UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROFORESTAL ACUICOLA

Crecimiento y producción de madera de *Bertholletia excelsa* (Castaña) en un sistema agroforestal, Ucayali, Amazonia Peruana

Tesis para optar el Título Profesional de

Ingeniero Agroforestal Acuícola

PRESENTADO POR:

Bach. Ismael Jackson Paati Canayo

Ucayali, Perú

2022

ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la sala destinada para la sustentación de la tesis Plataforma Google Meet, Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en el distrito de Yarinacocha Provincia de Coronel Portillo Ciudad de Pucallpa, a 4:40 pm horas del día quince de diciembre del 2022., se reunió el Jurado de Tesis presidido por Ing.MSc. Karen Stephanny Cordova Flores, e integrado por: **Dra. Ayda Guisella Ávalos Diaz** y **Dra. Alina Luisa Ypushima Pinedo** en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada denominado **"Crecimiento y producción de madera de Bertholletia excelsa en un sistema agroforestal, Ucayali, Amazonia Peruana";** cuya responsabilidad corresponde al Bachiller **Ismael Jackson Paati Canayo;** a fin de optar el Título Profesional de **INGENIERO AGROFORESTAL ACUICOLA**.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado. Cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

Presidente	Ing.MSc.Karen Stephanny Cordova Flores	28
Miembro	Dra. Ayda Guisella Ávalos Diaz	24
Miembro	Dra. Alina Luisa Ypushima Pinedo	27
Promedio		26

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizo el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente. Sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO BUENO asignándole un calificativo de 26 puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las ..17:00... horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

 **Ing.MSc.Karen Stephanny Cordova Flores** **Presidente**	 **Dra. Ayda Guisella Ávalos Diaz** **Miembro**
 **Dra. Alina Luisa Ypushima Pinedo Miembro** **Miembro**	

Nombre Asesor: M.Sc. Octavio Galván Gildemeister

Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA

N°002 - 2023

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE MADERA DE BERTHOLLETIA EXCELSA (CASTAÑA) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL, UCAYALI, AMAZONIA PERUANA.

Cuyo autor es : **PAATI CANAYO, ISMAEL JACKSON.**

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 13%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 23/01/2023

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA - UCAYALI

Dr. Jesús Taylor Dávila Francia
Jefe de la Oficina de Biblioteca Central

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico a:

Mis padres, quienes cumplieron un rol muy importante en mi formación como persona. Me faltarían muchas líneas y palabras para agradecerles por su amor, paciencia y sobre todo por inculcarme los buenos valores que hicieron que me mantuviera firme para poder cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, por permitirme formar parte de ella durante estos años, y a los docentes universitarios quienes compartían sus conocimientos y años de experiencias en cada clase.

Al Dr. Octavio Francisco Javier Galván Gildemeister que gracias a su sabiduría y experiencia supo cómo guiarme para culminar este proyecto.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA por facilitarme los espacios de la estación experimental Alexander Von Humboldt para poder realizar mis mediciones.

Al ing. Walter Ángulo Ruiz por compartir sus conocimientos y mostrar la importancia de los sistemas agroforestales en nuestra amazonia.

INDICE

Pág

DEDICATORIA 2
AGRADECIMIENTOS 3
RESUMEN 9
ABSTRACT 10
I. INTRODUCCIÓN 11
II. REVISIÓN DE LITERATURA 13
2.1. Principios de la medición 13
2.2. Crecimiento de los árboles 13
2.2.1. Crecimiento en altura 13
2.2.2. Crecimiento en diámetro 14
2.2.3. Área basal 14
2.2.4. Crecimiento en volumen 14
2.3. Incremento 14
2.3.1. Incremento corriente anual (ICA) 14
2.3.2. Incremento medio anual (IMA) 15
2.3.3. Incremento periódico anual (IPA) 15
2.4. Sistemas agroforestales 15
2.4.1. Importancia y beneficios que brinda los sistemas agroforestales 16
2.5. Descripción de *Bertholletia excelsa* 16
2.5.1. Distribución geográfica 17
2.5.2. Importancia socio-económica de Bertholletia excelsa 18
2.5.3. Crecimiento de Bertholletia excelsa 19
III. MÉTODOS 20
3.1. Ubicación y descripción de área de estudio 20
3.2. Identificación y descripción del material experimental 20
3.3. Procedimientos 20
3.3.1. Medición de la circunferencia normal del fuste 20
3.3.2. Medición de la altura total y altura de fuste 20
3.3.3. Medición del diámetro de la copa 21
3.3.4. Medición de la altura de copa 21

3.3.5. Cálculo del área basal del fuste. 22
3.3.6. Cálculo del volumen de madera del fuste. 22
3.3.7. Cálculo del incremento medio anual (IMA) del diámetro normal del fuste y volumen. 22
3.3.8. Muestreo y análisis de suelo. 22
3.4. Variables 23
3.4.1. Variables de crecimiento 23
3.4.2. Variables de productividad 23
3.5. Población y muestra 23
3.6. Tratamientos 23
3.7. Recolección de los datos 23
3.7.1. Fuentes de información 23
3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición 24
3.7.3. Tipo de muestreo 24
3.7.4. Técnicas de recolección de datos 24
3.8. Procesamiento de los datos 24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
4.1. Calculo para el tamaño de la muestra 25
4.2. Crecimiento e incremento del diámetro normal del fuste 25
4.3. Crecimiento e incremento de la altura total 29
4.4. Crecimiento e incremento de la altura de fuste 31
4.5. Crecimiento del diámetro y altura de la copa 32
4.6. Crecimiento e incremento del área basal de *B. excelsa* 33
4.7. Crecimiento e incremento de volumen de madera de *B. excelsa* 34
V. CONCLUSIONES 37
VI. BIBLIOGRAFÍA 38
VII. ANEXOS 42

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Tabla de frecuencia del crecimiento diamétrico	25
Cuadro 2. Estadísticos descriptivos del crecimiento del diámetro normal del fuste	27
Cuadro 3. Tabla de frecuencia del incremento medio anual del diámetro normal del fuste	28
Cuadro 4. Estadísticos descriptivos del incremento medio anual del diámetro normal del fuste	28
Cuadro 5. Tabla de frecuencia de la altura total	29
Cuadro 6. Estadísticos descriptivos del crecimiento de altura total	30
Cuadro 7. Estadísticos descriptivos del incremento medio anual de la altura total	31
Cuadro 8. Tabla de frecuencia de altura total	31
Cuadro 9. Estadísticos descriptivos de altura total de fuste	32
Cuadro 10. Estadísticos descriptivos del incremento medio anual del diámetro y altura de copa	33
Cuadro 11. Estadísticos descriptivos del área basal y el Incremento medio anual del área basal	34
Cuadro 12. Tabla de frecuencia del volumen del fuste	35
Cuadro 13. Estadísticos descriptivos del volumen e incremento medio anual de volumen	36

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Dibujos taxonómicos de las hojas e Inflorescencia de *B. excelsa* 17

Figura 2. Distribución de poblaciones naturales de *B. excelsa* 18

Figura 3. Selección de ejes para estimar el diámetro de copa 21

Figura 4. Distribución del diámetro normal del fuste 26

Figura 5. Distribución del área basal 34

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado del análisis de suelo de la plantación	43
Anexo 2. Formato de recolección de datos	44
Anexo 3. Actividades realizadas en campo	45

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el crecimiento de *Bertholletia excelsa* en una plantación agroforestal de 24 años cuya densidad fue de 100 árboles por hectárea, la plantación está ubicada en la Estación Experimental Alexander Von Humboldt km 86. Se midió el diámetro normal del fuste, la altura total y la altura del fuste para calcular el volumen de madera por hectárea en el sistema agroforestal. El diámetro normal del fuste se midió con una cinta métrica y la altura total y la altura del fuste con un hipsómetro Trupulse 200. La muestra fue de 45 árboles que se seleccionaron al azar. Se obtuvo un diámetro normal del fuste medio de 47.9 cm, una altura total media de 21.4 m y una altura de fuste media de 11.3 m. Los incrementos medios anuales para el diámetro normal del fuste y la altura total fueron de 1.99 cm. $año^{-1}$ y 0.9 m. $año^{-1}$; respectivamente. El volumen por árbol medio fue de 1.36 m^3 con un incremento medio anual de 0.057 m^3. $año^{-1}$.

Palabras claves: diámetro normal del fuste, altura total, altura del fuste, incremento medio anual.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the growth of *Bertholletia excelsa* in a 24 year old agroforestry plantation whose density was 100 trees per hectare, the plantation is located at the Alexander Von Humboldt Experimental Station km 86. The normal diameter of the stem was measured, the total height and the height of the stem to calculate the volume of wood per hectare in the agroforestry system. The normal stem diameter was measured with a tape measure and the total height and stem height with a Trupulse 200 hypsometer. The sample consisted of 45 randomly selected trees. A normal mean stem diameter of 47.9 cm, a mean total height of 21.4 m, and a mean stem height of 11.3 m were obtained. The mean annual increases for the normal stem diameter and total height were 1.99 cm. $year^{-1}$ and 0.9 m. $year^{-1}$; respectively. The mean volume per tree was 1.36 m^3 with a mean annual increase of 0.057 m^3. $year^{-1}$.

