

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**



TESIS

**“Determinación de la influencia de variables dasométricas en la
producción de nueces del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en
una concesión forestal para otros productos del bosque”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

AUTOR:

Bach. ARROYO QUISPE, Eriks Deyvi.

ASESOR:

Dr. GARCIA ROCA, Mishari

CO-ASESOR:

Dr. GUARIGUATA URBANO, Manuel

Puerto Maldonado, noviembre del 2025

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**



TESIS

**“Determinación de la influencia de variables dasométricas en la
producción de nueces del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en
una concesión forestal para otros productos del bosque”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE.**

AUTOR:

Bach. ARROYO QUISPE, Eriks Deyvi.

ASESOR:

Dr. GARCIA ROCA, Mishari

CO-ASESOR:

Dr. GUARIGUATA URBANO, Manuel

Puerto Maldonado, noviembre del 2025

DEDICATORIA

A mis padres,

Por la paciencia y el apoyo incondicional que me han venido brindado en el crecimiento durante todas las etapas de mi formación personal y profesional.

A Rina, mi hermana,

Con quien la vida no pudo tener mejor acierto y coincidir en nuestro crecimiento desde la infancia hasta la profesional, con quien compartí grandes momentos y de la que aprendí la perseverancia.

A mi familia,

Por el aliento dado y la preocupación que siempre mostraron hacia mi persona, y por estar presentes en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro para Investigación forestal internacional (CIFOR), al Dr. Manuel Guariguata, quien lo representa en Latinoamérica, por hacerme parte de su equipo de investigadores durante la duración del proyecto del cual derivó mi tesis.

A la Dra. Mary Ménton, con quien me siento infinitamente agradecido porque fue la persona que gracias a su gestión me brindó la oportunidad de pertenecer al gran equipo de CIFOR y poder iniciar este gran sueño, la tesis.

A mi asesor, el Dr. Mishari García Roca, de quien tuve el respaldo incondicional, y gracias a esa gran personalidad y tan particular, siempre me mostro la oportunidad para que este proyecto finalmente se concrete.

A la Dra. Cara Rockwell y MSc Julia Quaedvlieg, quienes fueron parte importante durante el desarrollo del estudio, y además me brindaron consejos útiles para el uso de los datos en el desarrollo de la tesis.

A Rogger T. López E., a Betxy Villarroel P. y en memoria de Roger Quenta H., con quienes trabajamos en la colecta de datos durante la primera y segunda etapa de campo.

Y, Al Sr. Pedro L. Amao G., concesionario, quien nos prestó su concesión como área de estudio, quien durante todas las actividades de campo nos trató como parte de su familia, y que además muestra un gran interés en participar en investigaciones que ayuden a entender y mejorar las actividades de producción y extracción de la castaña, pues considera una fuente muy importante para la subsistencia de las familias de su comunidad.

Determinación de la influencia de variables dasométricas en la producción de nueces del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en una concesión forestal para otros productos del bosque

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.unamad.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.cifor.org

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 1%

Excluir bibliografía

Activo

PRESENTACIÓN

En la amazonia de Brasil, Bolivia y Perú - Madre de Dios, se han realizado múltiples estudios referidos al árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su derivado principal, el fruto. Todos estos estudios están orientados a entender su biología, comportamiento de los árboles y fluctuaciones productivas con el objetivo de mejorar su productividad, rendimiento, germinación y propagación de esta especie debido a la gran importancia económica que representa en las regiones que aprovechan este recurso.

El presente estudio no es ajeno a este objetivo, en el que buscamos entender la relación que guarda la producción de frutos de los árboles de castaña con ciertos aspectos visibles más comunes como son su DAP, su diámetro de copa, su forma de copa, su estado fitosanitario, y así también la apertura de claros en el bosque; el estudio se realizó en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

Este estudio está fundamentado por dos años de evaluación, y con el uso de herramientas estadísticas se procuró determinar estas relaciones, que es un aporte importante para consolidar resultados, y para poner nuevos planteamientos referidos a la dinámica de apertura de claros en los bosques.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de castaña (*B. excelsa*) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. Los datos fueron tomados en 576.30 ha, en una concesión castañera, ubicado en el Sector de Alegría - MDD. Las correlaciones de las variables independientes con la producción se determinaron con el coeficiente de correlación de Spearman y U de Mann-Whitney; se utilizó el Test de Kolmogorov-Smirnov (normalidad) para determinar el comportamiento de las variables. Los resultados mostraron que el DAP y diámetro de copa tuvieron efecto significativo positivo con la producción, observándose una agrupación de árboles muy productivos entre 100 y 180 cm DAP con copas alrededor de los 30 m. La forma de copa no presentó efecto significativo sobre la producción. El estado fitosanitario tuvo efecto significativo sobre la producción, determinándose correlación negativa con el grado de infestación de lianas; también se determinó relación significativa de la incidencia de termitas y epifitas con la producción de frutos. La apertura de claros también mostró efecto significativo sobre la producción de frutos, determinándose correlación positiva con la distancia de apertura de los claros; de igual forma la suma de las áreas de los claros naturales en un radio de 56.4 m ($\cong 1$ ha) de los árboles de castaña, tuvo efecto significativo sobre su producción de frutos.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the relationship between the fruit production of the Brazil nut tree (*B. excelsa*) and DBH, the crown diameter, the shape of its crown, its phytosanitary state and the opening of clearings. The data was collected in a concession for non-timber forest product of 576.30 ha, located in the Alegría sector in the region Madre de Dios, Peru. The correlations between the independent variables and the production were determined with the correlation coefficient of Spearman and Mann-Whitney U; The Kolmogorov-Smirnov test (normality) was used to determine the behavior of the variables. The results showed that the DBH and crown diameter had a significant positive effect on the production, observing a group of very productive trees between 100 and 180 cm DBH with tree crowns around 30 m. The shape of the crown had no significant effect on production. The phytosanitary state had a significant effect on production, determining a negative correlation with the degree of liana infestation. A significant relationship of the incidence of termites and epiphytes on fruit production was also determined. The opening of clearings also showed significant effect on the production of fruits, determining positive correlation with the distance of opening of the clearings. Similarly, the sum of the areas of the natural clearings within a radius of 56.4 m ($\cong 1$ ha) of the Brazil nut tree had a significant effect on their fruit production.

INTRODUCCIÓN

La región de Madre de Dios posee una extraordinaria riqueza en recursos naturales, comparable con muy pocos lugares del planeta. En efecto, es reconocida nacionalmente como la capital peruana de la biodiversidad. La ecoregión ha sido considerada "estable" por mucho tiempo debido a que su paisaje ha sido escasamente alterado. Aunque hay extensas áreas en las que se han sobre-explotado la fauna y flora y se ha afectado el ecosistema, estas continúan siendo áreas relativamente pequeñas en relación con las áreas donde el hábitat está intacto (Escobal, Agreda y Aldana, 2000).

En el Perú, Madre de dios es el único departamento cuyo bosque cuenta con grandes poblaciones de árboles de castaña, que se han desarrollado de forma natural y en su mayoría en altas densidades, comúnmente llamado "manchales".

La importancia del árbol de la castaña radica principalmente en su fruto, y que al ser uno de los escasos productos alimenticios a nivel mundial que provienen únicamente de formaciones forestales silvestres y de gran importancia en la economía de un alto porcentaje de familias que directa e indirectamente están relacionadas a esta actividad, cumple también una función destacada en la preservación de amplias áreas de selvas amazónicas (Ortiz, 1995; Cossio-Solano, *et al.*, 2011).

Existen múltiples investigaciones relacionados a esta especie que abordaron aspectos relacionadas a su demografía, regeneración y establecimiento de plántulas, fenología, genética poblacional; pero hasta el momento, poco se sabe sobre la relación entre la productividad de las castañas y otros factores que podrían ser manejados para favorecer la producción y consecuentemente el desempeño económico en los sistemas extractivos (Corvera-Gomringer y Cusi, 2012).

La apertura de claros es un aspecto relevante en los procesos ecológicos propios de los bosques tropicales, los cuales suelen presentar de manera recurrente la

formación y el cierre de claros en el dosel. Sin embargo, en la actualidad la actividad extractiva forestal muestra un incremento a nivel de concesiones castañeras, superando incluso al volumen promedio aprovechado por hectárea en concesiones forestales maderables (Cossio-Solano, *et al.*, 2011), lo que ha conllevado a un inherente incremento de claros en el bosque.

Y, al tener un mercado creciente y demandante de este producto, la nuez de la castaña, con dinámicas intensas, y presentar reportes de producción muy fluctuantes, con producciones que no se mantienen y presentan caídas perjudiciales, es importante desarrollar investigaciones que nos permitan entender y consolidar conocimientos que propicien el desarrollo de tecnologías que conlleven a mejorar la actividad castañera de Madre de Dios.

Es en esta razón la importancia de plantearnos preguntas relacionadas a ¿Qué factores podrían estar relacionadas de forma significativa a la productividad de los árboles de castaña?, el cual nos lleva al objetivo de este estudio, que es, determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de castaña (*B. excelsa*) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
PRESENTACIÓN	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Variables.....	4
1.4.1. Variable dependiente.....	4
1.4.2. Variable independiente.....	4
1.5. Operacionalización de variables.....	5
1.6. Hipótesis	6
1.6.1. Hipótesis general.....	6
1.6.2. Hipótesis específica.....	6
1.7. Justificación e importancia	6
1.7.1. Social.....	6
1.7.2. Económica.....	7
1.7.3. Ambiental.....	8
1.8. Consideraciones éticas	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10

2.1. Antecedentes de estudios.....	10
2.2. Marco teórico.....	18
1.8.1. El árbol de la castaña amazónica (Bertholletia excelsa H.B.K.)..	18
1.8.2. Concesion Castañera.....	23
1.8.3. Recoleccion del fruto de la castaña	23
1.8.4. Aprovechamiento de madera en concesiones castañeras.....	24
1.8.5. Aspectos socio económicos de la actividad castañera.	25
1.8.6. Dinámica del bosque y apertura de claros	27
1.8.7. Estado fitosanitario de los arboles: epifitas, lianas y termitas.....	28
2.3. Definición de términos	33
1.8.8. Manejo forestal	33
1.8.9. Silvicultura	33
1.8.10. Barriquero	33
1.8.11. Chancado	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	35
3.1. Tipo de estudio	35
3.2. Diseño de estudio	35
3.3. Población y muestra	35
3.3.1. Población.....	35
3.3.2. Muestra.....	36
3.4. Métodos y técnicas	36
3.4.1. Selección del área de estudio	36
3.4.2. Descripción del área de estudio	37
3.4.3. Características del medio	38
3.4.4. Toma de datos.....	40

3.5. Tratamiento de los datos	45
3.5.1. Análisis estadístico	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	48
4.1. Estadísticos Descriptivos Para Variables Cuantitativas	48
4.2. Estadísticos Descriptivos Para Variables Cualitativas	55
4.3. Análisis de correlación para las variables evaluadas de los árboles.	57
4.4. Prueba T de Student para IE, IT y DAP	67
4.5. Prueba U de Mann-Whitney: Relación entre variables cualitativas nominales (dicotómicas) y producción de frutos por árbol	71
1.9. Análisis de correlación de la apertura de claros y la producción de frutos.	75
CONCLUSIONES.....	78
SUGERENCIAS.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	86
ANEXO I. Matriz de consistencia.....	
ANEXO II. Instrumento de recolección de Datos.....	
ANEXO III. Test de Normalidad	
ANEXO IV. Mapas.....	
ANEXO V. Fotos.....	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dibujos taxonómicos del árbol de la castaña.	21
Figura 2. Distribución de poblaciones naturales de la <i>Bertholletia excelsa</i> en el neotropico.	22
Figura 3. Punto de medición del DAP.	40
Figura 4. Medición de la proyección de la copa en el suelo.	41
Figura 5. Categoría de la infestación por lianas.	43
Figura 6. Epífitas en la copa del árbol.	44
Figura 7. Metodología aplicada para la evaluación de claros en la concesión.	45
Figura 8. Frecuencia de árboles según la producción de frutos.	49
Figura 9. Frecuencia de árboles según su DAP.	50
Figura 10. Frecuencia de árboles según el diámetro de su copa.	51
Figura 11. Árboles de castaña con presencia de claros.	54
Figura 12. Incidencia de lianas, ramas caídas, epífitas y termitas en los arboles productivos.	56
Figura 13. Relación del dap con el número de frutos por árbol.	58
Figura 14. Relación del número de frutos y el diámetro de la copa de los árboles.	60
Figura 15. Distribución del número de frutos según categorías de infestación por lianas.	61
Figura 16. Distribución de las medidas del diámetro de la copa según el grado de infestación por lianas.	63
Figura 17. Distribución del diámetro de copa según las categorías de forma de copa.	64
Figura 18. Correlación entre el diámetro de copa y el DAP.	66
Figura 19. Distribución del dap según la incidencia de epífitas en los arboles productivos.	68

Figura 20. Distribución del dap en relación a la incidencia de termitas en arboles productivos.....	70
Figura 21. Relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de lianas.	72
Figura 22. Relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de epifitas.	73
Figura 23. Relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de termitas.	74
Figura 24. Relación de la distancia de la castaña a los claros más cercano con la producción frutos.....	76
Figura 25. Relación de la suma del área de los claros en un radio de 56.4 m de la castaña, con la producción frutos.	77
Figura 26. Mapa de ubicación del área de estudio.....	92
Figura 27. Mapa de dispersión de árboles de castaña dentro del área de la concesión.....	93
Figura 28. Buffer del área de los claros de los dos años de evaluación, y su dispersión dentro de la concesión.	94
Figura 29. Buffer de 1ha de los arboles productivos, y dispersión de claros según buffer de su área, en el primer año de evaluación.	95
Figura 30. Buffer de 1ha de los arboles productivos, y dispersión de claros según buffer de su área, en el segundo año de evaluación.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables consideradas en el estudio	5
Tabla 2. Descripción del acceso al área de estudio	37
Tabla 3. Localización política.....	37
Tabla 4. Localización geográfica	37
Tabla 5. Clasificación de la forma de la copa	42
Tabla 6. Categorías de infestación por lianas	43
Tabla 7. Interpretación para correlaciones	46
Tabla 8. Descripción estadística del nfra, DAP, DC y distancia de la castaña a los claros más cercanos.....	48
Tabla 9. <i>Descripción estadística del número de claros y suma de sus áreas en un radio de 56.4 m ($\cong 1ha$) a partir del árbol de castaña</i>	53
Tabla 10. Distribución de los individuos productivos según variables cualitativas (ordinal y nominal)	55
Tabla 11. Correlación de spearman para variables dasométricas, forma de copa, infestación por lianas y número de frutos por árbol.....	57
Tabla 12. Correlación de pearson para DAP y diámetro de copa	65
Tabla 13. T de student para incidencia de epifitas en la copa y DAP	67
Tabla 14. T de student para incidencia de termitas y DAP	69
Tabla 15. Prueba u de mann-whitney para variables dicotómicas y producción de frutos por árbol.....	71
Tabla 16. Relación de la producción de frutos por árbol con la apertura de claros en el bosque.....	75
Tabla 17. Test de normalidad para las variables en la muestra.....	91

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

La nuez de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) es el producto forestal diferente a la madera más importante en Madre de dios ya que muchas familias y una población considerable dependen económicamente de este recurso.

El uso sostenible del recurso castaño resulta relevante no únicamente por su contribución al desarrollo económico del país mediante su comercialización internacional, sino además por su significancia ambiental, dado que su producción contribuye a reducir la destrucción de los ecosistemas amazónicos, garantizando su permanencia y sostenibilidad (Perú Ecológico, 2009).

El árbol de castaña tiene un tratamiento especial en la legislación nacional, puesto que está amparada por la ley forestal, junto a otras especies y corresponde a un producto forestal no maderable. Además, la norma hace mención a la importancia de su investigación, por lo que es necesario ampliar estudios sobre esta especie, para, con el conocimiento optimizar su silvicultura.

En múltiples estudios realizados relacionado a la *B. excelsa* se ha evidenciado la alta variabilidad en su producción de frutos, y pese a este comportamiento se ha determinado relación de la producción con variables propias del árbol más comunes. Sin embargo, pese a ser uno de los aspectos más importantes en la dinámica natural de los bosques, los claros, no han sido ampliamente estudiados en relación a esta especie y su producción, y que, con el incremento de la

actividad extractiva de productos maderables en concesiones castañeras y la inherente apertura de claros de forma artificial, esta dinámica natural se ha venido alterando. Al momento, son muchos los aspectos de su crecimiento y fructificación de la *B. excelsa* que no son bien conocidos, por lo que es necesario realizar estudios desde diversas perspectivas

Por consiguiente, el estudio evidencia la pertinencia de realizar un análisis de algunas variables que pudieran brindar alguna explicación de lo que ocurre con la obtención de semillas del árbol castaño, debido a que esta, parece estar razonablemente influenciada por aquellas variables propias del árbol de castaña como su diámetro normal del fuste, diámetro y forma de copa; así como con otras variables, como la sanidad del árbol, en este caso la existencia de bejucos, epífitas, insectos xilófagos e incidencia de ramas caídas; y la relación que establece el árbol de castaña con la apertura de claros.

El estudio no ha tenido limitaciones significativas en su desarrollo, se realizó durante dos años, lo que relativamente ha limitado la verificación de variables en un contexto temporal más amplio, sin embargo, ha permitido contar con data que evidencia las variaciones que existen al interior de un bosque de castaña.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su DAP, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?

- ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y el diámetro de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?
- ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y la forma de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?
- ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su estado fitosanitario, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?
- ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su DAP, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y el diámetro de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y la forma de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su estado fitosanitario, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

1.4. Variables

1.4.1. Variable dependiente

- Producción de frutos del árbol de castaña.

