cual se forma el bosque secundario, un bosque con una composición, estructura y dinámica florística muy diferente a la del bosque primario (Smith *et al.*, 2002). Sabogal *et al.*, (2001) señalan que los agricultores, es decir los productores, emplean los bosques secundarios para la extracción de algunos bienes, ya sea como productos maderables (madera y leña) y/o como productos no maderables (cortezas, frutas, medicinas y otros). Pero, en la actualidad, y debido al contexto generado por el cambio climático, ha cobrado importancia la utilización de los bosques para la generación de servicios; principalmente en lo referido a la conservación de sumideros de carbono y secuestro de carbono (Smith *et al.*, 2002), entonces cabe el intento de utilizar los bosques secundarios para que los productores se involucren en la comercialización del carbono secuestrado por los bosques secundarios.

Por la razón, antes mencionada, es importante crear y/o mejorar los métodos para la cuantificación del carbono, principalmente de la biomasa aérea arbórea de los bosques secundarios, siendo esta la razón principal que motivó la realización de la presente investigación; la misma que cubrirá un vacío de información y que servirá a los diferentes actores que continua y persistentemente, se vienen involucrando en la utilización de los bosques amazónicos para evitar y mitigar los efectos del cambio climático debido a la emisión de los gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema

El proyecto de investigación “Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali” se originó por la necesidad de dilucidar cuál es el área y la forma de las parcelas, de los inventarios forestales que tienen como propósito cuantificar el carbono que existe en los bosques secundarios.

La cuantificación del carbono en un ecosistema es el primer paso para incursionar en la comercialización de carbono en los mercados correspondientes, que se han desarrollado como consecuencia de los acuerdos internacionales (entre estos el Protocolo de Kyoto) para mitigar el cambio climático.

Existen metodologías, investigaciones aplicadas y experiencias sobre la cuantificación de carbono en diferentes tipos de ecosistemas, ya sea bosque primario no intervenido o intervenido (Segura y Kanninen 2002, Márquez 2000 y Camacho 2000 y Rüginitz *et al.* 2009), bosque secundario (Rüginitz *et al.* 2009 e Ibrahim *et al.* 2006, Fonseca *et al.* 2011, Figueredo y Bravo 2014, Córdova 2020), plantación (Rüginitz *et al.* 2009) y sistemas agroforestales (Rüginitz *et al.* 2009 y Mena 2008).

No obstante, no se ha dilucidado cuales son las características suficientes, de las parcelas de muestreo, para cuantificar de manera eficiente el carbono en los bosques secundarios; con base en el la teoría y la práctica del muestreo estadístico.

1.2. Justificación e importancia de la investigación

Este estudio sirvió para resolver un problema práctico: determinar, categóricamente, cual es el tamaño y la forma de las parcelas que se deben emplear para cuantificar el carbono en bosques secundarios.

Dado lo mencionado anteriormente, este estudio también servirá para planificar adecuadamente (desde el punto de vista económico y técnico) y ejecutar, de manera eficaz y eficiente, inventarios forestales para la cuantificación de carbono, en los ecosistemas terrestres de bosques secundarios.

Los hallazgos de este estudio también se podrán aplicar para cuantificar carbono y volúmenes de madera comercial en bosques secundarios y en otros ecosistemas forestales, como plantaciones y otros bosques húmedos tropicales naturales cuya composición florística no sea muy heterogénea.

La importancia de este estudio, para la sociedad, está dada porque los diferentes usuarios de los bosques secundarios (concesionarios forestales, comunidades nativas, propietarios de predios privados, inversionistas, instituciones públicas, cooperaciones externas, etc.) podrán mejorar la planificación y ejecución de inventarios forestales para elaborar proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) e incursionar, por consiguiente, en los mercados de carbono.

1.3. Viabilidad de la investigación

La investigación fue viable dada la existencia de los bosques secundarios en el ámbito de estudio, la disposición de los productores que permitió realizar los muestreos en sus bosques secundarios, la accesibilidad al ámbito de estudio a través de las carreteras asfaltadas y afirmadas existentes y la disposición de las autoridades y de los pobladores que permitió que se pernocte en el Caserío Nuevo Satipo.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos de las parcelas (unidades muestrales) para cuantificar adecuadamente el stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto del área de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali?
- ¿Cuál es el efecto de la forma de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali?

1.5. Formulación de objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las parcelas (unidades muestrales) para mejorar la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del área de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.
- Evaluar el efecto de la forma de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Las experiencias en cuantificación de la biomasa y del carbono, de los bosques húmedos tropicales de América, recién se ha iniciado a finales de la primera década del presente siglo; aunque se cuenta con un mayor número de métodos y experiencias para cuantificar el volumen de madera, lo cual representa una oportunidad para cubrir los vacíos de información científica y técnica para la cuantificación de la biomasa y del carbono.

En la zona tropical húmeda existen diferentes ecosistemas, naturales y artificiales; por esta razón la cuantificación de la biomasa y del carbono (y también del volumen de madera) tiene que adaptarse a las particularidades de cada ecosistema. En consecuencia, existen métodos de muestreo para bosques primarios (vírgenes o intervenidos), bosques secundarios, plantaciones y sistemas agroforestales.

A continuación, se exponen las experiencias internacionales y nacionales sobre los tipos de parcelas (o unidades de muestreo) para inventarios de carbono en bosques secundarios, bosques primarios y plantaciones; además, y dada su pertinencia, se incluyen los tipos de parcelas para inventarios de volumen de madera, exclusivamente, en bosques secundarios.

Experiencias internacionales

a. Tipos de parcelas para inventarios de carbono en bosques secundarios, bosques primarios y plantaciones

En inventarios forestales para la cuantificación de carbono en bosques secundarios (conocidos como “barbechos” o “purmas”), Rüginitz *et al.* (2009) recomienda el uso de parcelas rectangulares de 250 m² (25 m x 10 m) para árboles y palmeras con diámetros (diámetro a 1.30 m del suelo o dap) iguales o superiores a los 10 cm.

Ibrahim *et al.* (2006) para medir el carbono y la biomasa arbórea, en bosques secundarios, emplearon tres parcelas rectangulares de 25 m x 10 m (250 m²).

Con respecto a la forma de las parcelas, en inventarios de carbono en bosques primarios, existen diferentes opiniones. Segura y Kanninen (2002) consideran que las parcelas pueden ser circulares o rectangulares, Márquez (2000) recomienda las parcelas circulares y Camacho (2000) prefiere las parcelas cuadradas. Asimismo, Segura y Kanninen (2002) mencionan que el proyecto “Cambio de uso de la tierra y flujos de carbono para Centroamérica” de la Universidad de Helsinki / CATIE, en los bosques de Nicaragua y Guatemala empleó parcelas rectangulares anidadas, de 25 m x 10 m (250 m²) para individuos con dap mayor o igual a 10 cm y; parcelas cuadradas, de 10 m x 10 m (100 m²), para individuos con dap entre 5.9 y 9.9 cm.

Rügnitz *et al.* (2009) sugieren que, para el caso de plantaciones, se empleen parcelas cuadradas de 10 m x 10 m, para árboles con dap de 5 a 20 cm; en tanto que, para árboles con dap mayor a 20 cm, se empleen parcelas cuadradas de 25 m x 25 m.

Existen otras experiencias sobre inventarios de carbono. Así, Córdova (2020) para determinar el carbono aéreo de dos bosques secundarios, en la zona de Intag – Imbabura, del Ecuador, empleó tres parcelas cuadradas de 30 m x 30 m.

Figueredo y Bravo (2014) reportan el uso de parcelas temporales de muestreos de 500 m², con una intensidad de muestreo del 5 %, para inventariar el área basal y volumen de un bosque secundario, en una finca ubicada en una zona de Santiago de Cuba.

Fonseca *et al.* (2011) reporta la acumulación de carbono en la biomasa y el suelo en bosques secundarios de Costa Rica, de 4 a 20 años, procedentes de pastizales abandonados; mediante el empleo de 2 a 6 parcelas rectangulares de 500 m² para estimar la biomasa forestal.

También para Costa Rica, Mena (2008) analiza la relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación, en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios; para lo cual empleó parcelas temporales de muestreo 1000 m² (50 m x 20 m).

En el caso de la Amazonia peruana, Feldpausch *et al.* (2004) obtienen la acumulación de carbono en bosques secundarios, después del abandono de pasturas, con base en el uso de parcelas de 100 m² a 400 m².

b. Tipos de parcelas para inventarios de volumen de madera en bosques secundarios

Spittler (1997a) menciona que, hasta 1997, no existía un tipo de inventario forestal rápido y sencillo para levantar datos de composición florística, estructura florística y volumen de madera en bosques secundarios. Louman *et al.* (2002) también afirman sobre la escasez de métodos de inventarios para bosques secundarios.

Para los bosques secundarios de la Zona Norte de Costa Rica, Spittler (1997a) realizó inventarios forestales con parcelas circulares de 6 m de radio (área de 113.1m²), e instaló una cantidad variable de parcelas en función al área del bosque secundario (Cuadro 1).

En la Zona Norte de Costa Rica también se compararon inventarios forestales con parcelas redondas y rectangulares, encontrándose que las parcelas rectangulares subestiman el área basal (y, por lo tanto, el volumen), posiblemente debido al error sistemático de no incluir los árboles que están en los bordes de las parcelas (Spittler, 1997b).

Otros autores recomiendan el empleo de parcelas cuadradas y rectangulares, como CATIE *et al.* (1998) y Louman *et al.* (2002) quienes, para inventarios de bosques secundarios, recomiendan el empleo de parcelas cuadradas de 10 m x 10 m (100 m²); en tanto que Fedlmeier (1996), para evaluar el desarrollo de

bosques secundarios de la Zona Norte de Costa Rica, empleó parcelas rectangulares de 25 m x 20 m (500 m²).

En cuanto al número de parcelas, Louman *et al.* (2002) sugiere que, en bosques secundarios de menos de 10 ha, se establezca un mínimo de 100 parcelas. Al respecto, CATIE *et al.* (1998) son más precisos y, con base en inventarios efectuados en bosques secundarios en Pará (Brasil), Ucayali (Perú) y Río San Juan (Nicaragua); consideran que una intensidad de muestreo de 10% genera una muestra suficientemente representativa.

Tabla 1. Número de parcelas circulares en inventarios de bosques secundarios

Área del bosque	Número de parcelas	Distancia entre parcelas y trochas eje
1	11	30
2	12	40
3	13	50
4	14	55
5	15	60
6	16	60

Fuente: Akca (1994) in Spittler (1997a)

Finalmente, es pertinente mencionar que, aunque existen pocos métodos de inventarios para bosques secundarios, puede ocurrir que entre los mismos sean comparables, como es el caso de la evaluación de la densidad de árboles y área basal de bosques secundarios aluviales dominados por *Spathodea campanulata* Beauv de los métodos de muestreo de punto-cuadrante y parcela de área (Abelleira & Colón, 2006).

Experiencias nacionales

a. Tipos de parcelas para inventarios de carbono en bosques primarios

En bosques primarios vírgenes y bosques primarios intervenidos se han empleado parcelas circulares con un radio de 5 m (para árboles con dap de 5 a 19.9 cm), de 16 m (para árboles con dap de 20 a 50 cm) y de 30 m (para árboles con dap iguales o mayores a 50 cm) y establecidas de manera anidada (Recavarren & Delgado, 2011).

b. Tipos de parcelas para inventarios de volumen de madera en bosques secundarios

En la Amazonia peruana se han generado algunas investigaciones relacionadas con inventarios de bosques secundarios, en Junín, Ucayali y Loreto; pero para la cuantificación del volumen de madera.

Dancé y Kometter (1984) describen un inventario que se realizó en las provincias de Chanchamayo y Satipo, Junín, basado en la distribución de 153 parcelas rectangulares de 1000 m², en las que incidentalmente se pudo registrar información de bosques secundarios.

Kometter (1987) muestra la sistematización de datos sobre la composición y estructura florística de bosques secundarios, cercanos a la localidad de Campo Verde (Ucayali), pero los inventarios se basaron en parcelas permanentes de muestreo, consistentes en parcelas cuadradas de hasta una hectárea.

También en bosques secundarios cercanos a la localidad de Campo Verde, Galván *et al.* (2000) y Coronado *et al.* (2001) describen inventarios que emplearon, como unidad de muestreo, parcelas cuadradas de 100 m² (10 metros por 10 metros) para el registro de fustales, o sea árboles con dap mayor o igual a 10 cm.

Los inventarios de bosques secundarios en la Región Ucayali, con la metodología de CATIE *et al.* (1998) demostraron proveer información útil y

representativa que sirvió para identificar los objetivos de manejo de los bosques (Sabogal, Colán, *et al.*, 2001).

En Loreto también se realizaron inventarios de bosques secundarios, así Pacheco *et al.* (1998) y Pacheco (2011) describen métodos que difirieron en cuanto al tamaño de la unidad de muestreo o parcela, pues emplearon parcelas cuadradas de 400 m² y 100 m²; respectivamente.

Para bosques secundarios también existe un método de inventario conocido como muestreo diagnóstico, cuyo propósito es la prescripción de tratamientos silviculturales, en el cual se emplean parcelas cuadradas de 5 m x 5m (en bosques de hasta 10 años de edad) ó de 10 m x 10 m (cuando el bosque tiene más de 10 años), que se distribuyen sistemáticamente en el bosque (Sabogal, Galván, *et al.* 2001).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El Mecanismo de Desarrollo Limpio en el contexto del Cambio climático

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI), por efecto de ciertas actividades antropogénicas, vinculadas principalmente con la industrialización, continúa agudizando el cambio climático y sus consecuencias (Neeff & Henders, 2007, Cuellar & Salazar, 2016); razón por la cual se ha creado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que es un acuerdo internacional que pretende estabilizar las concentraciones de GEI a los niveles de 1990 (Neeff & Henders, 2007, Cuellar & Salazar, 2016). Dentro de este marco, en 1997, el Protocolo de Kyoto; adoptado por las naciones industrializadas (Anexo I) y en vías de desarrollo (no Anexo I), estableció metas de emisiones de GEI para los países del Anexo I (Rügnitz *et al.*, 2009, Neeff & Henders, 2007). Además, el Protocolo de Kyoto creó opciones costo-eficientes como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual es un medio que permite cumplir con sus metas a los países del Anexo I

mediante la compra de Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs) provenientes de proyectos de desarrollo sostenible en países del no Anexo I (Rügnitz *et al.*, 2009, Neeff & Henders, 2007).

Los proyectos que generan CERs pueden ser los llamados LULUCF (por sus siglas en inglés) que pertenecen al sector uso del suelo, cambio en el uso del suelo y bosque (Neeff & Henders, 2007). Las actividades forestales, como el establecimiento de plantaciones y la conservación de bosques (primarios, residuales o secundarios), se han convertido en una opción como fuente de ingresos para los productores agrarios de la Amazonia peruana (Rügnitz *et al.*, 2009); para lo cual sus iniciativas de remoción de dióxido de carbono de la atmósfera deben materializarse en proyectos que accedan a los mercados de carbono, a través del MDL (Rügnitz *et al.*, 2009, Neeff & Henders, 2007).

Rügnitz *et al.* (2009) han identificado las limitaciones de los productores agrarios a los mercados de carbono, una de las cuales es necesidad de métodos para una correcta cuantificación y monitoreo de stocks de carbono.

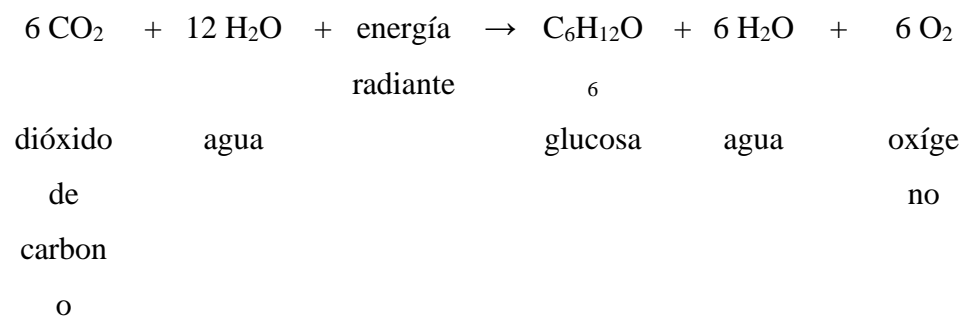
2.2.2. Ecofisiología del crecimiento de los árboles

La medición del stock de carbono, en los diferentes ecosistemas terrestres y sistemas de uso de la tierra, tiene como base el proceso que genera su acumulación y, a su vez, este es una consecuencia directa de la fotosíntesis y la respiración.

La fotosíntesis es un proceso bioquímico que consta de diferentes reacciones. Se inicia cuando la clorofila absorbe la energía de la luz solar y da comienzo a diferentes reacciones (Wilson & Loomis, 1980, Bidwell, 1993). Consiste en la elaboración de azúcar (principalmente, pues también se forman otras sustancias como los aminoácidos) mediante el dióxido de carbono y el agua, en presencia del pigmento clorofila y con el uso de la luz solar como fuente de energía (Wilson & Loomis, 1980, Bidwell, 1993); por lo tanto, mediante

este proceso se forman compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas, del cual depende la vida de las plantas, de los animales y del hombre (Wilson & Loomis, 1980).

La ecuación general del proceso fotosintético es la siguiente (Wilson & Loomis, 1980, Bidwell, 1993):

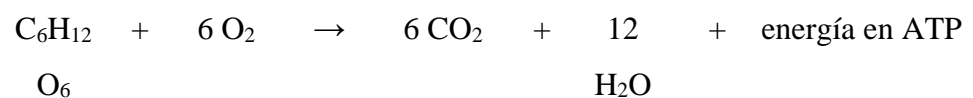


La ecuación general muestra, notoriamente, que la fotosíntesis fija dióxido de carbono en las plantas que, en las plantas leñosas perennes (árboles y arbustos), se almacena (principalmente) como celulosa y hemicelulosa en los tallos (Vilée, 1985).

Si la fotosíntesis es un proceso constructivo, la respiración es un proceso destructivo, pero, ambos procesos, tienen relaciones mutuas y ocurren simultáneamente (Wilson & Loomis, 1980).

La respiración es la oxidación o “combustión” controlada y lenta, a baja temperatura, de los azúcares; mediante la cual se genera energía de adenosín trifosfato o ATP (Wilson & Loomis, 1980, Vilée, 1985, Bidwell, 1993).

El proceso se puede representar mediante la siguiente ecuación (Wilson y Loomis 1980, Bidwell 1993):



unidad de área, pero Rondeux (2010) precisa que se debe evitar el empleo del término “peso” (pues este concierne la intervención de la fuerza de gravedad), siendo más adecuado la noción de “masa”, es decir, la cantidad de materia.

Diéguez *et al.* (2003) distinguen la biomasa como la cantidad de materia viva por unidad de superficie o volumen, que existe en un ecosistema; de la biomasa forestal, que es la cantidad de materia viva vegetal, procedente de los árboles.

En el contexto del cambio climático y la estrategia de estabilizarlo o mitigarla, mediante la conservación de los sumideros de carbono y el secuestro del carbono de la atmósfera, han cobrado relevancia los bosques naturales y los bosques artificiales (o sea las plantaciones) y la cuantificación de la biomasa vegetal (o fitomasa) y el carbono que ellos albergan.

Eggleston *et al.* (2006) han identificado cinco depósitos en tierras forestales y tierras convertidas en tierras forestales, que corresponden con el depósito de biomasa arbórea, arbustiva y herbácea, hojarasca y madera muerta, raíces y el carbono orgánico del suelo. La información científica acopiada por Pedroni (2007) y reportada por INIA (2012) indica que, en un bosque tropical, el carbono se almacena principalmente en los árboles, específicamente en los fustes o troncos (Cuadro 3). Es importante agregar que el carbono en el sotobosque (arbustos y herbáceas) es muy bajo, en las raíces aumenta, pero en este caso la medición de la biomasa de las raíces arbóreas es ardua y costosa (Diéguez *et al.*, 2003, Rüginitz *et al.*, 2009, Soares *et al.*, 2010, Cuellar y Salazar, 2016) y; aunque aumenta en el suelo, su dinámica es difícil de estimar y el costo alto no es compatible con los beneficios (Rüginitz *et al.*, 2009).