Keywords: normal stem diameter, total height, stem height, mean annual increase.

I. INTRODUCCIÓN

El bosque húmedo de los paleotrópicos y neotrópicos (en los que se incluye la Amazonia peruana) producen, además de bienes maderables, bienes no maderables. Es decir, que el bosque húmedo tropical de la Amazonia, no solamente es productor de madera, pues también provee abundancia y diversidad de especies que generan productos no maderables del bosque; tales como frutas, cortezas, exudados (gomas, resinas, látex), hongos, especias, medicinas, carne, y vegetales comestibles (Okafor 1991). En la Amazonia peruana se tiene especies emblemáticas como *Hevea braziliensis* (caucho), las especies del género *Cinchona* (quinina), *Mauritia flexuosa* (aguaje), *Aniba rosaedora* (palo de rosa) y, actualmente, *Bertholletia excelsa* (castaña), entre otros.

B. excelsa (castaña) es un árbol del dosel superior, propio de la Amazonia de Perú, Brasil y Bolivia; empleado para usos múltiples, pues es productor de un fruto comestible y de madera (Cossio Solano *et al*. 2011). En la Amazonia peruana, *B. excelsa*, es abundante en la Región Madre de Dios, particularmente en las concesiones forestales para otros productos del bosque (conocidas como *concesiones castañeras*) de los sectores de Tambopata y Tahuamanu (Cossio Solano *et al*. 2011). La recolección de los frutos de *B. excelsa* tiene una gran importancia económica y social, pues provee empleo directo e indirecto a cerca de 20 000 personas, que representan aproximadamente al 25% de la población (Duchelle 2009).

Lamentablemente, la especie está sometida a una elevada extracción de madera que ha desvirtuado el propósito de las concesiones castañeras (Cossio Solano *et al*. 2011), lo cual se agrava por las superposiciones territoriales sobre las concesiones castañeras (Chávez *et al*. 2012). Además, es importante agregar que, en el caso de las especies generadoras de PNMB, el extractivismo indiscriminado, ante la falta de control eficaz del aprovechamiento, puede poner en peligro de extinción a una especie (Villalobos y Ocampo 1997).

No obstante, se considera que el extractivismo de los productos no maderables del bosque tiende a desaparecer, para ser reemplazado por la agricultura de las mismas especies (Allegretti 1992, Wickens 1991), un evento que es consistente con el proceso macrohistórico de la revolución agrícola; detallado por Harari (2018).

Entonces, si el aprovechamiento de la *B. excelsa* puede derivar del extractivismo a la agricultura, o sea hacia la domesticación de la especie, cabe desarrollar información científica y tecnológica sobre el crecimiento del fuste de *B. excelsa*; bajo diferentes condiciones biofísicas; información que, actualmente, es escasa.

Puesto que, no hay información sobre la producción de madera en sistemas agroforestales de esta especie a cierta edad, en este caso a una de 24 años. La presente investigación busca proveer información sobre el crecimiento del fuste de *B. excelsa* en un sistema agroforestal en la Sub Estación Experimental von Humboldt, Ucayali, Amazonia Peruana.

En función a lo expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el crecimiento del diámetro normal del fuste, la altura total del árbol y la altura del fuste de *B. excelsa* (castaña) en un sistema agroforestal, de 24 años.
- Determinar el crecimiento del diámetro y altura de la copa de *B. excelsa* (castaña) en un sistema agroforestal, de 24 años
- Determinar el crecimiento del área basal y del volumen de *B. excelsa* (castaña) en un sistema agroforestal, de 24 años.

Los beneficiarios de esta investigación serán los diferentes tipos de productores, ya sea como personas naturales o jurídicas; colonos o comunidades nativas, que deseen invertir en el cultivo de *B. excelsa* (castaña). Esta información dasométrica servirá para planificar y ejecutar establecimiento de *B. excelsa* (castaña), bajo las condiciones de un sistema agroforestal; e inclusive, podría emplearse para el establecimiento de plantaciones puras.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

II.1. Principios de la medición

Se puede afirmar que el conocimiento es la consecuencia de la adquisición y acumulación sistemática de observaciones o mediciones a objetos concretos, es decir que, la medición es un requerimiento primordial para la extensión del conocimiento (Hush, citado por Diéguez *et al.* 2005)

Juárez (2014) menciona que, el objetivo principal para realizar las mediciones de las variables de un árbol es para estimar el volumen y el crecimiento de la masa forestal, las variables de mayor interés para conseguir estos objetivos se hallan en: el diámetro de fuste, altura, espesor de corteza, crecimiento, dimensiones de copa y edad.

II.2. Crecimiento de los árboles

La palabra crecimiento tiene una variedad de significados en la biología. En la parte forestal se utiliza para indicar el aumento de tamaño de un árbol. El crecimiento en un árbol se da de forma sincrónica e independiente en sus diferentes partes y se puede medir a por medio de parámetros como el crecimiento en diámetro, altura, tamaño de copa, volumen, entre otros (Philip, citado por Laura 2018)

El crecimiento en los árboles se puede ver influenciados por diversos factores que no siempre pueden ser controlados, como el factor genético de la especie y la interacción con el medio ambiente. Asimismo, otras fuentes que puede afectar son el factor climático como la temperatura, precipitación y otros, pedológicos como la característica física, química y biológica del suelo, topográficas como la inclinación, altitud y exposición del sitio, biológicos como plagas y enfermedades y, por último, por la propia competencia entre arboles u otro tipo de vegetación (Juárez 2014).

II.2.1. Crecimiento en altura

El crecimiento en altura se da por acción de la yema terminal mediante la división celular. Este crecimiento es también llamado como crecimiento primario, esta variable de altura produce la transformación más evidente del crecimiento. El crecimiento en altura es estimado midiendo las alturas al inicio y al final de un periodo de tiempo definido (Imaña y Encinas 2008).

Existen algunos registros bibliográficos donde señalan que algunos árboles tropicales muestran un crecimiento de hasta 1 m por cada centímetro de diámetro a 1.30 m que corresponden a la edad juvenil del árbol. Sin embargo, este crecimiento se ve reducido a 0.5 m por cada centímetro de DAP cuando los árboles alcanzan los 40 o 50 cm. de diámetro de fuste (DAP). En árboles muy

adultos el crecimiento en altura tiende a estabilizarse llegando a ser nulo, mientras que el DAP sigue creciendo (Juárez 2014).

II.2.2. Crecimiento en diámetro

El diámetro, es la variable más usualmente medida en los inventarios forestales y parcelas permanentes, en muchos casos se expresa en centímetros o milímetros. Este crecimiento es influido por su distribución espacial (Juárez 2014)

El crecimiento del diámetro se refiere al incremento del diámetro de un árbol en un periodo de tiempo determinado, este crecimiento también es denominado como crecimiento secundario y está influenciado directamente por la acción del cambium. El crecimiento del DAP en árboles adultos de zonas tropicales presentan índices bajos, entre 1 y 2 mm por año (Brienen y Zuidema, citado por Imaña y Encinas 2008)

II.2.3. Área basal

Juárez (2014) menciona que la sección normal o área basal es la superficie de la intersección del fuste con el plano perpendicular a su eje longitudinal a la altura considerada. Esta variable es muy importante debido a su relación con el volumen el árbol. Y la suma de las secciones normales o áreas basales de los árboles que hay en una hectárea de terreno se llama área basimétrica. Esta variable se puede estimar normalmente a partir del diámetro de fuste y si existió error al realizar la medición o estimación obtendremos como consecuencia la subestimación o sobreestimación del área basal.

II.2.4. Crecimiento en volumen

El crecimiento en volumen es consecuencia del incremento de diámetro y de altura del fuste del árbol. Esta variable es considerada la más útil y la más empleada en estudios de crecimiento. Sin embargo, se ve condicionada al ser una variable dependiente del DAP y la altura de los árboles por factores que afectan a aquellas, por lo que la calidad de sitio y el manejo de la plantación están muy asociados al incremente de volumen (Imaña y Encinas 2008).

II.3. Incremento

El incremento es el modo de expresar el crecimiento de las variables dendrométricas en relación del tiempo, estos periodos pueden ser expresados por días, meses o años. El volumen de fuste es el mejor parámetro para expresar el crecimiento de un rodal (Juárez 2014).