1.4.2. Variable independiente

- DAP del fuste.
- Diámetro de la copa.
- Forma de la copa.
- Estado fitosanitario del árbol.
- Apertura de claros en la concesión.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Variables consideradas en el estudio

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE
DAP del fuste	Indicador de magnitud física (objetivo)	Diámetro a la altura del pecho del fuste.	Medida del diámetro del fuste a 1.3 m	Continua
Diámetro de la copa	Indicador de magnitud física (objetivo)	Diámetro de la copa.	Promedio de la medida de la proyección de la copa en el suelo en orientación Norte-Sur y Este-Oeste.	Continua
Forma de copa	Indicador de magnitud lógico (subjetivo)	Escala visual análoga.	Círculo completo. Círculo irregular. Medio círculo. Menos que medio círculo. Pocas ramas.	Ordinal
Estado fitosanitario	Indicador de magnitud lógico (subjetivo)	Incendencia de lianas.	Ausencia. Presencia.	Nominal
		Incendencia de epífitas.	Ausencia. Presencia.	Nominal
		Incendencia de termitas.	Ausencia. Presencia.	Nominal
		Incendencia de daños por pérdida de ramas.	Ausencia. Presencia.	Nominal
Apertura de claros en la concesión	Indicador de magnitud físico (objetivo)	Distancia de apertura de claros. Número de claros en un radio de 36.4 m ($\cong$ 1 ha) de la castaña. Área de los claros en un radio de 36.4 m ($\cong$ 1 ha) de la castaña.	Distancia entre los claros y el árbol de castaña evaluada. Suma del número de claros en un radio de 36.4 m Suma del área de los claros en un radio de 36.4 m	Continua
Producción de la <i>Bertholletia excelsa</i>	Indicador de magnitud físico (objetivo)	Número de frutos por árbol.	Cuantificación de frutos por árbol.	Discreto

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

1.6.2. Hipótesis específica

- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su DAP, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y el diámetro de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y la forma de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su estado fitosanitario, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.
- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.

1.7. Justificación e importancia

1.7.1. Social

La castaña es un fruto seco, ubicado comercialmente dentro de las nueces, que permite la vida y el trabajo de un grupo de personas que destinan sus esfuerzos

a esta actividad comercial. En la época de cosecha, los propietarios temporales de las concesiones castañeras se desplazan hacia las zonas de cosecha, las cuales son básicamente de dos tipos: cercanas a carreteras o cercanas a algún río, llevando consigo víveres, enseres, camas y demás obtenidos mediante el sistema de habilito.

El propietario, su familia y las personas que moviliza para realizar la cosecha son un capital humano que por una temporada cambia su lugar de residencia para adentrarse en las profundidades del bosque a recoger la nuez, que le permite activar su economía.

La castaña es entonces el fruto que facilita la interacción del hombre con un bosque sustentable.

1.7.2. Económica

En muchas familias en Madre de Dios, al igual que en zonas como Brasil y Bolivia, donde crece este recurso natural, activan la economía. En el caso de Madre de Dios se considera que un importante grupo de personas participa de esta cadena que le permite considerables ingresos económicos a un sector. Cuando se toman en consideración las actividades colaterales, tales como transporte y los procesos, la castaña provee empleo a unas 20.000 personas que representan el 22% de la población de Madre de Dios (IIAP, 2009).

Las concesiones, incluidas las castañeras, son otorgadas por el gobierno del Perú y los cosechadores deben pagar un impuesto basado en la producción (WWF Global, 2002).

Después de Bolivia, se posiciona entre los mayores generadores y comercializadores externos de castaña sin cascara. Según cifras del Comercio Internacional, en el 2016, nuestro país fue el segundo exportador de este producto (ComexPerú, 2017).

En el Perú, la nuez del Brasil “Castaña”, a nivel de exportaciones ha venido teniendo mayor presencia en el exterior, teniendo así, que entre el 2005 y 2011 las exportaciones de castaña experimentaron un incremento sostenido a un ritmo medio anual del 7.1%, ascendiendo de aproximadamente US\$ 18.2 millones en 2005 a US\$ 27.5 millones en 2011 (Portal Frutícola, 2012).

Este comportamiento expansivo se viene manteniendo de modo constante en los últimos años, salvo una contracción puntual en 2012, la cual fue atribuida a la reducción en la demanda externa. En términos cuantitativos, las exportaciones pasaron de US\$ 14.8 millones en 2010 a US\$ 40.5 millones en 2016, lo que equivale a un incremento acumulado del 173 %, situando a este producto en el puesto 22 de las agroexportaciones no tradicionales durante dicho año (ComexPerú, 2017).

De manera histórica, EEUU ha sido el principal destino comercial, concentrando en el período 2012-2016 cerca del 65.9 % del valor total exportado, seguido a considerable distancia por Australia, Rusia y Nueva Zelanda. Sin embargo, a partir del acuerdo comercial suscrito en 2016, Corea del Sur emergió como el principal mercado receptor en 2017, con un volumen de exportaciones de aproximadamente US\$ 21.3 millones, equivalente al 55 % del total exportado en ese periodo (ComexPerú, 2017).

En el 2011, 18 compañías se involucraron en el negocio de exportación de castaña, siendo ellas El Bosque, La Nuez, Agrícolas y Forestales, Manutata y Com Alt (Portal Frutícola, 2012)

1.7.3. Ambiental

Las selvas de Madre de Dios constituyen las exclusivas en el territorio peruano que generan nuez amazónica (*Bertholletia excelsa*) de forma sostenida, lo cual ha sido utilizado ancestralmente por los habitantes a lo largo de muchos periodos. La extracción de la nuez provoca una escasa alteración en el ambiente natural, contribuyendo a preservar la Amazonía peruana (Cossio-Solano, *et al.*, 2011).

Por tanto, la cosecha de la castaña permite un uso adecuado del bosque, se recoge su fruto, un fruto preciado, pues constituye un ingreso económico importante para las personas dedicadas a esta actividad, sin destruir los árboles tan preciados y protegidos por ley durante la actividad.

1.8. Consideraciones éticas

Se realizó mediante el compromiso de los principios éticos por parte del investigador, de no maleficencia y beneficencia, y de participación voluntaria por parte del titular del área prestada para el desarrollo de dicha investigación puesto que este no representa ningún riesgo a la integridad de los involucrados, para ello se empleó la hoja de consentimiento informado y su respectiva autorización de participación voluntaria.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios.

Moritz (1984) realizó un estudio titulado “**Estudos Biológicos da Floração e da Frutificação da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)**”, en el que evaluó la floración y fructificación en 8 clones, clasificados como grupos de cruzamiento y grupo control; realizando estudios de fecundación de flores de forma natural e inducida (con medios nutritivos a nivel de laboratorio) en diferentes horarios de la mañana, encontrando que las mejores horas para la fecundación ocurren entre la 8 y 10 horas de la mañana, y que el mejor medio nutritivo fueron la sacarosa al 15% con adición de levadura y ácido bórico al 0.1% en polen recogidos entre las 8 y 9 horas de la mañana. Además, también evaluó la tasa de fecundación de semillas en el fruto y su relación con la caída de frutos, encontrando que cuanto mayor el diámetro más alto el peso de los frutos nuevos, y cuanto más tarde caen los frutos más alta la tasa de fecundación; indicando que una tasa de fecundación entre 75% al 100% es suficiente para que el fruto continúe desarrollándose, también evidencia que los frutos pueden seguir cayendo incluso aun cuando están suficientemente fecundados (alto porcentaje), lo que obedece a otro tipo de factores. A nivel de comparación de grupos, no encontró diferencias significativas entre las tasas de fecundación del polen del grupo de cruzamiento y grupo de control. Señala que dentro de los posibles factores que influencio en la caída de las flores prematuramente pudo haber sido la inmadurez de la misma y del polen, el cual pudo ser verificado, mientras que para la caída prematura de los frutos, una de las causas que explica en parte la

caída es que los frutos presentaban un bajo porcentaje de semillas desarrolladas, sabiendo que el desarrollo de los frutos depende de del número de semillas ya que estos son los centros principales de la producción de hormonas; otra causa probable pudo ser el mal abastecimiento de nutrientes, que puedo estar sujeto a una mala nutrición de la planta, que a su vez esta podría tener su explicación en que la constitución de suelo del campo experimental difiere del de un bosque natural.

Menton (2003) realizó un estudio titulado **“Effects of logging on non-timber forest product estraction in the Brazilian Amazon: Community perceptions of change”**, que en su traducción sería **“Efectos de la tala en la extracción de productos forestales no maderables en la amazonia brasileña: Percepciones de cambio de la comunidad”**, con el objetivo de evaluar, según las percepciones de la comunidad sobre el cambio, los impactos de la tala en la extracción de Productos Forestales No Maderables (PFNM), en la comunidad de San Pedro, Para - Brasil. Este estudio se centró en 11 frutos y nueces que fueron mencionados por la comunidad como los más importantes recolectados del bosque, entre las que se entraba la *B. excelsa* como una de ellas; así también se consideraron la estimación de consumo de animales por familia. El autor, señala que es muy probable que las estimaciones de las cosechas de frutas subestimen las cosechas totales, un sesgo que se mantiene constante en las estimaciones antes de la tala, como tal, las estimaciones de las tendencias en los cambios en las cosechas de PFNM siguen siendo indicadores válidos para el uso de los recursos. Sus resultados mostraron que, los miembros de la comunidad percibieron marcadas disminuciones en las cosechas de frutas y nueces, y en las tasas de caza en bosques talados, lo que indica el impacto negativo de la tala en su uso de PFNM.

Kainer, *et al.* (2007), en su estudio titulado **“Explaining variation in Brazil nut fruit production”**, que en su traducción sería **“Explicando la variación en la producción de frutos de la nuez del Brasil”**, evaluaron los estados y el cambio interanual en el rendimiento del fruto de la castaña amazónica, centrándose en

factores que podrían explicar esta variación, considerando variables espaciales y temporales, el diámetro a la altura del pecho (DAP), atributos de la copa, cargas de lianas, atributos del suelo y el corte de lianas. Construyendo un modelo con enfoque de efectos mixtos con todas las variables. Encontrando así, que su modelo explico el 73% de la variabilidad en la producción de frutas en 140 árboles en 5 años; el DAP solo explico >50%, y los árboles en los rangos de diámetro medio ($100 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 150 \text{ cm}$) produjeron los mejores resultados. Los árboles de mayor producción se agruparon espacialmente. La capacidad de intercambio catiónico y P (fosforo) también explicaron la variación de la producción, mientras que la variable carga de lianas fue débilmente significativa para explicar la variación de la producción, y no hubo efectos significativos directos del corte de lianas, sin embargo, el corte mejoro las formas de la copa, variable con un modelo altamente significativo. Señalando que el corte de lianas podría mejorar la producción a largo tiempo. Según indica también, en cualquier año dado el 25% de los árboles produjeron el 72% de la producción total de la producción, con lo que, a nivel de la población, los recolectores de nuez de Brasil podrían potencialmente aumentar la eficiencia al concentrar los esfuerzos de recolección en productores consistentemente altos y posibles “hotspots” de producción. Señala también que, la variación anual de producción de frutos a nivel individual fue relativamente alta, y a nivel poblacional fue extremadamente baja con una producción anual que se apartó de la media solo en un año de lluvias retrasadas y reducidas. Estos resultados, junto con la baja sincronidad de fructificación, confirman las observaciones a largo plazo de los recolectores de que las poblaciones de nueces de Brasil exhiben una producción de fruta relativamente constante.

Guariguata, *et al.* (2009), en su estudio titulado “**Daño a los árboles de castaña (*Bertholletia excelsa*) durante la recolección selectiva de madera en el norte de Bolivia**”, evaluaron el daño en individuos de castaña en tres concesiones de madera certificada de las cual se extrae la madera utilizando pautas de tala de impacto reducido (RIL), y la gente local recolecta anualmente la castaña.

Encontrando que las frecuencias observadas de daño en árboles de castaña fueron muy bajas, lo que probablemente reflejo la baja intensidad de la extracción de madera; teniendo que 0.1 árboles de castaña y 0.4 especies de madera por ha sufrieron algún grado de daño por tala. La pérdida de la copa fue el tipo de daño predominante para los arboles de castaña, que representaron el 50% de todos los daños. Recomendando así, que, a pesar de las bajas tasas de daños observado, modifiquen las directrices de tala de impacto reducido (RIL) e incluir la marcación previa al aprovechamiento, de la castaña y especies maderables con futuro valor comercial; con una mejor refinación de la tala direccionada para reducir el daño de la copa de los árboles de castaña, también servirá para ayudar a mantener los rendimientos de frutos a largo plazo.

Arias y Rondon (2010), en su estudio titulado “**Manejo Forestal de *Bertholletia excelsa* HBK (castaña o nuez de Brasil)**”, se expusieron lineamientos generales para el manejo sostenible de esta especie, implementados en diversos países de la cuenca amazónica, destacando que las nueces del Brasil provienen exclusivamente de individuos silvestres. En consecuencia, el aprovechamiento forestal de *Bertholletia excelsa* como Producto Forestal No Maderable (PFNM) presenta un impacto ecológico menor en comparación con otros usos extractivos del bosque, y representa una importante fuente de sustento económico, alimento, refugio y recreación para las poblaciones locales de Sudamérica. Este modelo de manejo es considerado un ejemplo exitoso de generación de ingresos a partir de los recursos del bosque tropical sin comprometer su integridad ecológica. Asimismo, las investigaciones científicas evidencian que una extracción controlada o de baja intensidad favorece la regeneración natural y el establecimiento de nuevos individuos de la especie. No obstante, aún es necesario determinar con precisión el efecto real que tiene sobre la fauna silvestre la presencia masiva de recolectores que, durante la temporada de cosecha, se desplazan por amplias áreas del bosque para recolectar los frutos.

Ferreira (2010) realiza un estudio titulado “**Etnoconhecimento e variabilidade morfológica de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.:**

Lecythidaceae) em área da Amazônia Matogrossense”, el cual desarrolla con el objetivo de ampliar los conocimientos sobre la variabilidad genética y morfología de la castaña. Investigación que fundamenta con el conocimiento popular, basado en la experiencia, que luego verifico a travez de la valorización de las Etnociencias. Este estudio lo baso en un segmento de tiempo de 5 años, en el que recogio informacion de aspectos ecologicos, antropogenicos, conocimiento tradicional y variabilidad genética para características morfométricas de la castaña, que aplico a su matriz de castaña diseñada (segun identificación de conocimiento popular, con el que consolida la identificación de tres tipos de *B. excelsa*; Rosada, Rajada, y Mirim, subcidiando decisiones relacionadas al manejo, aumento de la producción y conservación de la especie. Teniendo q los valores encontrados en la estimación de parámetros y ganancias genéticas, en el premejoramiento de la especie en el municipio de Cotriguaçu, noroeste de Mato Grosso, fueron expresivos para las matrices del tipo rosa, insentivando la utilización de estos germoplasmas.

Paiva, Carneiro y Funi (2011) en su estudio titulado **“Brazil nut conservation through shifting cultivation”**, que en su traducción seria **“Conservación de la nuez del Brasil a través del cultivo migratorio”**, el cual se desarrollaron en 40 sitios con uso conocido de producción agrícola, establecidos cerca de los árboles de bosques naturales parentales, en el que evaluó si el alto nivel de regeneración de la castaña que se encuentra en los barbechos de cultivo podría explicarse por la capacidad de rebrote de los árboles de castaña, el número de ciclos de cultivo, el pasado uso agrícola, y la distancia a los adultos más cercanos. Encontró que la densidad de la población de árboles de castaña aumento de 8.86 arb/ha a 13.69 árbol/ha y 27.09 árbol/ha en los sitios después de uno, dos y tres o más ciclos de cultivo migratorio respectivamente. Señalo que, como consecuencia del rebrote, después de un cierto número de ciclos de cultivo migratorio, las caídas son lideradas por los árboles de castaña, y los terratenientes pueden decidir preservarlos y excluir los sitios del futuro uso agrícola. Con lo que finalmente concluye que, protegidos por su valor extractivo, los bosques secundarios

enriquecidos espontáneamente con castañas pueden convertirse en bosques productores de nueces que tienen menos posibilidades de conversión en cultivos o pastos.

Usca (2012) realizó un estudio titulado **“Evaluación del Crecimiento de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en 2 Plantaciones Agroforestales en el Tramo III de la Vía Interoceánica Sur- Tambopata, Madre de Dios”**, con el objetivo de determinar la relación entre los índices dasométricos, las características de las plantaciones y las características fisicoquímicas del suelo. El estudio lo realizó en dos plantaciones de 15 años de edad aproximadamente, ubicados en el sector de Alto Libertad “el Castañal” con 379 árboles, y en el sector de San Juan “El Parureño” con 123 árboles. Los parámetros analizados comprendieron el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total del individuo, la altura del fuste libre de ramas, el volumen, el incremento medio anual (IMA) y el diámetro de la copa; mientras que, como indicadores cualitativos, se consideraron la rectitud del fuste, el estado fitosanitario y el nivel de productividad.. Dentro de sus resultados hallados fueron que, a pesar de la alta variación del crecimiento en diámetro y altura de los árboles, presento relación significativa entre el pH y la altura total de los árboles, señalando que cuando más se eleva este, más altura presentan los árboles, mostrando una tendencia que a medida que crece el DAP también lo hace la copa, y que a mayor presencia de luz los arboles presentan mejor desarrollo. Con respecto a las características de sanidad, específicamente termitas, los porcentajes en ambas parcelas estudiadas fueron iguales, señalando que la aparición de termitas en esta especie es continua, observándose en ecosistemas silvestres y en sistemas de cultivo inducidos por el hombre.