Tabla 3**Contenido de carbono por depósito**

Depósito		Carbono (tn/ha)*	Carbono (tn/ha)**
	Fuste	120	
Árboles	Ramas	75	120.6
	Hojas	5	
	Arbustos y herbáceas	10	1.4
Madera muerta y hojarasca		10	13.3
	Raíces	30	17.7
	Suelo	100	41.3
	Total	350	194.3

Fuente: Pedroni (2007) e INIA (2012)

La biomasa, generalmente, se expresa como masa seca (Campos & Leite, 2009). La cuantificación de la biomasa de un árbol se realiza mediante la cuantificación de cada uno de sus componentes: tronco, ramas, hojas y raíces (Diéguez *et al.*, 2003, Campos & Leite, 2009), los mismos que, mediante métodos destructivos, son cortados, separado y pesados (Diéguez *et al.*, 2003). Seguidamente se ajusta un modelo matemático que relaciona los pesos de los componentes (tronco, ramas, hojas y raíces) con una o más variables dendrometrías que son sencillas de medir en el campo (Campos & Leite, 2009, Diéguez *et al.*, 2003). Los modelos matemáticos son regresiones (lineales o no lineales, simples o múltiples) también llamadas ecuaciones alométricas, pues la biomasa es la variable dependiente y las variables dendrometrías son las variables independientes o regresoras; que servirán para el cálculo indirecto de la biomasa de otros árboles (Campos & Leite, 2009, Diéguez *et al.*, 2003, Arévalo *et al.*, 2003).

En cuanto al cálculo de la masa de carbono, mundialmente se acepta que aquel sea una fracción de la biomasa, la cual se ha estimado en 0.5; o sea que la masa de carbono es el 50 % de la masa de la biomasa (Eggleston *et al.* 2006); por esta razón entre varios autores, Rüginitz *et al.* (2009) y Ricse (2011), calculan el stock de carbono, en la biomasa aérea, considerando que la fracción de carbono es 0.5.

2.2.4. Inventarios forestales

a. Concepto

El inventario forestal se puede definir como un sistema de recolección y registro cuali-cuantitativo de los elementos que conforman el bosque, de acuerdo a un objetivo previsto y en base a métodos apropiados y confiables (Malleux, 1982). Esta información se emplea para planificar el manejo y aprovechamiento del bosque (Ortiz & Quirós, 2002, Queiroz, 2012). Inicialmente se empleaban para cuantificar bienes maderables, principalmente madera comercial (Ortiz & Quirós, 2002), pero posteriormente se modificaron para cuantificar bienes no maderables, fauna e, inclusive, servicios del bosque (Malleux, 1982, Ortiz & Quirós, 2002, Soares *et al.*, 2010).

Actualmente, los inventarios forestales también se emplean para la estimación de biomasa y carbono en bosques naturales (Segura & Kanninen, 2002), así, Brown y Lugo (1992) los emplearon en la Amazonia brasileña, en tanto que Dauber *et al.* (2001) en la Amazonia boliviana.

b. Muestreo

Malleux (1982) hace notar que la muestra, en los inventarios forestales, es una superficie de un bosque. Los inventarios forestales no pueden medir toda la población, debido a las implicaciones en términos de costo, tiempo y esfuerzo; por esta razón, los inventarios forestales (en la práctica) constituyen un muestreo (medición de una muestra), y no un censo (medición de una

población), y es con esta muestra con la cual se infieren las características de la población (Ortiz & Carrera, 2002b).

Lo mencionado anteriormente obliga a que la muestra sea representativa de la población, es decir, que capte toda la variabilidad de la población (Malleux, 1982, Ortiz & Carrera, 2002b), pero, dado que la población es muy grande, con respecto a la muestra; es de esperar que existan diferencias entre los estadísticos de la muestra y los parámetros de la población (Ortiz & Carrera, 2002b).

Para que la muestra sea representativa de la población es necesario decidir cuál será el tamaño y la forma de las parcelas (unidades de muestreo) y cuál será el tamaño de la muestra (o sea, el número de parcelas). Al respecto, la teoría del muestreo estadístico y la experiencia acumulada en la ejecución de inventarios forestales, en bosques naturales (de coníferas y latifoliadas) y en plantaciones, permiten hacer varias afirmaciones.

En primer lugar, no existe un tamaño y forma única para todo tipo de inventario forestal, las características de la parcela van a variar en función al propósito del inventario, de la variabilidad del bosque, el área del bosque (o tamaño de la población) y la precisión deseada (Ortiz & Carrera, 2002b); a lo cual debe sumarse la disponibilidad de recursos humanos, físicos y financieros. Prodan *et al.* (1997) informa que las parcelas convencionales pueden ser circulares, cuadradas, rectangulares y elípticas; considera que las parcelas cuadradas se usan, principalmente, cuando las unidades muestrales son de gran tamaño; en tanto que las parcelas rectangulares facilitan la delimitación cuando son grandes y aumentan la captación de la variabilidad del bosque.

En plantaciones, las parcelas circulares son más utilizadas, dada la facilidad para establecerlas, pero también se emplean las parcelas cuadradas y rectangulares (Ortiz y Carrera, 2002b). En tanto que, en bosques naturales húmedos tropicales, primarios o primarios intervenidos, debido a su alta

heterogeneidad, son más útiles las parcelas largas y angostas (Malleux, 1982, Ortiz & Carrera, 2002b). En este último caso, el área y las dimensiones de las parcelas varían entre países, así; para la cuantificación de madera comercial, en Perú, las más utilizadas han sido de una hectárea, 1000 m por 10 m (Malleux, 1982), pero en Guatemala se usan de media hectárea, 250 m por 20 m (Carrera, 1996).

Si hay acuerdo que, en bosque homogéneos, las parcelas pequeñas son adecuadas, porque la variabilidad dentro de las parcelas es menor y mayor la variabilidad entre parcelas (Malleux, 1982, Ortiz & Carrera, 2002b); dado que, para una fracción de muestreo, un número grande de parcelas pequeñas provee una estimación más precisa que un número pequeño de parcelas grandes (Philip, 1994).

En contraste, en bosques heterogéneos, las parcelas grandes son más efectivas para representar la variabilidad (Philip, 1994, Prodan *et al.*, 1997), pues la variabilidad dentro de las parcelas es mayor y la variabilidad entre parcelas es menor (Malleux, 1982, Ortiz & Carrera, 2002b, Casanoves *et al.*, 2017); pero es necesario considerar que establecer parcelas grandes en un bosque en el cual los árboles son pequeños, toma más tiempo; de manera que se aumentan los costos por parcela y, accesoriamente, al establecer menos parcelas se reduce el tamaño de la muestra (Casanoves *et al.*, 2017).

Otro aspecto a tener en cuenta es que las parcelas pequeñas son más eficientes cuando las dimensiones de las unidades de medición, en este caso los árboles, son similares, por ejemplo, en plantaciones o bosques secundarios jóvenes (Casanoves *et al.*, 2017).

También debe precisarse que, en inventarios forestales, las parcelas deben establecerse de manera discontinua, para garantizar el principio de independencia (Dauber, 1995).

En cuanto a la distribución de las parcelas o diseño del muestreo, en los ecosistemas forestales, los muestreos sistemáticos generan una muestra más representativa que los muestreos aleatorios (Malleux, 1982, Philip, 1994, Dauber, 1995, Carrera, 1996, Prodan *et al.*, 1997, Ortiz & Carrera, 2002a, Ortiz y Carrera, 2002b, Ayuga *et al.*, 2009, Soares *et al.*, 2010, Queiroz, 2012).

Finalmente, es pertinente mencionar la necesidad de emplear parcelas anidadas para inventariar diferente categoría de vegetación (Malleux, 1982, Philip, 1994, Dauber, 1995, Carrera, 1996, Ortiz y Carrera, 2002a, Ortiz y Carrera, 2002b) o para estimar carbono de la biomasa en árboles, biomasa en suelo, biomasa en hojarasca, biomasa en madera caída y biomasa en madera muerta (MacDicken, 1997).

2.2.5. Bosques secundarios

a. Importancia

La importancia de los bosques secundarios radica en que, en ciertos sectores, algunos tienen características biofísicas adecuadas para el manejo forestal, como es su alta productividad y una composición uniforme de especies arbóreas dominantes, que facilita su utilización y silvicultura (Finegan, 1992, Smith *et al.*, 1997).

b. Fases de la sucesión secundaria

Finegan (1992) menciona que las fases son tres y están dominadas, respectivamente, por hierbas y arbustos, especies arbóreas heliófitas efímeras (*Cecropia*, *Ochroma*, *Solanum*, etc.) y especies arbóreas heliófitas durables (*Alchornea*, *Cordia*, *Goupia*, *Inga*, *Jacaranda*, *Simarouba*, *Spondias*, *Trema*, *Vochysia*, *Vismia*, etc.) y, a veces, por especies más longevas como *Cavanillesia*, *Ceiba*, *Ficus* y *Swietenia* (Finegan 1996) que se pueden establecer en el cuarto o quinto año de la sucesión (Uhl y Jordan, 1984). La

sucesión ocurre porque cada grupo crece, madura y declina más rápido que el grupo siguiente (Gómez-Pompa & Vázquez-Yanes, 1981, Finegan, 1984).

c. Diversidad y composición florística

Los bosques secundarios del neotrópico húmedo son bastante uniformes en términos de grupos ecológicos, los cuales agrupan a ciertas especies arbóreas dominantes. Por esta razón, existe bastante uniformidad en cuanto a la identidad taxonómica de las especies características de estos bosques (Finegan, 1992, Finegan, 1996, Finegan, 1997).

Así, en cualquier zona geográfica del neotrópico, se puede predecir con cierto nivel de confianza cuáles serán los géneros y especies de un bosque secundario; aunque a nivel local resalte la variabilidad alta en la composición de especies, aún entre bosques secundarios próximos, con edades y uso anterior del suelo similares (Finegan, 1997, observaciones personales e información no publicada del Proyecto Manejo de Bosques Secundarios en América tropical).

Se ha encontrado que las variaciones fenológicas entre especies, la longevidad de las semillas en el banco de semillas del suelo y los límites espaciales de la dispersión (Guariguata *et al.*, 1997); junto con las condiciones del sustrato (Herrera, 1996, Herrera & Finegan, 1997) y el uso anterior del suelo (Grau *et al.*, 1997) podrían ser las causas de las diferencias en la composición de los bosques secundarios.

d. Recuperación de la biodiversidad en bosques secundarios

La velocidad y vigor de la regeneración, luego de la tumba y quema del bosque maduro, provee una medición del potencial de recuperación de este ecosistema (Uhl & Jordan, 1984, Guariguata & Ostertag, 2001); para lo cual se debe considerar que, en ausencia del fuego, la regeneración del bosque acumula biomasa y especies en una proporción inversa con la intensidad y uso anterior del suelo (Nepstad *et al.*, 1991). La recuperación de la riqueza de

especies puede verse favorecida con la presencia de árboles remanentes del bosque maduro entre la vegetación secundaria, pues proveen un hábitat para aves y murciélagos dispersores de semillas (Guevara *et al.*, 1986).

Brown y Lugo (1990) precisan, inclusive, que los bosques secundarios acumulan especies vegetales rápidamente, de manera que su riqueza florística se aproxima a la de los bosques primarios en 80 años. Pero Finegan (1997) considera que la contingencia (el probable grado de variación entre bosques secundarios) imposibilita este tipo de generalizaciones, además que la riqueza de especies no es el único atributo que caracteriza adecuadamente una comunidad natural. Guariguata y Ostertag (2001) agregan que la recuperación del bosque debe tener en cuenta los atributos de estructura, función y composición con respecto al bosque maduro. Estas evidencias permiten afirmar que, al margen de la riqueza de especies que llegue a tener un bosque secundario, la composición florística será muy disímil a la de un bosque maduro después de 80 a 100 años de la colonización (Finegan, 1997, Guariguata & Ostertag, 2002).

e. Estructura

Comparado con los bosques primarios, la estructura de los bosques secundarios es simple (Brown & Lugo, 1990). Así, en rodales secundarios jóvenes se observa mayor densidad de fustes, menor área basal y un dosel más bajo (Aide *et al.*, 1996, Guariguata & Ostertag, 2002).

Las características estructurales de los bosques secundarios, en términos de número de árboles y área basal, se modifican rápidamente; con unas tasas de cambio dependientes de las condiciones de cada sitio y la edad del bosque (Finegan, 1997). En cuanto a la condición del sitio, la estructura puede ser muy diferente cuando se halla en áreas propensas al fuego o muy degradadas (Uhl *et al.*, 1988). En cuanto a la edad del bosque, el número de árboles cambia marcadamente en los 22 primeros meses de la sucesión (Uhl *et al.*, 1981).

Utilizando la información de varios estudios, Guariguata y Ostertag (2002) encontraron que la recuperación del área basal de los bosques secundarios es más rápida en suelos recientes y ricos en nutrientes, que en suelos lixiviados y de baja fertilidad; aunque Finegan y Delgado (2000) no hallaron diferencias estructurales significativas entre dos bosques secundarios, uno dominado por *Vochysia ferruginea* (en suelos de alta acidez) y el otro por *Cordia alliodora* (sobre suelos de baja acidez). Esto último sería un resultado del individualismo de las especies.

Existen estudios que muestran que la estructura de los bosques secundarios rápidamente puede asemejarse a la de los bosques maduros cuando el uso de la tierra no ha sido intensivo (Ewel, 1983, Uhl *et al.*, 1988, Guariguata *et al.*, 1997). De esta manera, Guariguata *et al.* (1997) señalan que bosques secundarios de 16 a 18 años tuvieron valores similares de área basal ($dap \geq 10$ cm) y densidad de individuos, para las cuatro categorías de tamaño (brinzales, latizales, fustales y árboles), con respecto a unos bosques maduros cercanos.

2.3. Bases conceptuales

Bosque secundario. Es la vegetación leñosa que se desarrolla en tierras que fueron abandonadas después que su vegetación original fue destruida por la actividad humana (Finegan, 1992).

Sumidero de carbono. Cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe los gases de invernadero de la atmósfera. Un depósito determinado puede ser un sumidero de carbono atmosférico si, durante un intervalo de tiempo dado, absorbe más carbono del que libera (Eggleston *et al.*, 2006).

Secuestro de carbono. Es la remoción, fijación o captura de carbono; en forma de flujo dióxido de carbono, desde la atmósfera a un sumidero o reservorio que, generalmente, se trata de un bosque en crecimiento (Pedroni, 2007).

2.4. Bases filosóficas

Esta investigación estuvo vinculada con las ciencias biofísicas (biología, fisiología vegetal, ecología, silvicultura, estadística y muestreos), más que con las ciencias humanas o sociales, por esta razón no fue pertinente desarrollar este acápite.

2.5. Bases epistemológicas

Durante el siglo XIX las técnicas para la medición de árboles y bosques fueron mejoradas, pero fue a inicios del siglo XX que se empezó a aplicar métodos estadísticos y la teoría del muestreo estadístico (Malleux, 1982).

Lo mencionado anteriormente significa que, la formación de conocimiento, a partir de los inventarios forestales, inicialmente se dio en el marco de la tendencia del empirismo; el cual tiene como base el inductivismo o método lógico inductivo, método científico que elabora conclusiones generales a partir de enunciados observacionales particulares y que parte de lo particular a lo general.

No obstante, y como ya se mencionó, los inventarios forestales empezaron a generar conocimiento a partir de la teoría del muestreo estadístico, de manera que, intrínsecamente, se aplicó el razonamiento hipotético deductivo para la generación de conocimiento; más vinculado con las tendencias del racionalismo y el racionalismo crítico de Karl Popper.

Se sostiene, entonces, reconocer la propuesta del filósofo Paul Feyerabend (creador del anarquismo epistemológico, posteriormente denominado dadaísmo epistemológico), quien rechazó la creencia en la existencia de reglas metodológicas universales y criticó la lógica del método científico racionalista, pues consideró que el método científico no puede alcanzar un estatus místico como la única o mejor forma de adquirir conocimiento. Partiendo de la propuesta de Paul Feyerabend, y rechazando el dogmatismo que recomiendan algunas tendencias epistemológicas, como el racionalismo crítico y el falsacionismo de

Karl Popper; esta investigación considera que el conocimiento se puede generar, también, a partir de la experiencia.

2.6. Bases antropológicas

Como ya se explicó en el acápite 2.4. (bases filosóficas) esta investigación estuvo vinculada con las ciencias biofísicas (biología, fisiología vegetal, ecología, silvicultura, estadística y muestreos), por lo tanto, no se trabajó con personas y animales, pues las labores de campo estuvieron enfocadas en mediciones en bosques secundarios lo cual, por consiguiente, no ameritó recurrir a bases antropológicas o sociológicas de ningún tipo.

CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Formulación de las hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El área y la forma de las parcelas afectan la cuantificación del stock de carbono de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Para una misma intensidad de muestreo, parcelas de 100 m² y 400 m² difieren en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.
- Para una misma intensidad de muestreo, la forma cuadrada (de la parcela) sobrestima la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 4

	Variable	Dimensiones	Indicadores
Independientes	Área y forma de la parcela (unidad de muestreo)	Forma de la parcela (cualitativa nominal)	circular y cuadrada
		Área de la parcela (cuantitativa continua)	100 m ² y 400 m ²
Dependiente	Cuantificación del stock de carbono	Stock de biomasa aérea arbórea (cuantitativa continua)	Kilogramos de biomasa aérea arbórea
		Stock de carbono (cuantitativa continua)	Kilogramos de carbono (C)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Definición operacional de las variables

3.3.1. Variables independientes

La variable independiente forma de la parcela, requirió que se establezcan parcelas circulares y cuadradas.

La variable independiente área de la parcela requirió que se establezcan parcelas de 100 m² y 400 m².

3.3.2. Variable dependiente

La variable dependiente, cuantificación del stock de carbono, se determinó mediante la medición de los kilogramos de biomasa aérea de los árboles y kilogramos de carbono.

Primero se cuantificó el stock de biomasa área arbórea y, con la fracción de carbono, se cuantificó el stock de carbono correspondiente.

3.3.3. Variables intervinientes

La variable interviniente edad del bosque secundario se tomó del testimonio de los propietarios.

La variable interviniente composición florística del bosque secundario se determinó mediante una inspección ocular *in situ*.

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. **Ámbito de estudio**

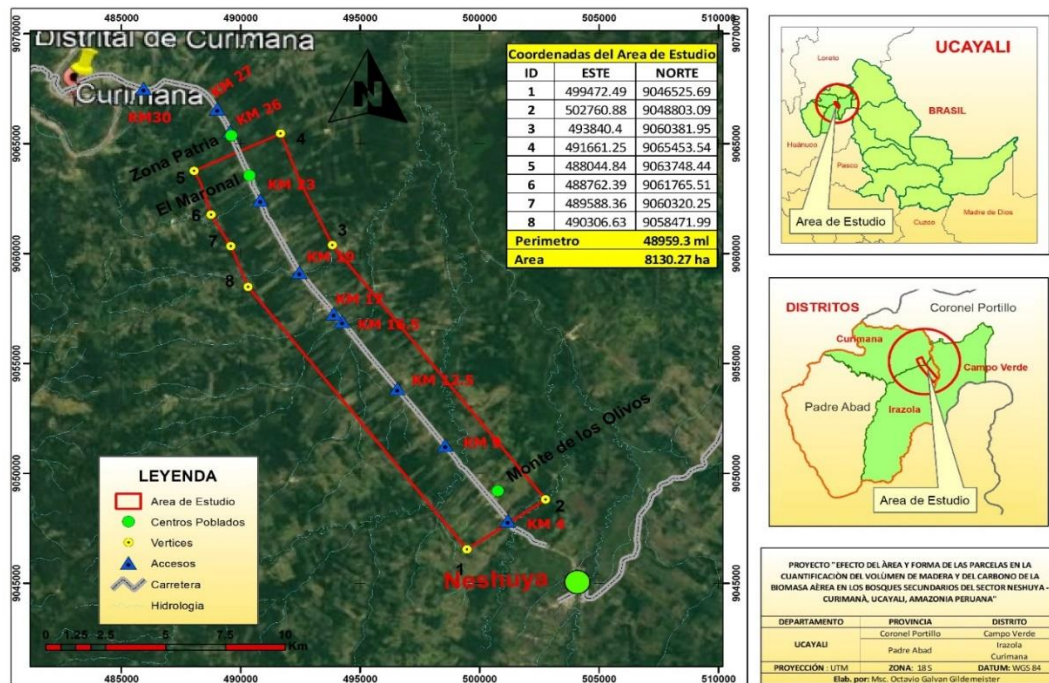
Para ejecutar este estudio se eligió el sector de la carretera Neshuya – Curimaná por su accesibilidad. Los caseríos que se visitaron (Figura 1) fueron Monte de los Olivos (Km 7), Villa Mercedes (Km 14), Villa del Campo (Km 17), Pueblo Libre (Km 21), Maronal (Km 24) y 10 de marzo (Km 29). En cada caserío se entrevistaron a los respectivos agentes municipales para, seguidamente, visitar a los propietarios de los predios (o productores) y realizar las respectivas inspecciones oculares de sus bosques secundarios. No obstante, se presentaron las siguientes dificultades:

- Ausencia de los productores porque varios moran en Neshuya, Curimaná, Campo Verde, Aguaytía, von Humboldt e, inclusive, en Pucallpa.
- Baja disposición de los productores para brindar información.
- Escasez de bosques secundarios (“purmas altas”).