II.3.1. Incremento corriente anual (ICA)

Imaña y Encinas (2008) definen el incremento corriente anual (ICA) o simplemente como incremento anual (IA), como el crecimiento ocurrido de un rodal en 12 meses o entre 2 años consecutivos.

$$ICA = Y_{(t+1)} - Y_{(t)}$$

Donde:

Y = dimensión de la variable considerada

T = edad

II.3.2. Incremento medio anual (IMA)

Imaña y Encinas (2008) mencionan que el crecimiento medio anual (IMA) se refiere al crecimiento total a cierta edad del árbol o rodal y se obtiene por la división del mayor valor actual de la variable considerada, dividida por la edad a partir del tiempo cero.

$$IMA = Y_t / t_0$$

Donde:

Y = dimensión de la variable considerada

T_0 = edad a partir del tiempo cero

II.3.3. Incremento periódico anual (IPA)

Imaña y Encinas (2008) hace referencia a que el incremento periódico anual (IPA) es el crecimiento del árbol en un determinado periodo de año, donde el cálculo se realiza teniendo en cuenta los valores al inicio y al final del periodo y el número de años.

$$IPA = (Y_{(t+n)} - Y_t) / n$$

Donde:

Y = dimensión de la variable considerada

t = edad

n = periodo de tiempo

En caso del volumen:

$$IPA = \frac{Volumen\ en\ 2004 - volumen\ en\ 1994}{10\ años}$$

II.4. Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son formas de utilizar las tierras, donde en un mismo espacio y tiempo existen especies forestales y cultivos agrícolas interactuando entre ellas. Este sistema

permite al agricultor ampliar su producción en su finca obteniendo productos agrícolas, frutos, madera y animales (Barrantes 2013).

II.4.1. Importancia y beneficios que brinda los sistemas agroforestales

El SERFOR (2021) menciona que los sistemas agroforestales promueven una agricultura multifuncional que permite al agricultor obtener producción diversificada incrementando los rendimientos de sus cultivos y esto a su vez, proporciona un gran número de servicios medioambientales como, por ejemplo:

- Mejora la biodiversidad y la fertilidad en el suelo
- Reduce la erosión en el suelo
- Reducción de la agricultura migratoria, ya que se instalaron cultivos perennes (los árboles) lo que provoca que el agricultor permanezca en el sitio
- Priorización de la mejoría de los procesos ecológicos
- Aumento de la materia orgánica en el suelo

II.5. Descripción de *Bertholletia excelsa*

La castaña pertenece a la familia Lecythidaceae. El árbol de castaña, *B. excelsa*, fue descrita en su taxonomía al empezar el siglo XIX por los botánicos Humboldt y Bonpland. Los árboles de castaña se ubican en la clase de árboles de tamaños enormes, pueden alcanzar un tamaño de hasta 50 m de altura y en cuanto a su diámetro puede sobrepasar los 3 m de ancho a la altura de pecho (DAP). Los árboles adultos llegan a sobrepasar el dosel del bosque. Con respecto a su tronco, este no presenta aletones y su corteza presenta grietas conspicuas y longitudinales. Las hojas se encuentran ubicadas alternativamente en las ramas, es decir, que estas hojas no se ubican una opuesta a la otra. Por otro lado, el tamaño de las flores de castaña es grande, ya que el diámetro de la flor se aproxima a los 3 cm de diámetro y tiene una consistencia carnosa, esta flor posee una capucha doblada que permite a los polinizadores ingresar a la flor (Mori y Prance, citados por Zuidema 2003). El tamaño de la semilla de castaña es relativamente grande y esta cubierta por un material leñoso conocido como testa, estas semillas se encuentran al interior del fruto que tiene un aspecto parecido al de un coco. Las semillas son normalmente llamadas como “castaña”; mientras que la fruta es llamada “coco” por la forma que presenta (Zuidema 2003) (Figura 1).

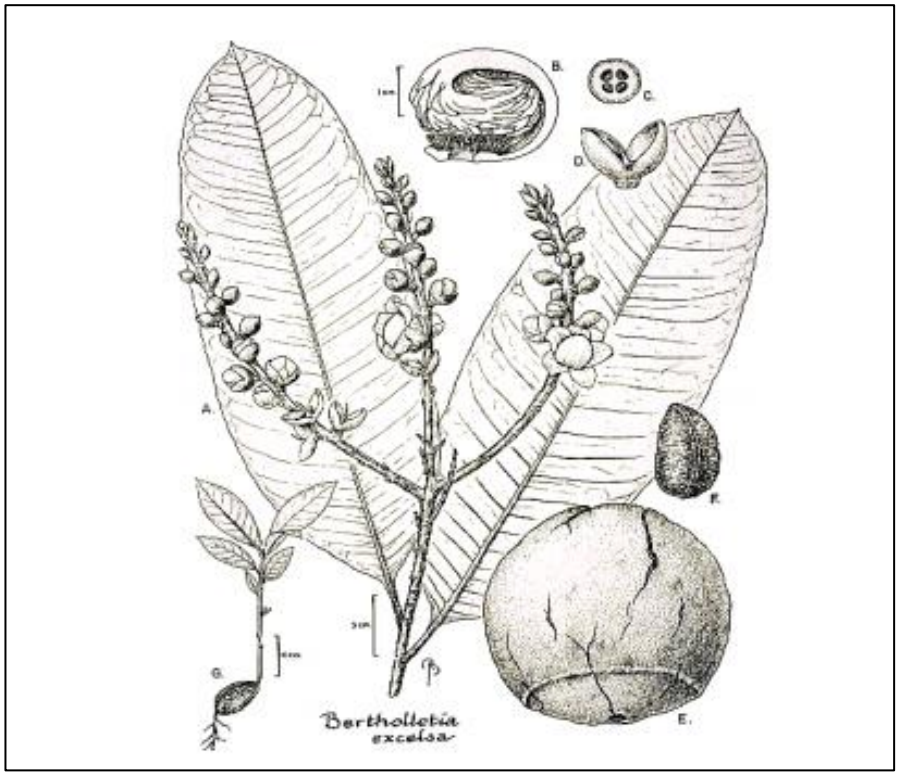


Figura 1. Dibujos taxonómicos de las hojas e inflorescencias de *B. excelsa* (A), detalle de las flores (sección transversal del androceo) con la capa típica (B), sección transversal del ovario (C), ovario y cáliz (D), fruto (E), semilla, cáscara (F) y plantín con cotiledón (G)

II.5.1. Distribución geográfica

El enorme árbol de castaña crece en América del Sur a lo largo de la región Amazónica. Encontrándose en lugares como las Guayanas, Venezuela, Colombia, Bolivia, Brasil y Perú (Figura 2). Sin embargo, en pocas partes de América del sur se encuentran altas densidades para que la recolección de castaña se considere rentable, estos lugares son Brasil en el Estado de Pará, Amazonas, Acre y Rondônia, en Bolivia en el departamento de Pando y parte de los Departamentos de Beni y La Paz, y en Perú se puede encontrar en el departamento de Madre de Dios (Zuidema 2003).

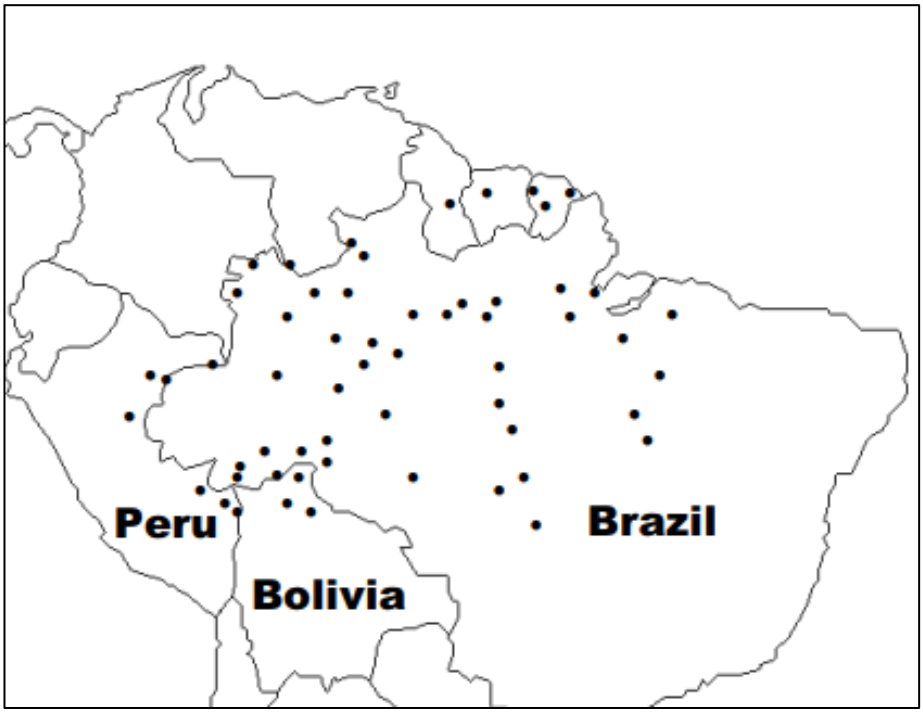


Figura 2. Distribución de poblaciones naturales de B. excelsa en el Neotropico.
Los puntos indican sitios donde las muestras taxonómicas de la especie han sido colectadas.
Fuente: Kainer *et al*. (1999).