Tonini y Pedroso (2014) realizaron un estudio titulado “Variações anuais na produção de frutos e sementes de castanheira do Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em florestas nativas de Roraima”, el cual fue desarrollado con el objetivo de analizar las fluctuaciones anuales en la fructificación y producción de semillas entre distintas poblaciones e individuos de castaña

amazónica nativa del estado de Roraima. Los registros se obtuvieron en cinco unidades permanentes de monitoreo de 300 por 300 metros, establecidas en los municipios de Caracaraí y São João de Baliza. En dichas parcelas, todas las plantas de castaña con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 10 cm fueron identificadas, medidas y codificadas mediante placas de aluminio fijadas al tronco con clavos.

Durante el periodo de fructificación y caída de los frutos (de marzo a julio), los individuos fueron inspeccionados dos veces —a mitad y al final de la temporada—, y los frutos recolectados, abiertos y pesados utilizando una balanza de gancho digital con precisión de 50 gramos.

Se observó que la producción de frutos y semillas varía significativamente entre poblaciones e individuos, y que la mayoría de los árboles no fructifica todos los años. En los años de máxima productividad, un castañoal puede generar hasta 52 veces más frutos que en periodos de baja producción. En los sitios evaluados, la mayor parte del rendimiento total se concentra en un número reducido de individuos que presentan un año pico de producción.

Choque (2015) realizó un estudio titulado **“Caracterización Morfológica y Productividad de Árboles Plus de Castaña (*Bertholletia excelsa* Bonpl) en la Región Madre de Dios – Perú”**, el cual la desarrollo en las poblaciones naturales de castaña de Madre de Dios, con el objetivo de describir la estructura morfológica y la capacidad productiva de árboles superiores de castaña como fundamento del banco de germoplasma destinado a su preservación y optimización genética. Para lo que primero identifiqué in-situ los árboles más productivos reportados por los concesionarios, y en segundo lugar realicé la evaluación de los indicadores que caracterizan la estructura morfológica del árbol, además de realizar colecta de frutos, y también de suelo en una profundidad de 20 a 40 cm. Mostrando entre sus resultados que las comunidades silvestres de castaña presentan variabilidad en relación a sus índices dasométricos y morfométricos. Así también identifiqué que los atributos de los frutos presentan

muy homogéneos en relación a su fenotipo (diámetro polar y diámetro ecuatorial), y el grosor de su pericarpo se encontró dentro de la categoría del grosor “normal” con un 54.3%, mientras que el 37.1% correspondió a la categoría “suave”, y solo el 8.6% correspondió a la categoría “duro”. Así también determino que solo la altura total del árbol y el grado de esbeltez mostro relación significativa con la producción de frutos. Señaló también que, a nivel cualitativo, los arboles de mayor producción fueron arboles con fuste recto, copas con círculos completos, emergentes del dosel, con ramas completas, y con buen estado fitosanitario. Finalmente identifiqué a 35 árboles plus cuya producción supera los 100 kg/árbol, distribuidos en su mayoría en los sectores del Rio Manuripe (Tahuamanu) y Rio Pariamanu (Tambopata), en zonas de terrazas altas ligeramente disectadas, en el cual las características físicas y químicas no mostraron relación significativa con la producción de frutos.

Valdivia (2018) realizó un estudio que tituló **“Estimación de densidad y el potencial productivo de castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en base a variables ambientales - Madre de Dios”**, con el objetivo de estimar la densidad y el potencial productivo de la B. excelsa, en base a variables ambientales en más de 400 concesiones (con una población de 135528 individuos) ubicadas en la región de Madre de dios. Para este estudio también entrevisto a 32 concesionarios, y realizo el censo del 10% de la población de individuos de castaña, con el que corroboro los datos entre el primer y segundo quinquenio. Dentro de sus resultados encontró que a mayor temperatura la producción es menor, mientras que la precipitación (antes de la estación seca: mayo a setiembre) presenta un efecto positivo sobre la producción; así también, presentó mayor productividad en suelos con $\text{ph} < 5$ y con mayor contenido de arcilla, limo y carbono, lo que contrariamente ocurrió al contenido de arena. Las altitudes entre 250- 350 m.s.n.m. con pendientes no mayores a 10° favorecen a la densidad y productividad; así también mostro una alta densidad y producción a media que se aleja de los cuerpos de agua, mientras que, cuando más cercano los caminos mejor densidad y producción. Así también señalo que las condiciones

fitosanitarias y estructurales de esta especie son un factor importante para su productividad, encontrando que individuos con presencia de termitas tuvieron mayor productividad, y aquellos que presentaron lianas, exudación, ramas rotas, y huecos en la estructura del árbol tuvieron menor productividad. La presencia de tumores y arboles cercanos no tuvieron influencia en la productividad.

2.2. Marco teórico

1.8.1. El árbol de la castaña amazónica (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

a) Descripción

El nombre científico de *Bertholletia excelsa* H.B.K. fue dado por Humboldt y Bonpland (1808), que se deriva del célebre químico francés Luis Claudio Berthollet. Esta familia fue subdividida en cuatro, siendo la subfamilia Lecythidaceae la única con la especie *B. excelsa*. En 1874, Miers formula la hipótesis de que habría otra especie que fuera la *B. nobili*, la cual no pudo ser confirmada. (Figueroa, 1976; Moritz, 1984).

En el Brasil es comúnmente conocido como Castaña del Maranhao, Eraí, Iniá, Toucá, Taruti, Yá, Yuvia, mientras que en los países importadores las denominaciones son diferentes: Brasil o Pará, Nut en estados unidos de Norte america e inglaterra, noixe de Pará, Chataigne du Brasile en Italia y en Alemania como Paranuss (Figueroa, 1976).

El árbol de castaña está dentro de la categoría de árboles de mayor tamaño, alcanzando a medir hasta 50 m de altura con fustes de hasta 3 m de diámetro a la altura de pecho (Dap), Siendo estos emergentes en su estado adulto, con copas que sobrepasan el dosel del bosque. Presentan fuste sin aletas y la corteza contiene grietas conspicuas y longitudinales; sus hojas son simples, oblongas, con márgenes ondulados, de 30 a 40 cm de longitud, de 8 a 12 cm. de ancho, y se disponen de forma alternada en las ramas (Figueroa, 1976; Zuidema, 2003; Corvera-Gomringer, *et al.*, 2014).

b) Clasificación Taxonómica

División taxonómica según Cronquist, (1981):

Reino: “Plantae”

División: “Magnoliophyta”

Clase: “Magnoliopsida”

Sub clase: “Dilleniidae”

Orden: “Lecythidales”

Familia: “Lecythidaceae”

Género: “Bertholletia”

Especie: “*Bertholletia excelsa*
H.B.K”.

c) Floración, polinización, fructificación y dispersión

La floración de la castaña ocurre desde comienzo de la temporada húmeda, y se extiende hasta la etapa temprana del ciclo seco, para el caso del Perú entre noviembre y diciembre (Ortiz, 2002).

Los agentes polinizadores de *Bertholletia excelsa* corresponden a abejas de gran tamaño pertenecientes a los géneros *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema* y *Xylocopa*. Estas abejas ingresan en las flores de simetría zigomorfa para extraer el néctar contenido en el capucho floral; simultáneamente, su cuerpo queda cubierto de granos de polen en la región cefálica y dorsal, los cuales son transferidos posteriormente a los estigmas de otras flores visitadas. Para lograr la fecundación efectiva, es indispensable el intercambio de polen entre individuos distintos, dado que la especie presenta un bajo grado de autofertilidad. (Mori, 1995).

El desarrollo del fruto (coco de castaña) toma un tiempo muy largo, en muchos casos más de 12 meses (Moritz, 1984). La producción de frutos de castaña por árbol es muy variable, que puede ir desde ninguna fruta hasta cantidades

máximas individuales de 1032 frutos (Zuidema y Boot, 2002), y hasta más de 2000 frutos, llegando a una productividad media a nivel de muestra alrededor de 100 frutos por árbol, reduciéndose está a la mitad si se considera los productivos e improductivos (Ortiz, 2002). Sin embargo, algunos árboles de forma individual pueden dejar de producir entre uno y otro año.

En el periodo de caída del fruto y durante la recolección simultánea, ya es factible prever la siguiente temporada de producción. La dispersión y densidad de las plántulas de castaña amazónica está determinada principalmente por pequeños mamíferos del bosque, conocidos localmente como picuro (*Agouti paca*) y añuje (*Dasyprocta variegata*), los cuales cumplen una doble función como consumidores y agentes esenciales de propagación de las semillas. Los picuros, añujes y algunas especies de ardillas son probablemente los únicos animales con dentadura lo bastante resistente para fracturar la cáscara leñosa y liberar el contenido seminal, permitiendo que aquellas semillas no ingeridas puedan germinar entre los 12 y 18 meses posteriores (Mori, 1990).

d) Fruto

El fruto corresponde a una cápsula lignificada o pixidio, con morfología semejante a una naranja, de aproximadamente 8 a 15 centímetros de diámetro, y un opérculo poco definido y dehiscencia ausente; en su interior contiene entre 15 y 20 semillas, de alrededor de 4 a 5 centímetros de longitud. Es casi globoso y no se abre naturalmente, posee un pericarpo externo (epicarpio) de consistencia carnosa, superficie ligeramente vellosa y espesor de 3 a 5 milímetros; el mesocarpo presenta un grosor de 6 a 8 milímetros, siendo compacto, áspero y con fisuras longitudinales; mientras que el endocarpio constituye una capa delgada y delicada (Figueroa, 1976; Arias, *et al.*, 2010).



Figura 1. Dibujos taxonómicos del árbol de la castaña.
Fuente: (Zuidema, 2003).

e) Distribución y densidad

La castaña es un árbol oriundo de la región amazónica, que crece en forma natural desde el alto Orinoco hasta el alto Beni, en los territorios de Venezuela, Colombia, Perú, Brasil y Bolivia (Figuerola, 1976).

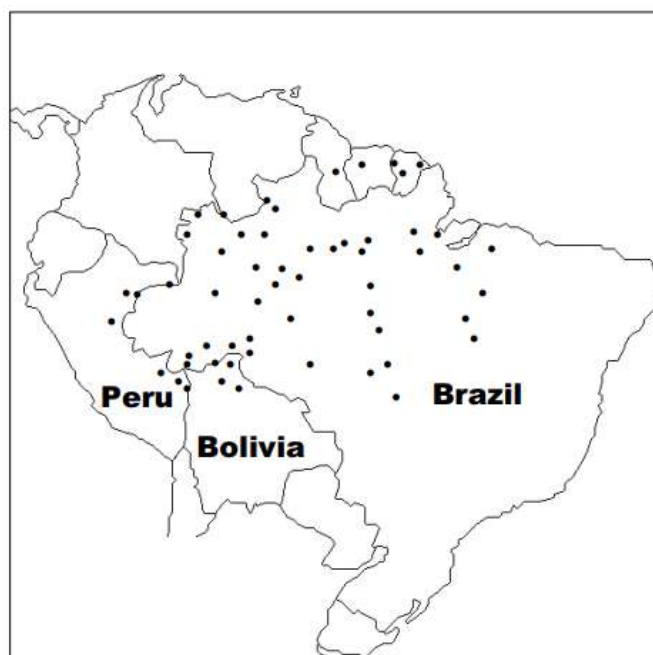


Figura 2. Distribución de poblaciones naturales de la *Bertholletia excelsa* en el Neotropico.
Fuente: (Zuidema, 2003).

La ocurrencia de la castaña es muy variante, existiendo informes de densidades muy altas (más de 26 árboles/ha) pero también muy bajas (mucho menor que 1 árbol/ha) (Zuidema, 2003).

En la región de madre de dios las densidades de árboles varían desde 0.3 hasta 1.3 árboles/hectárea, las que están distribuidas en un área total de uso de 1'350,000 ha (Corvera-Gomringer, *et al.*, 2014).

f) Ecología de la castaña

La castaña se desarrolla en suelos de tierra firme con buen drenaje, de textura franco arenoso, areno arcilloso y franco arcilloso, con pH fuertemente ácido con rangos entre 4.5 y 6.0 (Peña y Zevallos, 2009; Corvera-Gomringer, *et al.*, 2014).

Esta especie está bien adaptada a regiones de clima cálido húmedo, con temperaturas máximas entre 30.6°C - 32.6°C, mínimas entre 19.2°C- 23.4°C, y media entre 24.3°C- 27.2°C, con precipitación media anual de 1400-2800mm y una humedad relativa de 79-86%. En la amazonia, en su estación seca, puede

haber de 2 a 7 meses donde la precipitación mensual es inferior a 100mm (Wickens, 1995; Chulla, 2009).

1.8.2. Concesion Castañera

Comúnmente conocidas como “Concesiones castañeras”, corresponden a las concesiones para productos forestales diferentes a la madera.

De acuerdo con lo dispuesto por la Ley Forestal en su artículo 57, dichas concesiones están destinadas al uso sostenible de productos del bosque distintos a la madera, tales como frutos, brotes, exudados, resinas, gomas naturales, flores, especies medicinales y ornamentales, fibras vegetales, entre otros, cuya extracción no implica la remoción de la cobertura forestal. Pueden comprender la utilización de diversos recursos forestales y de fauna silvestre, además del manejo integral de ecosistemas boscosos y otras formaciones de vegetación natural destinadas a actividades de pastoreo (SERFOR, 2015). Estas concesiones poseen una duración de cuarenta años, con posibilidad de renovación, y se otorgan sobre una extensión máxima de diez mil hectáreas.

Según la reglamentación de la ley forestal en su artículo 85 menciona que, estas concesiones podrán ser otorgadas en cuales quiera de las categorías de la zonificación forestal (ZF), y solo cuando estas concesiones estén ubicadas en bosques de producción de categoría I y II podrá autorizarse de manera complementaria el aprovechamiento maderable bajo planes de manejo, a través de sistemas de aprovechamiento de bajo impacto e intensidad (SERFOR, 2015).

1.8.3. Recoleccion del fruto de la castaña

La colecta del fruto de la castaña amazónica se efectúa durante la temporada pluvial, comprendida entre los meses de diciembre y abril de cada ciclo anual, lapso en el que toda la unidad familiar (adultos y menores) participa activamente en la labor. La calidad del producto está condicionada por el tiempo de permanencia en el bosque, la orientación en la caída del fruto y el nivel de esmero

del recolector al descartar las unidades dañadas, vacías o con defectos en el opérculo.

Por lo general, la nuez de mejor condición se recolecta hasta finales de enero, alcanzando un promedio del 92 % de semillas viables; mientras que si la colecta se realiza en abril, la merma asciende a cerca del 50 %, a causa de la filtración de agua a través del opérculo del fruto. En cambio, cuando el ouri se desprende con el opérculo orientado hacia abajo, puede recogerse hasta el mes de abril, registrando pérdidas aproximadas de solo el 10 % (FAO).

En muchos casos los concesionarios contratan mano de obra (barriqueros) para la colecta de la castaña, en otros casos los concesionarios subcontratan total o parcialmente su concesión durante el periodo de zafra, a cambio de un pago, sea en efectivo o producto, siendo estos subcontratistas quienes asumen el costo total de la extracción de la castaña. (Corvera-Gomringer, *et al.*, 2014).

1.8.4. Aprovechamiento de madera en concesiones castañeras

La explotación forestal constituye una de las actividades productivas más relevantes en la región de Madre de Dios, situada en la Amazonía peruana (Cossio-Solano, *et al.*, 2011).

Los denominados bosques locales están destinados a facilitar el acceso formal y regulado de las comunidades locales al uso sostenible, con fines económicos, de los bienes y servicios que brindan los ecosistemas boscosos y otras áreas de vegetación silvestre. Según la clasificación territorial, estos pueden orientarse al aprovechamiento de madera, productos forestales no maderables, fauna silvestre, o a la implementación de sistemas silvopastoriles, bajo planes de manejo autorizados por la autoridad regional de recursos forestales y fauna silvestre, cuya ejecución es fiscalizada por el OSINFOR (Congreso de la Republica, 2015). De acuerdo con el artículo 31 de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, “en estos espacios procede el otorgamiento de concesiones para conservación, ecoturismo, aprovechamiento de productos forestales distintos a

la madera y manejo de fauna silvestre, así como la extracción destinada al consumo doméstico o de subsistencia” (Congreso de la Republica, 2015).

En virtud de una interpretación de dicho precepto, en el año 2002, mediante el Decreto Supremo N.º 044-2002-AG, se autorizó el aprovechamiento comercial de madera dentro de las concesiones forestales originalmente destinadas a otros recursos del bosque (Cossio-Solano, *et al.*, 2011).

En el caso de la nuez amazónica o castaña, diversos especialistas han cuestionado la viabilidad real de una explotación maderera sostenible dentro de áreas con vocación y potencial para el uso de productos forestales no maderables, argumentando que la productividad y la calidad de dichos recursos podrían verse comprometidas (SPDA, 2010).

Más que basarse en el principio del aprovechamiento integral del bosque, la principal motivación para permitir esta práctica fue atender una problemática social y económica que afecta a las comunidades castañeras de bajos recursos en la región (SPDA, 2010).

1.8.5. Aspectos socio económicos de la actividad castañera.

La nuez amazónica constituye un recurso de gran relevancia regional, ya que se erige como una fuente significativa de generación de rentas económicas, en virtud de la alta densidad de formaciones boscosas naturales que albergan estos ejemplares arbóreos.

En el territorio peruano, los bosques destinados al aprovechamiento comercial de la castaña se concentran exclusivamente en la zona oriental del departamento de Madre de Dios, abarcando una superficie estimada en 1 443 185 hectáreas. La cadena productiva castañera involucra múltiples actores sociales y económicos, que participan desde la colecta del fruto hasta su tratamiento y transformación en nuez de castaña, la cual es destinada tanto al comercio interno como a los mercados internacionales (IIAP, 2009).