Se optó por visitar los caseríos Nuevo Satipo y Canaan de Piedra, que se hallan cerca de la carretera Neshuya – Curimana, por un camino tributario que se inicia en el Km 18 (Caserío Villa del Campo). Dada la buena disposición por parte de los productores, la accesibilidad, la existencia de bosques secundarios y la similitud fisionómica de los bosques secundarios se decidió concentrar el trabajo de campo en el caserío Nuevo Satipo (Figura 2 y Figura 3), el cual está ubicado en el distrito Neshuya, provincia Padre Abad, región Ucayali.

El acceso al caserío Nuevo Satipo es viable desde Pucallpa hasta el Caserío Villa del Campo, ubicado en el Km 17 de la Carretera Neshuya – Curimaná, y desde allí, hacia el oeste, hasta el Km 5 de una carretera tributaria.

Figura 1
Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 2
Caserío Nuevo Satipo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3
Área urbana Caserío Nuevo Satipo



Fuente: Elaboración propia

4.2. Tipo y nivel de investigación

4.2.1. Nivel de investigación

De acuerdo con la clasificación de Hernández *et al.* (2003), esta investigación es de tipo explicativo, pues va a explicar si el uso de parcelas con diferentes formas y áreas tiene un efecto sobre la cuantificación del carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios. Lo mencionado anteriormente es coherente con la clasificación de Hernández *et al.* (2003), pues estos autores señalan que un estudio explicativo se enfoca en la explicación de un fenómeno.

4.2.2. Tipo de investigación

De acuerdo con la clasificación de las investigaciones, de Sánchez y Reyes (2006), esta investigación es de tipo aplicada, pues es una puesta en práctica del conocimiento científico mediante su transformación en tecnología.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Descripción de la población

La población fueron todos los bosques secundarios aledaños al tramo de la carretera Neshuya-Curimaná pues, aunque el muestreo se concentró en el Caserío Nuevo Satipo, las inspecciones oculares indicaron que todos los bosques secundarios tuvieron una fisionomía similar, con base en su composición florística (la mayoría de los bosques son los llamados “ceticales”) y estructura horizontal. De lo mencionado anteriormente, se colige que el marco de muestreo fueron entonces los bosques secundarios en el Caserío Nuevo Satipo.

Cabe precisar que el Caserío Nuevo Satipo está compuesto por 45 predios, y que las inspecciones oculares permitieron cuantificar la existencia de 23 bosques secundarios, pero sólo 12 tuvieron las características deseadas para facilitar la investigación (superficie no menor de una hectárea y altura de dosel no menor de cinco metros).

4.3.2. Muestra y método de muestreo

Puesto que los tratamientos se compararon mediante un análisis de varianza, entonces fue necesario calcular el número de repeticiones o bloques, que en este caso coincidió con el número de bosques secundarios.

El número de repeticiones o bloques se calculó mediante el método de Cochran y Cox (1965), también detallado por Steel y Torrie (1988). El método se basó en la siguiente expresión matemática:

$$r \geq 2 \times \left(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta} \right)^2 \times \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2$$

Donde:

r = número de repeticiones o bloques.

$Z_{\alpha/2}$ = variable normal estándar para una probabilidad de cometer error Tipo I de 0.05.

Z_{β} = variable normal estándar para una potencia de prueba de 0.90, o sea para una probabilidad de cometer error Tipo II de 0.10.

σ^2 = varianza conjunta del error experimental, estimada por el cuadrado medio del error.

δ = diferencia máxima en kg que se desea detectar.

Como se desconocía el valor la varianza conjunta del error experimental (σ^2), de acuerdo con la sugerencia de Steel y Torrie (1988) se expresó la diferencia máxima (δ) como un múltiplo de la verdadera desviación estándar; entonces:

$$r \geq 2 \times (1.96 + 1.28)^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 5.2 \cong 6$$

Entonces el tamaño de la muestra o número de bosques secundarios fue de seis (06).

Por las razones antes expuestas, de los 12 bosques secundarios (con superficie no menor de una hectárea y altura de dosel no menor de cinco metros) se seleccionaron al azar, o sea, mediante un muestreo aleatorio, seis de ellos.

4.3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Los bosques secundarios que se muestrearon tuvieron una superficie mínima de una hectárea y una altura mínima del dosel de cinco metros.

4.4. Diseño de investigación

De acuerdo con la tipología de Campbell y Stanley (1966), citados por Hernández *et al.* (2003), el diseño de esta investigación es concordante con un experimento “puro”, pues reúne los dos requisitos para lograr el control y la validación interna: emplea grupos de comparación (hay manipulación de la variable independiente) y hay equivalencia de los grupos. Además, esta investigación plantea dos variables independientes (área y forma de la parcela) y una variable dependiente (el contenido de carbono en la parte aérea del componente arbóreo de un bosque secundario).

Dentro de los experimentos “puros”, según Wiersma y Jurs (2008) citados por Hernández *et al.* (2003), el diseño de esta investigación se clasifica como “diseño con grupos de asignación aleatoria y posprueba únicamente”; porque se carece de un grupo de control y porque las mediciones se efectuaron después de la aplicación de los tratamientos.

El diseño se representaría de la siguiente manera:

G_1	X_1	O_1
G_2	X_2	O_2
G_3	X_3	O_3
G_4	X_4	O_4

Donde:

G_1 , G_2 , G_3 , y G_4 son los grupos de sujetos o árboles.

X_1 , X_2 , X_3 , y X_4 son los tratamientos.

O_1 , O_2 , O_3 , y O_4 son las mediciones.

4.5. Técnicas e instrumentos

4.5.1. Técnicas

Es pertinente exponer las técnicas que se emplearon para medir las variables.

a. Coordinaciones previas con autoridades y moradores del Caserío Nuevo Satipo

Antes de iniciar las actividades se organizaron dos reuniones, la primera con el Agente Municipal del Caserío Nuevo Satipo, Sr. Merlín Rodríguez Trujillo; y la segunda con los moradores. En ambas reuniones se comunicó el motivo de la visita al caserío, la naturaleza de la investigación que se iba a efectuar, la solicitud de colaboración y la solicitud de información sobre las existencias de bosques secundarios para seleccionar los predios que iban a ser visitados.

b. Muestreo de los bosques secundarios en el Caserío Nuevo Satipo

De los 45 predios existentes en el Caserío Nuevo Satipo, fue suficiente la visita de doce predios para identificar 23 bosques secundarios; de los cuales 12 tuvieron las características deseadas (superficie no menor de una hectárea y altura de dosel no menor de cinco metros). Mediante visitas a los productores e inspecciones oculares de los bosques secundarios, se procedió a seleccionar los bosques secundarios a muestrear. Para cada bosque secundario se registró el nombre del productor, la edad del bosque y el uso anterior del sitio (desde la tumba y quema del bosque primario).

De los doce bosques secundarios, con las características generales deseadas, se seleccionaron seis mediante un muestreo irrestricto aleatorio (Anexo 9).

c. Medición del área del bosque

Con un receptor GPS se marcaron varios puntos, del contorno del bosque, para estimar el área del bosque y precisar si era posible establecer una parcela cuadrada de 6400 m² (de 80 m por 80 m).

d. Material experimental

En este estudio se midieron árboles, individuos arbóreos con diámetro del fuste (diámetro normal o diámetro a 1.30 m del nivel del suelo) mayor o igual a 10 cm.

e. Unidad experimental

La unidad experimental fue un conglomerado de parcelas que totalizó 1200 m² de bosque secundario (se detalla en el acápite 3.7.5.). Dentro de cada unidad experimental, se midieron los árboles, equivalentes a la unidad de medición.

f. Tratamientos

Los tratamientos fueron las combinaciones de los niveles de los dos factores: forma de la parcela (redonda y cuadrada) y área de la parcela (100 m² y 400 m²).

Tratamiento 1 Parcela circular de 100 m².

Tratamiento 2 Parcela circular de 400 m².

Tratamiento 3 Parcela cuadrada de 100 m².

Tratamiento 4 Parcela cuadrada de 400 m².

Entonces, en cada bosque se midió el stock de carbono de la biomasa aérea arbórea contenido en 12 parcelas cuadradas de 100 m², en 12 parcelas circulares de 100 m², tres (03) parcelas cuadradas de 400 m² y tres (03) parcelas circulares de 400 m². Estos fueron los stocks que,

durante el procesamiento de los datos, se compararon estadísticamente.

En este estudio se emplearon parcelas de 100 m² con base en los estudios y las experiencias de Pacheco (2011), Rüginitz *et al.* (2009), Feldpausch *et al.* (2004), Segura y Kanninen (2002), Louman *et al.* (2002), Coronado *et al.* (2001), Sabogal *et al.* (2001b), Galván *et al.* (2000), CATIE *et al.* (1998) y Spittler (1997a). Las parcelas de 400 m² se usaron con base en los estudios y las experiencias de Córdova (2020), Figueredo y Bravo (2014), Fonseca *et al.* (2011), Feldpausch *et al.* (2004), Pacheco *et al.* (1998) y Fedlmeier (1996).

g. Censo

Para comparar el stock de carbono existente en cada conglomerado de parcelas con un valor real, en cada bosque se realizó (además de los cuatro muestreos) un censo de los árboles en una parcela cuadrada de 6400 m² (de 80 m por 80 m), dentro del cual se establecieron las parcelas de los muestreos (Figuras 4, 5, 6 y 7).

Con una brújula Suunto y un cordel (de 25 metros, dividido cada 5 metros) se demarcó la parcela, en la cual se midieron todos los árboles con dap mayor o igual a 10 cm. y cada árbol se identificó con un número anotado en una placa de aluminio.

h. Muestreo de los árboles en cada bosque secundario

Se decidió que la unidad de muestreo o unidad experimental, en cada bosque, tenga una superficie de 1200 m², considerando que 10% es una intensidad de muestreo adecuada para los bosques secundarios de Ucayali (CATIE *et al.*, 1998, Galván *et al.*, 2000) y que más del 60% de bosques secundarios, en Ucayali, tienen una superficie menor de tres hectáreas (Galván *et al.*, 1999 y Alva & Lombardi, 2000).

Pero, la unidad experimental de 1200 m² no fue una parcela, pues se dividió en un grupo de parcelas cuya suma de áreas fue 1200 m². Esta unidad experimental adoptó cuatro formas, que se establecieron en cada bosque secundario, 12 parcelas circulares de 100 m², 12 parcelas cuadradas de 100 m², 3 parcelas circulares de 400 m² y 3 parcelas cuadradas de 400 m² (Figuras 4, 5, 6 y 7).

i. Establecimiento de las parcelas

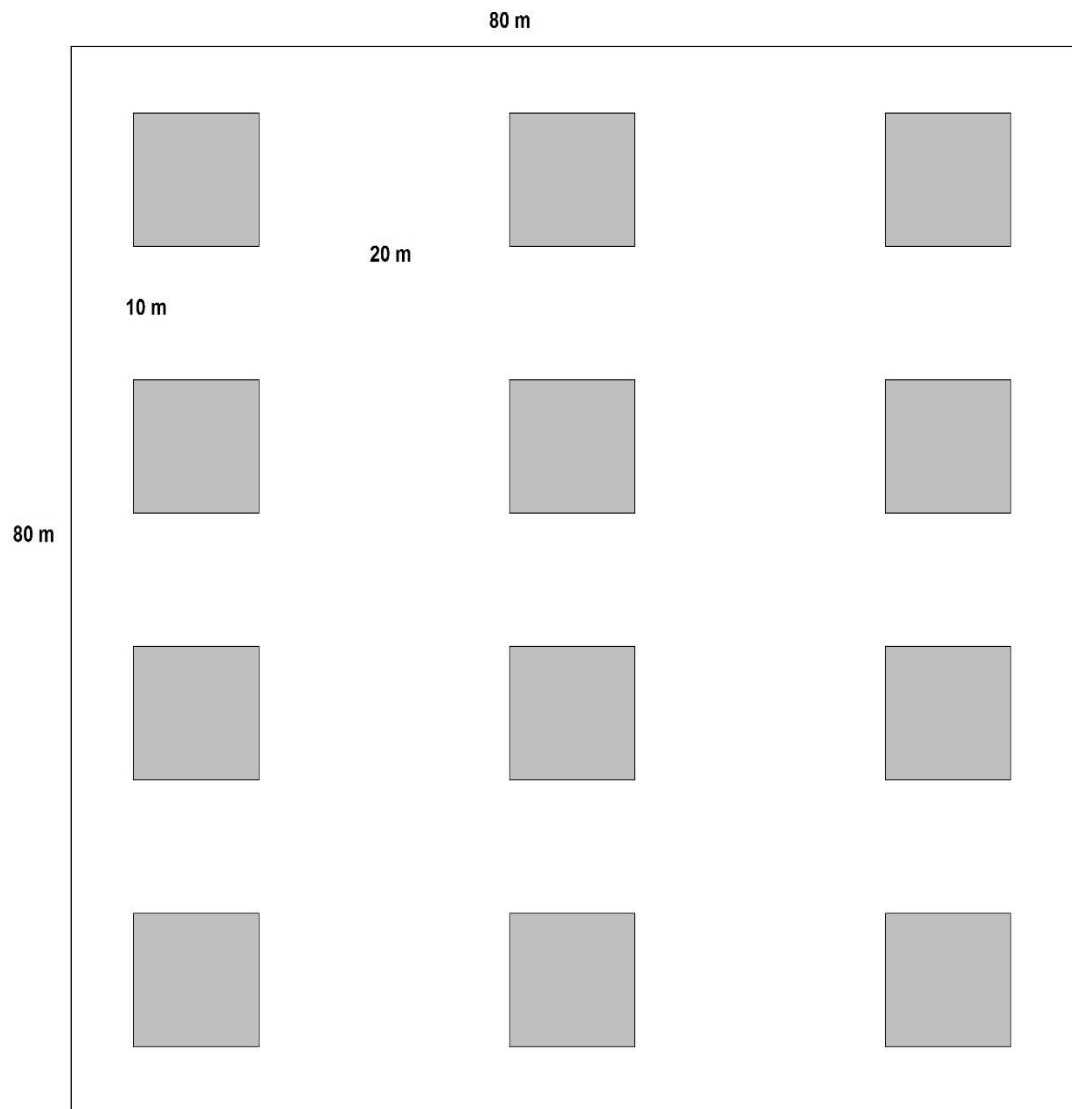
La trocha o línea base fue un lado de la parcela del censo y, perpendicularmente a esta, se trazaron las trochas o líneas ejes, equidistantes entre sí.

Las parcelas se distribuyeron de manera discontinua a lo largo de las trochas eje, una distancia mínima de 10 m entre ellas, o sea a una distancia no menor que la longitud del lado (en las parcelas cuadradas) o el diámetro (en las parcelas circulares), y a lo largo de líneas o trochas equidistantes. Lo antes descrito, permitió que la distribución de las parcelas se adapte a un muestreo sistemático.

Los vértices de las parcelas cuadradas y los puntos centrales de las parcelas circulares se marcaron con estacas y numeraron con cintas fosforescentes de vinilo.

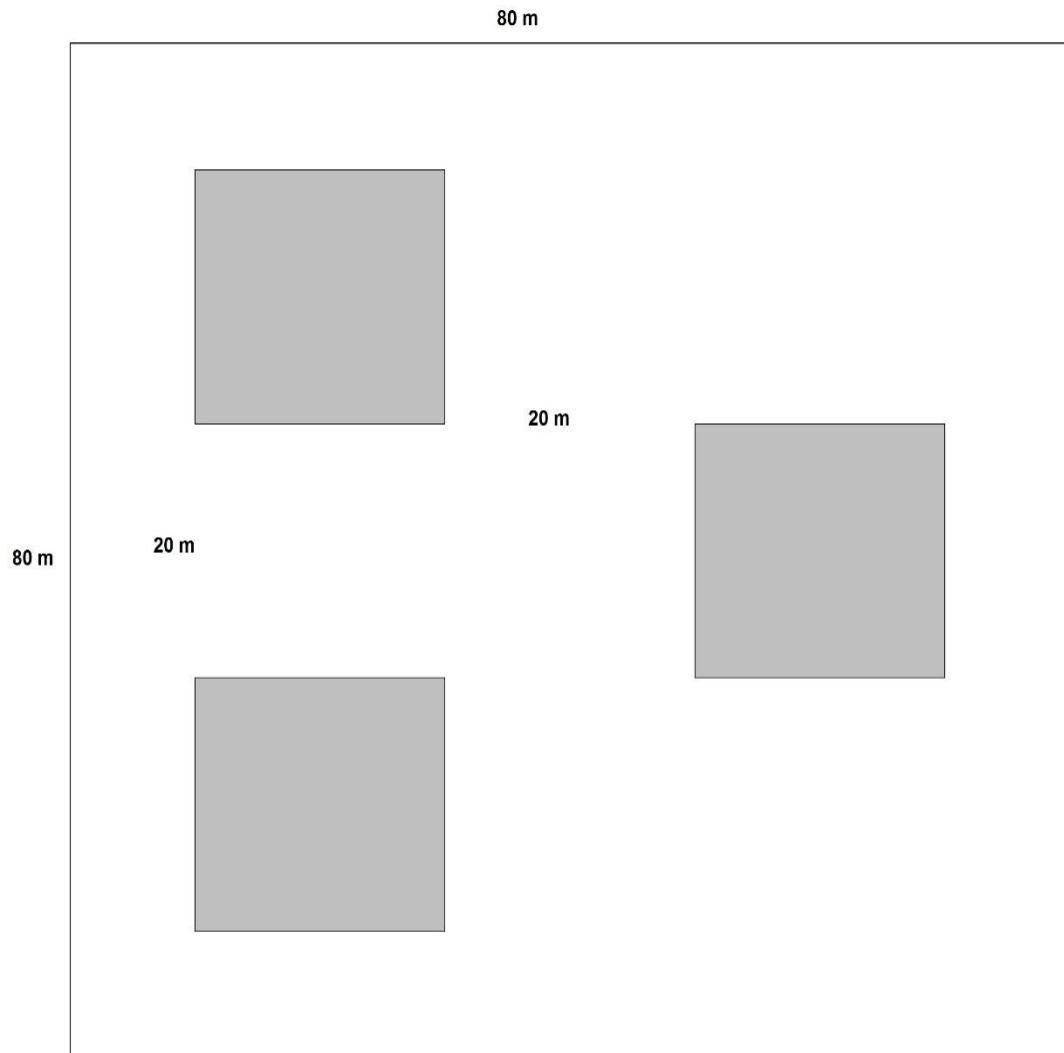
En el caso de las parcelas circulares, los contornos no se trazaron en el campo, pero la identificación de que árboles estaban dentro de la parcela se realizó verificando que estén a una distancia máxima de 5.6 m (equivalente al radio de la parcela circular de 100 m²) o de 11.3 m (equivalente al radio de la parcela circular de 400 m²) desde el centro de la correspondiente parcela.