II.5.2. Importancia socio-económica de Bertholletia excelsa

a. Utilización y comercialización

Las semillas son el componente que mayor utilidad y valor económico, con alto valor nutritivo. A partir de la semilla se obtiene la leche de castaña, esto se consigue triturando de semillas frescas. Asimismo, con la semilla deshidratada se obtiene aceite (Villachica 1996).

En cuanto a la madera, esta presenta características que posibilitan su uso en construcción civil y naval y en la fabricación de muebles y de madera prensada. También se aprovecha la cascara del fruto y de la semilla para la fabricación artesanías (Villachica 1996).

b. Importancia económica

En la amazonia existen miles de especies de productos no maderables, la castaña es una de las de mayor valor económico (Ortiz, Citado por Guariguata y Rockwell 2015). Esta especie es muy importante ya que ayuda al incremento del PBI local y genera puestos de trabajos en todo el proceso de extracción y comercialización (Arias y Rondón 2010), sólo en Madre de Dios representa un 30% de ingreso económico de la población local (IIAP, citado por Arias y Rondón

2010). La casi totalidad de la castaña producida en la Amazonía es exportada, principalmente a los Estados Unidos, Alemania e Inglaterra (Villachica 1996).

II.5.3. Crecimiento de Bertholletia excelsa

En una plantación de 8 años con 116 árboles de castaña, se reporta un diámetro normal de fuste promedio fue de 17.83 cm, con un incremento medio anual de 2.2 cm. $año^{-1}$, una altura de 10 metros con un incremento promedio anual de 1.1 m (Gutiérrez 1997).

En Tambopata, Región de Madre de Dios, en dos plantaciones agroforestales de 15 años, sobre suelos ultisoles, *B. excelsa* mostró, en un sitio con una densidad de 49 árboles por hectárea un dap de 31.30 cm, altura total de 22.79 m, altura de fuste de 11.86 m y volumen por árbol de 0.66 m^3. En otro sector, con una densidad de 151 árboles por hectárea, alcanzó un dap de 20.89 cm, altura total de 16.76 m, altura de fuste limpio de 8.26 metros y volumen por árbol de 0.23 m^3 (Usca 2012).

Salomão (2014) para el Bosque Nacional Saracá-Taquera, Brasil, reporta que *B. excelsa* tuvo a los 20 años un diámetro promedio de 19.2 cm, a los 22 años de 21.1 cm y a los 24 años de 23.2 cm. El incremento medio anual del diámetro normal del fuste fue de 0.96 cm. $año^{-1}$ este fue constante en todos los periodos que se evaluaron. A los 20 años, tuvo una altura media de 15.6 m con un incremento medio anual en altura total de 0.78 m. $año^{-1}$.

En sistemas agroforestales de 12 años, establecidos sobre suelos que por seis años fueron pastizales y luego estuvieron en desuso por cuatro años; en Manaos, Brasil, *B. excelsa*, a los 12 años de edad, tuvo una altura total promedio de 20.9 m y un dap de 37.9 cm, con un incremento promedio anual de 1.74 m y 3.16 cm, respectivamente (Costa *et al*. 2009).

En la región de Loreto, exactamente en la localidad de Tamshiyacu, Angulo (2013) realizó mediciones a una muestra de *B. excelsa* de 80 años donde registró datos de altura total promedio de 35 m y diámetro normal de fuste de 130 cm.

En dos poblaciones naturales de castaña ubicados en Bolivia, se evaluaron el crecimiento del diámetro normal del fuste por un periodo de 2 a 3 años donde se reportan incrementos diamétricos mínimos de 1.5 cm. $año^{-1}$ (Zuidema 2003)

III. MÉTODOS

III.1. Ubicación y descripción de área de estudio

La Sub Estación Experimental Alexander von Humboldt está ubicada en el km 86 de la Carretera Federico Basadre. Se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo tropical transicional o premontano tropical. La temperatura promedio anual es de 26.7 °C (máximo promedio de 31 °C y mínimo de 21 °C), con una humedad relativa media de 75%. La precipitación promedio anual alcanza 3600 mm; siendo julio, agosto y setiembre los meses menos lluviosos y de noviembre o marzo los más lluviosos (Angulo *et al.* 1996).

III.2. Identificación y descripción del material experimental

En este estudio los árboles de *B. excelsa.* HBK (castaña) serán el material experimental. Angulo (2013) describe con detalle el sistema agroforestal, mencionando que se estableció en 1998, sobre un terreno de una hectárea, es decir que la plantación el día de la medición tuvo 24 años. El sistema agroforestal está compuesto por castaña, pijuayo (*Bactris gasipaes*), pumaquiro (*Aspidosperma macrocarpon*) y centrosema (*Centrosema pubescens*). Los plantones de castaña eran de la zona de Tamshiyacu (Región Loreto), pero producidos a partir de semillas procedentes de la Región Madre de Dios. Los plantones de castaña, pijuayo y pumaquiro se establecieron bajo una densidad de 100 individuos por hectárea; por especie, en tanto que centrosema se estableció sembrando al voleo 25 kg en la hectárea. El sistema agroforestal se estableció en lo que fue un bosque secundario de cuatro años de edad.

El suelo según el análisis de laboratorio fue extremadamente ácido con pH de 4.39, y de textura franca, el porcentaje de materia orgánica que presentó fue de 2.69% y con baja disponibilidad de los elementos primarios como N, P y K de 0.13%, 1.65 mg/kg y 0.08 C mol/kg respectivamente (Anexo 1).

III.3. Procedimientos

III.3.1. Medición de la circunferencia normal del fuste

La medición se realizó a 1.3 m del suelo con una cinta métrica, la cual nos dio el resultado de la circunferencia del fuste y para obtener el diámetro se dividió la circunferencia entre *pi* (3.1416).

III.3.2. Medición de la altura total y altura de fuste

Para realizar las mediciones se empleó el hipsómetro con tecnología láser TruPulse 200, un jalón que medía 2.10 m, este jalón en uno de sus extremos contenía un disco cubierto de cinta reflectante roja y una libreta para anotar los datos. El jalón se ubicó al frente del fuste del árbol seleccionado, luego se tomó cierta distancia, cercana a la altura del árbol que se midió para poder realizar los “disparos” haciendo uso del hipsómetro laser (ver Anexo 3). Para conseguir el dato

de la altura total se tuvo que realizar tres disparos, los cuales fueron: el primer disparo se realizó a la cinta reflectante, este disparo lo que hizo fue calcular la distancia entre la persona y el objetivo, el segundo disparo se realizó nuevamente a la cinta reflectante y el tercer disparo se realizó a la parte más alta del árbol. Del mismo modo, para determinar la altura de fuste, se hizo los dos disparos iguales que al anterior y para el tercer disparo se realizó apuntando al lugar donde comenzaba la parte de la copa.

III.3.3. Medición del diámetro de la copa

Diéguez *et al. (*2005) menciona que para calcular el diámetro de copa se puede calcular proyectando dos extremos de un diámetro de la misma y puesto que la mayoría de copas son irregulares, la longitud medida dependerá del eje seleccionado (Figura 3):

a). Escoger el eje mayor y menor de la copa

b). Elegir el eje mayor y perpendicular de este

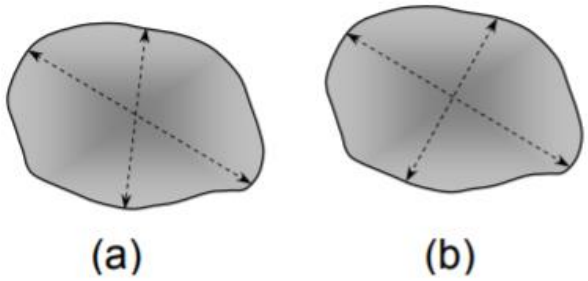


Figura 3. Selección de ejes para estimar el diámetro de copa (vista de planta de las copas)
Fuente: Diéguez *et al.* (2005)

Sin embargo, en este trabajo para obtener datos más precisos en la medición del diámetro de copa se midieron cuatro diámetros, las cuales fueron de norte a sur, este a oeste, noreste a suroeste y noroeste a sureste que se identificó gracias a la brújula. Se utilizó una cinta métrica de 50 metros, dos clinómetros los cuales se utilizaron para poder ubicarse justo al borde y debajo de la copa y obtener un dato más preciso en la medición. Para ello se tuvo que proyectar la mira del visor al borde de la copa y que este marcase 90° lo cual indicaba que ya se estaba en el lugar deseado y luego se procedió a realizar la medición.