El aprovechamiento y procesamiento de la especie *Bertholletia excelsa* H.B.K. representa una actividad de notable trascendencia social, económica y cultural para la región de Madre de Dios, al comprometer entre 15 000 y 20 000 personas, incluyendo aproximadamente 6 500 hogares, cuyos ingresos dependen directamente de esta labor en sus diferentes etapas productivas, convirtiéndose en un símbolo identitario de la Amazonía peruana. Cerca del 57% de los castaños se localizan próximos a las vías terrestres y el 43% a márgenes fluviales. Dentro de los agentes que integran la red productiva, se identifican concesionarios, recolectores (barriqueros), intermediarios, procesadores, compañías exportadoras y organismos estatales. A estos se suman entidades no gubernamentales, que brindan asistencia a los extractores en las distintas fases del proceso y en su organización colectiva, evidenciando el entramado social que sustenta esta actividad económica (Escobal, Agreda y Aldana, 2000; IIAP, 2009).

El personal vinculado directamente con las labores de transformación y exportación del producto proviene en su mayoría de las regiones de Lima, Cusco o Arequipa, y presenta limitada formación técnica. Exceptuando algunos programas de capacitación específica o iniciativas temporales, el sector carece de apoyo institucional sostenido (ACCA, 2010).

De todo el bosque natural con aptitud castañera en Madre de Dios, sólo se ha concesionado 960,745 ha. “bajo aprovechamiento castaño formal”, como resultado del uso tradicional del bosque por familias individuales que han accedido a una concesión castañera, en muchos casos aprovechado por varias décadas, y que generalmente no ocupan una superficie mayor a 1000ha (ACCA, 2010). El 57% de los castaños se ubican en las carreteras y el 43% en los ríos (IIAP, 2009).

1.8.6. Dinámica del bosque y apertura de claros

Como es conocido, las formaciones boscosas tropicales constituyen uno de los sistemas ecológicos más intrincados en cuanto a riqueza de especies (Plana, 2016), y en todo ambiente natural se manifiesta un proceso continuo de transformaciones dinámicas, originadas por diversas perturbaciones (Viquez y Rivera, 2013). De forma espontánea, la alteración de un ecosistema forestal tropical puede provenir de eventos tales como descargas eléctricas, ciclones, caída de individuos arbóreos, infestaciones, patologías, deslizamientos o incendios de vegetación, entre otros; o bien ser generada por la acción humana a través de prácticas de aprovechamiento forestal (extracción selectiva o total), represamiento de ríos y demás agentes que modifican la sucesión ecológica y los procesos naturales de las comunidades vegetales. Dichas alteraciones presentan distintos niveles de impacto, extensión espacial y duración temporal (Navarro y Granados, 1997).

Un evento común en los ecosistemas tropicales es la aparición de claros de procedencia natural, los cuales constituyen una manifestación inherente de la dinámica forestal. Además, estos espacios pueden surgir en áreas de transición entre el hábitat boscoso y ambientes más abiertos con marcada influencia humana (Butler, 2009). Un claro se define como una abertura vertical por la cual las condiciones macroclimáticas penetran hasta aproximadamente dos metros sobre el nivel del suelo, delimitada por los bordes del follaje de los árboles que circunscriben la apertura del dosel (Brokaw, 1982). Como parte de las actividades antrópicas, un efecto inmediato e inherente a la tala selectiva es la apertura de claros. Asner, *et al.* (2004) citado por Restrepo, Aldana y Stevenson (2016), señaló que la tala selectiva en bosques tropicales es una actividad creciente que ha demostrado producir menos daños en el suelo y el dosel frente a la deforestación generalizada.

Por otra parte, Restrepo, Aldana y Stevenson (2016) determinan que la composición estructural del ecosistema forestal se modifica y las existencias de

biomasa se reducen debido a la extracción selectiva de individuos, ya que ocurre una notable reducción de las poblaciones de árboles de gran porte pertenecientes a especies de alto valor maderable en las áreas intervenidas, lo cual puede afectar las relaciones tróficas del sistema y su potencial de actuar como reservorio de carbono.

Un efecto subsecuente a los claros, y por efecto de borde, es la influencia del macroclima. Harris (1984) citado por Rivera y Viquez (2013), indica que el borde de un fragmento no constituye una línea definida, sino una franja de influencia que fluctúa según los criterios o variables con los que se evalúe.

1.8.7. Estado fitosanitario de los arboles: epifitas, lianas y termitas

El estado fitosanitario de un árbol implica el estado sanitario que presenta el individuo, el cual puede observarse directamente mediante el vigor, tonalidad y firmeza de su cubierta foliar, o bien el decaimiento producido por alteraciones inducidas, ya sean mecánicas, de origen humano, climáticas, o provocadas por la acción de organismos patógenos.

Geils, *et ál.* (2002) y Sánchez-Salas, *et ál.* (2007) citado por Díaz, Sosa y Macías (2014) refieren que el daño por plantas parásitas y epífitas son un importante factor de estrés en algunas especies y esto puede ser aprovechado por diferentes agentes para ocasionar mortalidad.

a) Epifitas

Las epífitas son organismos vegetales que se desarrollan sobre otras especies botánicas, fijándose a los fustes y ramas de árboles o arbustos principalmente; por tal motivo, se denominan propiamente epífitas (del griego *epi*, “encima de”, y *phyton*, “planta”). El árbol hospedante o forófito sobre el cual se establece una epífita es empleado únicamente como soporte físico, sin experimentar perjuicio alguno, salvo el causado por la densidad de su cobertura vegetal; por consiguiente, una epífita se

diferencia de una especie parasitaria, en que esta última extrae agua y minerales directamente del huésped (Granados-Sánchez et al., 2003).

Engwald et al. (2000), citado por Decker (2009), indican que uno de los aspectos que más incide en la interacción entre epífitas y su árbol soporte (forófito) está relacionado con la longevidad del árbol; es decir, a mayor edad del hospedante, mayor probabilidad de que las comunidades epífitas sean abundantes y persistentes. Esto se debe a que un proceso prolongado y constante de coexistencia ha favorecido mecanismos de adaptación tanto en el huésped como en el soporte arbóreo.

Asimismo, Bennett (1986), Gullison y Nissan (1999), y Engwald et al. (2000), citados por Higuera, mencionan que la antigüedad del forófito o árbol huésped resulta determinante, dado que los distintos grosores del tallo en una misma especie arbórea suelen reflejar diferentes etapas etarias, las cuales se han asociado al nivel de variabilidad y riqueza de las epífitas.

Por su parte, Benzing (1989), citado por Granados-Sánchez et al. (2003), indica que el origen evolutivo de las epífitas en su asociación con plantas vasculares se remonta al Plioceno–Pleistoceno. Granados-Sánchez et al. (2003) expone que el proceso de epifitismo ha tenido múltiples apariciones independientes y presenta un carácter polifilético, debido a que la variabilidad taxonómica de las epífitas resulta sumamente elevada.

Una de las interacciones más íntimas que mantienen las epífitas dentro de sus ecosistemas es, indudablemente, la que establecen con las especies arbóreas que las sostienen (forófitos). En tal sentido, es razonable suponer que algunas epífitas de carácter generalista no enfrenten dificultades para colonizar múltiples hospederos, aunque diversas investigaciones recientes

destacan la presencia de asociaciones específicas entre determinadas epífitas y sus plantas anfitrionas (Decker, 2009).

Las epífitas pueden llegar a ser tan abundantes en ciertos árboles que su cobertura foliar supera la del propio hospedante. No son organismos parásitos, y sus raíces no invaden los tejidos del soporte arbóreo, aunque compiten por recursos lumínicos y minerales, y en ocasiones contribuyen a la muerte del árbol debido a su elevada biomasa, que puede alcanzar varias toneladas por individuo. No obstante, el árbol puede desprender periódicamente su corteza para eliminar las epífitas o perder ramas a causa del peso de la vegetación húmeda. Estos eventos determinan el destino de las epífitas, incapaces de persistir en las condiciones oscuras y saturadas de humedad del suelo forestal (Granados-Sánchez et al., 2003).

b) Lianas

Las especies escaladoras constituyen un componente notable de los ecosistemas selváticos, por su gran número y variedad, aunque se distribuyen en todos los tipos de comunidades vegetales. En las selvas, dichas especies adquieren importancia como elementos de soporte estructural, interconectan las copas arbóreas, disputan con ellas la radiación solar y forman un estrato relevante por su biomasa acumulada (Cabanillas y Hurrell, 2012).

En años recientes, las lianas han captado el interés de los investigadores ecológicos, ya que cumplen una función esencial en la dinámica ecológica de los bosques tropicales, pudiendo aportar hasta un 25% de la diversidad de especies leñosas (incluidas formas arbóreas y arbustivas). En los bosques tropicales, un amplio conjunto de árboles suele estar recubierto por lianas, convirtiéndose esto más en una constante que en una excepción (Toledo, 2010).

Las lianas aparecen con frecuencia en los espacios abiertos del bosque generados por la caída de un árbol y en las selvas secundarias, ocupándolos

intensamente, y su presencia se incrementa con el tamaño de las aperturas y disminuye conforme envejecen, por lo que la explotación selectiva, el aumento del crecimiento vegetal, condiciones climáticas y otras acciones humanas favorecen su expansión; no obstante, diversas investigaciones han comprobado que logran establecerse con facilidad incluso en ambientes sombreados (Garrido, Durán y Gerold, 2012; Toledo, 2010).

Mientras las lianas se apoyan en los árboles como sostén para ascender hacia niveles superiores del dosel, donde acceden a zonas con mayor disponibilidad lumínica, rivalizan con ellos por distintos recursos vitales, de modo que los árboles pueden verse perjudicados por su presencia (Toledo, 2010).

Se ha registrado que altas concentraciones de lianas reducen el desarrollo y la capacidad reproductiva de los árboles, probablemente debido a la competencia por la luz; que las lianas incrementan la mortalidad de los individuos arbóreos, y que el exceso de peso de las mismas puede fracturar ramas y troncos (Garrido, Durán y Gerold, 2012), además de que las lianas pueden generar deformaciones en los fustes de los árboles (Toledo, 2010).

En la mayor parte de los textos académicos se plantea que la habilidad de las plantas trepadoras y de los epífitos constituye una estrategia por acceder a la luz, escapando de la penumbra del sotobosque, como sucede con las lianas y especies escaladoras, las cuales son frecuentemente heliotrópicas y pioneras en las sucesiones ecológicas (Granados-Sánchez et al., 2003).

c) Termitas

El grupo Isóptera está integrado por insectos sociales comúnmente denominados termitas o comejenes (Cabrera y Hernández, 2008), con cerca de 1900 taxones a nivel global, siendo organismos xilófagos (devoradores de madera), cuya principal fuente alimenticia es la celulosa (Ramírez y Lanfranco, 2001). Revisten alta relevancia económica, al deteriorar múltiples estructuras leñosas y otros compuestos orgánicos (Ramírez y Lanfranco, 2001). Determinadas

especies se catalogan como auténticas plagas o infestaciones en diversas regiones del planeta, que provocan cuantiosas pérdidas financieras en reforestaciones, edificaciones urbanas y almacenes de distintos insumos, situación derivada del desplazamiento de su hábitat original, donde se ha eliminado la cobertura vegetal nativa, dejando a las termitas sin sus fuentes naturales de alimento (Cosarinsky, 2003; Abadía, Arcila y Chacón, 2013). Las termitas consumen material vegetal vivo, muerto o en distintos estados de descomposición (Cosarinsky, 2003). Si bien las termitas son percibidas por el ser humano como insectos altamente perjudiciales, desempeñan una función ecológica esencial, principalmente como agentes degradadores de biomasa orgánica (Ramírez y Lanfranco, 2001).

La mayor parte de las especies de termitas habita en zonas tropicales y subtropicales, aunque numerosas se han expandido hacia áreas templadas (Cosarinsky, 2003). En las regiones tropicales constituyen los principales organismos incorporadores de materia orgánica al suelo, sustituyendo a las lombrices, que predominan en los ecosistemas templados (Brady, 1990 citado por Ramírez y Lanfranco, 2001).

Si bien la información relativa al impacto de la intensificación del uso del suelo sobre las comunidades de termitas es limitada, se estima que la riqueza específica de estos insectos es mayor en selvas densas que en zonas abiertas o alteradas (Beltrán, 2017).

Durante los últimos veinte años se han efectuado estudios sobre la relevancia del grupo como plaga forestal, aunque aún se desconocen sus patrones de composición, abundancia, diversidad y ciertos aspectos particulares de su rol ecológico (Cabrera y Hernández, 2008).

Desde los años noventa se han empleado diversos conjuntos taxonómicos como indicadores de sostenibilidad ambiental en ecosistemas forestales naturales y plantados (Beltrán, 2017). En un inicio, los organismos más empleados como

bioindicadores fueron mamíferos, aves y especies vegetales (Favila y Halffter, 1997, citado en Beltrán, 2017).

Puesto que el cambio en el uso de la tierra modifica la estructura y composición de las comunidades de termitas, estas son reconocidas como bioindicadores, dado que favorecen el equilibrio estructural y funcional del suelo y se muestran altamente sensibles ante alteraciones ambientales (Beltrán, 2017).

2.3. Definición de términos

1.8.8. Manejo forestal

Es la administración forestal orientada a la generación de beneficios financieros, comunitarios y ecológicos de manera continua, con el propósito de garantizar la sustentabilidad (OSINFOR, 2016).

1.8.9. Silvicultura

El término silvicultura proviene del latín “silva”, que equivale a “bosque”, y de “cole”, que denota “cultivar”, junto al morfema “ura”, entendido como la “acción o efecto de realizar una actividad”. Según la Real Academia Española (RAE), se conceptualiza como el “manejo o cultivo de los bosques y montañas” o la “disciplina encargada de dicho manejo”. La silvicultura consiste en la conservación y gestión de los ecosistemas forestales, incluyendo las prácticas aplicadas a las formaciones arbóreas para garantizar una producción continua y sustentable de bienes y servicios requeridos por la sociedad.

1.8.10. Barriquero

Es la persona (trabajador) contratada por el extractor para encargarse de la extracción de la castaña, desde la base del árbol, y su transporte hasta el almacén, cuyo salario está en función del volumen que colecta (Escobal, Agreda y Aldana, 2000; Corvera-Gomringer, *et al.*, 2014).

1.8.11. Chancado

Es la acción que realiza el castañoero para abrir los frutos de castaña con la ayuda del machete. (ACCA, 2009).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

El estudio se define como un estudio de tipo relacional, ya que buscamos hallar dependencia probabilística de la producción de frutos por árbol con el diámetro a la altura del pecho, diámetro de la copa del árbol, estado fitosanitario y la apertura de claros; realizando pruebas de correlación y asociación.

3.2. Diseño de estudio

Es de diseño no experimental, de corte longitudinal, porque se realizó dos observaciones por unidad de análisis que corresponden a dos años de evaluación, cada una en diferente periodo (zafra).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población total de individuos que se encuentra dentro de la concesión castañera estaba dada por 334 individuos de *Bertholletia excelsa* (ver anexo IV, Figura 28), la cual estaba constituida por plantas muy juveniles y también adultos que llegan a alcanzar diámetros muy grandes, los cuales tuvieron su desarrollo en el bosque de forma natural, y también por 32 plantas de castañas producto de iniciativas de reforestación; haciendo un total de 366 castañas (CAMDE PERÚ, 2010).

Según el reporte del concesionario, en el 2011, y el censo del 2012 (del estudio), se constató la muerte de dos árboles producto del desrame completo de uno y la caída del otro, de igual forma se constató la muerte de todos los individuos reforestados producto de la alta herbivoría en el bosque; con lo que la concesión quedo con 332 castañas vivas.

3.3.2. Muestra

Esta se eligió por conveniencia, evaluando así 192 árboles en el primer año y 170 en el segundo año.

La evaluación de producción estaba sujeto a las actividades de cosecha del concesionario, cuya aleatoriedad de otras actividades por parte del mismo, redujo en parte la cantidad de individuos muestreados con respecto al total de individuos de la concesión.

3.4. Métodos y técnicas

3.4.1. Selección del área de estudio

El área de estudio se seleccionó en coordinación del tesista, del Centro para la investigación Forestal Internacional (CIFOR) y la Asociación de Castañeros de alegría (ASCA), en la cual se solicitó la participación voluntaria de algún concesionario para este estudio, previa explicación de los objetivos de estudio para lograr una participación no solo voluntaria sino también informada.

Teniendo ya ubicado al concesionario participante, se coordinó y explicó el proceso de desarrollo del proyecto de tesis dentro del área de concesión, concluyéndose en un acuerdo entre el tesista, los promotores de la investigación (CIFOR) y el titular del área de estudio.

3.4.2. Descripción del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en una concesión para productos forestales diferentes a la madera (concesión castañera), con contrato número N° 17-TAM/C-OPB-J-014-03, ubicado a 80 km desde la ciudad de Puerto Maldonado, en el sector de Piñal en la Localidad de Alegría.

a) Accesibilidad al área de estudio:

Para llegar al área de estudio se emplea un tiempo estimado de viaje de dos horas, las cuales según sus tramos se muestran en la tabla 02.

Tabla 2. Descripción del acceso al área de estudio

Localidad	Tipo de vía	Transporte	Distancia	Tiempo
Puerto Maldonado - CPM Alegría	Carretera interoceánica	Automóvil/motocicleta	60 km	01 hora
CPM Alegría - Sector Piñal	Carretera carrozable no asfaltada	Motocicleta	15.5 km	30 min.
Sector Piñal - Concesión	Trocha	Motocicleta	7.5 km	30 min.

Fuente: Elaboración propia.

b) Localización:

Tabla 3. Localización política

Departamento	Madre de Dios
Provincia	Tambopata
Distrito	Las Piedras
Sector	Piñal

Fuente: (CAMDE PERÚ, 2010).

Tabla 4. Localización geográfica

Coordenadas UTM del área de estudio		
Vértice	Este	Norte
V1	500800	8668664
V2	500800	8669730

V3	500980	8669730
V4	501100	8669870
V5	501100	8671075
V6	500800	8671075
V7	500800	8671852
V8	503905	8669319

Fuente: (CAMDE PERÚ, 2010).