Figura 4
Muestreo con parcelas cuadradas de 100 m²



Fuente: Elaboración propia

Figura 5
Muestreo con parcelas cuadradas de 400 m²



Fuente: Elaboración propia

Figura 6
Muestreo con parcelas circulares de 100 m²

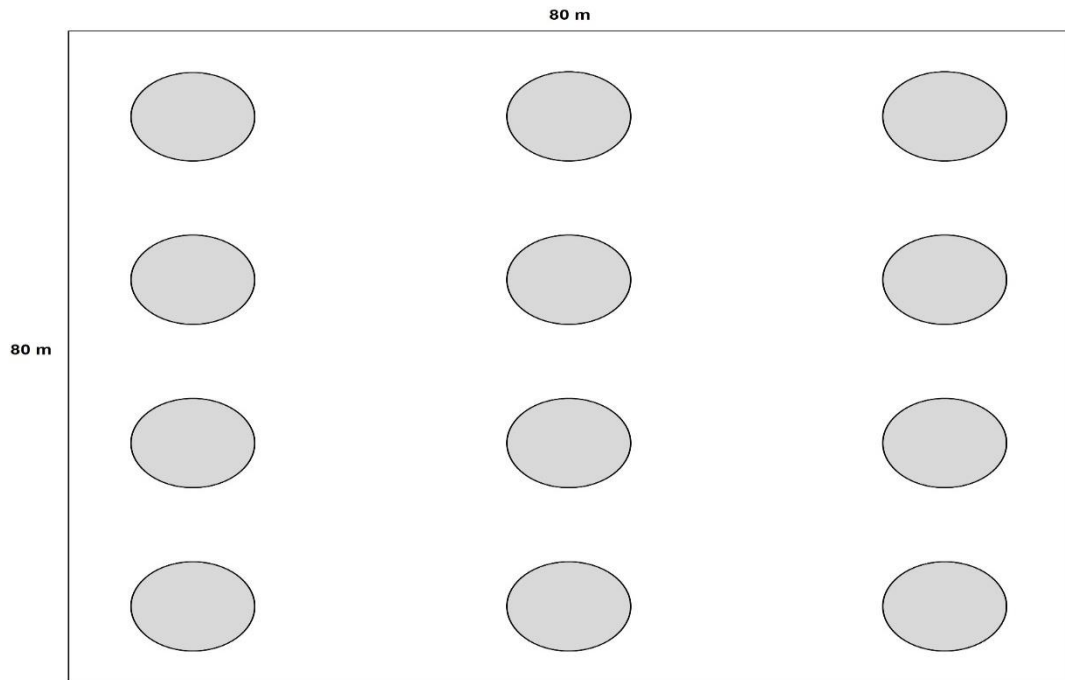
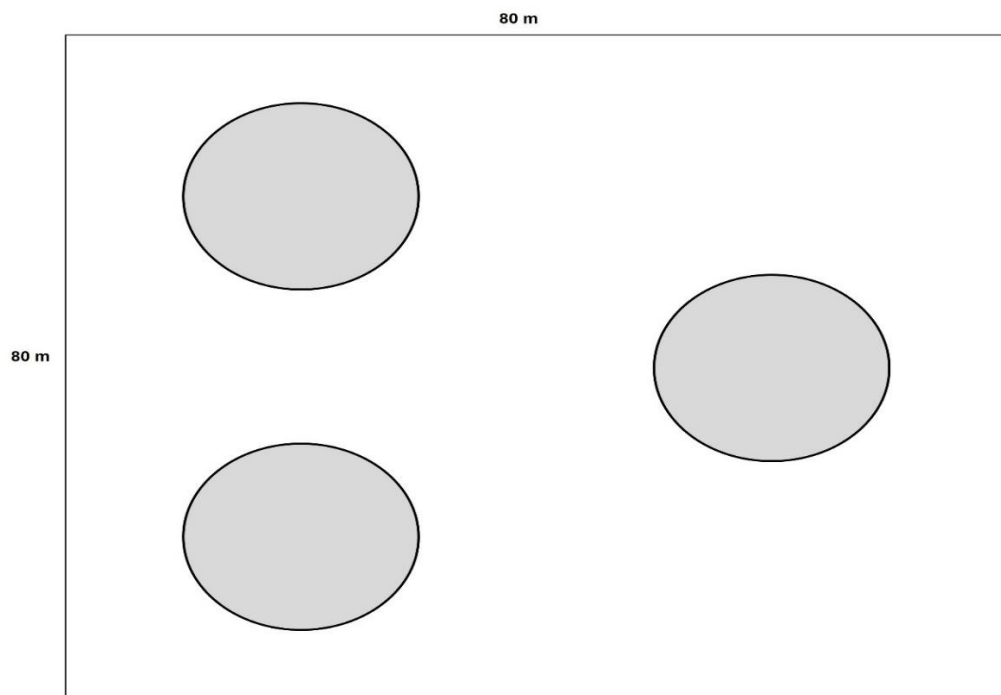


Figura 7. Muestreo con parcelas circulares de 400 m²



Fuente: Elaboración propia

j. Medición del diámetro normal del fuste de los árboles

Dentro de cada unidad experimental, se midieron los árboles. Los árboles fueron los individuos arbóreos con diámetro normal del fuste (diámetro a 1.30 m del nivel del suelo o dap) mayor o igual a 10 cm.

De acuerdo con el método de Cailliez (1980), el diámetro normal del fuste se midió perpendicularmente al eje imaginario del fuste del árbol. En el bosque, con una cinta métrica, se midió la circunferencia normal de cada árbol y, en el gabinete, de la circunferencia se obtuvo el diámetro normal del fuste dividiendo la circunferencia entre el valor de π (π ó 3.1416).

k. Medición de la altura total

La altura total es la longitud, en el plano vertical entre el nivel del suelo y el ápice del árbol, se midió desde la base del fuste, siguiendo la línea que se proyecta desde el fuste hasta el ápice de la copa. Se midió con un equipo TruPulse 360°R Rangefinder/Hypsometer, que es un hipsómetro-telémetro-clinómetro-brújula integrados de tecnología láser, dado que este equipo ha demostrado que mide la altura de los árboles con una alta precisión (Oñate, 2018).

l. Cálculo del volumen de madera

El volumen de madera se calculó mediante el método estándar, empleado tradicionalmente en los inventarios forestales, pero, en este caso, se empleó el factor mórfico de 0.5 que recomienda CATIE *et al.* (1998).

$$\text{Volumen de madera} = \frac{\pi \times \text{dap}^2}{40000} \times \text{altura total} \times 0.5$$

Dónde:

Volumen de madera en metros cúbicos.

dap = diámetro normal del fuste o diámetro a la altura del pecho (en centímetros).

ρ = densidad de las especies (se obtuvo de documentos técnicos).

Altura total en metros.

m. Cálculo de la biomasa aérea

Para calcular la biomasa aérea se empleó la ecuación alométrica recomendada por Chave *et al.* (2014) para especies arbóreas de bosques húmedos tropicales. Se empleó la ecuación alométrica de Chave *et al.* (2014) porque este estudio es una continuación del estudio de Chave *et al.* (2005), el cual generó ecuaciones alométricas que son recomendadas por Clark (2007) y por IPCC (2006) citado por Casanoves *et al.* (2017).

La densidad básica de la madera de las especies se obtuvo de las fuentes bibliográficas disponibles, en el caso de las especies que carecen de esta información hubo que emplear la densidad básica de alguna especie con madera de características similares (Anexo 10).

$$\text{Biomasa aérea} = 0.0673 \times (\rho \times \text{dap}^2 \times \text{altura total})^{0.976}$$

Dónde:

Biomasa aérea en kilogramos.

dap = diámetro normal del fuste o diámetro a la altura del pecho (en centímetros).

ρ = densidad básica en gr.cm^{-3} .

Altura total en metros.

n. Cálculo del stock de carbono

De acuerdo con Eggleston *et al.* (2006), Rüginitz *et al.* (2009) y Ricse (2011) el stock de carbono, en la biomasa aérea, se calculó considerando que la fracción de carbono es 0.5.

$$\text{Cantidad de carbono} = \text{Biomasa aérea} \times 0.5$$

o. Cálculo del error absoluto

Con base en los procedimientos de la dendrometría, expuestos por Diéguez *et al.* (2003), el error absoluto se calculó obteniendo la diferencia entre el valor del stock de carbono del censo y el valor del stock de carbono del muestreo.

p. Cálculo del error relativo

También empleando como referencia a Diéguez *et al.* (2003), el error relativo se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Valor absoluto}(\text{stock de carbono del censo} - \text{stock de carbono del muestreo})}{\text{stock de carbono del censo}} \times 100\%$$

q. Levantamiento de datos

Los datos se registraron en formatos físicos de campo. Se emplearon dos formatos de campo, el primero para recoger los datos generales del bosque secundario (Anexo 2) y, el segundo, para recoger los datos de los árboles del bosque secundario (Anexo 3).

4.5.2. Instrumentos

FORMATO DE CAMPO 1: Datos generales del bosque secundario

FORMATO DE CAMPO 2: Mediciones de los árboles del bosque secundario

4.5.2.1. Validación de los instrumentos para la recolección de datos

La validación de los instrumentos estuvo a cargo de cinco expertos, todos ellos ingenieros de profesión, de los cuales dos fueron de la especialidad de ingeniería forestal. Los expertos fueron los siguientes profesionales (ver Anexo 04):

- Sr. Fernando Velásquez de la Cruz, ingeniero forestal de profesión, Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, profesor principal de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Sr. Juan García Ruiz, ingeniero químico de profesión, Doctor en Ciencias Químicas, profesor principal de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.
- Sr. Keneth Reátegui del Águila, ingeniero agrónomo de profesión, Doctor en Agricultura Sostenible, profesor principal de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.
- Sr. Víctor Erasmo Sotero, ingeniero químico de profesión, Doctor en Tecnología Bioquímica – Farmacéutica, profesor principal de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.
- Sra. Zenayda Emilia Estrada Tuesta, ingeniera forestal de profesión, Doctora en Ciencias Biológicas y Doctora en Economía de Recursos Naturales, profesora principal de la Universidad Nacional de Ucayali.

Todos los expertos calificaron óptimamente los instrumentos en términos de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad.

4.5.2.1. Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos

Además de la calificación favorable por parte de los cinco expertos, todos ellos ingenieros de profesión, los análisis estadísticos (descriptivo e inferenciales) generaron información consistente con el marco teórico y antecedentes, de manera que se puede reconocer la confiabilidad de los instrumentos.

4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos

4.6.1. Tabulación

Los datos de campo (recogidos en las libretas de apuntes) se almacenaron electrónicamente en una hoja de cálculo EXCEL, para constituir una base de datos electrónica.

4.6.2. Análisis estadísticos

Antes de realizar los análisis de varianza se probaron los supuestos de normalidad y de homocedasticidad.

El supuesto de normalidad se analizó mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

El supuesto de homocedasticidad se determinó mediante la prueba de Bartlett (si se cumplió el supuesto de normalidad) o mediante la prueba de Levene (si no se cumplió el supuesto de normalidad).

Las diferencias de la biomasa aérea y carbono, entre tratamientos, se determinó mediante un análisis de varianza, con diseño de bloques completos al azar.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey y la prueba de Bonferroni.

Los análisis estadísticos se hicieron en el programa MINITAB.

4.7. Aspectos éticos

Dada la naturaleza de esta investigación, no se trabajó con personas y animales, pues las labores de campo estuvieron enfocadas en mediciones en bosques secundarios.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo

5.1.1. Riqueza y composición florística

La cantidad de especies por bosque secundario varió entre 9 y 45 especies (Anexos 11, 12, 13, 14, 15 y 16). Se encontró que a mayor edad hay mayor número de especies (Tabla 5).

Tabla 5. Número de especies por bosque secundario

Predio	Edad (años)	Número de especies
Simeón Huamán 2	4	9
Simeón Huamán 1	4	10
Elena Díaz	6	16
Esther Saboya	6	21
Nuevo Satipo	4	31
Armando Reyes	11	45
Media	6	22
Mediana	5	19

Fuente: elaboración propia

El número de especies, en el bosque secundario del predio de Armando Reyes, fue notoriamente mayor que el número de especies que existen en los bosques secundarios de los otros predios. También fue notorio comprobar que el número de especies fue casi igual, en los dos bosques secundarios del predio de Simeón Huamán, debido a la cercanía de los mismos. No fue el caso de los bosques secundarios en los predios de Elena Díaz y Esther Saboya que, aunque separados por una distancia, no mayor de 100 metros, tuvieron una diferencia de cinco especies, lo cual se debe a la contingencia ecológica; común en los bosques secundarios.

Los bosques secundarios de Nuevo Satipo, por lo menos hasta los 6 años, se caracterizaron por la presencia dominante de especies del género *Cecropia*, conocidas como “cetico” (Tablas 6,7, 8, 9 y 10).

Tabla 6. Número de árboles de las especies más abundantes en el bosque secundario de Elena Díaz

Elena Díaz	Número de árboles	%
Loro cetico	116	
Urco cetico	98	79
Cetico colorado	89	
Cetico blanco	6	
Otras especies	83	21
Total	392	100

Fuente: elaboración propia

Nótese que en el bosque secundario del predio de Elena Díaz los árboles del género *Cecropia* representaron el 79% del número total de árboles (Cuadro 6); en tanto que las otras especies representaron el 21%.

Tabla 7. Número de árboles de las especies más abundantes en el bosque secundario de Esther Saboya

Esther Saboya	Número de árboles	%
Loro cetico	98	
Urco cetico	71	
Cetico colorado	69	76
Caspi cetico	39	
Cetico blanco	9	
Otras especies	92	24
Total	378	100

Fuente: elaboración propia

Similar al caso del predio de Elena Diaz, el bosque secundario del predio de Esther Saboya mostró que los árboles del género *Cecropia* representaron el 76% del número total de árboles (Cuadro 7) y las otras especies representaron el 24%.

En el bosque secundario del predio de Nuevo Satipo la representación de los árboles del género *Cecropia* bajó al 65% del número total de árboles (Cuadro 8) y, por consiguiente, el de las otras especies aumentó a 35%.

Tabla 8. Número de árboles de las especies más abundantes en el bosque secundario de Nuevo Satipo

Nuevo Satipo	Número de árboles	%
Cetico colorado	123	
Loro cetico	56	65
Cetico blanco	38	
Otras especies	117	35
Total	334	100

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Número de árboles de las especies más abundantes en el bosque secundario de Simeón Huamán 1

Simeón Huamán 1	Número de árboles	%
Cetico colorado	155	
Loro cetico	113	96
Urco cetico	105	
Cetico blanco	9	
Otras especies	16	4
Total	398	100

Fuente: elaboración propia

No obstante, en el caso de los bosques secundarios del predio de Simeón Huamán, la representación de los árboles del género *Cecropia* aumentó a un 96% y 97% (Tablas 9 y 10, respectivamente); cifras verdaderamente relevantes en términos de productividad de madera por especie.

Las existencias de árboles del género *Cecropia* en los predios de Elena Díaz, Esther Saboya, Nuevo Satipo, Simeón Huamán 1 y Simeón Huamán 2 (Tablas 6, 7, 8, 9 y 10); aunada a las observaciones efectuadas en otros predios de la carretera Neshuya-Curimaná, permite afirmar que los bosques secundarios de este sector son los popularmente denominados “ceticales”.

Tabla 10. Número de árboles de las especies más abundantes en el bosque secundario de Simeón Huamán 2

Simeón Huamán 2	Número de árboles	%
Cetico colorado	133	
Loro cetico	129	
Urco cetico	103	97
Caspi cetico	78	
Cetico blanco	13	
Otras especies	15	3
Total	471	100

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Número de árboles de las especies más abundantes en el bosque secundario de Armando Reyes

Armando Reyes	Número de árboles	%
Urco shimbillo	37	
Anonilla amarilla	18	
Loro ñahui	17	50
Yanahuasca	15	
Brazo largo	14	
Uchumullaca blanca	14	
Loro cetico	14	9
Cetico colorado	6	
Otras especies	94	41
Total	229	100

Fuente: elaboración propia

La situación en el caso del predio de Armando Reyes es diferente, pues los árboles del género *Cecropia* sólo representaron un 9% (Cuadro 11), fenómeno que podría deberse a dos situaciones, la primera a que, por efecto de la contingencia ecológica, en este bosque secundario, inicialmente, no pulularon los árboles del género *Cecropia* o; segundo, porque los árboles del género *Cecropia* ya murieron y dieron espacio a las otras especies en la sucesión.

5.1.2. Estructura florística

A continuación, se brindan algunas características estructurales de los bosques secundarios muestreados.

La edad de las purmas osciló entre los 4 a 6 años, con un valor atípico de 11 años que corresponde al predio del Sr. Armando Reyes. Las observaciones e inspecciones oculares de otros predios permiten asumir que la edad mediana de los bosques secundarios ya formados (conocidos como “purmas altas”) está en los 5 años (Tabla 12).

Tabla 12. Número de árboles (dap \geq 10 cm) por bosque secundario

Predio	Edad (años)	Número de árboles
Armando Reyes	11	229
Nuevo Satipo	4	334
Esther Saboya	6	378
Elena Díaz	6	392
Simeón Huamán 1	4	398
Simeón Huamán 2	4	471
Media	6	367
Mediana	5	385

Fuente: elaboración propia

La información que se colectó no es concluyente sobre si el número de árboles, con dap \geq 10 cm, disminuye con la edad (Tabla 12); pues, aunque el bosque secundario del predio de Armando Reyes tiene el menor número de árboles, la purma de Nuevo Satipo, con cuatro años de edad, tiene menos árboles que las purmas de Esther Saboya y Elena Díaz (que tienen seis años).

5.1.3. Volúmenes de madera, volúmenes de madera por hectárea y errores de los volúmenes de madera por hectárea

Los volúmenes registrados en cada muestreo y en el censo se muestran en el Cuadro 13, pero sólo se pueden comparar los volúmenes entre cada muestreo y el censo cuando los valores son expresados por hectárea (Cuadro 14) y cuando se analizan los errores absolutos y relativos (Cuadro 15 y Cuadro 16); en ambos casos en términos de la diferencia entre los volúmenes por hectárea del censo menos los volúmenes por hectárea de cada muestreo.

Tabla 13. Volúmenes de madera (en m³) registrada por cada muestreo y por el censo

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²	CENSO
Armando Reyes	9.35	10.35	5.96	5.97	44.60
Elena Díaz	8.18	7.58	7.10	6.55	39.52
Esther Saboya	5.14	5.23	4.24	4.25	21.66
Nuevo Satipo	6.82	6.53	5.10	5.40	34.11
Simeón Huamán 1	6.24	5.60	6.12	5.66	30.19
Simeón Huamán 2	5.34	5.28	4.31	4.00	26.68
Media	6.85	6.76	5.47	5.31	32.79
Mediana	6.53	6.07	5.53	5.53	32.15
Desviación estándar	1.6	2.0	1.1	1.0	8.4
Coefficiente de variación	24	29	21	19	26

Fuente: elaboración propia

Los volúmenes por muestreo indicaron que son mayores en el bosque secundario del predio de Armando Reyes, pero cuando se emplearon parcelas cuadradas o circulares de 100 m² (Tabla 13). Cuando se emplearon parcelas cuadradas o circulares de 400 m² se reportaron mayores volúmenes en el bosque secundario del predio de Elena Diaz, seguida de los bosques secundarios de los predios de Armando Reyes y Simeón Huaman 1 (Tabla 13).

La media aritmética y la mediana de los volúmenes de madera por hectárea, de los muestreos en parcelas de 100 m², resultaron ser superiores que los del censo; pero los mismos estadísticos, de los muestreos en parcelas de 400 m², fueron inferiores que los estadísticos del censo (Tabla 14).

La variabilidad, en términos del coeficiente de variabilidad, fluctuó entre 24% y 29%, para las parcelas de 100 m²; y entre 19% y 21% para las parcelas de 400 m² (Tablas 13 y 14). En el caso de los volúmenes que arrojaron los censos, el coeficiente de variabilidad fue de 26%, el mismo que puede considerarse regular (Tablas 13 y 14).

Tabla 14. Volúmenes de madera por hectárea (en m³.ha⁻¹) registrada para cada muestreo

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²	CENSO
Armando Reyes	77.92	86.25	49.67	49.75	69.69
Elena Díaz	68.17	63.17	59.17	54.58	61.75
Esther Saboya	42.83	43.58	35.33	35.42	33.84
Nuevo Satipo	56.83	54.42	42.50	45.00	53.30
Simeón Huamán 1	52.00	46.67	51.00	47.17	47.17
Simeón Huamán 2	44.50	44.00	35.92	33.33	41.69
Media	57.04	56.35	45.60	44.21	51.24
Mediana	54.42	50.55	46.09	46.09	50.24
Desviación estándar	13.7	16.5	9.4	8.3	13.2
Coefficiente de variación	24	29	21	19	26

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Errores absolutos de los volúmenes de madera por hectárea (en m³.ha⁻¹) registrada para cada muestreo

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²
Armando Reyes	-8.23	-16.56	20.02	19.94
Elena Díaz	-6.42	-1.42	2.58	7.17
Esther Saboya	-8.99	-9.74	-1.49	-1.58
Nuevo Satipo	-3.53	-1.12	10.80	8.30
Simeón Huamán 1	-4.83	0.50	-3.83	0.00
Simeón Huamán 2	-2.81	-2.31	5.77	8.36

Error absoluto = volumen del censo –volumen del muestreo

Fuente: elaboración propia

También se notó que los errores absolutos negativos indicaron que, con respecto a los volúmenes generados por el censo, las parcelas (cuadradas o circulares) de 100 m² tienden a sobreestimar el volumen y las parcelas (cuadradas o circulares) de 400 m² tienden a subestimarlos (Cuadro 15).