III.3.4. Medición de la altura de copa

Para poder obtener el dato de la altura de la copa, se tuvo que restar el dato de la altura total y la altura de fuste.

III.3.5. Cálculo del área basal del fuste.

Para calcular el área basal se utilizó el dato del diámetro promedio de fuste y se empleó la fórmula que indica Cancino (2012):

$$Area\ Basal = \frac{\pi \times (DAP)^2}{40000}$$

Dónde: DAP en cm

III.3.6. Cálculo del volumen de madera del fuste.

Se calculó el volumen multiplicando los datos de área basal, altura promedio y un factor forma que se emplea para árboles de la amazonia que fue de 0.65 (Diéguez *et al.* 2005):

Volumen = AB x altura de fuste x 0.65

III.3.7. Cálculo del incremento medio anual (IMA) del diámetro normal del fuste y volumen.

Para realizar el cálculo del incremento medio anual del diámetro normal del fuste se tomó el dato de crecimiento diamétrico promedio del fuste y se dividió entre los años que tiene la plantación.

$$IMA = \frac{DAP\ (promedio)}{Edad\ de\ la\ plantación}$$

De igual manera, para calcular el incremento medio anual del volumen de fuste se realizó tal como se hizo con el del diámetro, reemplazando la variable diámetro por la del volumen promedio de fuste.

$$IMA = \frac{Volumen\ (promedio)}{Edad\ de\ la\ plantación}$$

III.3.8. Muestreo y análisis de suelo.

El análisis de suelo fue para caracterizar el tipo de suelo sobre el cual se encontró al sistema agroforestal, consistió en tomar 15 sub muestras en forma de zigzag por toda el área de la plantación, una vez que se consiguió recolectar todas estas sub muestras se juntaron haciendo una sola muestra compuesta el cual se homogenizó de manera manual y se extrajo solo una

parte de aproximadamente 1 kg el cual se puso en una bolsa hermética y se envió al laboratorio de suelos del INIA.

III.4. Variables

III.4.1. Variables de crecimiento

- Diámetro normal del fuste.
- Diámetro de la copa
- Altura total
- Altura de fuste
- Altura de copa
- Área basal del fuste.
- Volumen de madera del fuste.

III.4.2. Variables de productividad

- Área basal/ha (m^2/ha)
- Volumen/ha (m^3/ha)
- Incrementos medio anual por ha para altura
- Incrementos medio anual por ha para diámetro
- Incrementos medio anual por ha para área basal (m^2)
- Incrementos medio anual por ha para volumen (m^3)

III.5. Población y muestra

La población fueron todos los árboles de *Bertholletia excelsa* que existen en la plantación, la muestra fueron los 45 árboles que se escogieron al azar, con el fin de que la muestra sea más representativa.

III.6. Tratamientos

Dada la naturaleza de esta investigación, se careció de tratamientos.

III.7. Recolección de los datos

III.7.1. Fuentes de información

La fuente fue primaria ya que se realizó a base de mediciones.

III.7.2. Unidad experimental y unidad de medición

La unidad experimental y la unidad de medición fue cada árbol de castaña.

III.7.3. Tipo de muestreo

El muestreo fue aleatorio, ya que se seleccionaron 45 árboles al azar.

III.7.4. Técnicas de recolección de datos

Los datos se recolectaron en formatos que se aprecian en el anexo 2.

III.8. Procesamiento de los datos

Los datos fueron guardados en una hoja de cálculo del programa Excel.

Se calcularon tres tipos de estadísticos:

- Estadísticos de tendencia central: media y mediana.
- Estadístico de posición: primer y tercer cuartil
- Estadístico de variabilidad: desviación estándar, coeficiente de variabilidad, rango, rango intercuartil y error estándar

Estos estadísticos se calcularon empleando el programa Minitab

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Calculo para el tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se calculó en función al error de muestreo, el cual tienen la siguiente fórmula:

$$n = \frac{t2\ x\ CV2}{E2}$$

Donde:

t = valor de la T de Student (2.8)

CV = coeficiente de variabilidad

E = error de muestreo

El resultado fue que se necesitó 15 árboles para este estudio, sin embargo, se midió a 45 árboles con el fin de garantizar una mayor precisión.

IV.2. Crecimiento e incremento del diámetro normal del fuste

Se encontró que el 82.2 % de los árboles presentaron un diámetro que varió entre 40.0 y 59.9 cm, un 13 % de árboles tuvieron diámetros de entre 30.0 y 39.9 cm y 4.4 % alcanzaron diámetros superiores a 60 cm, pero inferior a 70 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tabla de frecuencia del crecimiento diamétrico

Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual (%)
[30 - 39.9>	6	13.3
[40 - 49.9>	22	48.9
[50 - 59.9>	15	33.3
[60 - 69.9]	2	4.4
Total	45	100

Se observó que los datos tienen una distribución con cierta asimetría, dado que la media no es igual que la mediana, además se halló un valor atípico, es decir un valor muy diferente, en este caso un diámetro normal de fuste muy superior de 66.8 cm con respecto a los demás diámetros que se midieron, el cual generó que la media se viera afectada (Figura 4).

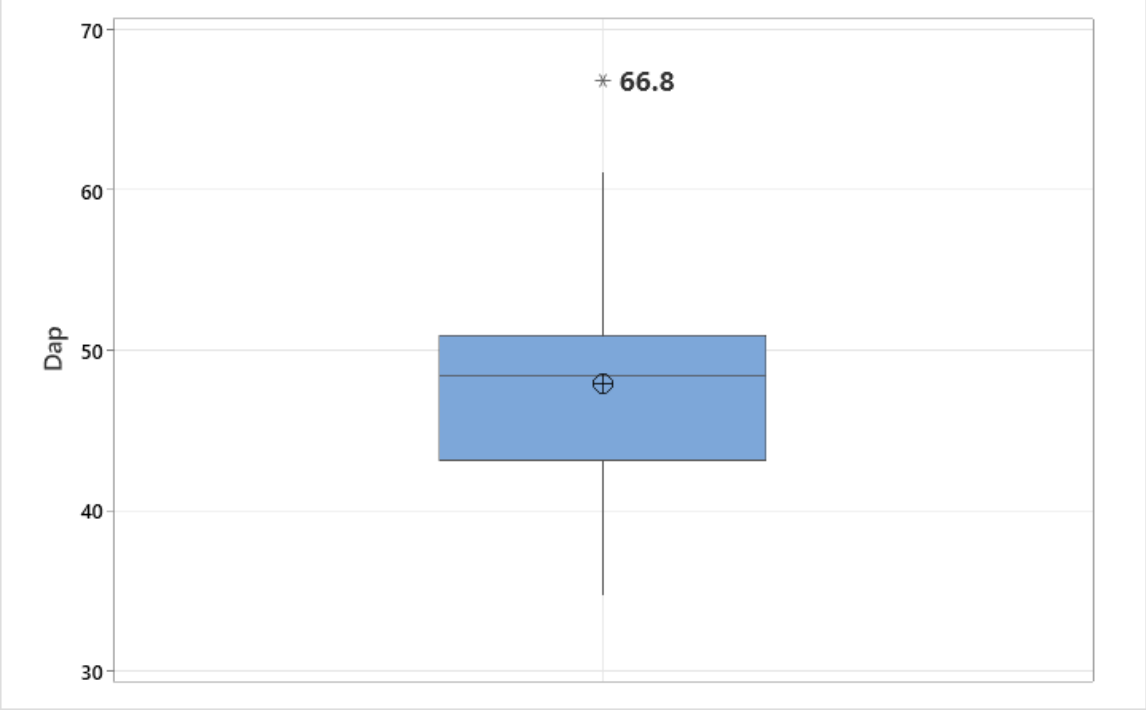


Figura 4. Distribución del diámetro normal del fuste de *B. excelsa*

La media del diámetro normal del fuste fue de 47.9 cm, la mediana 48.38 cm, con una desviación estándar de 6.46 (Cuadro 2). El diámetro normal del fuste medio que se obtuvo fue superior con el reportado por Salomão (2014), quien reporta un diámetro normal de fuste medio de 23.2 cm, a la edad de 24 años, en un bosque nacional en Brasil. Sin embargo, en plantaciones agroforestales de 15 años en Tambopata, Madre de Dios, Usca (2012) presenta diámetros normales del fuste de 20.8 cm, en árboles con un distanciamiento de 6 m por 8 m, mientras que con un distanciamiento de 10 m por 10 m el diámetro normal medio es de 31.3 cm.