3.4.3. Características del medio

a) Clima

El régimen climático de la región de Madre de Dios corresponde al patrón tropical: templado-caluroso, de alta humedad y con elevados niveles de lluvias. Las lloviznas son reducidas durante los meses comprendidos entre junio y agosto, presentándose una temporada pluvial intensa de diciembre a marzo (Banco Central de Reserva del Perú, 2015).

b) Temperatura

La media térmica anual en la ciudad de Puerto Maldonado alcanza los 26 °C; los valores más altos se elevan hasta 38 °C durante los meses de agosto y septiembre, mientras que los registros más bajos disminuyen hasta 8 °C (Banco Central de Reserva del Perú, 2015).

c) Hidrografía

El área de investigación se localiza dentro de la cuenca hidrográfica del río Madre de Dios, abarcando igualmente diversas subcuencas fluviales correspondientes a los ríos Inambari, Tambopata, Malinowski, Manuami y las quebradas Jayave y Guacamayo. La configuración fluvial en la mayor parte de los cursos de agua del departamento varía en lapsos breves, debido a la emergencia y desaparición de islas, degradación de márgenes, generación de playas y cuerpos lacustres de origen meandriforme (Gobierno Regional de Madre de Dios).

d) Topografía

Su superficie es ligeramente irregular y muestra la apariencia de una extensa planicie; no obstante, en la zona sur, a causa de los estribos montañosos de la cordillera de Carabaya o Sandia, resulta quebrada. La franja central y septentrional del área es de baja altitud, con planicies aluviales constituidas por tres o incluso cuatro niveles de terrazas; estas últimas, comúnmente anegadizas, al encontrarse expuestas a crecidas periódicas. Hacia el occidente se observan elevaciones suaves que delimitan la cuenca hidrográfica entre los ríos Madre de Dios y Urubamba. En estas colinas se encuentra el varadero de Fitzcarrald (MINCETUR).

e) Suelos

Se compone del horizonte Typic Rodhult formado a partir de sedimentos aluviales antiguos, situado en terrazas elevadas cuya altitud respecto al cauce fluvial oscila entre 30 y 50 metros. De relieve suavemente ondulado, igualmente se manifiesta en terrazas sometidas a procesos de disección, con inclinaciones de 0 a 8%. Es profundo, con adecuado desarrollo pedogenético, posee secuencia de horizontes ABC, por lo general de tonalidad rojiza intensa, con granulometría de moderadamente fina a medianamente gruesa (franco arenoso a franco arcillo-arenoso), buen drenaje, reacción marcadamente ácida (pH 4.4–4.8), baja saturación catiónica y escasa fertilidad intrínseca. Las restricciones de esta clase de suelo se asocian a su baja fertilidad y a los diferentes niveles de disección topográfica (Tecnologías y Consultorias Ecológicas S.A.C., 2009).

f) Zonas de vida

En base a la clasificación de Holdridge y el Mapa ecológico del INRENA, el área de estudio se encuentra comprendida en la zona de vida de Bosque muy húmedo y sub tropical (bh-S), bosque muy húmedo subtropical transicional a bp-S (bmh-S/bh-S) y bosque muy húmedo y sub tropical (bmh-S) (Gobierno Regional de Madre de Dios).

3.4.4. Toma de datos

a) Número de frutos por árbol (NFrA)

Esta variable se evaluó después de la caída de los frutos, y se midió mediante la cuantificación de frutos por árbol, para lo cual se realizó el conteo absoluto del número de frutos por individuo. El conteo se realizó entre los meses de enero, febrero y marzo del 2012 y del 2013 respectivamente.

b) Diámetro a la altura del pecho (DAP)

En individuos arbóreos erguidos, la elevación estándar del grosor característico del fuste corresponde a 1.3 metros desde la superficie del terreno, tomados en consideración sobre la inclinación. Debido a la cota de registro, se conoce como diámetro a nivel del pecho (Prodan, *et al.*, 1997)

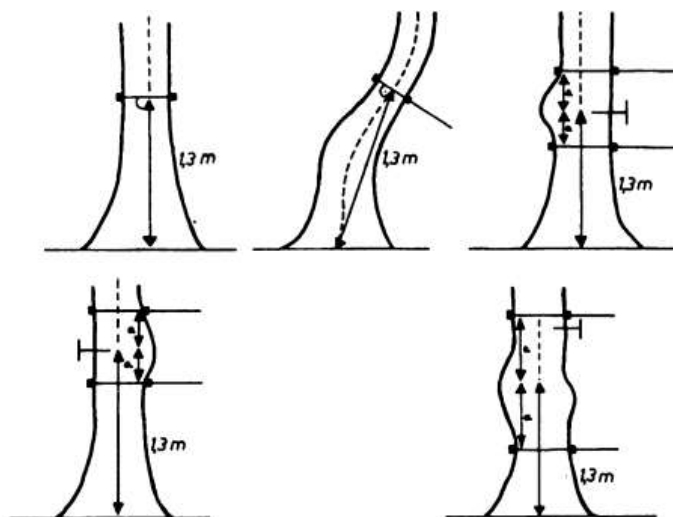


Figura 3. Punto de medición del DAP.
Fuente: (Prodan, *et al.*, 1997)

c) Diámetro de la copa (DC)

La medición de la copa de los árboles plantea una problemática diferente. Este no puede ser medido con dendrómetros ópticos, porque el rango de diámetros

que estos instrumentos permiten medir es muy limitado. El diámetro de la copa se determina generalmente mediante la proyección de puntos de su contorno sobre el terreno (PRODAN et. al., 1997).

Se registró la medida del contorno del dosel sobre el terreno, raramente dicha proyección presenta forma esférica, por lo cual se determinó la longitud en dos ejes ortogonales (UGALDE, 1981) estas proyecciones se evaluaron considerando las orientaciones Norte-Sur y Este-Oeste (Pérez, Reyes y Rios, 2017).

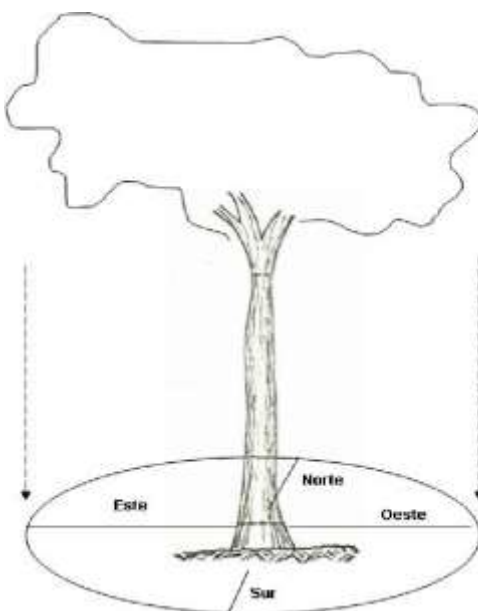


Figura 4. Medición de la proyección de la copa en el suelo.
Fuente: (Corona, 2015)

d) Forma de la copa (FC)

La morfología del dosel de un individuo arbóreo refleja la vitalidad del organismo, conforme a la variedad y al nivel de crecimiento (Pinedo, 2000), y dentro de la población de cualquier taxón, la apariencia o condición del dosel en vinculación con la dimensión y el grado de desarrollo del árbol se asocia con el aumento y el potencial de crecimiento.

Tabla 5. *Clasificación de la forma de la copa*

Categoría	Forma de copa
1	Circulo completo (copa circular y simétrica)
2	Circulo irregular (copa con algún defecto leve de asimetría o algún extremo de rama muerta)
3	Medio circulo (Asimétrica, o muerte de alguna rama)
4	Menos que medio circulo (fuerte asimetría, pocas ramas)
5	Pocas ramas (Una o pocas ramas, fuertemente degenerado o dañado)

Fuente: (Hutchinson, 1993)

e) Estado fitosanitario

El ajuste de las mediciones a emplear constituye un aspecto esencial para el análisis fitosanitario, ya que de ello depende la precisión y fiabilidad de la evaluación. Es necesario especificar que cada ecosistema muestra distintas condiciones biológicas, físicas y agentes de deterioro, por lo que resulta inviable que haya patrones universales aplicables para analizar todas las zonas existentes de manera uniforme, dado que implicaría un fallo de interpretación técnica; en otras palabras, a cada ecosistema les corresponden mediciones particulares ajustadas a sus propiedades específicas (Claudio, 2008).

- **Incidencia de lianas en el árbol (IL)**

Esta variable observando la incidencia de lianas en el árbol, la cual definimos en dos categorías, ausencia de lianas “0” y presencia de lianas “1”.

- **Infestación por lianas**

La invasión por bejucos y plantas escaladoras genera impactos significativos en el desarrollo y aumento así como en la morfología de los individuos arbóreos (Contreras, *et al.*, 1999). Constituye un parámetro al que se debe monitorear cuando la data se emplea en simulaciones precisas de desarrollo y productividad. (Synnott,1990; Leño, *et al.*, 1998).

La infestación por lianas se determinó utilizando 4 categorías con la siguiente simbología numeral:

Tabla 6. *Categorías de infestación por lianas*

Categoría	Infestación por lianas
0	“libre de bejucos”
1	“presencia en el fuste”
2	“presencia (leve) en fuste y copa”
3	“presencia en fuste y copa (afecta el crecimiento)”

Fuente: (Contreras, *et al.*, 1999)

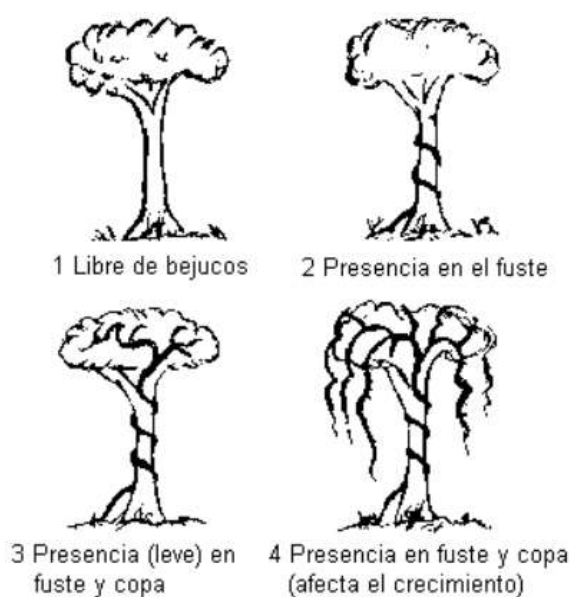


Figura 5. Categoría de la infestación por lianas.

Fuente: (Contreras, *et al.*, 1999)

- **Incidencia de Epifitas en el árbol (IE)**

Esta variable se evaluó observando la incidencia de epifitas en la copa del árbol, la cual definimos como “Ausencia de epífitas en la copa del árbol (0)” y “Presencia de epifitas en la copa del árbol (1)”.



Figura 6. Epífitas en la copa del árbol.

Fuente: (GRANADOS-SANCHEZ, *et al.*, 2003)

- **Incidencia de daños por pérdida de ramas (RC)**

Esta variable se evaluó observando el daño por la ausencia de ramas en la copa del árbol. La observación se definió por dos categorías, la primera como: “Ausencia de ramas caídas (0)”, y la segunda “Presencia de ramas caídas (1)”

- **Incidencia de termitas en el árbol (IT)**

Esta variable hace referencia a la presencia de termitas en los árboles de castaña, la cual se definió por dos categorías que fueron: “Ausencia de termitas en el árbol” y “Presencia de termitas en el árbol (1)”.

f) Claros del bosque

La evaluación de los claros se hizo realizando el recorrido del área de la concesión de norte a sur en transectos separados por 40 metros como se muestra en la Figura 7, en la que se georreferenció las coordenadas UTM de los claros artificiales como también de los claros naturales, también se midieron el diámetro mayor y menor de cada claro encontrado en los dos años de evaluación

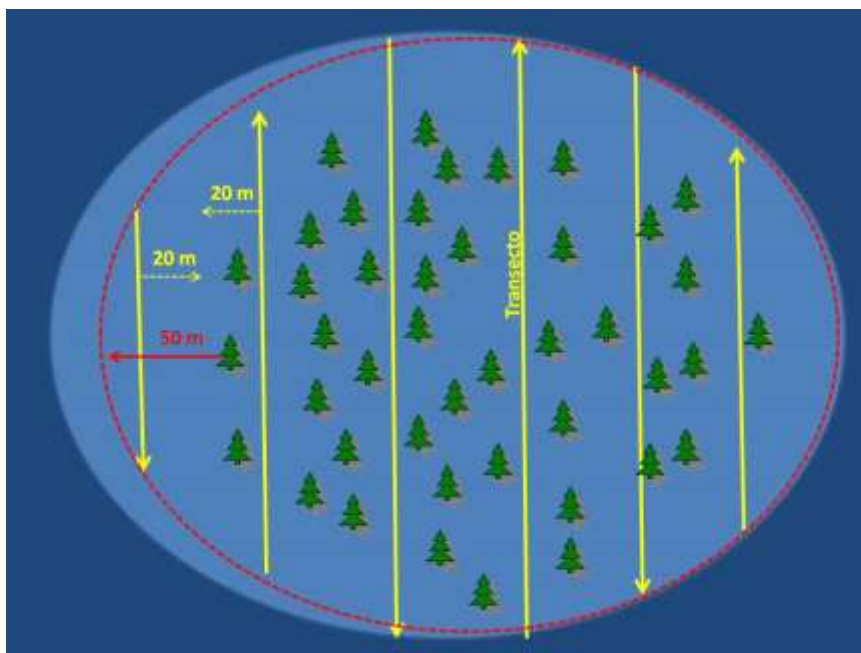


Figura 7. Metodología aplicada para la evaluación de claros en la concesión.

- **Distancia más cercana de los claros a los árboles de castaña**

La cuantificación de esta variable se realizó con el Software ArcGis 10.0, el cual calculó las distancias de los claros más cercanos al árbol de castaña.

- **Número de claros**

Esta variable se determinó cuantificando la cantidad de claros georeferenciados en un radio de 56.4 m ($\cong 1$ ha) a partir del fuste del árbol de castaña evaluado.

- **Área de los claros**

Esta variable se cuantificó sumando las áreas de los claros en un radio 56.4m ($\cong 1$ ha) a partir del fuste del árbol de castaña evaluado.

3.5. Tratamiento de los datos

Para la presente investigación, la variable de estudio es la producción de castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) y su relación con variables dasométricas, forma de copa, estado fitosanitario y la apertura de claros en un bosque primario con

presencia natural de castaña (concesión castañera). El análisis de datos se realizó, con los árboles evaluados, de forma independiente por año.

La toma de datos de las evaluaciones se realizó en los formatos de campo siguiente (ver ANEXO II):

- Ficha de evaluación de producción, que corresponde al formato donde se registró la producción de frutos de cada árbol.
- Ficha para censo de castaña, que corresponde al formato de evaluación de variables dasométricas y fitosanitarias, así como las coordenadas de ubicación del árbol evaluado.
- Ficha de evaluación de claros, que corresponde al formato donde se registró las coordenadas UTM de los claros producto del aprovechamiento forestal y por caída natural de árboles, así como sus diámetros.

3.5.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el software IBM SPSS Statistics 22, con el cual, en primer lugar, se realizó el test de normalidad, con lo que se determinó el tipo de prueba a utilizar, con lo que se realizó el análisis de las variables mediante pruebas paramétricas y no paramétricas según correspondía al test.

También se realizó el análisis descriptivo tanto para las variables numéricas (objetivas) como para las categóricas (subjetiva).

Las interpretaciones de correlaciones se basaron según la escala mostrada en la Tabla 7.