Tabla 16. Errores relativos de los volúmenes de madera por hectárea (en porcentaje) registrada para cada muestreo

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²
Armando Reyes	11.81	23.76	28.73	28.61
Elena Díaz	10.40	2.30	4.18	11.61
Esther Saboya	26.57	28.78	4.40	4.67
Nuevo Satipo	6.62	2.10	20.26	15.57
Simeón Huamán 1	10.24	1.06	8.12	0.00
Simeón Huamán 2	6.74	5.54	13.84	20.05

Error relativo = Valor absoluto (volumen del censo – volumen del muestreo) / volumen del censo x 100%

Fuente: elaboración propia

Empero, es importante comparar los errores relativos, pues estos son mejores indicadores de la magnitud del error en las mediciones que los errores absolutos (Diéguez *et al.* 2003). Se encontró que la magnitud de los errores relativos es mayor en las parcelas de 100 m², sólo en los bosques secundarios de Esther Saboya y Simeón Huamán 1; en tanto que la magnitud de los errores relativos es mayor en las parcelas de 400 m², en los bosques secundarios de Armando Reyes, Elena Díaz, Nuevo Satipo y Simeón Huamán 2 (Cuadro 16).

Para el caso de la variable volumen de madera, el análisis descriptivo indicaría (aunque no categóricamente) que las parcelas de 400 m² generan mayores errores de medición.

5.1.4. Stock de carbono, stock de carbono por hectárea y errores del stock de carbono por hectárea

Los stocks de carbono de cada tipo de muestreo y el censo se muestran en el Tabla 17.

Al igual que en el caso de los volúmenes de madera, los stocks de carbono sólo se pudieron comparar cuando los valores que se expresaron por hectárea (Tabla 18) y cuando se analizaron los errores absolutos y relativos (Tabla 19 y Tabla 20); en estos casos en términos de la diferencia entre los stocks de carbono por hectárea del censo menos los stocks de carbono por hectárea de cada muestreo.

Tabla 17. Stock de carbono (en Kg) registrado por cada muestreo y por el censo

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²	CENSO
Armando Reyes	2284.77	2650.29	1461.38	1532.85	11200.41
Elena Díaz	1808.75	1676.07	1615.85	1493.82	8770.92
Esther Saboya	1145.68	1175.16	993.15	1005.57	4964.66
Nuevo Satipo	1544.29	1507.17	1115.49	1183.28	7706.05
Simeón Huamán 1	1389.38	1248.09	1351.39	1241.92	6681.16
Simeón Huamán 2	1174.59	1159.36	949.91	880.62	5904.28
Media	1557.91	1569.36	1247.86	1223.01	7537.91
Mediana	1466.84	1377.63	1233.44	1212.60	7193.61
Desviación estándar	432.8	567.5	269.4	259.1	2235.5
Coficiente de variación	28	36	22	21	30

Fuente: elaboración propia

Dada la relación directa entre el volumen de madera con la cuantificación del stock de carbono que existe en la parte aérea de la biomasa arbórea de un bosque secundario, fue lógico que se encontraran resultados semejantes.

Cuando se emplearon parcelas cuadradas o circulares de 100 m², los stock de carbono por muestreo fueron mayores en el bosque secundario del predio de Armando Reyes (Cuadro 17), pero, cuando se emplearon parcelas cuadradas

o circulares de 400 m² se reportaron mayores stock de carbono en el bosque secundario del predio de Elena Díaz y de Armando Reyes (Tabla 17).

La media aritmética y la mediana del stock de carbono por hectárea de los muestreos, en parcelas de 100 m², resultaron superiores que los del censo (Tabla 18). Pero, la media aritmética y la mediana del stock de carbono por hectárea de los muestreos, en parcelas de 400 m², fueron inferiores que los del censo (Tabla 18).

Tabla 18. Stock de carbono por hectárea (en Kg.ha⁻¹) registrado por cada muestreo y por el censo

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²	CENSO
Armando Reyes	19039.75	22085.75	12178.17	12773.75	17500.64
Elena Díaz	15072.92	13967.25	13465.42	12448.50	13704.56
Esther Saboya	9547.33	9793.00	8276.25	8379.75	7757.28
Nuevo Satipo	12869.08	12559.75	9295.75	9860.67	12040.70
Simeón Huamán 1	11578.17	10400.75	11261.58	10349.33	10439.31
Simeón Huamán 2	9788.25	9661.33	7915.92	7338.50	9225.44
Media	12982.58	13077.97	10398.85	10191.75	11777.99
Mediana	12223.63	11480.25	10278.67	10105.00	11240.01
Desviación estándar	3606.9	4729.3	2245.1	2159.6	3492.9
Coefficiente de variación	28	36	22	21	30

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la variabilidad, el stock de carbono y el stock de carbono por hectárea arrojaron unos coeficientes de variación que oscilaron entre 21% y 36% (Tabla 17 y Tabla 18). También puede notarse que la variabilidad fue mayor en los muestreos con parcelas pequeñas, de 100 m², pues los coeficientes de variación fueron de 28% y 36% para las parcelas cuadradas y circulares, respectivamente (Tabla 17 y Tabla 18). En contraste, la variabilidad fue menor en los muestreos con parcelas grandes, de 400 m², pues los coeficientes de variación fueron de 22% y 21% para las parcelas cuadradas y circulares, respectivamente (Tabla 17 y Tabla 8).

La variabilidad, del stock de carbono y del stock de carbono por hectárea, registrados por los censos fue de 30% (Tabla 17 y Tabla 18).

Los errores absolutos, de los stock de carbono que se registraron con las parcelas (cuadradas o circulares) de 100 m², fueron negativos (en casi todos los predios); en tanto que los errores absolutos, de los stock de carbono que se registraron con las parcelas (cuadradas o circulares) de 400 m², fueron positivos (en casi todos los predios); evidenciando que, con respecto a los stock de carbono generados por el censo, las parcelas (cuadradas o circulares) de 100 m² tuvieron cierta tendencia a sobreestimar el stock de carbono y las parcelas (cuadradas o circulares) de 400 m² tuvieron cierta tendencia a subestimarlos (Tabla 19).

**Tabla 19. Errores absolutos del stock de carbono por hectárea
(en Kg.ha⁻¹) registrado para cada muestreo**

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²
Armando Reyes	-1539.11	-4585.11	5322.47	4726.89
Elena Díaz	-1368.36	-262.69	239.14	1256.06
Esther Saboya	-1790.05	-2035.72	-518.97	-622.47
Nuevo Satipo	-828.38	-519.05	2744.95	2180.03
Simeón Huamán 1	-1138.86	38.56	-822.27	89.98
Simeón Huamán 2	-562.81	-435.89	1309.52	1886.94

Error absoluto = Stock de carbono del censo – Stock de carbono del muestreo

Fuente: elaboración propia

**Tabla 20. Errores relativos del stock de carbono por hectárea
(en Kg.ha⁻¹) registrado para cada muestreo**

Predio	Cuadrada 100 m²	Circular 100 m²	Cuadrada 400 m²	Circular 400 m²
Armando Reyes	8.79	26.20	30.41	27.01
Elena Díaz	9.98	1.92	1.74	9.17
Esther Saboya	23.08	26.24	6.69	8.02
Nuevo Satipo	6.88	4.31	22.80	18.11
Simeón Huamán 1	10.91	0.37	7.88	0.86
Simeón Huamán 2	6.10	4.72	14.19	20.45

Error relativo = Valor absoluto (Stock de carbono del censo – Stock de carbono del muestreo) / Stock de carbono del censo x 100%

Fuente: elaboración propia

Con respecto a los errores relativos, se encontró que, sólo en el bosque secundario de Esther Saboya; la magnitud del error relativo fue mayor en las parcelas (cuadradas o circulares) de 100 m² (Tabla 20). En los bosques secundarios de Armando Reyes, Nuevo Satipo y Simeón Huamán 2 la magnitud de los errores relativos fue mayor en las parcelas de 400 m² (Tabla 20). En el bosque secundario del predio de Elena Díaz la parcela cuadrada de 100 m² y la parcela circular de 400 m² arrojaron mayores errores relativos de muestreo. En tanto que, en el bosque secundario del predio de Simeón Huamán 1, las parcelas cuadradas (de 100 m² y 400 m²) generaron mayores errores relativos de muestreo.

El análisis descriptivo no permitió notar (de manera concluyente) cuál de los dos tamaños de parcela generó un mayor o menor error de medición. El análisis tampoco permitió determinar (de manera concluyente) qué forma de parcela generó un mayor o menor error de medición, ya sea para parcelas de 100 m² o para parcelas de 400 m².

5.2. Análisis inferencial y contrastación de hipótesis

5.2.1. Análisis inferencial y contrastación de hipótesis para el volumen

a. Comparación de los volúmenes de madera por hectárea entre los tipos de muestreo (tipos de parcelas)

A partir de los datos de volúmenes de madera por hectárea (Cuadro 14) se hicieron los análisis estadísticos para realizar las comparaciones entre los volúmenes de madera de los muestreos y entre los volúmenes de madera del censo y los muestreos.

Para emplear análisis paramétricos se verificaron los supuestos de normalidad y de homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) del análisis de varianza.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov encontró que los datos se distribuyeron normalmente sin transformación con una probabilidad mayor a 0.150 (Anexo 17), o sea $p > 0.150$; o transformándolos mediante el logaritmo neperiano con $p > 0.150$ (Anexo 18).

Como los datos cumplieron con el supuesto de normalidad, se empleó la prueba de Bartlett para probar el supuesto de homocedasticidad. La prueba de Bartlett reportó que los datos cumplieron con el supuesto de homocedasticidad, sin transformación ($p = 0.427$) o transformándolos mediante el logaritmo neperiano ($p = 0.911$).

Dados los valores de probabilidad de las pruebas de Bartlett, se tomó la decisión de realizar los análisis de varianza (ANOVA) con los datos transformados mediante el logaritmo neperiano.

Los datos se analizaron mediante un diseño experimental de diseño de bloques completos al azar, donde los tipos de parcela fueron los tratamientos (parcelas cuadradas de 100 m², parcelas circulares de 100

m², parcelas cuadradas de 400 m² y parcelas circulares de 400 m²) y los predios fueron los bloques.

El ANOVA reportó que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p = 0.001$) y entre los predios ($p = 0.000$). Los valores de las sumas de cuadrados del ANOVA mostraron que se acertó al considerar a los predios como la fuente de variabilidad bloque en el diseño experimental (Anexo 19).

Las pruebas post – hoc o pruebas de comparaciones de medias de Tukey (Anexo 20), LSD de Fisher (Anexo 21) y Bonferroni (Anexo 22); con una confianza del 95%, hallaron que, estadísticamente, existen diferencias entre los volúmenes por hectárea de las parcelas (cuadradas y circulares) de 100 m² y las parcelas (cuadradas y circulares) de 400 m², pero no existen diferencias entre las parcelas cuadradas y circulares de 100 m², ni entre las parcelas cuadradas y circulares de 400 m².

b. Comparación de los volúmenes de madera por hectárea entre los tipos de muestreo (tipos de parcelas) y el censo

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (Anexo 23) encontró que los datos, transformados mediante el logaritmo neperiano, se distribuyeron normalmente ($p > 0.150$).

La prueba de Bartlett reportó que los datos, transformados mediante el logaritmo neperiano, cumplieron con el supuesto de homocedasticidad ($p = 0.950$).

El análisis de varianza (ANOVA) con diseño experimental de diseño de bloques completos al azar, donde los tipos de parcela fueron los tratamientos y los predios fueron los bloques (Anexo 24); reportó que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p = 0.000$) y entre los predios ($p = 0.000$). Nuevamente se acertó al considerar a los predios como una fuente de variabilidad en el diseño experimental.

La prueba post – hoc de Dunnet (Anexo 25), con una confianza del 95% y con los volúmenes por hectárea del censo como tratamiento testigo, reportó que no existen diferencias entre los volúmenes por hectárea de los cuatro tipos de muestreo y el censo. Empero, las pruebas post – hoc de Tukey (Anexo 26) y Bonferroni (Anexo 27); con una confianza del 95%, nuevamente encontraron diferencias estadísticas entre los volúmenes por hectárea de las parcelas (cuadradas y circulares) de 100 m² y las parcelas (cuadradas y circulares) de 400 m²; pero no hallaron diferencias entre las parcelas cuadradas y circulares de 100 m², ni entre las parcelas cuadradas y circulares de 400 m². Además, las pruebas ya mencionadas, tampoco reportaron diferencias de los volúmenes por hectárea del censo con los volúmenes por hectárea reportados por las parcelas de 100 m², ni con los volúmenes por hectárea reportados por las parcelas de 400 m².

Para aumentar los elementos de juicio, también se desarrolló un análisis de correlación de Pearson, el mismo que arrojó mayores coeficientes de correlación entre los volúmenes de madera por hectárea registrados por el censo con los volúmenes de madera por hectárea registrados por los muestreos con parcelas de 100 m², y menores coeficientes de correlación con los volúmenes de madera por hectárea registrados por los muestreos con parcelas de 400 m² (Cuadro 21).

Tabla 21. Coeficientes de correlación de Pearson entre los volúmenes por hectárea del censo con respecto a los volúmenes por hectárea de los muestreos

	Tipos de muestreo			
	Cuadradas	Circulares	Cuadradas	Circulares
	100 m ²	100 m ²	400 m ²	400 m ²
Censo	0.984	0.923	0.747	0.840

Fuente: elaboración propia

5.2.2. Análisis inferencial y contrastación de hipótesis para el stock de carbono

a. Comparación del stock de carbono por hectárea entre los tipos de muestreo (tipos de parcelas).

Con base en los datos del stock de carbono por hectárea (Cuadro 18) se hicieron los análisis estadísticos para realizar las comparaciones entre los muestreos y entre el censo y los muestreos.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov encontró que los datos no transformados se distribuyeron normalmente ($p = 0.144$) y, transformados por el logaritmo neperiano (Anexo 28), también se distribuyeron normalmente ($p > 0.150$).

Con los datos sin transformar, la prueba de Bartlett encontró que los datos cumplieron con el supuesto de homocedasticidad ($p = 0.266$) y, transformados por el logaritmo neperiano también ($p = 0.821$).

Los valores de probabilidad más altos, para la variable transformada, decidieron que el análisis de varianza (ANOVA) se realice con los datos transformados mediante el logaritmo neperiano. Nuevamente, se analizaron los datos mediante un diseño experimental de diseño de bloques completos al azar, donde los tipos de parcela fueron los tratamientos y los predios fueron los bloques.

El ANOVA (Anexo 29) reportó que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p = 0.002$) y entre los predios ($p = 0.000$). El valor de probabilidad para los predios, es decir para los bloques, demostró que fue correcto “bloquear” e incluir los predios como una fuente de variabilidad en el diseño experimental.

Las pruebas post – hoc o pruebas de comparaciones de medias de Tukey (Anexo 30), LSD de Fisher (Anexo 31) y Bonferroni (Anexo 32); con una confianza del 95%, hallaron que, estadísticamente, existen

diferencias entre los stocks de carbono por hectárea de las parcelas (cuadradas y circulares) de 100 m² y las parcelas (cuadradas y circulares) de 400 m², pero no existen diferencias entre las parcelas cuadradas y circulares de 100 m², ni entre las parcelas cuadradas y circulares de 400 m².

También se compararon el stock de carbono entre las parcelas circulares y cuadradas de 100 m² y entre las parcelas circulares y cuadradas de 400 m², la prueba de t para dos poblaciones pareadas no halló diferencias significativas en el stock de carbono entre las parcelas circulares de 100 m² y las parcelas cuadradas de 100 m² ($p = 0.886$); ni en el stock de carbono entre las parcelas circulares de 400 m² y las parcelas cuadradas de 400 m² ($p = 0.515$).

b. Comparación del stock de carbono por hectárea entre los tipos de muestreo (tipos de parcelas) y el censo

Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Anexo 33) se demostró que los datos se distribuyeron normalmente cuando se les transformó mediante el logaritmo neperiano ($p > 0.150$).

Mediante la prueba de Bartlett se probó que los datos, transformados por el logaritmo neperiano, y por tratamiento, tuvieron varianzas homogéneas ($p = 0.904$).

El ANOVA con diseño experimental de diseño de bloques completos al azar, con los tipos de parcela como tratamientos y los predios como bloques (Anexo 34); reportó que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p = 0.001$) y entre los predios ($p = 0.000$).

La prueba de Dunnet, con una confianza del 95% y con los stocks de carbono por hectárea del censo como tratamiento testigo, reportó que no existen diferencias entre los stocks de carbono por hectárea de los cuatro tipos de muestreo y el censo (Anexo 35). Empero, las pruebas post – hoc

de Tukey (Anexo 36) y Bonferroni (Anexo 37); con una confianza del 95%, nuevamente encontraron diferencias estadísticas entre los stocks de carbono por hectárea de las parcelas (cuadradas y circulares) de 100 m² y las parcelas (cuadradas y circulares) de 400 m²; pero no hallaron diferencias entre las parcelas cuadradas y circulares de 100 m², ni entre las parcelas cuadradas y circulares de 400 m². Las pruebas antes mencionadas, tampoco reportaron diferencias entre el stock de carbono por hectárea del censo y los stocks de carbono por hectárea reportados por las parcelas de 100 m², ni con los stocks de carbono por hectárea reportados por las parcelas de 400 m².

El análisis de correlación de Pearson también halló mayor asociación entre los muestreos con parcelas de 100 m² y el censo, que entre los muestreos con parcelas de 400 m² y los valores del censo; lo cual se manifiesta por los mayores coeficientes de correlación entre los stocks de carbono por hectárea registrados por el censo con los stocks de carbono por hectárea registrados por los muestreos con parcelas de 100 m², y menores coeficientes de correlación entre los stocks de carbono por hectárea registrados por el censo y por los muestreos con parcelas de 400 m² (tabla 22).

Tabla 22. Coeficientes de correlación de Pearson entre los stocks de carbono por hectárea del censo con respecto a los stocks de carbono por hectárea de los muestreos

	Tipos de muestreo			
	Cuadradas	Circulares	Cuadradas	Circulares
	100 m ²	100 m ²	400 m ²	400 m ²
Censo	0.984	0.923	0.747	0.840

Fuente: elaboración propia

5.3. Discusión de resultados

5.3.1. Riqueza y composición florística

En los bosques secundarios, generalmente, el número de especies aumenta conforme aumenta la edad de la purma, esto se explica porque en los bosques secundarios se van incrementando las especies, a medida que las nuevas especies van ocupando nuevos nichos ecológicos, con base al gremio ecológico al cual pertenecen, pues primero el espacio es ocupado por las especies heliófitas efímeras, pero posteriormente se suman especies heliófitas durables y especies esciófitas.

Aunque los bosques secundarios de Nuevo Satipo son del tipo denominados “ceticales” (género *Cecropia*), en el bosque secundario de Armando Reyes, los árboles de la especie *Cecropia* sólo representan el 9%, lo cual se debe a que la composición florística de los bosques secundarios es el resultado de la contingencia ecológica, es decir, la presencia de una o unas determinadas especies en un suceso que puede o no puede ocurrir.

5.3.2. Estructura florística

La relación inversa entre la edad de los bosques secundarios y el número de árboles, con $dap \geq 10$ cm (Tabla 12) se debe a la mortalidad de los individuos de las categorías inferiores (brinzales y latizales), de las especies heliófitas efímeras, pero también a la mortalidad de fustales y árboles delgados que, en los inicios de la sucesión secundaria, son muy numerosos.