El primer cuartil indicó que el 25% de árboles presentan un diámetro no mayor a 43.1 cm, mientras que el tercer cuartil indicó que el otro 25% de datos medidos de diámetros fueron superior o igual a 50.9 cm.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos del crecimiento del diámetro normal del fuste

Estadísticos	Valor
Media	47.9
Mediana	48.38
Primer cuartil	43.1
Tercer cuartil	50.9
Rango	32.1
Rango intercuartil	7.79
Desviación estándar	6.46
Coeficiente de variación (%)	13.5

En cuanto al incremento medio anual del diámetro normal del fuste, se observó que en el 62.2 % de árboles fue de 1.85 a 2.25 cm. año^{-1} (Cuadro 3). Asimismo, se registraron valores mínimos de 1.45 cm y máximos de hasta 2.79 cm, con una media de 1.99 cm. año^{-1} (Cuadro 4).

El IMA que se halló fue menor que el IMA de 3.16 cm. año^{-1} que reportan Costa *et al.* (2009) para un sistema agroforestal de 12 años en Manaos, Brasil y también al que reporta Gutiérrez (1997) donde el IMA fue 2.2 cm. año^{-1} en una plantación agroforestal de 8 años. No obstante, el IMA de este estudio fue mayor que IMA (1.5 cm. año^{-1}) que reporta Zuidema (2003), para bosques naturales de *B. excelsa*.

Cuadro 3. Tabla de frecuencia del incremento medio anual del diámetro normal del fuste

Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual (%)
[1.45 - 1.65>	5	11.1
[1.65 - 1.85>	7	15.6
[1.85 - 2.05>	15	33.3
[2.05 - 2.25>	13	28.9
[2.25 - 2.45>	2	4.4
[2.45 - 2.65>	2	4.4
[2.65 - 2.85]	1	2.2
Total	45	100.0

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos del incremento medio anual del diámetro normal del fuste

Estadísticos	IMA del DAP
Media	1.99
Mediana	2.01
Primer cuartil	1.79
Tercer cuartil	2.12
Mínimo	1.45
Máximo	2.79
Rango	1.33
Rango intercuartil	0.32
Desviación estándar	0.26
Coeficiente de variación (%)	13.1

IV.3. Crecimiento e incremento de la altura total

Las alturas más frecuentes estuvieron en las clases [21.2 - 22.3> y [22.3 - 23.4>, las cuales representaron el 46.6 % de los árboles. El 13.3 % tuvieron alturas superiores de 23.4 hasta 24.5 m y solo el 6.6% presentaron alturas mínimas de 16.8 a 19.0 m (Cuadro 5), siendo la media de altura total fue 21.4 m con un rango de 7.3 m (Cuadro 6).

Cuadro 5. Tabla de frecuencia de la altura total

Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual (%)
[16.8 - 17.9>	1	2.2
[17.9 – 19.0>	2	4.4
[19.0 - 20.1>	7	15.6
[20.1 - 21.2>	8	17.8
[21.2 - 22.3>	10	22.2
[22.3 - 23.4>	11	24.4
[23.4 - 24.5]	6	13.3
Total	45	100

La media de la altura total fue de 21.4 m y la mediana de 21.7 m. Estos resultados fueron superiores a los reportado por Usca (2012), quien evaluó dos plantaciones agroforestales de 15 años con diferentes distanciamientos, una de 6 m x 8 m y otra de 10 m x10 m, la altura media en la primera fue de 16.75 m y la segunda de 22.79 m (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos del crecimiento en altura total

Estadísticos	Altura total
Media	21.4
Mediana	21.7
Primer cuartil	20.2
Tercer cuartil	22.8
Rango	7.3
Rango intercuartil	2.7
Desviación estándar	1.69
Coeficiente de variación (%)	7.9

Se registró un crecimiento mínimo en el incremento medio anual de altura, que fue de 0.7 m y máximo de 1 m. año^{-1}, siendo el promedio 0.9 m. año^{-1} (Cuadro 7). El IMA medio del crecimiento en altura son superiores, a lo reportado por Salomão (2014) quien registró un IMA de 0.78 m. año^{-1} en un Bosque Nacional Saracá-Taquera en Brasil de 20 años, pero inferior al IMA que muestra Usca (2012) quien evaluó dos plantaciones de 15 años donde el IMA de altura total es de 1.12 m. año^{-1} y 1.4 m. año^{-1}. Y el que reportan Costa *et al.* (2009) que, en un sistema agroforestal de 12 años, tuvo un IMA de la altura total de 1.74 m.

Esta disminución del incremento medio anual en altura total de la investigación, se podría deber a una característica de los árboles tropicales, tal como menciona Juárez (2014) que el crecimiento en árboles tropicales se verá reducido a 0.5 m de altura por cada centímetro de DAP cuando los árboles alcanzan diámetros de 40 o 50 cm.

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos del incremento medio anual de la altura total

Estadísticos	IMA de la altura total
Media	0.9
Mediana	0.9
Primer cuartil	0.83
Tercer cuartil	0.95
Mínimo	0.7
Máximo	1
Rango	0.3
Rango intercuartil	0.11
Desviación estándar	0.07
Coeficiente de variación (%)	7.8

IV.4. Crecimiento e incremento de la altura de fuste

Para el crecimiento de altura de fuste limpio, presentaron las siguientes características: el 73.3% de árboles medidos mostraron una altura fustal de 9.6 a 12.6 m, mientras que los árboles que presentaban mayor altura en fuste representaron el 15.5% del total, donde las alturas iban desde los 12.6 a 15.6 m. Y solo el 11.1% presentaron alturas que no superaban los 9.6 m (Cuadro 4).

Cuadro 8. Tabla de frecuencia de altura de fuste

Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual (%)
[8.6 - 9.6>	5	11.1
[9.6 - 10.6>	10	22.2
[10.6 - 11.6>	11	24.4
[11.6 - 12.6>	12	26.7
[12.6 - 13.6>	4	8.9
[13.6 - 14.6>	1	2.2
[14.6 - 15.6]	2	4.4
Total	45	100

En cuanto a la media de la altura de fuste que se registró fue de 11.3 m con una desviación estándar de 1.52 y tuvo un rango de 6.5 m (Cuadro 9). La media de la altura de fuste fue similar al que tuvo Usca (2012) en una de las plantaciones que evaluó, donde la altura media es 11.8 m,

cabe mencionar que tanto en la plantación evaluada como en el del investigador mencionado, los árboles fueron manejados mediante podas de formación.

Asimismo, el primer cuartil indicó que el 25% de árboles tienen una altura no mayor a los 10.3 m; mientras que el tercer cuartil indicó que el 75% de árboles tienen un tamaño de hasta 12.3 m y que solo el 25% mostraron alturas superiores a 12.3 m (Cuadro 9).

Cuadro 9. Estadísticos descriptivos de altura de fuste

Estadísticos	Altura fustal
Media	11.3
Mediana	11.2
Primer cuartil	10.3
Tercer cuartil	12.3
Rango	6.5
Rango intercuartil	2
Desviación estándar	1.52
Coeficiente de variación (%)	13.5

IV.5. Crecimiento del diámetro y altura de la copa

Los resultados de las medias de las cuatro mediciones del diámetro de copa fueron: de N-S fue de 10 m, de E-O fue de 8.9m, de NE–SO de 10 m, y para NO-SE fue de 9.6 m, al promediar los valores la media fue de 9.6 metros (Cuadro 10), con un área promedio de 72.3 m^2. Teniendo en cuenta que en la plantación tuvo una densidad de 100 árboles por hectárea, la cobertura de copa fue de 7230 m^2 lo que representa un 72.3% del área total de la hectárea.

Para la variable altura de copa, la media fue de 10.1 m con una desviación estándar de 1.6 y rango de 7.1 lo que demuestra que existió una variabilidad baja en los 45 árboles medidos.

Cuadro 10. Estadísticos descriptivos del diámetro y altura de copa

Estadísticos	Diámetro de copa	Altura de copa
Media	9.6	10.1
Mediana	9.8	10.1
Primer cuartil	8.87	9.2
Tercer cuartil	10.67	11.25
Rango	5.4	7.1
Rango intercuartil	1.8	2
Desviación estándar	1.2	1.6
Coeficiente de variación (%)	12.8	15.8

IV.6. Crecimiento e incremento del área basal de *B. excelsa*

B. excelsa a los 24 años mostró un área basal medio de 0.183 m^2, presentando valores mínimos de 0.09 m^2 y máximo de hasta 0.35 m^2 (Cuadro 11), asimismo, se pudo observar que en la figura 5, que existieron dos valores que destacaron de entre los demás datos: el valor máximo de 0.35 m^2 es un valor atípico junto a otro que fue de 0.29 m^2 cuyos valores están por muy encima que los otros datos medidos.