Tabla 7. *Interpretación para correlaciones*

Correlación	
“1”	“Correlación positiva perfecta”
“0.75 a 0.90”	“Correlación positiva muy fuerte”
“0.51 a 0.75”	“Correlación positiva considerable”
“0.26 a 0.50”	“Correlación positiva media”

“0.11 a 0.25”	“Correlación positiva débil”
“0 a 0.10”	“Correlación positiva muy débil”
“0”	“Correlación nula”
“0 a -0.10”	“Correlación negativa muy débil”
“-0.11 a -0.25”	“Correlación negativa débil”
“-0.26 a -0.50”	“Correlación negativa media”
“-0.51 a -0.75”	“Correlación negativa considerable”
“-0.75 a -0.90”	“Correlación negativa muy fuerte”
“-1”	“Correlación negativa perfecta”

Fuente: (Chulla, 2009)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Estadísticos Descriptivos Para Variables Cuantitativas

Tabla 8. Descripción estadística del NFrA, DAP, DC y Distancia de la castaña a los claros más cercanos

AÑO	ESTADISTICOS	NFrA	DAP	DC	Distancia de la castaña al claro más cercano	Distancia de la castaña al claro natural más cercano	Distancia de la castaña al claro inducido más cercano
1er año	N	192	192	192	192	192	192
	Media	210.130	131.641	26.626	61.019	64.766	390.308
	Mediana	160.000	132.417	26.500	42.497	43.168	325.771
	Moda	80 ^a	107.270 ^a	22.750 ^a	16.030 ^a	16.030 ^a	28.180 ^a
	Desv. estándar	180.739	34.658	6.024	67.888	71.071	278.805
	Asimetría	1.495	.165	.232	3.573	3.181	.724
	Curtosis	2.187	.057	-.156	15.526	12.280	-.490
	Rango	933	184.940	32.400	450.030	450.030	1138.270
	Mínimo	9	46.150	9.850	4.000	4.000	28.180
	Máximo	942	231.090	42.250	454.030	454.030	1166.450
	Suma	40344	25275.020	5112.100	11715.580	12435.160	74939.110
	Percentil	25	79.250	108.066	22.700	25.075	156.430
		75	287.500	153.107	30.313	71.786	607.188
2do año	N	170	170	170	170	170	170
	Media	313.110	130.462	26.530	40.917	42.335	439.872
	Mediana	259.500	132.257	26.575	28.470	29.181	373.753
	Moda	131 ^a	136.240	25.000 ^a	16.030 ^a	16.030 ^a	9.850 ^a
	Desv. estándar	236.452	34.026	6.276	39.464	42.080	307.304
	Asimetría	1.663	.231	-.170	3.258	3.041	.514
	Curtosis	4.041	.432	.680	14.710	12.016	-.912
	Rango	1403	189.390	35.100	303.950	303.950	1156.600
	Mínimo	10	41.700	7.150	1.410	1.410	9.850
	Máximo	1413	231.090	42.250	305.370	305.370	1166.450
	Suma	53228	22178.510	4510.050	6955.930	7196.920	74778.280
	Percentil	25	139.000	106.634	22.863	19.235	167.837
		75	407.000	149.685	30.013	46.947	716.864

NFrA: Número de frutos por árbol, DAP: Diámetro a la altura del pecho, DC: Diámetro de la copa, a: Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

La Tabla 8 nos muestra los árboles productivos que fueron evaluados tanto en el primer (192 árboles) como en el segundo (170 árboles) año de la investigación; en el que hubo una coincidencia de 118 árboles que mostraron producción en ambos años, teniendo 13 árboles (6.77% de los arboles evaluados en el primer año) que no produjeron en el segundo año de evaluación, siendo este un comportamiento antes observado por Zuidema y Boot (2002), en el que observaron que 6 de 276 arboles evaluados no fueron productivos a pesar de ser emergentes en el dosel. Zuidema (2003) señala que estudios realizados en el norte de la amazonía boliviana revelaron que una cierta proporción de árboles que están en las categorías del tamaño reproductivo no producen frutas en un año dado. Kainer, *et al.* (2007) también observaron este comportamiento en una selección aleatoria de 140 arboles que evaluaron durante 5 años, en el que 5 arboles no produjeron durante ese periodo, y 14 no produjeron nada en 3 años y tuvieron muy poca producción durante los otros dos años.

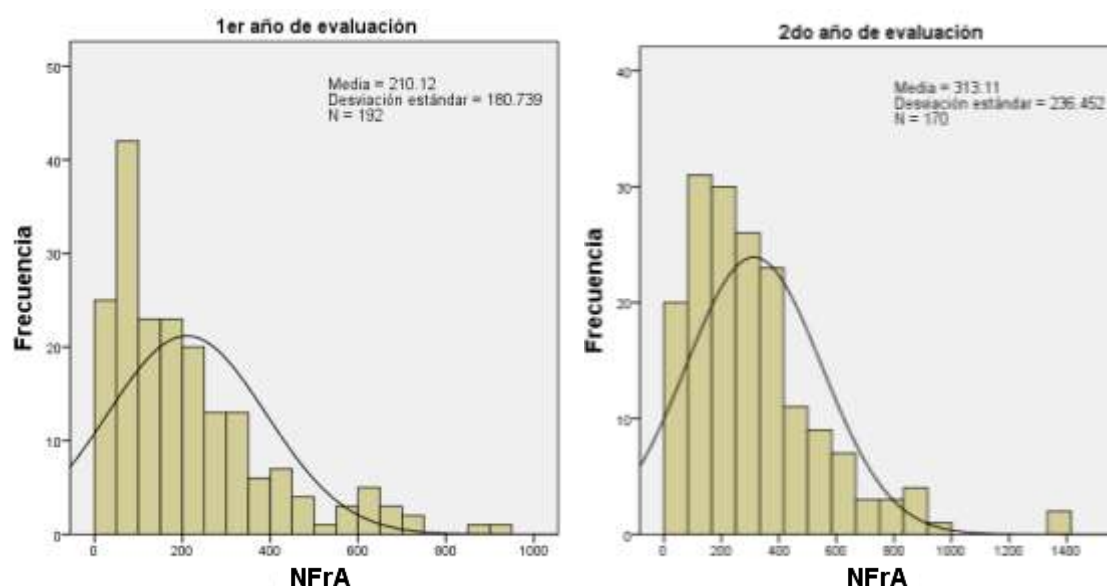


Figura 8. Frecuencia de árboles según la producción de frutos.

La producción media de frutos por árbol en el primer y segundo año fueron de 210 ± 180.7 y 313 ± 236.5 frutos respectivamente, observándose, además de una alta variabilidad en la producción de frutos, un incremento del 49% en este promedio para el segundo año. Estos promedios son superiores a los observados

en investigaciones antes realizadas en Brasil. Kainer *et al* (2007) obtuvieron en promedio 66.2 ± 98 frutos por árbol y por año. Tonini, Kaminski y Da Costa (2008) observaron una media de producción de 25 ± 42.6 frutos por árbol. Por otro lado, Zuidema y Boot (2002) en un estudio realizado en dos localidades de Bolivia obtuvieron una producción media por árbol y por año de 184 ± 129 y 139 ± 104 frutos al monitorear 93 árboles durante cinco y tres años respectivamente (Tonini, Kaminski y Da Costa, 2008).

El incremento en los promedios de producción fue superior en el grupo de los 118 árboles que fueron productivos en ambos años de evaluación, siendo 233 y 367 frutos en el primer y segundo año respectivamente, representando esto un incremento del 58% de la producción media por árbol para el segundo año en este grupo de árboles. Cabe mencionar que una particularidad observada en el árbol que presentó mayor producción en los dos años de evaluación es el tamaño de sus frutos, los cuales se asemejaban al tamaño de una naranja, siendo este el único árbol dentro de la concesión que presentó frutos con estas características.

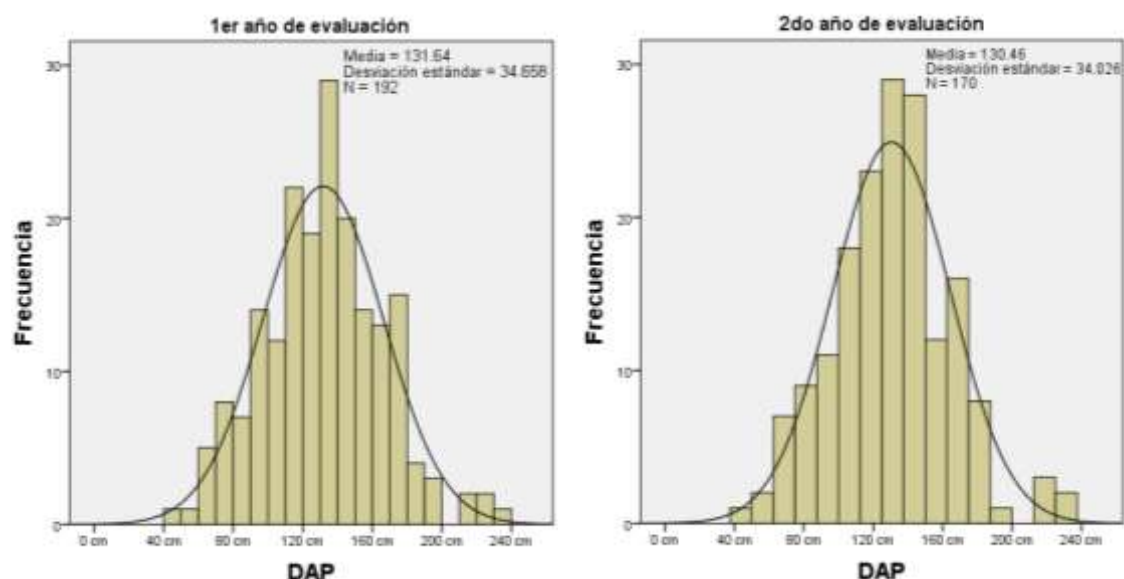


Figura 9. Frecuencia de árboles según su DAP.

Los árboles productivos evaluados presentaron un DAP > 40 cm en los dos años. Zuidema (2003) señala que el árbol productivo más pequeño encontrado en los estudios de bosques primarios en Bolivia fue de 33.3 cm de DAP. También se observó un mayor agrupamiento de árboles con DAP entre 100 a 180 cm.

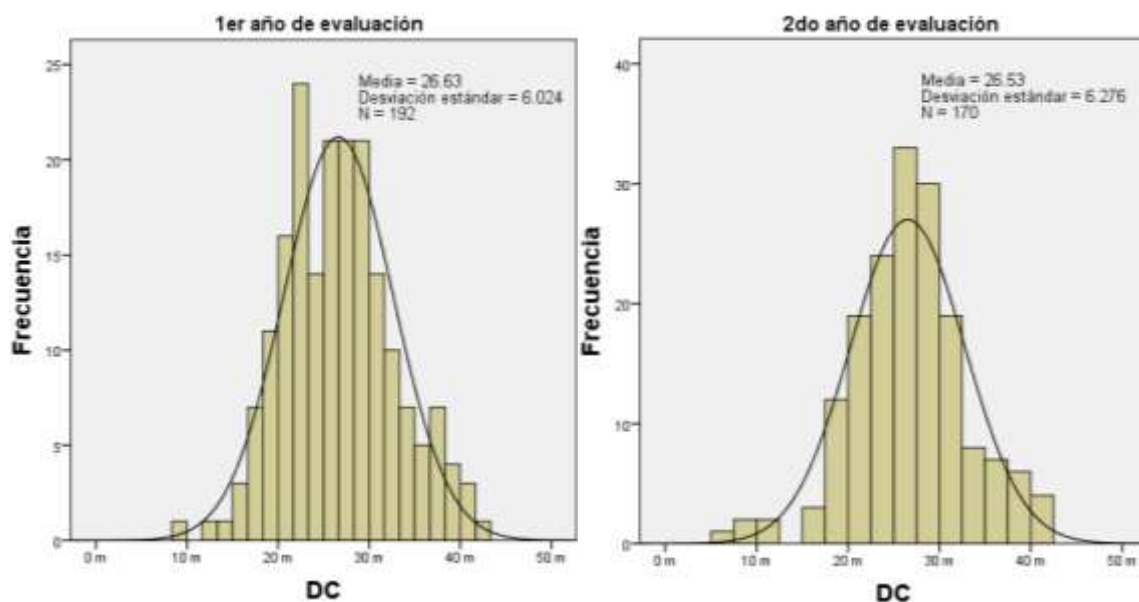


Figura 10. Frecuencia de árboles según el diámetro de su copa.

En la evaluación del diámetro de copa se pudo observar que existían árboles productivos con copa muy pequeñas producto de la pérdida algunas ramas, y aunque el porcentaje de incidencia de pérdidas de ramas es bajo, la evaluación del diámetro de la copa de los árboles estuvo sujeto a la incidencia de daños por pérdida de ramas (ver Tabla 10).

Con respecto a la apertura de claros dentro de la concesión, se evaluaron 297 claros en el primer año, siendo solo 20 claros producto del aprovechamiento forestal; mientras que para el segundo año hubo un incremento considerable de la presencia de claros en la concesión (en su mayoría claros de origen natural), teniendo un total 425 claros evaluados para este año, siendo solo 33 claros producto del aprovechamiento forestal. Así también se encontraron claros muy cerca de los árboles de castaña, que en su mayoría fueron claros de origen natural.

Por otro lado, la aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 17) indico que los datos obtenidos del conteo de numero de frutos por árbol se diferenciaron significativamente de la distribución normal resultando $Z=0.157$ y $p=0.000$ para el primer año, y $Z=0.114$ y $p=0.000$ para el segundo año, y de igual forma, las variables de apertura de claros más cercanos hacia la castaña presentaron este mismo comportamiento; mientras que para el DAP y DC indico que los datos no se diferenciaron significativamente de una distribución normal, resultando para el DAP $Z=0.031$ y $p=0.200$, y $Z=0.046$ y $p=0.200$ para cada año respectivamente, y para el DC $Z=0.047$ y $p=0.200$, y $Z=0.061$ y $p=0.200$.

Tabla 9. Descripción estadística del número de claros y suma de sus áreas en un radio de 56.4 m ($\cong 1ha$) a partir del árbol de castaña

AÑO	VARIABLE	Número de claros en un radio de 56.4 m	Número de claros naturales en un radio de 56.4 m	Número de claros artificiales en un radio de 56.4 m	Suma del área de los claros en un radio de 56.4 m	Suma del área de los claros naturales en un radio de 56.4 m	Suma del área de los claros artificiales en un radio de 56.4 m
1er año de evaluación	N	128	121	5	128	121	5
	Media	1.670	1.680	1.200	481.431	472.312	503.873
	Mediana		2		374.538	314.945	415.477
	Moda	1	1	1	103.870	103.869	176.715 ^a
	Desviación estándar				397.860	398.354	291.619
	Rango	3	3	1	1533.490	1533.494	785.400
	Mínimo	1	1	1	28.270	28.270	176.715
	Máximo	4	4	2	1561.770	1561.768	962.115
	Suma	214	203	6	61623.180	57149.742	2519.367
	Percentiles	25			152.171	139.605	287.162
2do año de evaluación		75			728.655	726.691	764.783
	N	142	134	1	142	134	1
	Media	2.150	2.120		566.331	554.462	
	Mediana		2		449.445	447.187	
	Moda	2	2		33.18 ^a	33.183 ^a	
	Desviación estándar				435.532	432.422	
	Rango	6	6		1957.410	1957.414	
	Mínimo	1	1		33.180	33.183	
	Máximo	7	7		1990.600	1990.598	
	Suma	305	284		80419.070	74297.856	
	Percentiles	25			216.673	213.825	
		75			860.356	855.399	

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

Si bien se observó alta incidencia de árboles de castaña con presencia de claros naturales en un radio de 56.4 m ($\cong$ 1ha), la incidencia de claros artificiales en los árboles de castaña en el radio evaluado fue muy baja, teniendo así en el primer año a 7 árboles que presentaron, entre otro tipo de claros, también claros artificiales, de los cuales solo 5 árboles presentaron solo claros artificiales, mientras que en el segundo año 8 árboles presentaron, entre otro tipo de claros, también claros artificiales, de los cuales solamente 1 árbol presentó solo claros artificiales; lo que es consecuente con la baja intensidad de aprovechamiento forestal maderable realizada dentro de la concesión.

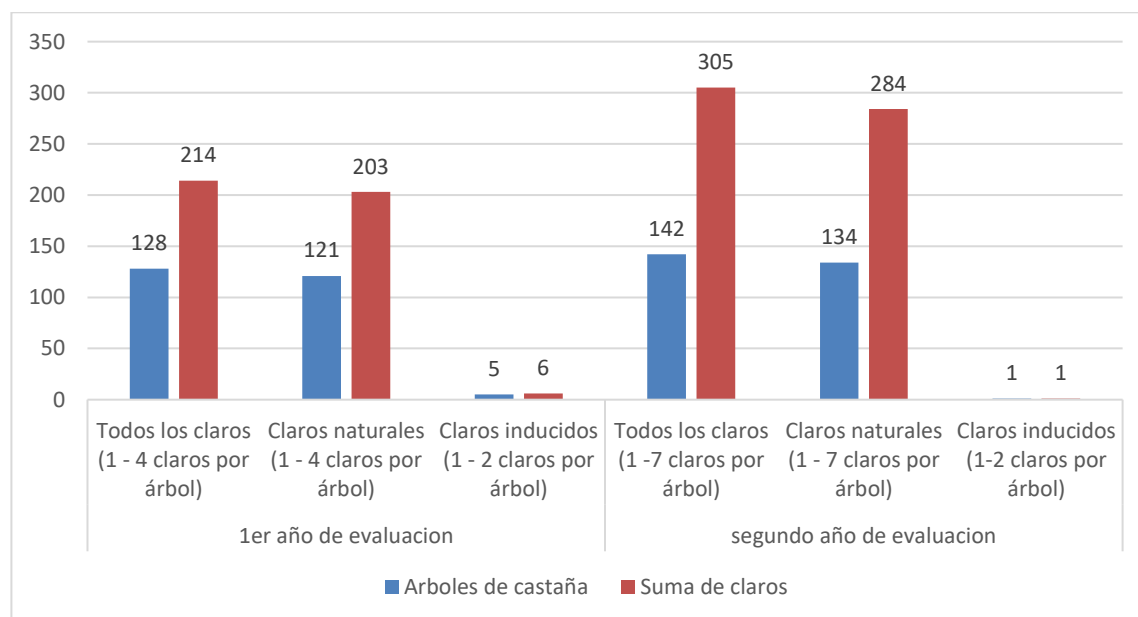


Figura 11. Árboles de castaña con presencia de claros.

Por otro lado, se observa en el primer año que la cantidad de claros en un radio de 56.4m está en un rango de 1 a 4 claros por árbol, de los cuales solo 2 árboles presentaron hasta 4 cuatro claros; mientras que en el segundo año el incremento de claros en la concesión generó también un incremento en la cantidad de estos en las cercanías de los árboles, con un rango de 1 hasta 7 claros por árbol, en lo que se observó que 10 árboles presentaron hasta 4 claros, 2 árboles hasta 5 claros, solo 1 árbol presentó 6 claros y de igual forma también solo 1 árbol presentó 7 claros en el radio evaluado.