5.3.3. Volúmenes de madera

Se halló que las parcelas (cuadradas o circulares) de 100 m² tienden a sobreestimar el volumen y las parcelas (cuadradas o circulares) de 400 m² tienden a subestimarlos (Tabla 15), como afirman Ortiz y Carrera (2002) esto se debe a que las parcelas pequeñas generan sesgos en las

estimaciones pues se cometen más errores de establecimiento y delimitación de las parcelas.

La información de los volúmenes de madera por hectárea (Tabla 14) indica que los resultados son consistentes con la afirmación de Malleux (1982), corroborando que, cuando se emplean parcelas pequeñas, el coeficiente de variabilidad es mayor porque la mayor variabilidad ocurre entre las parcelas. Lo antes mencionado ocurre porque una parcela pequeña puede situarse en una determinada asociación florística, mientras que la siguiente parcela puede situarse en una asociación florística diferente.

Los resultados también corroboran que, cuando se emplean parcelas grandes, el coeficiente de variabilidad es menor porque la mayor variabilidad se da dentro de las parcelas, pues las parcelas grandes pueden incluir más de una asociación florística, de manera que la variabilidad entre las parcelas puede disminuir.

5.3.4. Stock de carbono

El análisis descriptivo reportó tendencias similares entre el volumen de madera y el stock de carbono. Estas tendencias son similares porque el cálculo del volumen de madera requiere de dos variables (dap y altura total) que también se emplean para el cálculo de la biomasa aérea.

También se halló que las parcelas (cuadradas o circulares) de 100 m² tienden a sobreestimar el stock de carbono y las parcelas (cuadradas o circulares) de 400 m² tienden a subestimarlos (Tabla 17), de manera que, para la variable stock de carbono las parcelas pequeñas también generan sesgos en las estimaciones.

La información de los volúmenes de madera por hectárea (Tabla 17) también demuestra que las parcelas pequeñas generan un mayor coeficiente de variabilidad que las parcelas grandes.

5.3.5. Comparación entre los volúmenes de madera y stock de carbono entre los tipos de muestreo

Los análisis estadísticos inferenciales permitieron denotar las diferencias entre los tipos de muestreo, o sea, entre el área y la forma de las parcelas; tanto para el volumen de madera por hectárea, como para el stock de carbono por hectárea (la variable de interés). Dada la similitud, a continuación, se explican los resultados, simultáneamente, para ambas variables.

El cumplimiento de los supuestos de normalidad y de homocedasticidad, de los análisis de varianza, se entienden por la similitud en las edades, la composición y estructura florística de los bosques que se evaluaron; pues el único bosque secundario que se diferenció del resto fue el del predio de Armando Reyes, el cual tiene una edad de 11 años y en el que no se halló el predominio de las especies del género *Cecropia*.

La inclusión del predio como una fuente más de variabilidad, en los análisis de varianza, aumentó la sensibilidad de las pruebas para detectar diferencias entre los tratamientos (tipo de muestreo, o sea, forma y área de la parcela) pues se conoce que existe variabilidad entre los bosques secundarios; aun cuando se encuentran en el mismo sector geográfico. En esta investigación, es de presumir que la significancia de los predios, como fuente de variabilidad, se debió, principalmente, a los datos del bosque secundario del predio de Armando Reyes.

Las diferencias estadísticas entre los volúmenes por hectárea y el stock de carbono por hectárea entre las parcelas (cuadradas y circulares) de 100 m² y las parcelas (cuadradas y circulares) de 400 m² confirmaron que, en los muestreos de bosques secundarios, existen diferencias entre parcelas pequeñas y grandes. Los resultados que se hallaron son consistentes con la afirmación de Philip (1994), pues demostraron que un mayor número de parcelas pequeñas es una muestra más precisa que un menor número de

parcelas grandes. Los resultados también son consistentes con las aseveraciones de Malleux (1982) y Ortiz y Carrera (2002a), pues demostraron que las parcelas pequeñas captaron una mayor variabilidad del bosque y, por lo tanto, aumentaron la precisión de la muestra.

No obstante, la forma de las parcelas sería una variable que no influye en la cuantificación de los volúmenes por hectárea y el stock de carbono por hectárea, en los bosques secundarios, cuando tienen la misma superficie; pues no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre las parcelas cuadradas y circulares de 100 m², ni entre las parcelas cuadradas y circulares de 400 m².

Las comparaciones entre los volúmenes de madera por hectárea y los stocks de carbono por hectárea, entre los tipos de muestreo (tipos de parcelas) y el censo; confirmaron que existen diferencias entre parcelas grandes y pequeñas; pues, la asociación (expresada por los coeficientes de correlación de Pearson) fue mayor entre los valores de los muestreos con parcelas de 100 m² y el censo, que entre los valores de los muestreos con parcelas de 400 m² y los valores del censo (Tabla 21 y Tabla 22).

5.4. Aporte científico de la investigación

Esta investigación brinda un soporte científico y técnico, en lo que respecta al muestreo de los bosques secundarios, en términos de área y forma de las parcelas. Adicionalmente, esta investigación brinda un soporte científico preliminar para el muestreo de otros ecosistemas forestales similares (como plantaciones forestales y formaciones vegetales arbóreas y arbustivas como los “chamizales”, “varillales”, “patiquinales”), para la cuantificación de volumen de madera, biomasa aérea, stock de carbono, área basal y diámetro del tronco.

CONCLUSIONES

1. El muestreo de stock de carbono, de la biomasa aérea de los árboles, en los bosques secundarios; tiene que considerar el área y la forma de las parcelas, dado que no es indistinto usar parcelas pequeñas o parcelas grandes, o emplear parcelas cuadradas o redondas; en los inventarios forestales.
2. Las parcelas de 100 m² son las unidades de muestreo más idóneas para los inventarios de stock de carbono, de la biomasa aérea de los árboles, en los bosques secundarios con características similares a los del sector de Neshuya, Región Ucayali; tal como se pudo demostrar en los resultados.
3. La forma de las parcelas (cuadradas o circulares) no es un factor significativo para la cuantificación del stock de carbono, de la biomasa aérea de los árboles, en los bosques secundarios con características similares a los del sector de Neshuya, Región Ucayali. La elección de la forma de la parcela dependerá más de aspectos prácticos, que, de la precisión de la información obtenida, ya sea con parcelas cuadradas o parcelas redondas.

SUGERENCIAS

1. Esta investigación permitió identificar la necesidad de conocer la estructura y composición florística de bosques secundarios entre sectores geográficos y entre predios del mismo sector geográfico.
2. Esta investigación permitió identificar la necesidad de conocer el efecto del tamaño de la parcela en la cuantificación del volumen de madera, biomasa aérea y stock de carbono en otros ecosistemas forestales, como los bosques de la llanura meándrica y las diferentes formaciones vegetales no leñosas.
3. Esta investigación permitió identificar la necesidad de conocer el efecto de la intensidad de muestreo (o esfuerzo de muestreo) en la cuantificación del volumen de madera, biomasa aérea y stock de carbono en bosques secundarios y otros ecosistemas forestales (como los bosques de la llanura meándrica y las diferentes formaciones vegetales no leñosas).

REFERENCIAS

- Abelleira, O.J. & Colón G, D.Y. (2006). Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante. *Acta Científica*, 20(1-3), 63-66. Consultado el 04 de septiembre del 2020.
https://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja_iitf_2006_abelleira001acta.pdf
- Aide, T.M., Zimmerman, J.K., Rosario, M. & Marcano, H. (1996). Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in Northeastern Puerto Rico. *Biotropica* 28(4), 537-548. Consultado el 04 de septiembre del 2020.
<https://www.jstor.org/stable/2389095>
- Alva, J, & Lombardi, I. (2000). Impacto de los patrones de usos de la tierra sobre los bosques secundarios de la zona de Pucallpa, Perú. *Revista Forestal del Perú* 23(1-2), 3-19.
- Arévalo, LA; Alegre, JC; Palm, C. (2003). Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. ICRAF, CODESU.
- Aróstegui V, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de madera peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002.
- Ayuga T, E; González G, C; Martín, F, S; Martínez F, JE; Pardo M; M. (2009). *Técnicas de muestreo en ciencias forestales y ambientales*. Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas.
- Bidwell, RGS. (1993). *Fisiología vegetal*. AGT.
- Brown, S. & Lugo, A. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6(1), 1-32. Consultado el 04 de septiembre del 2020.
<https://www.jstor.org/stable/2559366>

Brown, S. & Lugo, A. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1), 8-27. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Aboveground+biomass+estimates+for+tropical+moist+forest+of+the+Brazilian+Amazon&btnG=

Bueno Z, J. (1978). Estudio de posibilidades industriales de maderas nacionales para fabricación de pulpa para papel. Universidad nacional Agraria La Molina, Ministerio de Industria, Comercio, Turismo e Integración.

Cailliez, F. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento: estimación del volumen. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO.

Camacho, M. (2000). Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. CATIE.

Campos, JCC; Leite, HG. (2009). *Mensuração florestal*. 3ª ed. Editora UFV.

Carrera, F. (1996). Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de uso múltiple de la Reserva Biósfera Maya. CATIE.

Casanoves, F; Ospina, MA, Vilchez M, S. (2017). Revisión del número de estratos de bosque y su impacto en el error de estimación del nivel de referencia de emisiones de deforestación, y recomendaciones sobre la intensidad de muestreo para el establecimiento de parcelas temporales en bosques secundarios y maduros en Costa Rica. CATIE.

CATIE; CIFOR; EMBRAPA-CPATU; UNALM; UCA. (1998). Protocolo de levantamiento de vegetación en bosques secundarios. (Informe). Proyecto Manejo de Bosques Secundarios en América Tropical.

Cochran, WG; Cox, GM. (1965). *Diseños experimentales*. Trillas.

Córdova P, ME. (2020). Determinación del carbono aéreo de dos bosques secundarios, en la zona de Intag – Imbabura. [Trabajo de titulación. Universidad Técnica del Norte].

Coronado, C., Lombardi, I. & Sabogal, C. (2001). Inventarios florísticos en bosques secundarios de la zona de Pucallpa con fines de producción forestal. *Revista Forestal del Perú* 24(1-2), 45-60.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, H., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, H. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* (145), 87–99. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-005-0100-x>

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Péliissier, R., Ploton, P., Ryan, C., Saldarriaga, J.G. & Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20(10), 3177–3190. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.12629>

Clark, D.A. (2007). Detecting Tropical Forests' Responses to Global Climatic and Atmospheric Change: Current Challenges and a Way Forward. *Biotropica*. 39(1), 4–19. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2006.00227.x>

- Cuellar, E; Salazar, E. (2016). Dinámica del carbono almacenado en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Dance, J. & Kómetter, R. (1984). Algunas características dasonómicas en los diferentes estadios del bosque secundario. *Revista Forestal del Perú* 12(1-2), 18-31.
- Dauber, E. (1995). Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Proyecto BOLFOR.
- Dauber, E., Terán, J. & Guzmán, R. (2001). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana* 1(1), 13-23. Consultado el 04 de septiembre del 2020.
- https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Estimaciones+de+biomasa+y+carbono+en+bosques+naturales+de+Bolivia&btnG=
- Diéguez A, U; Barrio A, M; Castedo D, F; Ruíz G, AD; Álvarez T, MF; Álvarez G, JG; Rojo A, A. (2003). *Dendrometría*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Eggleston, S; Buendía, L; Miwa, K; Ngara, T; Tanabe, K. (eds). (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (Vol. 4). Panel Intergubernamental de Cambio Climático-IPCC.
- Consultado el 10 febrero 2018. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Ewel, J. (1983). Succession. En F. Golley (ed.), *Tropical rain forest ecosystems: structure and function* (pp.217-223). Elsevier.
- Fedlmeier, C. (1996). Desarrollo de bosques secundarios en zonas de pastoreo abandonadas de la Zona Norte de Costa Rica. [Ph.D. Thesis, Universidad Georg-August].

Feldpausch, T.R., Rondon, M.A., Fernandes, E.C.M., Riha, S.J. & Wandelli, E. (2004). Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecological Applications* 14(4), 164–176. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/01-6015>

Figueredo, B.E. & Bravo, J.A. (2014). Inventario del bosque secundario de la finca Los Lirios en la Ensenada, Segundo Frente, Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC* (4), 29-42. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.redalyc.org/pdf/1813/181335576002.pdf>

Finegan, B. (1984). Forest succession. *Nature* (312), 109-114. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

https://www.researchgate.net/profile/Bryan_Finegan/publication/32037579_Forest_succession_reply/links/00b4952ab3b3e968d3000000.pdf

Finegan, B. (1992). El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. (R. Luján, trad.). CATIE.

Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11(3), 119-124. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0169534796810901>

Finegan, B. (1997). Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de madera. En E. Elías (ed.), *Taller Internacional sobre el Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina* (pp.106-119). TCA, CCBAP, GTZ, DGIS, IKC.

Finegan, B. & Delgado, D. (2000). Structural and floristic heterogeneity in a 30-year-old Costa Rican rain forest restored on pasture through natural secondary

sucesión. *Restoration Ecology* 8(4), 380-393. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1526-100x.2000.80053.x>

Flores B, JC. (2011). Construyendo la tesis universitaria.

Fonseca, W., Rey, J.M. & Alice, F.E. (2011). Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* (262):1400–1408. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112711003987>

Galván, O; Alva, J; Domínguez, G. (1999). Caracterización biofísica de las unidades agrarias de Semuya y Nueva Requena a partir de un Sondeo Rural Rápido. (Informe). Proyecto Manejo de Bosques Secundarios en América Tropical.

Galván, O., Sabogal, C. & Colán, V. (2000). Potencial productivo de los bosques secundarios de altura de la zona de Pucallpa, Región Ucayali, Amazonia peruana. *Revista Foresta del Perú* 23(1-2), 63-78.

Gómez-Pompa, A, Vásquez-Yanes, C. (1981). Successional studies of a rain forest in México. *En* D. West, H. Shugart & D. Botkin (eds.), *Forest succession. Concepts and applications* (pp.246-266). Springer-Verlag.

Grau, H.R., Arturi, M.F., Brown, A.D. & Aceñolaza, P.G. (1997). Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinean subtropical montane forest. *Forest Ecology and Management* (95), 161-171. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112797000108>

Guariguata, M.R., Chazdon, R.L., Denslow, J.S., Dupuy, J.M. & Anderson, L. (1997). Structure and floristic of secondary and old-growth forest stands in lowland

Costa Rica. *Plant Ecology* (132), 107-120. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009726421352>

Guariguata, M.R. & Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148(1-3), 185-206. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112700005351>

Guariguata, MR; Ostertag, R. (2002). Sucesión secundaria. En M. Guariguata & G. Kattan (eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (pp.591-623). Libro Universitario Regional.

Guevara, S., Purata, S.E. & Van der Maarel, E. (1986). The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* 66(2), 77-84. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00045497>

Hernández S, R; Fernández C, C; Baptista L, M. (2010). (5ª ed.). McGraw-Hill, Interamericana Editores.

Herrera F, B. (1996). Evaluación del efecto del sitio en la productividad de las poblaciones de dos especies dominantes en un bosque tropical de la tercera fase de la sucesión secundaria en Costa Rica. [Tesis M.Sc., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE].

Herrera, B. & Finegan, B. (1997). Substrate conditions, foliar nutrients and the distributions of two canopy tree species in a Costa Rican secondary rain forest. *Plant and Soil* 60(1), 1-9. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004209915530>

- Honorio, E; Baker, T. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo de carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Universidad de Leeds.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F. & Rojas, J. (2006). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en la Américas* (45), 27-36. Consultado el 04 de septiembre del 2020. Repositorio institucional CATIE. <http://201.207.189.89/handle/11554/7934>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. (2012). La importancia de estimar la pérdida de carbono; ¿Cuánto C se pierde como resultado de los cambios en la cobertura del suelo, la deforestación y la tala selectiva? (Proyecto REDD ALERT Díptico no.2).
- Junta del Acuerdo de Cartagena. (1981). Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies del Perú.
- Kómetter M, R. (1987). Inventario forestal de los bosques secundarios de Pucallpa. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Lluncor M, D. (2013). Estudio de las propiedades físicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. AIDER, ITTO.
- Louman, B; Mejía A; Núñez, L. (2002). Inventarios en bosques secundarios. En. L. Orozco & C. Brumér (eds.), *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* (pp. 173-179). CATIE.
- MacDicken, K.G. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development.
- Malleux, J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Márquez, L. (2000). Técnicas para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar.
- Mena M, VE. (2008). Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. [Tesis M.Sc., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE].
- Ministerio del Ambiente, Perú. (2016). La conservación de bosques en el Perú (2011-2016). Lima, Perú, Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático.
- Neeff, T; Henders, S. (2007). Guía sobre los mercados y la comercialización de proyectos MDL forestales. CATIE.
- Nepstad, D.C., Uhl, C. & Serrao, E.A.S. (1991). Recuperation of a degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20(6), 248-255.
- Odum, EP; Barrett, GW. (2007). Fundamentos de ecología. (O Aguilar, trad.). Thomson. 598p.
- Oñate T, LA. (2018). Precisión del hipsómetro Blume Leiss, clinómetro Suunto e hipsómetro láser Trupulse 360R en la medición de altura total de árboles de *Guazuma crinita* (bolaina blanca). [Tesis Ing., Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia].
- Ortiz, E; Carrera, F. (2002^a). Diseño del muestreo para inventarios forestales. En. L. Orozco & C. Brumér (eds.), *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* (pp. 121-148). CATIE.
- Ortiz, E; Carrera, F. (2002^b). Muestreo en inventarios forestales. *In*. Orozco, L; Brumér, C. *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*.

- En. L. Orozco & C. Brumér (eds.), Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central (pp. 101-117). CATIE.
- Ortiz, E; Quirós, D. (2002). Definiciones y tipos de inventarios forestales. En. L. Orozco & C. Brumér (eds.), Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central (pp. 3-24). CATIE.
- Pacheco G, T; Burga A, R; Angulo R, PA; Torres V, J. (1998). Evaluación de bosques secundarios de la zona de Iquitos. En R. Kalliola & S. Flores (eds.), Geocología y desarrollo amazónico (pp. 389-416). Universidad de Turku.
- Pacheco G, T. (2011). Valoración económica de purmas de diferentes edades en la Comunidad Nativa de Santa Mercedes, Río Putumayo, Perú. [Tesis Mg., Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].
- Pedroni, L. (2007, 2 de julio). Cambio climático, bosques y uso de la tierra [ponencia]. Material del curso VIII Curso Internacional Diseño de Proyectos MDL en los sectores Forestal y Bioenergía, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Philip, M S. (1994). Measuring trees and forests. CAB International.
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. (1997). Mensura forestal. IICA, BMZ/gtz.
- PROMPEX; WWF; USAID; INIA; OIMT. (2005). Maderas del Perú.
- Queiroz, W. (2012). Amostragem em inventário florestal. Universidad Federal Rural da Amazônia.
- Recavarren E, P; Delgado O, M. (2011). 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. En P. Recavarren, O. Delgado, M. Angulo & A. León, A. Castro (eds.), Proyecto REDD en Áreas Naturales Protegidas de Madre de Dios. Insumos para la elaboración de la línea base de carbono (p.1-43). Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral – AIDER.

- Reyne, C; Pennington, TD; Pennington, RT; Flores, C; Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonia Peruana. 509p.
- Ricse, A. (2011). Manual para evaluación de carbono en pequeñas propiedades rurales. INIA.
- Rondeux, J. (2010). Medición de árboles y masas forestales. (Díaz de Barrionuevo, trad.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Rügnitz T, M; Chacón L, M; Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. ICRAF.
- Sabogal, C., Colán, V., Galván, O., Current, D., Domínguez, G. & Yepes, F. (2001). Aspectos metodológicos para determinar opciones de manejo de bosques secundarios (purmas) en la Amazonia peruana, con especial referencia a la zona de Pucallpa. *Revista Foresta del Perú* 24(1-2), 85-107.
- Sabogal, C., Galván, O. & Colán, V. (2001). Aplicación del muestreo diagnóstico en bosques secundarios desarrollados en propiedades agrícolas de la zona de Pucallpa, Amazonia peruana. *Revista Foresta del Perú* 24(1-2), 109-118.
- Sánchez, C; Reyes, R. (2006). Metodología y diseños de investigación científica. Editorial Visión Universitaria.
- Segura, M; Kanninen, M. (2002). Inventarios para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. En. L. Orozco & C. Brumér (eds.), *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* (pp. 202-212). CATIE.
- Smith, J; Finegan, B; Sabogal, C; Ferreyra S, M; Siles G, G; van de Kop, P; Díaz B; A. (2002). Bosques secundarios y manejo integrado de recursos en la agricultura migratoria por colonos en Latinoamérica. CIFOR, CATIE.
- Smith, J; Sabogal, C; Jong, Wil de; Kaimowitz, D. (1997). Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. En E. Elías (ed.), *Estado Actual y Potencial de Manejo y*

Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina (pp.79-106).
TCA, CCBAP, GTZ, DGIS, IKC.