En cuanto al incremento medio anual del área basal, la media fue de 0.007m^2 * $año^{-1}$ al igual que la mediana. Existieron valores mínimos de 0.003 m^2 y máximos de 0.014 m^2

Cuadro 11. Estadísticos descriptivos del área basal y el incremento medio anual del área basal

Estadísticos	área basal m2	IMA del área basal m2
Media	0.183	0.007
Mediana	0.183	0.007
Primer cuartil	0.146	0.006
Tercer cuartil	0.203	0.008
Mínimo	0.094	0.003
Máximo	0.35	0.014
Rango	0.256	0.01
Rango intercuartil	0.057	0.002
Desviación estándar	0.05	0.002
Coeficiente de variación (%)	27.2	27.2

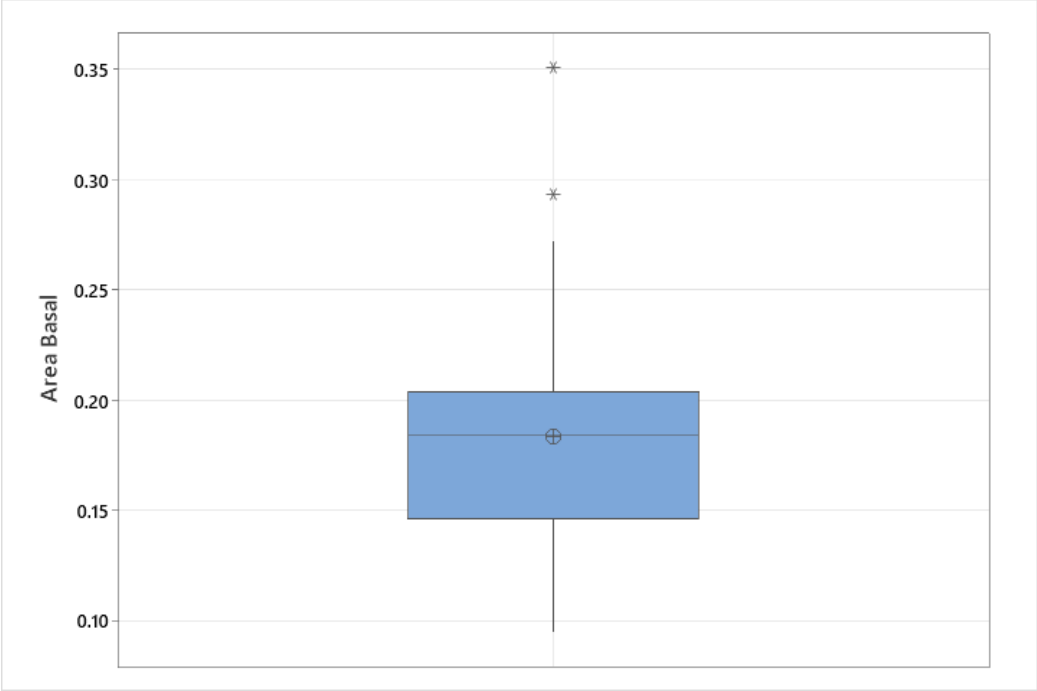


Figura 5. Distribución del área basal de *B. excelsa*

IV.7. Crecimiento e incremento de volumen de madera de *B. excelsa*

El 77.8% de los árboles medidos contaban con un volumen de entre 0.59 m^3 y 1.59 m^3, el 15% presentaban volúmenes de entre 1.59 m^3 y 2.09 m^3 y la minoría 6.6% tenían volúmenes mayores

a 2.09 m^3 y menores a 3.09 m^3 (Cuadro 12). Siendo el volumen promedio por árbol de 1.36 m^3 con un incremento medio anual de 0,057 m^3. $año^{-1}$ (Cuadro 13), el cual es superior a lo reportado por Usca (2012) donde *B. excelsa* tuvo un incremento medio anual de 0.015 m^3. $año^{-1}$ y un volumen por árbol de 0.23 m^3 a la edad en 15 años.

El volumen para los 45 árboles fue de 61.2 m^3 y se estimó que para una ha con 100 árboles de *B. excelsa* el volumen fue de 136 m^3 lo que hizo un total de 29,920 pies tablares.

Cuadro 12. Tabla de frecuencia del volumen de fuste

Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual (%)
[0.59 -1.09>	12	26.7
[1.09 - 1.59>	23	51.1
[1.59 - 2.09>	7	15.6
[2.09 - 2.59>	2	4.4
[2.59 - 3.09]	1	2.2
Total	45	100

Cuadro 13. Estadísticos descriptivos del volumen e incremento medio anual del volumen

Estadísticos	Volumen	IMA del volumen
Media	1.36	0.057
Mediana	1.34	0.056
Primer cuartil	1.04	0.043
Tercer cuartil	1.55	0.065
Mínimo	0.59	0.025
Máximo	2.64	0.11
Rango	2.05	0.085
Rango intercuartil	0.51	0.021
Desviación estándar	0.44	0.018
Coeficiente de variación (%)	32.4	32.4

V. CONCLUSIONES

- El crecimiento medio del diámetro normal del fuste fue de 47.9 cm, con un incremento medio anual de 1.99 cm.año^{-1}; en tanto que la altura total fue de 21.4 m, con un incremento medio anual de 0.9 m.año^{-1} y la altura de fuste media fue de 11.3 m.
- El diámetro de la copa tuvo una media de 9.6 m, mientras que la copa tuvo una altura media 10.1 m.
- El área basal tuvo una media de 0.183 m^2, con un incremento medio anual de 0.07 m^2. año^{-1}; en tanto que la media del volumen por árbol fue de 1.36 m^3, con un incremento medio anual de 0.057 m^3.año^{-1}.

VI.BIBLIOGRAFÍA

•Allegretti, M. 1992. Política de uso dos recursos naturais renovais: a amazonia e o extractivismo. Revista Administracao Publica. 26(1):145-162. Consultado 28 28 oct 2022. Disponible en http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/viewFile/8821/7573

• Angulo, W; Vidaurre, H; Flores, Y; Soudré, M; Ricse, A. 1996. Experiencias silviculturales en la Estación Experimental Alexander von Humboldt, Amazonia Peruana (en línea). CIFOR, INIA. 10. Consultado 19 set 2019. Disponible en http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/843

• Angulo, W. 2013. Rendimiento silvicultural y financiero de Bertholletia excelsa HBK en un sistema agroforestal – Región Ucayali. Pucallpa, PE. Instituto Nacional de Innovación y Riego. 24 p.

• Arias, E; Rondón, J. 2010. Manejo Forestal de Bertholletia excelsa HBK (castaña o nuez de Brasil: Forest Management of Bertholletia excelsa HBK (the nut of Brazil). Revista Forestal Latinoamericana. 25(1):93-113.

• Barrantes, A. 2013. Guía técnica para la implementación de sistemas agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables (en línea). San José, CR. EuroDigital Comunicación. 33 p. Consultado 14 ene 2022. Disponible en https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf

• Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: Guía para el establecimiento y medición (en línea). CATIE. Turrialba, CR. 52 p. (Serie técnica. Manual técnico/CATIE; no 42). Consultado 16 jun 2019. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3290/Parcelas_permanentes_de_muestreo.pdf;jsessionid=108FBCB81B16F13C0F943CDD4D7A62AF?sequence=1

• Cancino, J. 2012. Dendrometria básica (en línea). Concepcion, CL. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente. 171 p. Consultado 14 ene 2022. Disponible en http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/407/2/Dendrometria_Basica.pdf

• Chávez, A; Guariguata, M; Cronkleton, P; Menton. M; Capella, J; Araujo, J; Quaedvlieg, J. 2012. Superposición espacial en la zonificación de bosques en Madre de Dios: Implicaciones para la sostenibilidad del recurso castañero. CIFOR Infobrief. (58): 1-8.

• Choque, E. 2015. Caracterización Morfológica y Productividad de Árboles Plus de Castaña (Bertholletia excelsa Bonpl) en la Región Madre de Dios – Perú (en línea). Tesis Bach. Puerto Maldonado, PE. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 97 p. Consultado 15 jun