4.2. Estadísticos Descriptivos Para Variables Cualitativas

Tabla 10. *Distribución de los individuos productivos según variables cualitativas (ordinal y nominal)*

	VARIABLES	1er Año de Evaluación		2do Año de Evaluación	
		Frecuencia	Porcentaje (%)	Frecuencia	Porcentaje (%)
FC	Circulo completo	81	42.2	70	41.2
	Circulo irregular	54	28.1	37	21.8
	Medio circulo	48	25	53	31.2
	Menos que medio circulo	7	3.6	8	4.7
	Pocas ramas	2	1	2	1.2
	Total	192	100	170	100
IL	Ausencia de lianas	125	65.1	113	66.5
	Presencia de lianas	67	34.9	57	33.5
	Total	192	100	170	100
Infestación por lianas	Libre de lianas o bejucos	125	65.1	113	66.5
	Presencia en el fuste	56	28.6	44	25.9
	Presencia (leve) en fuste y copa	9	4.7	9	5.3
	Presencia en fuste y copa (afecta el crecimiento)	3	1.6	4	2.4
	Total	192	100	170	100
	Total	192	100	170	100
RC	Copa sin ramas caídas	181	94.3	155	91.2
	Copa con ramas caídas	11	5.7	15	8.8
	Total	192	100	170	100
IE	Ausencia de epifitas	18	9.4	10	5.9
	Presencia de epifitas en la copa del árbol	174	90.6	160	94.1
	Total	192	100	170	100
IT	Ausencia de termitas	117	60.9	100	58.8
	Presencia de termitas	75	39.1	70	41.2
	Total	192	100	170	100

FC: Forma de la copa; IL: Incidencia de lianas en el árbol; RC: Incidencia de daño por perdida de ramas; IE: Incidencia de epifitas en el árbol; IT: Incidencia de termitas en el árbol.

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

De igual forma que el diámetro de copa, las categorías en la evaluación de la forma de la copa del árbol fueron afectadas por la incidencia de daños por perdida de ramas, teniendo así que en el primer año 11 árboles tuvieron incidencia de ramas caídas y 15 árboles en el segundo año.

Cabe mencionar que en la evaluación en campo se observaron que en un grupo muy pequeño de árboles de castaña la forma de su copa fue afectada por la presencia muy cercana de otros árboles, y, por otro lado, no se observó daño alguno en la copa de los árboles de castaña por claros artificiales que se realizaron muy cerca de ellos.

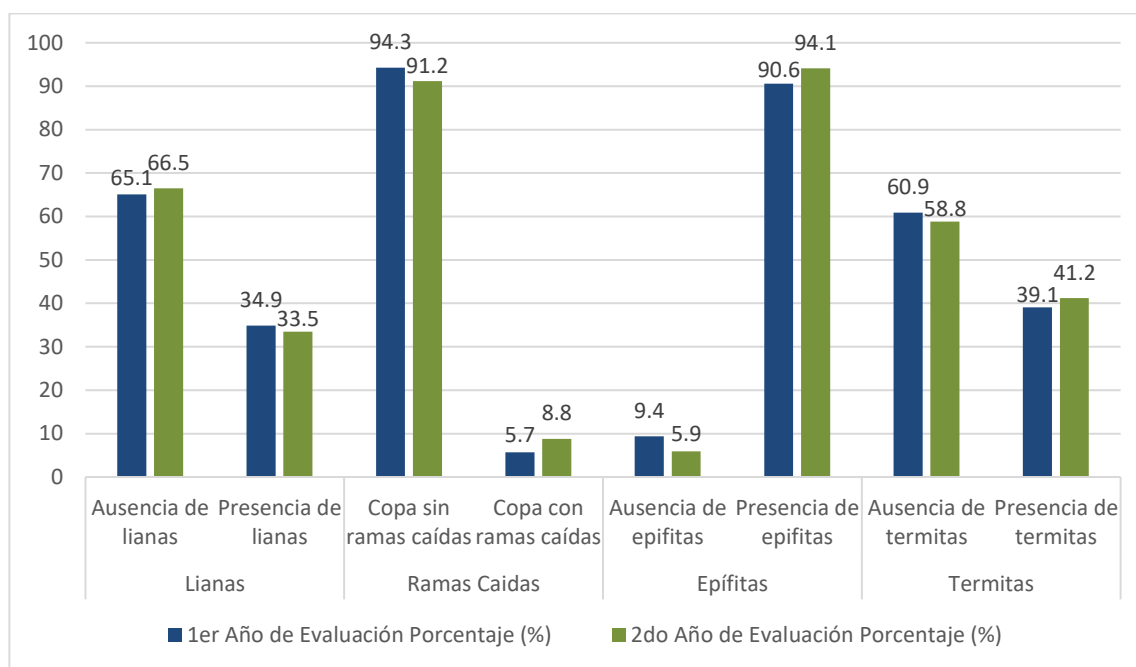


Figura 12. Incidencia de lianas, ramas caídas, epífitas y termitas en los arboles productivos.

Con respecto a la incidencia de epífitas y termitas, en ambos años se pudo observar un alto porcentaje de árboles que los presentaban, superando el 90% de incidencia.

4.3. Análisis de correlación para las variables evaluadas de los árboles

Tabla 11. *Correlación de Spearman para variables dasométricas, forma de copa, infestación por lianas y número de frutos por árbol*

AÑO	VARIABLES		NFrA	DAP	DC	FC	Inf_L
1er año de evaluación	NFrA	rho de Spearman	1.000	.286**	.331**	-.074	-.200**
		Sig. (bilateral)		.000	.000	.306	.006
		N	192	192	192	192	192
	DAP	rho de Spearman	.286**	1.000		.094	-.056
		Sig. (bilateral)	.000			.196	.444
		N	192	192		192	192
	DC	rho de Spearman	.331**		1.000	-.032	-.203**
		Sig. (bilateral)	.000			.663	.005
		N	192		192	192	192
	FC	rho de Spearman	-.074	.094	-.032	1.000	.004
		Sig. (bilateral)	.306	.196	.663		.956
		N	192	192	192	192	192
	Inf_L	rho de Spearman	-.200**	-.056	-.203**	.004	1.000
		Sig. (bilateral)	.006	.444	.005	.956	
		N	192	192	192	192	192
2do año de evaluación	NFrA	rho de Spearman	1.000	.379**	.438**	-.141	-.117
		Sig. (bilateral)		.000	.000	.067	.128
		N	170	170	170	170	170
	DAP	rho de Spearman	.379**	1.000		-.020	.020
		Sig. (bilateral)	.000			.792	.792
		N	170	170		170	170
	DC	rho de Spearman	.438**		1.000	-.176*	-.125
		Sig. (bilateral)	.000			.022	.103
		N	170		170	170	170
	FC	rho de Spearman	-.141	-.020	-.176*	1.000	.114
		Sig. (bilateral)	.067	.792	.022		.138
		N	170	170	170	170	170
	Inf_L	rho de Spearman	-.117	.020	-.125	.114	1.000
		Sig. (bilateral)	.128	.792	.103	.138	
		N	170	170	170	170	170

NFrA: Número de frutos por árbol, DAP: Diámetro a la altura del pecho, DC: Diámetro de la copa, FC: Forma de la copa, Inf_L: Infestación por lianas, *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas), **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

El análisis de correlación (Tabla 11) nos muestra que el DAP presenta correlación positiva media altamente significativa en los dos años de evaluación, siendo $\rho=0.286^{**}$ para el primer año, e incrementándose el valor correlacional a $\rho=0.379^{**}$ para el segundo año. Este resultado concuerda con lo hallado, en un estudio posterior, por Choque (2015) en el que determinó una $\rho=0.313$, aunque no significativo, entre el DAP y la producción de frutos del árbol de la castaña. Tonini, Kaminski y Da Costa (2008), en su estudio de producción de semillas de castaña, en el estado de Roraima-Brasil, determinaron correlación significativa ($r=0.349$, $p=0.001$) entre la producción de semillas y el DAP en 239 árboles muestreados durante un periodo de un año de cosecha, sin embargo, este resultado es inferior a lo hallado por Wadt, *et al.* (2005), en el que reporto correlación altamente significativa ($r=0.61$, $p=0.0001$) de la producción de semillas con el DAP, en un estudio de 568 individuos de castaña con $DAP > 10$ cm en el estado de Acre-Brasil.

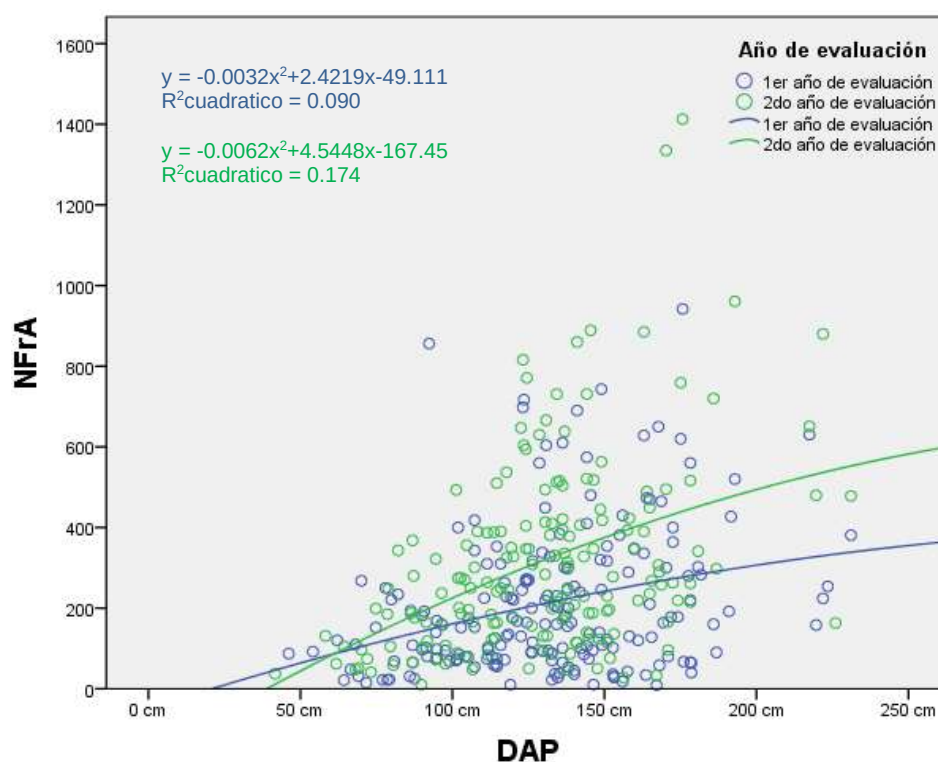


Figura 13. Relación del DAP con el número de frutos por árbol.

Debido al comportamiento de la variable DAP (Tabla 17) , y en un modelo de regresion cuadradica (polinomial), ecuacion de mejor ajuste (Figura 13), el DAP pudo explicar hasta en un 9% ($R^2=0.090$) la variabilidad de la produccion de frutos en el primer año, y para el segundo año explico hasta el 17% ($R^2= 0.174$) de esta variabilidad. Estos valores son inferiores a los determinados por Kainer, *et al.* (2007), quien considera esta variable como la mas importante en la variabilidad de la produccion, que puede hasta predecir >50% ($R^2=0.565$) de esta variabilidad, y al de Wadt, *et al.* (2005), en el que la proporcion de la variacion en la produccion de semillas explicadas por el DAP fue hasta en un 37% ($R^2=0.372$); sin embargo el coeficiente de determinacion hallado en el segundo año de nuestro estudio indica valores muy proximos a lo determinado por Tonini, Kaminski y Da Costa (2008), quien reporta que el DAP explica hasta en un 19% la variabilidad de la produccion de semillas; y lo determinado por Choque (2015), quien en su analisis de produccion de semillas, determino que la variacion de la produccion explicada por el DAP es de hasta el 23% ($R^2=0.227$).

Los arboles con DAP entre 100 a 180 cm fueron los mas productivos (Figura 13), alcanzando un máximo de producción en 175 cm de DAP aproximadamente, siendo superior a lo hallado por Kainer, *et al.* (2006), quien encontro que los arboles alcanzaron un maximo de produccion en aproximadamente 125 cm de DAP, y Kainer, *et al.* (2007) tuvo una agrupacion muy similar entre arboles de mejor productividad, señalando que estos se encontraban entre DAP de 100 a 150 cm, mientras que y Tonini, Kaminski y Da costa (2008) encontraron que los arboles mas productivos estuvieron entre 80 a 150 cm de DAP. Tonini y Pedroso (2014) determinaron que los arboles más gruesos, que superan los 100 cm de DAP, son los que tienen mejor rendimiento, lo que atribuye a la relación del tamaño del árbol, la mayor capacidad de capturar la luz y biomasa de las raíces, lo que puede disminuir el estrés por humedad durante años de poca lluvia.

Asi también, podemos observar (Tabla 11) que el diametro de la copa presenta correlacion positiva media ($\rho=0.331^{**}$, $p=0.000$; $\rho=0.438^{**}$, $p=0.000$) y altamente significativa con la produccion de frutos de los arboles de castaña en

ambos años evaluados. Esta correlación concuerda con la hallada por Choque (2015), en el que determino relación significativa ($r=0.264^*$) entre el diámetro de la copa y la producción de semillas de los árboles de castaña.0

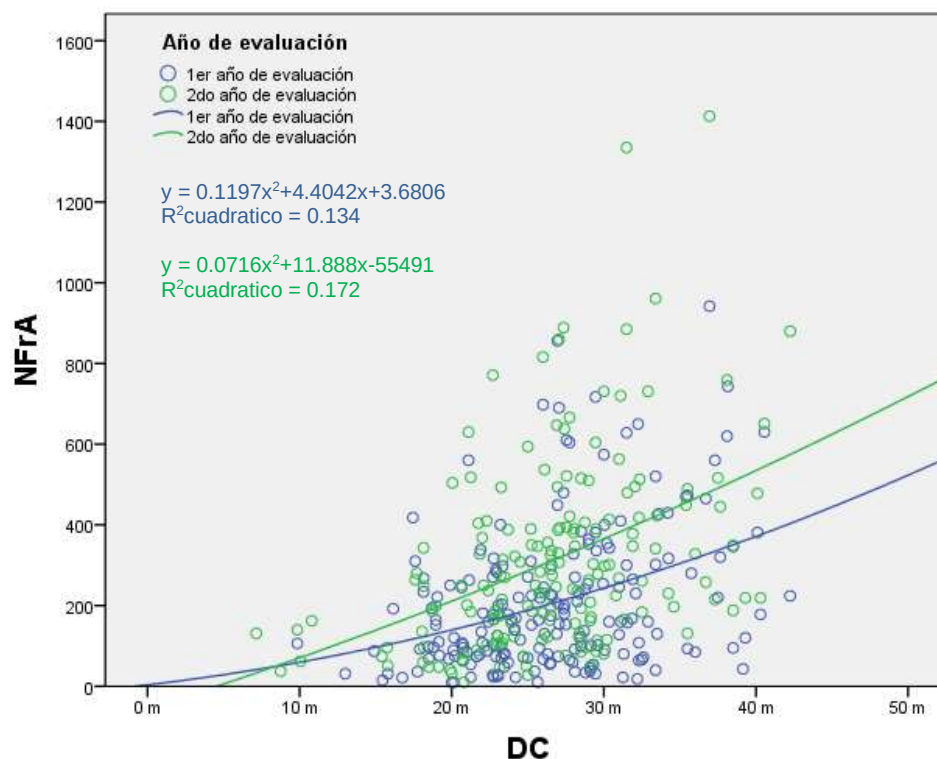


Figura 14. Relación del número de frutos y el diámetro de la copa de los árboles.

La producción de frutos presenta cierto grado de dependencia con tendencia positiva con el DC, y en un modelo de regresión cuadrático, ecuación de mejor ajuste (Figura 14), el DC de los arboles puede explicar hasta en un 13% la variabilidad de la producción de frutos en el primer año, y para el segundo año explico hasta el 17% de esta variabilidad; este resultado es similar a lo determinado por Coque (2015) en su análisis de producción de semillas, en el que reporta que el DC puede explicar hasta en un 14% ($R^2=0.139$) la variabilidad de la producción de semillas.

En los dos años de evaluación (Figura 14), se ha observado que la producción de frutos es mejor en árboles con diámetros de copas mayores que 20 m, teniendo producciones muy altas en copas con diámetros alrededor de los 30 m,

este resultado es similar a lo hallado por Choque (2015), quien señala que la producción de semillas más alta se registró en arboles con copas que superan los 30 m de diámetro.

En un análisis independiente se determinó que el diámetro de la copa del árbol guarda relación perfecta ($r=1.000^{**}$) con su área, lo que es un resultado esperado ya que el área de la copa resulta del cálculo a partir del diámetro promediado de las medias tomadas en campo, lo que concordaría con Kainer, *et al.* (2007), quien señala que, además del DAP, los atributos de la copa como su área, también es un buen predictor de la producción de frutos de los árboles de castaña.

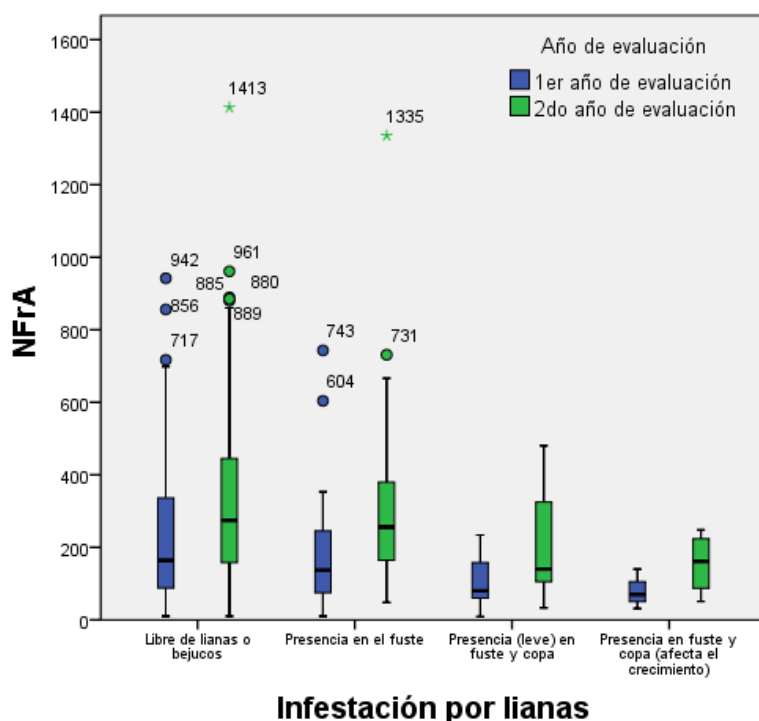


Figura 15. Distribución del número de frutos según categorías de infestación por lianas.