Soares, CPB; Neto, F; Souza, AL. (2010). Dendrometria e inventário florestal.
Universidade Federal de Viçosa.

Spittler M, P. (1997a). Guía técnica para el inventario rápido de bosques secundarios
en la Zona Norte de Costa Rica.

Spittler, P. (1997b). Inventario rápido en bosques secundarios de la Región Norte de
Costa Rica. (en prensa).

Steel, RGD; Torrie, JH. (1988). Bioestadística: principios y procedimientos. (R.
Martínez, trad.). McGraw-Hill.

Uhl, C., Clark, K., Clark, H. & Murphy, P. 1981. Early plant succession after cutting
and burning in the upper Rio Negro region of the amazon basin. *Journal of
Ecology* 69(2), 631-649. Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.jstor.org/stable/2259689>

Uhl, C., & Jordan, C.F. (1984). Succession and nutrient dynamics following forest
cutting and burning in Amazonia. *Ecology* 65(5), 1476-1490. Consultado el 04
de septiembre del 2020.

<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1939128>

Uhl, C., Buschbacher, R. & Serrao, E.A.S. (1988). Abandoned pastures in eastern
Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* (76), 663-681.
Consultado el 04 de septiembre del 2020.

<https://www.jstor.org/stable/2260566>

Villee, C.A. (1985). Biología. INTERAMERICANA.

Wilson, C.L., Loomis, W.E. (1992). Botánica. UTEHA.

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EFECTO DEL ÁREA Y FORMA DE LAS PARCELAS EN LA CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS DE NESHUYA, UCAYALI, 2019.

GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL		
¿Cuáles son los efectos de las parcelas (unidades muestrales) para cuantificar adecuadamente el stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali?	Determinar los efectos de las parcelas o unidades muestrales para mejorar la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.	El área y la forma de las parcelas afectan la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Variable (cuantitativa continua): Stock de carbono. Indicador: Kilogramos de carbono (C) y Kilogramos de biomasa aérea arbórea.</p> <p>VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <p>Variable 1 (cualitativa nominal): forma de la parcela.</p>	<p>1. Población y muestra.</p> <p>1.1. Población. Todos los bosques secundarios aledaños al tramo de la carretera Neshuya-Curimaná, Distrito Padre Abad, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali.</p> <p>1.2. Muestra. Los bosques secundarios seleccionados para la muestra.</p> <p>2. Tratamientos.</p> <p>Las combinaciones de las dos formas de parcela (redonda y cuadrada) y las dos áreas (100 m² y 400 m²).</p>
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICAS		
ESPECÍFICO 1	ESPECÍFICO 1	ESPECÍFICA 1		3. Unidad experimental y unidad de medición.

<p>¿Cuál es el efecto del área de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali?</p>	<p>Determinar el efecto del área de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.</p>	<p>Para una misma intensidad de muestreo, parcelas de 100 m² y 400 m² difieren en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.</p>	<p>Indicador 1: redonda y cuadrada. Variable 2 (cuantitativa continua): área de la parcela. Indicador 2: 100 m² y 400 m². VARIABLE INTERVINIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edad del bosque secundario. • Composición florística del bosque secundario. 	<p>La unidad experimental será el bosque secundario. La unidad de medición será la parcela o unidad muestral, en la cual se medirán los árboles.</p> <p>4. Muestreo.</p> <p>Los bosques secundarios se seleccionarán mediante un muestreo aleatorio. La distribución de las parcelas, en cada bosque secundario, se basará en un muestreo sistemático-intencional. En este caso, la intensidad de muestreo será del 10% del área estimada del bosque secundario.</p> <p>5. Levantamiento de los datos.</p> <p>Los datos se registrarán en formatos de campo físicos. En el bosque, se medirá el diámetro del fuste (dap), de cada árbol, a una altura de 1.30 metros. El dap se medirá usando una cinta diamétrica. La altura de cada árbol se estimará, empleando una pértiga telescópica de 14 m de altura.</p>
<p>ESPECÍFICO 2</p> <p>¿Cuál es el efecto de la forma de las parcelas en la cuantificación del stock de carbono en la biomasa aérea de los</p>	<p>ESPECÍFICO 2</p> <p>Determinar el efecto de la forma de las parcelas en la cuantificación del stock de</p>	<p>ESPECÍFICA 2</p> <p>Para una misma intensidad de muestreo, la forma cuadrada (de la parcela)</p>		<p>6. Procesamiento de los datos.</p>

<p>árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali?</p>	<p>carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.</p>	<p>sobrestima del stock de carbono en la biomasa aérea de los árboles de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali.</p>		<p>Base de datos: los datos se registrarán en la hoja de cálculo EXCEL.</p> <p>Cálculos de volumen.</p> <p>Para cada bosque secundarios, se calculará el volumen de manera para cada uno de los cuatro tratamientos:</p> <p>Parcela redonda de 100 m².</p> <p>Parcela redonda de 400 m².</p> <p>Parcela cuadrada de 100 m².</p> <p>Parcela cuadrada de 400 m².</p> <p>Análisis estadísticos:</p> <p>Los análisis estadísticos se harán en el programa MINITAB.</p> <p>El número de bosques secundarios se calculará mediante el método de Cochran y Box.</p> <p>El supuesto de normalidad se determinará media te la prueba de Kolmogorov-Smirnov.</p> <p>El supuesto de homocedasticidad se determinará mediante la prueba de Bartlett (si se cumplió el supuesto de normalidad) o mediante la prueba de Levene (si no se cumplió el supuesto de normalidad).</p> <p>Las diferencias del volumen calculado, entre tratamientos, se determinará mediante un análisis paramétrico y no paramétrico: el análisis de varianza, con diseño completamente al azar y, paralelamente, con la prueba de Kruskal-Wallis; respectivamente.</p> <p>La prueba de comparación de medias se realizará mediante la prueba de Tukey y la prueba de Duncan.</p>
--	---	---	--	--

ANEXO 02**FORMATO DE CAMPO 1: DATOS GENERALES DEL BOSQUE
SECUNDARIO****1. De la finca y el propietario**

Nombre de la finca:

Ubicación de la finca

Caserío:

Distrito:

Provincia:

Región:

Carretera:

Km:

2. Del propietario

Nombre:

Procedencia:

3. Del bosque secundario o “purma”

Número de bosque en la finca (si hubiera más de un bosque secundario para medir en la finca):

Forma y área aproximada cubierta por bosque:

Tiempo de desuso (edad del bosque secundario): años

Causa del desuso:

Tipo y duración del uso anterior, desde la tumba y quema del bosque primario o “monte alto”:

Composición florística y especies arbóreas dominantes en el bosque:

Condiciones del sitio (fisiografía, topografía, distancia a la carretera):

ANEXO 03**FORMATO DE CAMPO 2: MEDICIONES DE LOS ÁRBOLES DEL
BOSQUE SECUNDARIO****Nombre de la finca:****Nombre del propietario:****Número de bosque en la finca:****Forma de la parcela:****Área de la parcela:****Número de parcela:**

Número de identificación del árbol

ANEXO 04

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

"Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali"

Nombre del experto : FERNANDO VELASQUEZ DE LA CRUZ

Especialidad : INGENIERO FORESTAL
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

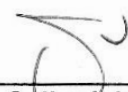
DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Forma de la parcela	Redonda y cuadrada	4	4	4	4
Área de la parcela	100 m ² y 400 m ²	4	4	4	4
Stock de biomasa aérea arbórea	Kilogramos de biomasa aérea arbórea	4	4	4	4
Stock de carbono	Kilogramos de carbono (C)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (x)

En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (x) NO ()


Firma y Sello del juez

DR. FERNANDO VELASQUEZ DE LA CRUZ
DNI 00118178
DOCENTE PRINCIPAL UNIVERSIDAD
NACIONAL DE UCAYALI.

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

“Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali”

Nombre del experto *JUAN GARCÍA RUIZ*

Especialidad *ING. QUÍMICO.
DOCTOR EN CIENCIAS QUÍMICAS.*

“Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad”


DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Forma de la parcela	Redonda y cuadrada	4	4	4	4
Área de la parcela	100 m ² y 400 m ²	4	4	4	4
Stock de biomasa aérea arbórea	Kilogramos de biomasa aérea arbórea	4	4	4	4
Stock de carbono	Kilogramos de carbono (C)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X)

En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()


Firma y Sello del juez
Dr. Juan García Ruiz
05264451.

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

"Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali"

Nombre del experto : Keneth Reátegui del Aguila

Especialidad : Ing. Agrónomo. Doctorado en Agricultura Sustentable

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"

DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Forma de la parcela	Redonda y cuadrada	4	4	4	4
Área de la parcela	100 m ² y 400 m ²	4	4	4	4
Stock de biomasa aérea arbórea	Kilogramos de biomasa aérea arbórea	4	4	4	4
Stock de carbono	Kilogramos de carbono (C)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X)

En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()

Firma y Sello del juez

Profesor Principal
Universidad Nacional
Intercultural de la Amazonia

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

“Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali”

Nombre del experto *Victor Erasmo Sotero Solis*

Especialidad *Ing. Químico - Doctorado Tecnología Bioq. - Farmacéutica*

“Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad”

DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Forma de la parcela	Redonda y cuadrada	4	4	4	4
Área de la parcela	100 m ² y 400 m ²	4	4	4	4
Stock de biomasa aérea arbórea	Kilogramos de biomasa aérea arbórea	4	4	4	4
Stock de carbono	Kilogramos de carbono (C)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X)

En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()



Firma y Sello del juez

DR. VICTOR ERASMO SOTERO SOLIS
DNI 05236521

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

"Efecto del área y forma de las parcelas en la cuantificación del carbono de los bosques secundarios de Neshuya, Ucayali"

Nombre del experto : Zenayda Emilia Estrada Tuesta

Especialidad : Ing. Forestal - Doctorado en Ciencias Biológicas
Doctorado en Economía de Recursos Naturales

"Calificar con 1, 2, 3 ó 4 cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad"


DIMENSIÓN	ÍTEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Forma de la parcela	Redonda y cuadrada	4	4	4	4
Área de la parcela	100 m ² y 400 m ²	4	4	4	4
Stock de biomasa aérea arbórea	Kilogramos de biomasa aérea arbórea	4	4	4	4
Stock de carbono	Kilogramos de carbono (C)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X)

En caso de Sí, ¿Qué dimensión o ítem falta? _____

DECISIÓN DEL EXPERTO:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()


Firma y Sello del juez
Zenayda Emilia Estrada Tuesta
Profesora Asociada
Universidad Nacional de Ucayali

ANEXO 05

**PREDIOS VISITADOS (PRODUCTOR), BOSQUES SECUNDARIOS
INSPECCIONADOS Y BOSQUES SECUNDARIOS MUESTREADOS**

Predios visitados (Productor)	Bosques inspeccionados	Bosques muestreados
Armando Reyes Jiménez	3	1
Merlín Rodríguez Trujillo		
Pedro Saboya Saboya		
Esther Saboya Ríos	3	1
Jean Guerrero Saboya		
Elena Díaz Fabián	1	1
Simeón Huamán Espíritu	2	2
Nelson Delgado Saldaña	1	
Lizardo Mata León		
Rusbel Huaranga Pascual		
Alfonso Linares Dávila		
Caserío Nuevo Satipo	2	1
Total	12	6

Fuente: elaboración propia

ANEXO 06

DENSIDAD BÁSICA DE LAS ESPECIES

Nombre común	Densidad básica	Fuente
Ana caspi	0.70	AIDER-ITTO
Auca atadijo	0.31	AIDER-ITTO
Huamansamana	0.28	AIDER-ITTO
Maquizapa ñagcha	0.30	AIDER-ITTO
Marupa	0.39	AIDER-ITTO
Panguana	0.46	AIDER-ITTO
Pashaco blanco	0.28	AIDER-ITTO
Sapote	0.43	AIDER-ITTO
Utucuro	0.50	AIDER-ITTO
Yacushapana amarilla	0.62	AIDER-ITTO
Quina quina	0.74	Aróstegui (1982)
Moenas	0.53	Junta del Acuerdo de Cartagena (1981)
Aguano Masha	0.73	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Almendro	0.65	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Ana caspi	0.70	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Andiroba	0.55	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Azúcar huayo	0.62	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Bolaina blanca	0.41	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Cachimbo blanco	0.59	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Capirona	0.76	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Catahua	0.41	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Cedrillo	0.59	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Chimicua	0.70	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Copaiba	0.61	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Cumala	0.45	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Estoraque	0.78	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Higuerilla negra	0.40	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Huamansamana	0.31	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Huayruro	0.60	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Huimba	0.56	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Ishpingo	0.43	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Lagarto caspi	0.66	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Machimango blanco	0.72	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Manchinga	0.68	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Maquizapa ñagcha	0.29	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
mari mari	0.77	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Marupa	0.36	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Mashonaste	0.56	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Ojé renaco	0.43	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Panguana	0.49	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Pashaco	0.40	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Paujilruro blanco	0.62	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Pumaquiuro	0.67	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Quinilla colorada	0.87	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Requia	0.60	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Sapote	0.43	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Shihuahuaco	0.87	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Tahuari	0.92	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Tornillo	0.45	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Ubos	0.35	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Yacushapana	0.73	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)
Yanchama	0.44	PROMPEX <i>et al.</i> (s.f.)

Nombre común	Densidad básica	Fuente
Amasisa	0.40	Reynel <i>et al.</i> (2003)
Añallo caspi	0.40	Reynel <i>et al.</i> (2003)
Hualaja	0.55	Reynel <i>et al.</i> (2003)
Topa	0.28	Reynel <i>et al.</i> (2003)
Uchumullaca blanca	0.55	Reynel <i>et al.</i> (2003)
Yutubanco amarillo	0.55	Reynel <i>et al.</i> (2003)
Anonilla	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Anonilla amarilla	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Anonilla blanca	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Atadijo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Brazo largo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Capuena	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Chachapa caspi	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Chicle caspi	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Cumaca	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Gutapercha	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Huama caspi	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Ishanga negra	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Loro ñahui	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Matico	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Ocuera blanca	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Ocuera negra	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Paloma micuna	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Papaya caspi	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Pihuicho renaco	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Pinsha callo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Retama caspi	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Rosca shimbillo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Sacha taperiba	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Sachahuaca micuna	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Shimbillo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Tahuampa shimbillo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Ungurahui	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Urco capirona	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Urco ipururo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Urco shimbillo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Vaca shimbillo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Vaca shimbillo	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Yanahuasca	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Yausaquiuro	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Yurac caspi	0.31	sin información, pero típica de BS y madera blanda
Bellaco caspi	0.63	Zárate (1978)
Céticos	0.30	Zárate (1978)
Guabilla	0.39	Zárate (1978)
Pichirina	0.50	Zárate (1978)

Fuente: elaboración propia

ANEXO 07

**NÚMERO DE ÁRBOLES POR ESPECIE EN EL BOSQUE SECUNDARIO
DE ARMANDO REYES**

Armando Reyes	Número de árboles
urco shimbillo	37
anonilla amarilla	18
loro ñahui	17
yanahuasca	15
brazo largo	14
loro cetico	14
uchumullaca blanca	14
yurac caspi	9
peine de mono blanco	8
auca atadijo	6
cetico colorado	6
añallo caspi blanco	5
yacushapana negra	5
huama caspi	4
tahuarí negro	4
bellaco caspi	3
cumaca	3
cumala blanca	3
cunchi moena	3
huamansamana negra	3
amasisa	2
anonilla blanca	2
caipuri cumala	2
gutapercha	2
hualaja	2
huimba lupuna	2
pashaco negro	2
peine de mono amarillo	2
pichirina amarilla	2
pichirina negra	2
urco capirona	2
urco ipururo	2
yutubanco amarillo	2
ana caspi	1
capuena	1
chachapa caspi	1
cumala amarilla	1
huacrapona	1
machimango blanco	1
marupa	1
moena amarilla	1
pashaco amarillo	1
pihuicho renaco	1
sachahuaca micuna	1
tahuarí amarillo	1
Total	229

Fuente: elaboración propia

ANEXO 08

**NÚMERO DE ÁRBOLES POR ESPECIE EN EL BOSQUE SECUNDARIO
DE ELENA DÍAZ**

Elena Diaz	Número de árboles
loro cetico	116
urco cetico	98
cetico colorado	89
atadijo	28
topa	17
guabilla	10
añallo caspi negro	9
tahuampa shimbillo	7
cetico blanco	6
yausaqui	4
ojé	3
anonilla	1
gutapercha	1
ishanga negra	1
ocuera blanca	1
yurac caspi	1
Total	392

Fuente: elaboración propia

ANEXO 09

**NÚMERO DE ÁRBOLES POR ESPECIE EN EL BOSQUE SECUNDARIO
DE ESTHER SABOYA**

Esther Saboya	Número de árboles
loro cetico	98
urco cetico	71
cetico colorado	69
caspi cetico	48
atadijo	18
tahuampa shimbillo	14
cetico blanco	9
guabilla	9
bolaina blanca	8
rosca shimbillo	7
añallo caspi negro	4
anonilla	3
gutapercha	3
matico	3
ocuera negra	3
topa	3
pashaca blanca	2
pichirina negra	2
vaca shimbillo	2
yausaqui	1
yurac caspi	1
Total	378

Fuente: elaboración propia

ANEXO 10

**NÚMERO DE ÁRBOLES POR ESPECIE EN EL BOSQUE SECUNDARIO
DE NUEVO SATIPO**

Nuevo Satipo	Número de árboles
cetico colbrado	123
loro cetico	56
cetico blanco	38
yausaquiro	32
guabilla	26
retama caspi	9
topa	8
anonilla	5
tahuampa shimbillo	4
urco ipururo	4
ishanga negra	3
ocuera negra	3
gutapercha	2
pihuicho renaco	2
sacha taperiba	2
yurac caspi	2
atadijo	1
bellaco caspi	1
bolaina blanca	1
brazo largo	1
chicle caspi	1
huama caspi	1
huayruro amarillo	1
paloma micuna	1
palta moena	1
peine de mono amarillo	1
pinsha callo	1
quina quina	1
shimbillo	1
ungurahui	1
yacushapana negra	1
Total	334

Fuente: elaboración propia

ANEXO 11

**NÚMERO DE ÁRBOLES POR ESPECIE EN EL BOSQUE SECUNDARIO
DE SIMEÓN HUAMÁN 1**

Simeón Huamán 1	Número de árboles
cetico colorado	155
loro cetico	113
urco cetico	105
cetico blanco	9
atadijo	8
ocuera negra	3
topa	2
añallo caspi negro	1
gutapercha	1
ishanga negra	1
Total	398

Fuente: elaboración propia

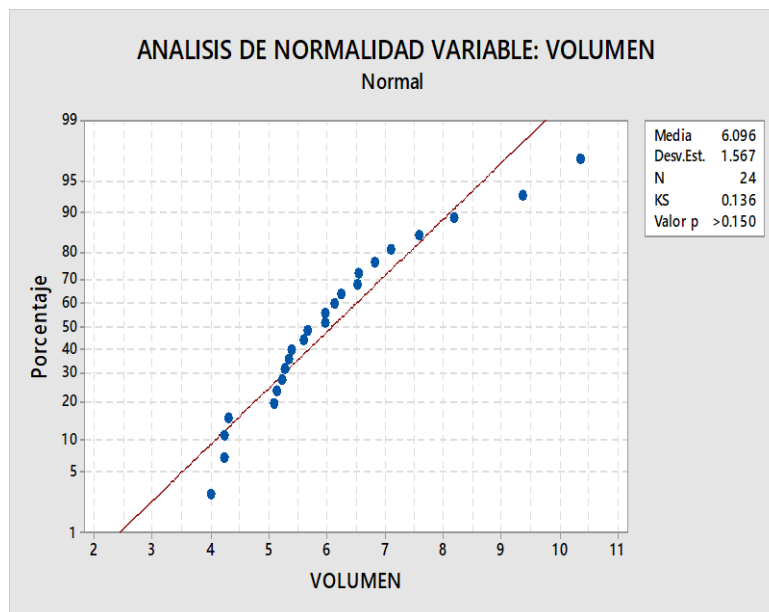
**NÚMERO DE ÁRBOLES POR ESPECIE EN EL BOSQUE SECUNDARIO
DE SIMEÓN HUAMÁN 2**

Simeón Huamán 2	Número de árboles
cetico colorado	133
loro cetico	129
urco cetico	103
caspi cetico	78
cetico blanco	13
atadijo	12
ishanga negra	1
ocuera negra	1
papaya caspi	1
Total	471