2019. Disponible en http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/217/004-2-3-032.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Corvera, R; del Castillo, D; Suri, W; Cusi, E; Canal, A. 2010. La castaña amazónica (Bertholletia excelsa) Manual de cultivo. Ed. IIAP – Madre de Dios y Selva Sur. 1 ed. Puerto Maldonado, PE. 71 p
- Cossío, R; Guariguata, M, Menton, M; Capella, J; Ríos, L; Peña, P. 2011. El aprovechamiento de madera en las concesiones castañeras (*Bertholletia excelsa*) en Madre de Dios, Perú: un análisis de su situación normativa. CIFOR, Bogor, Indonesia. 29p. (Documento de trabajo 60).
- Costa, J; Castro, A; Wandelli, E; Coral, S; Souza, S. 2009. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central (en linea). Acta Amazonica. 39(4): 843-850. Consultado 15 jun 2019. Disponible en https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/685086/1/v39n4a13.pdf
- Domingo, A. 2012. Técnica de toma y remisión de muestra (en línea). Cerro azul, AR. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 4 p. Consultado 5 ene 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelos
- Diéguez, U. Castedo, F. Barrio, M. Alvares, J. Rojo, A. Ruiz, A. 2005. Prácticas de dasometria (en línea). Santiago de Compostela, ES. UNICOPIA. 125 p. Consultado 18 ene 2022. Disponible en https://www.untumbes.edu.pe//vcs/biblioteca/document/varioslibros/1480.%20Pr%C3%A1cticas%20de%20dasometr%C3%ADa.pdf
- Duchelle, A. 2009. Conservation and livelihood development in Brazil nut producing communities in a tri-national amazonian frontier. Ph.D. Thesis. Gainesville, Florida, USA, University of Florida. 214 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2004. Inventario forestal nacional manual de campo (en linea). Guatemala. s.p. Consultado 15 jun 2019. Disponible en http://www.fao.org/3/ae578s/AE578S00.htm#TopOfPage
- Guariguata, M; Rockwell, C. 2015. La producción de castaña (Bertholletia excelsa) en el contexto de la extracción de madera en Madre de Dios, Perú: Implicaciones para promover un manejo integrado del bosque (en línea). CIFOR infobrief. no. 127:1-8. Consultado 15 jun 2019. Disponible en http://www.cifor.org/publications/pdf_files/infobrief/5747-infobrief.pdf
- Gutiérrez, A; García, F; Rojas, S; Castro, F. 2015. Parcela permanente de monitoreo de bosque de galería, en Puerto Gaitán, Meta (en línea). Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. 16(1): 113-

129. Consultado 16 jun 2019. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v16n1/v16n1a11.pdf

- Gutiérrez H, 1997. Proyecto INRENA- liTO PD 9/95 "Repoblación Forestal con Especies Tropicales Valiosas en Sistemas Agro forestales en la Provincia de Tambopata (en línea). Boletín Informativo. Consultado 15 ago 2022. Disponible en http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD9%2095/pd%209-95%20rev%202%20(F)%20s.pdf

- Harari, Y. 2018. Sapiens: de animales a dioses. Trad. J Ros. Debate, Lima, Perú. 493p.

- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana). Sf. Amazonia guía ilustrada de flora y fauna (en linea). IIAP. Consultado 5 jul 2019. Disponible en http://amazonia.iiap.org.pe/especies/ver/429

- Imaña, J, Encinas, O. 2008. Epidometria forestal (en línea). Brasilia, BR. Edikapas C. A. 66 p. Consultado 16 ene 2022. Disponible en https://www.academia.edu/39203782/EPIDOMETRIA_FORESTAL?auto=download&email_work_card=download-paper

- INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, CR). 2011. Muestreo y Análisis de suelos para Diagnóstico de Fertilidad. (En línea). San José, CR. (En línea). Consultado 12 oct. 2018. Disponible en http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf

- Juárez, Y. 2014. Dasometría: apunte de clase y guía de actividades prácticas (En línea). Cochabamba, BO. 103 p. Consultado 3 ago. 2022. Disponible en https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/49714/mod_folder/content/0/DASOMETRIA_Apuntes_de_Clase_y_Guia_de_Ac.pdf?forcedownload=1

- Laura, A. 2018. Evaluación dasométrica de plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en la provincia de Puerto Inca, Huánuco. Tesis Bach. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina. 108 p. Consultado 15 ene 2022. Disponible en https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3342

- López, R. 2008. Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. Colombia forestal. 11: 215-231.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego), (2013). Criterios en la medición de un árbol en pie (diapositiva). Lima, PE. 1 diapositiva, a color. Consultado 28 oct 2019. Disponible en

http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie%20.pdf

• Okafor, J. 1991. Mejora de las especies forestales que rinden productos comestibles. Unasylva 42(165):17-23.

• Salas, R; Barboza, E; Oliva, M. 2016. Dinámica multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Florida, departamento de Amazonas, Perú (en línea). INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable.2 (1): 18-27. Consultado 10 nov 2019. Disponible en tp://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/59/175

• Salomão, de P; Santana, A; Brienza, S; ROsa, N; Precinoto, R. 2014. Crescimento de Bertholletia excelsa Bonpl. (castanheira) na Amazônia trinta anos após a mineração de bauxita (en línea). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém. 9(2): 307-320. Consultado 17 jul 2019. Disponible en https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1010636

• SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). 2021. Sistema agroforestales (en línea). Lima, PE. CG Andina S.A.C. 32 p. Consultado 14 ene 2022. Disponible en https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/2051002-sistemas-agroforestales

• Usca, M. 2012. Evaluación del crecimiento de *Bertholletia excelsa* H.B.K, en dos plantaciones agroforestales en el Tramo III de la vía Interoceánica Sur - Tambopata, Madre de Dios (en línea). Tesis Bach. Puerto Maldonado, PE. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 87 p. Consultado 16 jun 2019. Disponible en http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/93/004-2-3-018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

• Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la amazonia. Lima, PE. Biblos. 367 p.

• Villalobos, R; Ocampo, R. 1997. Especies forestales con productos diferentes a la madera. *In* Consulta sobre la situación de los productos forestales no madereros (1995, Turrialba, Costa Rica). 1997. Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe: Actas. Villalobos, R; Ocampo, R (eds). Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 5-19.

• Wickens, GE. 1991. El desarrollo de los productos forestales no madereros: principios de ordenación. Unasylva 42(165):3-8.

• Zuidema, P. 2003. Ecologia y manejo del árbol de Castaña (en línea). Trad. C Boot. Edit. PROMAB. 118 p. (PROMAB Serie Científica Nro 6). Consultado 3 ago 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/46646069_Ecologia_y_manejo_del_arbol_de_Castana_Bertholletia_excelsa

VII. ANEXOS

Anexo 1. Resultado del análisis de suelo de la plantación agroforestal de Bertholletia excelsa.

INFORME DE ENSAYO

N° 07330-22/SU/PUCALLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	:	Isamel Paati Canayo
Propietario / Productor	:	Isamel Paati Canayo
Dirección del cliente	:	Pucallpa
Solicitado por	:	Isamel Paati Canayo
Muestreado por	:	Cliente
Número de muestra(s)	:	1
Producto declarado	:	Suelo Agricola
Presentación de las muestras(s)	:	Bolsa de plástico transparente
Referencia del muestreo	:	Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s)	:	Von Humbolth/Padre Abad/Ucayali
Fecha(s) de muestreo	:	2022-06-27
Fecha de recepción de muestra(s)	:	2022-07-06
Lugar de ensayo	:	LABSAF Pucallpa
Fecha(s) de análisis	:	del 08-07-2022 al 16-07-2022
Cotización del servicio	:	055-22-PC
Fecha de emisión	:	2022-07-20

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			**1**	---	---	---	---	---
Código de Laboratorio			SU513-PC-22	---	---	---	---	---
Matriz Analizada			Suelo Agricola	---	---	---	---	---
Fecha de Muestreo			2022-06-27	---	---	---	---	---
Hora de Inicio de Muestreo (h)			09:15	---	---	---	---	---
Condición de la muestra			Conservada	---	---	---	---	---
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente			Castaña	---	---	---	---	---
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH	--	--	4.39	---	---	---	---	---
Conductividad eléctrica	mS/m	--	0.27	---	---	---	---	---
Materia orgánica	%	--	2.69	---	---	---	---	---
Nitrógeno	%	--	0.13	---	---	---	---	---
Fósforo	mg/kg	--	1.65	---	---	---	---	---
Potasio	$Cmol_{(+)}/kg$	--	0.08	---	---	---	---	---
Calcio	$Cmol_{(+)}/kg$	--	0.67	---	---	---	---	---
Magnesio	$Cmol_{(+)}/kg$	--	0.28	---	---	---	---	---
Aluminio	$Cmol_{(+)}/kg$	--	5.80	---	---	---	---	---
CICE	$Cmol_{(+)}/kg$	--	6.83	---	---	---	---	---
Bases Totales	$Cmol_{(+)}/kg$	--	1.03	---	---	---	---	---
Hierro	mg/kg	--	111.40	---	---	---	---	---
Cobre	mg/kg	--	1.00	---	---	---	---	---
Zinc	mg/kg	--	0.80	---	---	---	---	---
Manganeso	mg/kg	--	8.30	---	---	---	---	---
Analisis de Textura								
Arena	%	--	44.56	---	---	---	---	---
Limo	%	--	30.70	---	---	---	---	---
Arcilla	%	--	24.74	---	---	---	---	---
Clase Textural	--	--	Franco	---	---	---	---	---

Anexo 2. Formato de recolección de datos

Medición en fuste					Mediciones de da de copa				
Nª árbol	DAP (cm)	Altura total	Altura de Fuste	Altura de copa	N-S	NE - SO	E - O	NO - SE	Diámetro de copa promedio



Anexo 3. Actividades realizadas en campo: a. medición del diámetro de fuste, b. medición de altura con el trupulse, c. recolección de muestra de suelo y d. medición del diámetro de copa.