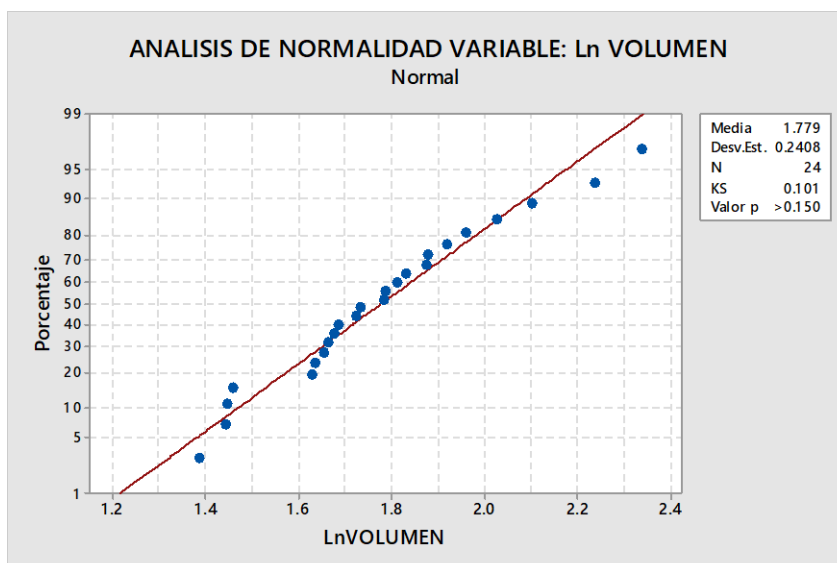
Fuente: elaboración propia

ANEXO 12

PRUEBA DE NORMALIDAD DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LOS DATOS NO TRANSFORMADOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA REGISTRADOS POR LOS MUESTREOS



PRUEBA DE NORMALIDAD DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LOS DATOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS POR LOS MUESTREOS



ANEXO 13**ANOVA CON DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR PARA LOS
DATOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA
TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS
POR LOS MUESTREOS**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELA	3	0.3006	0.10020	9.73	0.001
PREDIO	5	0.8790	0.17580	17.08	0.000
Error	15	0.1544	0.01030		
Total	23	1.3340			

ANEXO 14

PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY ENTRE LOS MUESTREOS PARA LOS DATOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m ²	6	1.90003	A
Circular 100 m ²	6	1.88000	A
Cuadrada 400 m ²	6	1.68191	B
Circular 400 m ²	6	1.65321	B

ANEXO 15**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
LSD DE FISHER ENTRE LOS MUESTREOS PARA LOS DATOS DE
VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

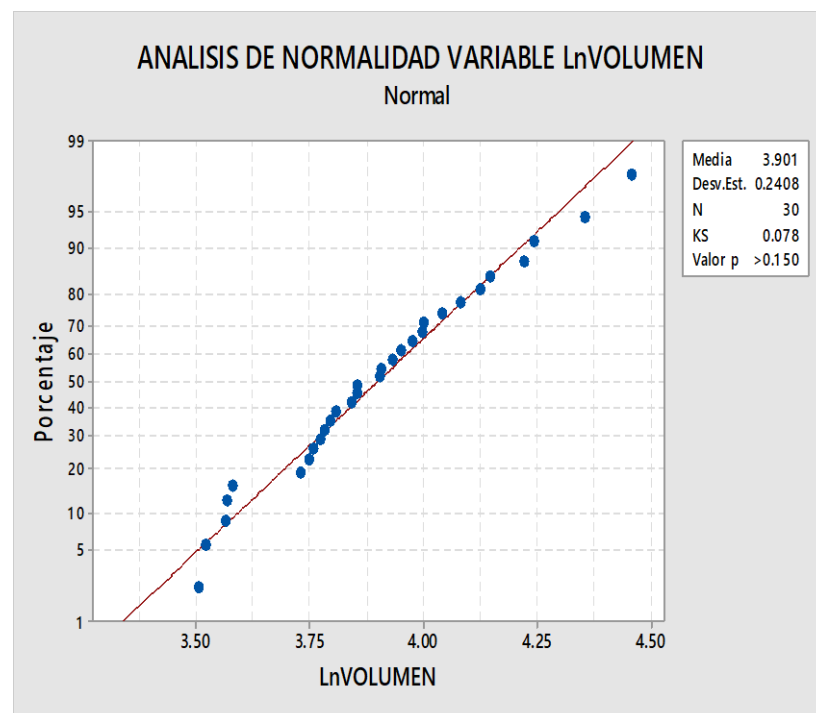
PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m ²	6	1.90003	A
Circular 100 m ²	6	1.88000	A
Cuadrada 400 m ²	6	1.68191	B
Circular 400 m ²	6	1.65321	B

ANEXO 16**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
BONFERRONI ENTRE LOS MUESTREOS PARA LOS DATOS DE
VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m ²	6	1.90003	A
Circular 100 m ²	6	1.88000	A
Cuadrada 400 m ²	6	1.68191	B
Circular 400 m ²	6	1.65321	B

ANEXO 17

**PRUEBA DE NORMALIDAD DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LOS
DATOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA
TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS
POR LOS MUESTREOS Y EL CENSO**



ANEXO 18

**ANOVA CON DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR PARA
PARA LOS DATOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA
TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS
POR LOS MUESTREOS Y EL CENSO**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELA	4	0.3010	0.075245	8.08	0.000
PREDIO	5	1.1949	0.238975	25.65	0.000
Error	20	0.1863	0.009317		
Total	29	1.6822			

ANEXO 19**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
DUNNET ENTRE LOS MUESTREOS Y EL CENSO PARA LOS DATOS DE
VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación
CENSO (Control)	6	3.90813	A
Cuadrada 100 m ²	6	4.02029	A
Circular 100 m ²	6	4.00028	A
Cuadrada 400 m ²	6	3.80220	A
Circular 400 m ²	6	3.77347	A

ANEXO 20

**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
TUKEY ENTRE LOS MUESTREOS Y EL CENSO PARA LOS DATOS DE
VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m2	6	4.02029	A
Circular 100 m2	6	4.00028	A
CENSO	6	3.90813	A B
Cuadrada 400 m2	6	3.80220	B
Circular 400 m2	6	3.77347	B

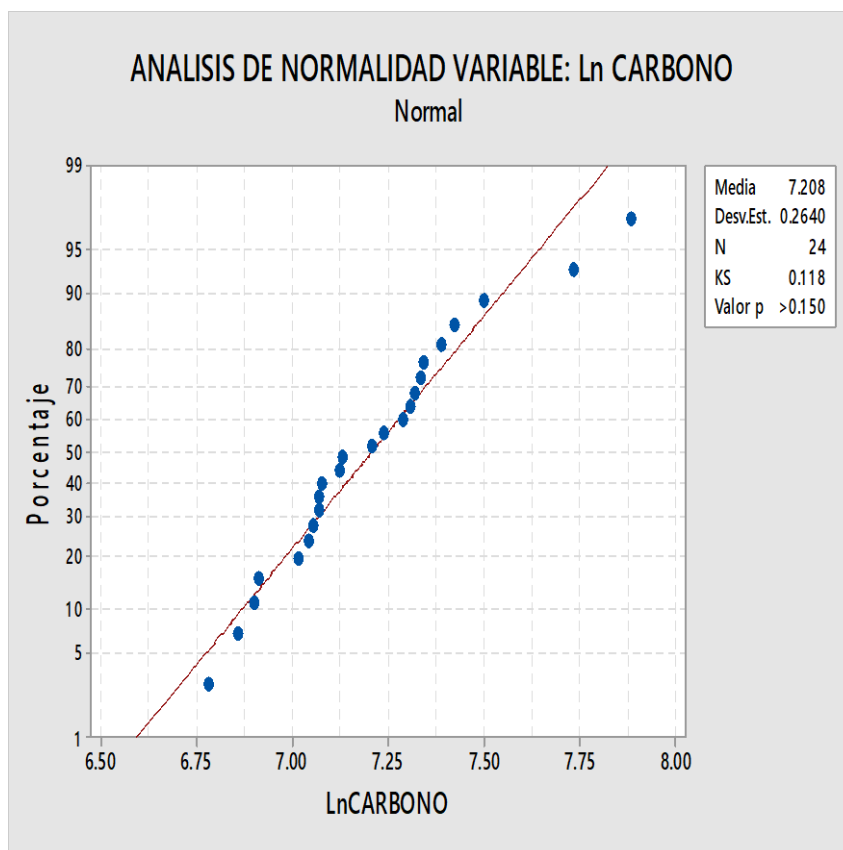
ANEXO 21

**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
BONFERRONI ENTRE LOS MUESTREOS Y EL CENSO PARA LOS
DATOS DE VOLUMEN DE MADERA POR HECTÁREA
TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación	
Cuadrada 100 m2	6	4.02029	A	
Circular 100 m2	6	4.00028	A	
CENSO	6	3.90813	A	B
Cuadrada 400 m2	6	3.80220		B
Circular 400 m2	6	3.77347		B

ANEXO 22

**PRUEBA DE NORMALIDAD DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LOS
DATOS DE STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS
POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS POR LOS
MUESTREOS**



ANEXO 23**ANOVA CON DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR PARA
PARA LOS DATOS DE STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA
TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS
POR LOS MUESTREOS**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELA	3	0.2848	0.09494	8.35	0.002
PREDIO	5	1.1475	0.22951	20.18	0.000
Error	15	0.1706	0.01137		
Total	23	1.6030			

ANEXO 24**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
TUKEY ENTRE LOS MUESTREOS PARA LOS DATOS DE STOCK DE
CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO
NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m ²	6	1.90003	A
Circular 100 m ²	6	1.88000	A
Cuadrada 400 m ²	6	1.68191	B
Circular 400 m ²	6	1.65321	B

ANEXO 25**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
LSD DE FISHER ENTRE LOS MUESTREOS PARA LOS DATOS DE
STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

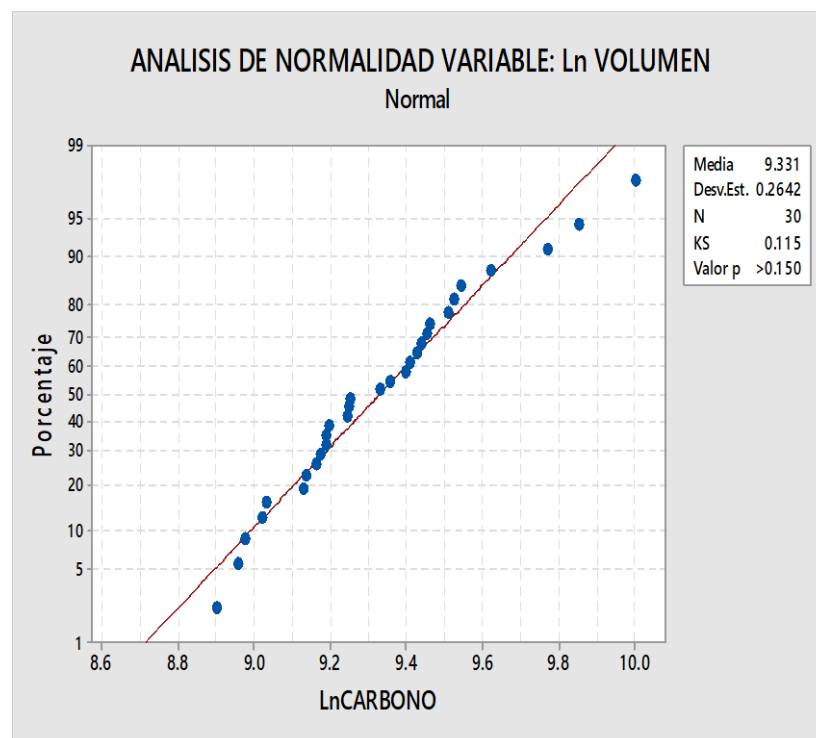
PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m ²	6	1.90003	A
Circular 100 m ²	6	1.88000	A
Cuadrada 400 m ²	6	1.68191	B
Circular 400 m ²	6	1.65321	B

ANEXO 26**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
BONFERRONI ENTRE LOS MUESTREOS PARA LOS DATOS DE STOCK
DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m ²	6	1.90003	A
Circular 100 m ²	6	1.88000	A
Cuadrada 400 m ²	6	1.68191	B
Circular 400 m ²	6	1.65321	B

ANEXO 27

**PRUEBA DE NORMALIDAD DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LOS
DATOS DE STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS
POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS POR LOS
MUESTREOS Y EL CENSO**



ANEXO 28**ANOVA CON DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR PARA
PARA LOS DATOS DE STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA
TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO REGISTRADOS
POR LOS MUESTREOS Y EL CENSO**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELA	4	0.2853	0.07132	6.96	0.001
PREDIO	5	1.5345	0.30690	29.95	0.000
Error	20	0.2049	0.01025		
Total	29	2.0247			

ANEXO 29**PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE
DUNNET ENTRE LOS MUESTREOS Y EL CENSO PARA LOS DATOS DE
STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL
LOGARITMO NEPERIANO**

PARCELA	N	Media	Agrupación
CENSO (Control)	6	9.33849	A
Cuadrada 100 m ²	6	9.44123	A
Circular 100 m ²	6	9.43339	A
Cuadrada 400 m ²	6	9.22992	A
Circular 400 m ²	6	9.20999	A

ANEXO 30

PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY ENTRE LOS MUESTREOS Y EL CENSO PARA LOS DATOS DE STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m2	6	9.44123	A
Circular 100 m2	6	9.43339	A
CENSO	6	9.33849	A B
Cuadrada 400 m2	6	9.22992	B
Circular 400 m2	6	9.20999	B

ANEXO 31

PRUEBA POST – HOC O PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE BONFERRONI ENTRE LOS MUESTREOS Y EL CENSO PARA LOS DATOS DE STOCK DE CARBONO POR HECTÁREA TRANSFORMADOS POR EL LOGARITMO NEPERIANO

PARCELA	N	Media	Agrupación
Cuadrada 100 m2	6	9.44123	A
Circular 100 m2	6	9.43339	A
CENSO	6	9.33849	A B
Cuadrada 400 m2	6	9.22992	B
Circular 400 m2	6	9.20999	B

NOTA BIOGRÁFICA

Octavio Francisco Javier Galvan Gildemeister, nació en la ciudad de Lima el 25 de septiembre de 1969. Cursó sus estudios de educación primaria en el *Centro Educativo 3025 Las tablitas* y de educación secundaria en el *Centro Educativo San Martín de Porres*.

Ingresó a la *Facultad de Ciencias Forestales*, de la *Universidad Nacional Agraria La Molina*, en septiembre de 1987 y egresó en setiembre de 1992. Su título de ingeniero forestal lo obtuvo en diciembre de 1996, entre enero de 1993 y diciembre de 1996 trabajó en el *Proyecto Especial Pichis Palcazu*, principalmente en el *Asentamiento Rural Forestal von Humboldt*. Entre junio de 1997 y diciembre del 2001 trabajó como investigador en el Proyecto.

Entre enero del 2002 y diciembre del 2003 estudió en el *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE* de Costa Rica, donde obtuvo el grado de maestro en ciencias (M. Sc).

A su regreso al Perú trabajó, consecutivamente, como director de la *Oficina Regional Loreto* del Proyecto *Certificación y Desarrollo Forestal (CEDEFOR)* de la *WORLD WILDLIFE FUND INC-WWF*, como especialista en manejo forestal para el Proyecto *Modelo de Gestión Comunal de Bosques Inundables en la Amazonia Andina Peruana* del *Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP* y en la *Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre* del *Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA*.

Desde marzo del 2008 hasta la actualidad trabaja como profesor en la *Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia*, habiendo ejercido diferentes cargos como coordinador de la *Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, jefe del *Departamento Académico de Ingeniería Agroforestal Acuícola*, director del *Instituto de Investigación de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola* y director de los *Institutos de Investigación* de la vicepresidencia de investigación.

Entre junio y diciembre del 2012, paralelamente con sus labores en la UNIA, trabajó como jefe de la *Oficina Desconcentrada de Pucallpa* del *Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre-OSINFOR*.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD

Huánuco – Perú

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna
Teléfono 514760 -Pág. Web. www.posgrado.unheval.edu.pe

ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado; siendo las **08:00h**, del día viernes **11 DE FEBRERO DE 2022**; el aspirante al Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Don Octavio Francisco Javier GALVAN GILDEMEISTER, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: "EFECTO DEL ÁREA Y FORMA DE LAS PARCELAS EN LA CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS DE NESHUYA, UCAYALI, 2019", ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

Dr. Amancio Ricardo ROJAS COTRINA	Presidente
Dr. David Alcides MAQUERA LUPACA	Secretario
Dr. Isidro Teodolfo ENCISO GUTIERREZ	Vocal
Dr. Antonio Salustio CORNEJO Y MALDONADO	Vocal
Dr. Zósimo Pedro JACHA AYALA	Vocal

Asesor de tesis: Dr. Nilton Cesar AYRA APAC (Resolución N° 0241-2019-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de Dieciocho (18)

Equivalente a Muy Bueno, por lo que se declara Aprobado
 (Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente ACTA en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 09:53 horas del 11 de febrero de 2022.

[Firma]
 PRESIDENTE
 DNI N° 07025629

[Firma]
 SECRETARIO
 DNI N° 22423220

[Firma]
 VOCAL
 DNI N° 22418408

[Firma]
 VOCAL
 DNI N° 07951953

[Firma]
 VOCAL
 DNI N° 22407184

Leyenda:
 19 a 20: Excelente
 17 a 18: Muy Bueno
 14 a 16: Bueno

(Resolución N° 0226-2022-UNHEVAL/EPG-D)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

El que suscribe:

Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: **“EFECTO DEL ÁREA Y FORMA DE LAS PARCELAS EN LA CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS DE NESHUYA, UCAYALI, 2019”**, realizado por el Doctorando en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible **Octavio Francisco Javier GALVAN GILDEMEISTER**, cuenta con un **índice de similitud del 6%**, verificable en el Reporte de Originalidad del software **Turnitin**. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 20% establecido en el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Cayhuayna, 14 de enero de 2022.



Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	<input type="checkbox"/>	Maestría	<input type="checkbox"/>	Doctorado	<input checked="" type="checkbox"/>
-----------------	--	-----------------------------	--	------------------	--------------------------	-----------------	--------------------------	------------------	-------------------------------------

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Grado que otorga	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	GALVAN GILDEMEISTER OCTAVIO FRANCISCO JAVIER								
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	950438539	
Nro. de Documento:	08687807					Correo Electrónico:	ofjgg@yahoo.es		

Apellidos y Nombres:									
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:		
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:			

Apellidos y Nombres:									
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:		
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:			

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos** según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>		
Apellidos y Nombres:	AYRA APAC NILTON CESAR			ORCID ID:	0000-0003-3482-4668	
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	Nro. de documento:	22514207

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres** completos según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ROJAS COTRINA AMANCIO RICARDO
Secretario:	MAQUERA LUPACA DAVID ALCIDES
Vocal:	ENCISO GUTIERREZ ISIDRO TEODOLFO
Vocal:	CORNEJO Y MALDONADO ANTONIO SALUSTIO
Vocal:	JACHA AYALA ZOSIMO PEDRO
Accesitario	


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
EFFECTO DEL ÁREA Y FORMA DE LAS PARCELAS EN LA CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS DE NESHUYA, UCAYALI, 2019
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico o Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)



Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2022				
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo		Tesis Formato Patente de Invención		
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional		Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos		
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)				
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	MUESTREO FORESTAL		ERROR DE MUESTREO		BIOMASA AÉREA		
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)				
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:				
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):					SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:							

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma:			
Apellidos y Nombres:	GALVAN GILDEMEISTER OCTAVIO FRANCISCO JAVIER		Huella Digital
DNI:	08687807		
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Fecha: 17 /02 /2023			

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.