Por otra parte, podemos observar también (Tabla 11), que solo para el primer año evaluado, la producción de frutos por árbol presenta correlación negativa media altamente significativa con el grado de infestación de lianas ($\rho = -0.189^{**}$, $p = 0.006$), lo que nos dice que mientras menor sea el grado de infestación de lianas en los árboles existirá una mejora en su producción. Esta relación es coincidente con lo observado por Kainer, *et al.* (2006), quien determinó influencia

significativa de la infestación por lianas sobre la producción de frutos de los árboles de castaña; y con lo reportado por Wadt (2005), quien determinó relación negativa entre la carga de lianas y la producción de árboles con DAP > 50 cm ($r = -0.130$, $p = 0.008$), sugiriendo que la carga de lianas afecta negativamente la producción de nueces de individuos reproductivamente maduros.

Sin embargo, en nuestro estudio esta relación no es significativa en ambos años de evaluación, lo que nos sugiere que la variación de producción está sujeta no solo a características propias del árbol y a la afección por lianas, sino que también podría estar sujeta a otros factores, como la calidad de sitio (Arias 2005), la disponibilidad de nutrientes y luz (Kainer, *et al.*, 2007), y la precipitación en determinadas épocas del año, las cuales están relacionadas positivamente con el incremento de la producción (Kainer, *et al.*, 2007; Ivanov, 2011)

En la Figura 15 podemos observar, en los dos años de evaluación que, la producción del número de frutos por árbol es menor conforme el grado de infestación por lianas va incrementándose, notándose esta diferencia productiva entre las medias de producción de los subgrupos de infestación por lianas que afectaron la copa y los que no, teniendo así en su mayoría la mejor producción de frutos en árboles que no presentaron infestación por lianas, lo que concuerda con lo determinado por Kainer, *et al.* (2006), quien señala que los árboles con carga de lianas en la copa > 75% producen significativamente menos frutos que los árboles libres de lianas o parcialmente libre de lianas, asociando entonces un recuento mínimo de frutos a la presencia de lianas en la copa, con lo que el corte de lianas podría mejorar la producción de frutos a largo tiempo (Kainer, *et al.*, 2007).

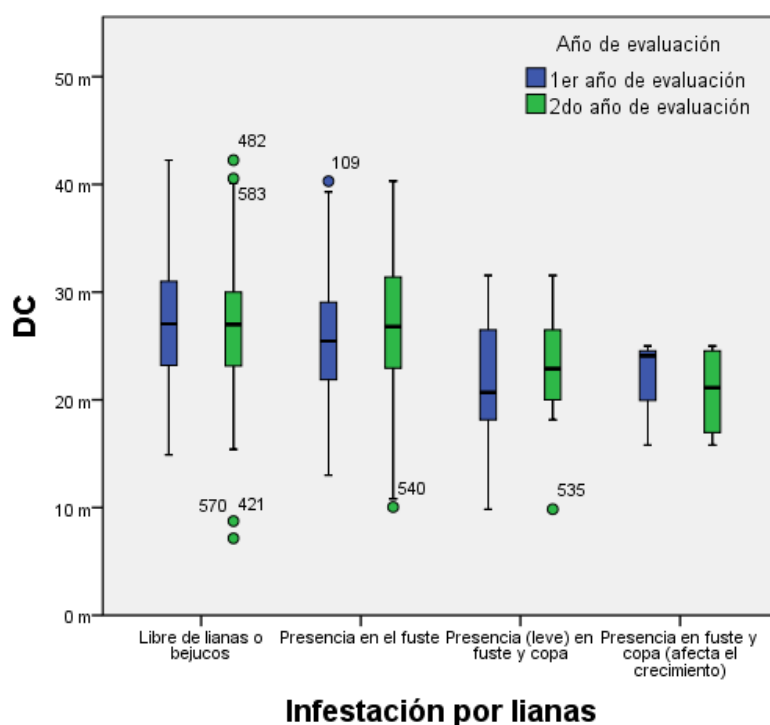


Figura 16. Distribución de las medidas del diámetro de la copa según el grado de infestación por lianas.

Así también podemos observar que (Tabla 11), el grado de infestación por lianas presenta correlación negativa débil altamente significativa con la variable diámetro de copa ($\rho = -0.203^{**}$, $p = 0.005$) en el primer año, mientras que en el segundo año esta relación no fue significativa ($\rho = -0.125$, $p = 0.103$), observándose, que el diámetro de copa de los árboles es mayor conforme el grado de infestación por lianas que comprometen la copa es menor (Figura 19), lo que puede deberse a que las lianas utilizan los árboles para alcanzar los estratos más altos en el dosel, y pueden competir con ellos por diferentes recursos, y afectarlos negativamente (Toledo, 2010), y también al hecho de que el sobrepeso de las lianas puede llegar a quebrar las ramas de los árboles (Garrido, Duran y Gerold, 2012), lo que puede afectar el diámetro y forma de la copa, haciéndolas pobres y afectando al crecimiento y producción de frutos (Kainer, *et al.*, 2007; Choque, 2015).

En este estudio, la forma de la copa guardó relación no significativa con la producción de frutos en ambos años de evaluación (Tabla 11), resultado que

concuerta con Choque (2015), quien tampoco encontró relación significativa entre estos dos índices ($\rho=0.045$, $p=0.799$). Un resultado diferente reporto Kainer, *et al.*, (2007), quien señalo que la forma de copa fue importante para explicar la variación en la producción de frutos de castaña ($p<0.05$), y que los arboles con mejores formas de copa (círculos completos o irregulares) eran significativamente mejores productores de frutas que los de todas las demás categorías de forma de copa. Estas diferencias pueden deberse a que la variabilidad de la forma de copa en su gran mayoría no fue determinada por causas fortuitas como la perdida de sus ramas (poca incidencia de ramas caídas), sino fue determinada por causas diferentes, y en nuestras observaciones estas estuvieron definidas en su mayoría por la cercanía de otros árboles, cuyos diámetros fueron muy similares a los arboles de castaña, lo que sugiere una capacidad adaptativa de los árboles de castaña a la competencia durante su crecimiento y que al ser un proceso natural no afectaría significativamente su producción; también puede estar relacionada al tiempo de evaluación, ya que este es un estudio de muy corto periodo.

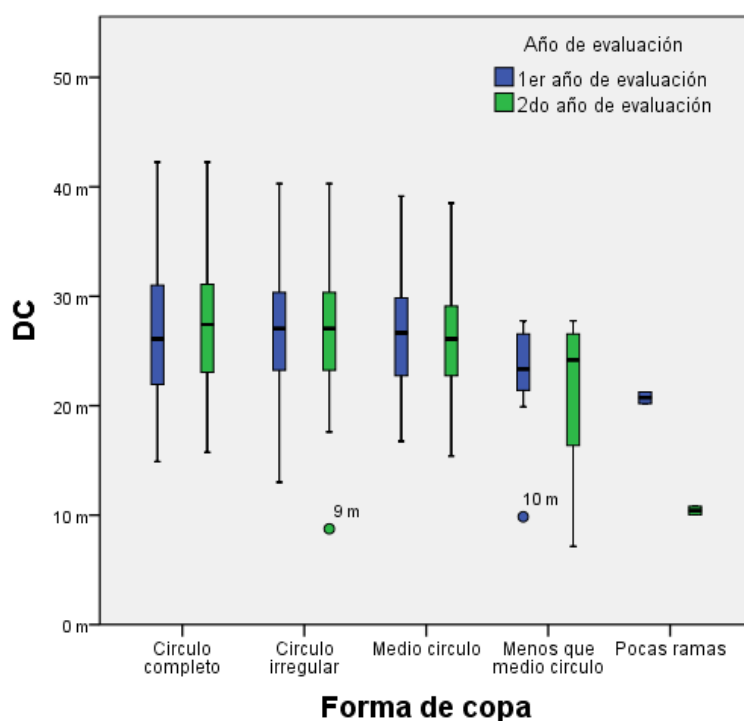


Figura 17. Distribución del diámetro de copa según las categorías de forma de copa.

Entre otras correlaciones podemos observar que (Tabla 11), el diámetro de la copa de los arboles presento correlación negativa débil significativa con la forma de su copa solo en el segundo año de evaluación ($\rho=-0.176^*$, $p=0.02$), mientras que en el primer año esta relación fue no significativa ($\rho=-0.032$, $p=0.663$). (Tabla 11), siendo estas inferiores a la determinada por Choque (2015) entre estos dos índices ($\rho=0.773^{**}$, $p=0.000$), en su análisis de árboles plus. Esta baja relacion obtenida puede deberse a que la poblacion estudiada estuvo conformada por individuos con diferentes características fenotípicas, y a la metodología de medición del DC, ya que estas se tomaban orientadas hacia los puntos cardinales, lo que en algunas ocasiones podía sobreestimar el DC de los arboles.

Tabla 12. *Correlación de Pearson para DAP y Diámetro de copa*

Año	VARIABLE	Diámetro de copa
1er año de evaluación	DAP	r de Pearson
		.713**
		Sig. (bilateral)
2do año de evaluación	DAP	N
		.000
		192
2do año de evaluación	DAP	r de Pearson
		.719**
		Sig. (bilateral)
2do año de evaluación	DAP	N
		.000
		170

DAP: Diámetro a la altura del pecho, **. La correlación es significativa en el nivel 0,01

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

Como podemos observar en la Tabla 12, existe correlación positiva considerable altamente significativa entre el DAP de los árboles y su diámetro de copa para ambos años de evaluación. Esta correlación es mayor a la determinada por Choque (2015), pero significativamente igual ($\rho=0.467^{**}$, $p=0.005$).

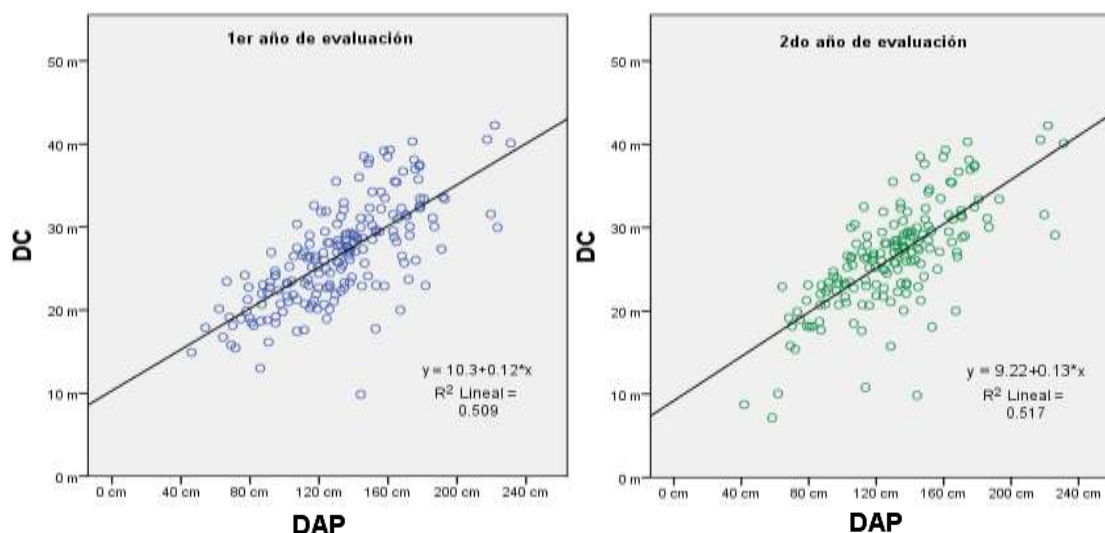


Figura 18. Correlación entre el diámetro de copa y el DAP.

En la Figura 18 podemos observar la relación de dependencia lineal que existe entre estas dos variables en los dos años de evaluación, teniendo así que el DAP puede predecir la variación del DC en más del 50 % de los árboles en los dos años de evaluación ($R^2_{\text{lineal}}=0.509$, $R^2_{\text{lineal}}=0.517$), que además tiene una proporción de 20.2 veces mayor que el DAP. Esta proporción es inferior a la hallada por Tonini y Arco-verde (2005), quienes señalan que la proporción entre el diámetro de copa es aproximadamente 50 veces más grande que el DAP. Los árboles de castaña van incrementando el tamaño de sus copas a medida que también aumentan su DAP (Usca, 2012).

4.4. Prueba T de Student para IE, IT y DAP

Tabla 13. *T de Student para Incidencia de Epifitas en la copa y DAP*

Prueba de muestras independientes										
AÑO			Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
1er año de evaluación	DAP	Se asumen varianzas iguales	.391	.532	-6.138	190	.000	-48.23910	7.85968	-63.74255 -32.73565
		No se asumen varianzas iguales			-6.840	21.860	.000	-48.23910	7.05263	-62.87080 -33.60740
2do año de evaluación	DAP	Se asumen varianzas iguales	.249	.619	-5.034	168	.000	-52.20473	10.36944	-72.67591 -31.73354
		No se asumen varianzas iguales			-5.812	10.619	.000	-52.20473	8.98270	-72.06246 -32.34700

DAP: Diámetro a la altura del pecho

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

La Tabla 13 nos muestra que existe diferencia estadísticamente significativa entre los diámetros de los árboles que presentaron epifitas contra los que no, en los dos años evaluados, lo que nos sugiere que existe relación entre la incidencia de epifitas y el DAP de los árboles.

Esta relación puede estar explicada por la relación positiva que existe entre la edad de los árboles y su DAP (Zuidema, 2003), y a la relación positiva entre el DAP, altura del árbol y diámetro de copa (Tonini y Arco-Verde, 2005); lo que correspondería con el hecho de que uno de los factores más influyente en la relación epífita-hospedero es la edad, es decir que mientras más viejo el hospedero, existe mayor posibilidad de que las comunidades de epífitas sean más numerosas y estables (Damon, 2003; Decker, 2009), ya que estas se alimentan de sustratos muertos e inertes sin penetrar (no causa perjuicios) el sistema vascular de los árboles (Damon, 2003).

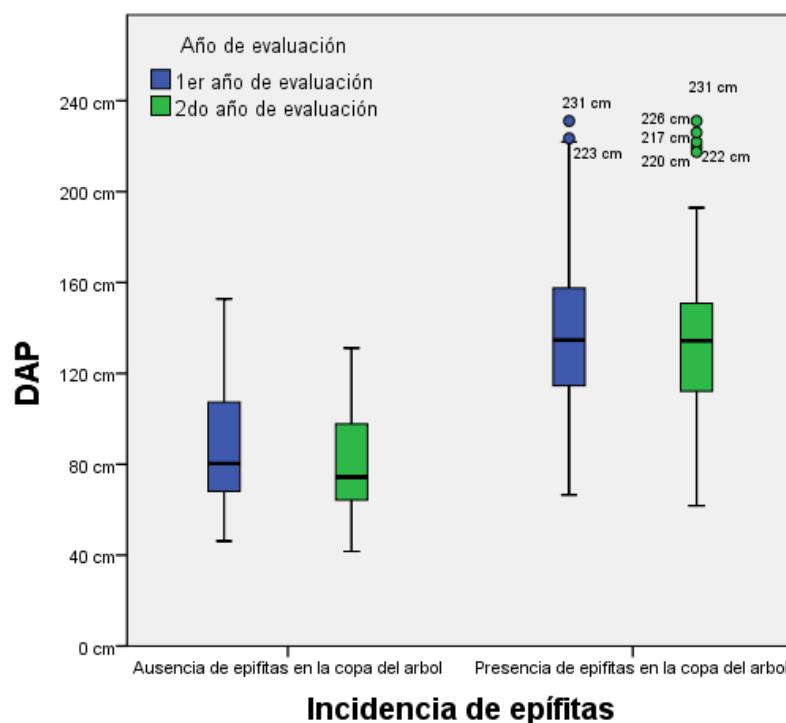


Figura 19. Distribución del Dap según la incidencia de Epifitas en los árboles productivos.

Esta relación se puede ver en la Figura 19, en la que se observa que la incidencia de epífitas en su mayoría se presentó en individuos que superan los 110 cm de DAP aproximadamente; también se puede distinguir que el DAP presenta una distribución similar entre los grupos de contraste ($H_0: \sigma_1 = \sigma_2$; Tabla 13, significancia de la prueba de Levene).

Tabla 14. *T de Student para Incidencia de termitas y DAP*

Prueba de muestras independientes											
AÑO			Prueba de Levene de calidad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
										Inferior	Superior
1er año de evaluación	DAP	Se asumen varianzas iguales	1.689	.195	-5.696	190	.000	-27.05657	4.75050	-36.42706	-17.68608
		No se asumen varianzas iguales			-5.876	173.565	.000	-27.05657	4.60427	-36.14414	-17.96899
2do año de evaluación	DAP	Se asumen varianzas iguales	1.508	.221	-5.462	168	.000	-26.76928	4.90099	-36.44474	-17.09383
		No se asumen varianzas iguales			-5.577	158.608	.000	-26.76928	4.80036	-36.25015	-17.28842

DAP: Diámetro a la altura del pecho

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

La Tabla 14 nos muestra que existe diferencia estadística significativa entre los diámetros de los árboles que presentaron termitas contra los que no, en los dos años evaluados, lo que nos sugiere que existe relación entre la incidencia de termitas y el DAP de los árboles.

Esta relación podría estar explicada por habito alimenticio de las termitas, ya que estas se alimentan tanto de material vegetal vivo como muerto y en diferente grado de descomposición (Cosarinsky, 2003), y también a la relación positiva que existe entre la edad de los árboles y su DAP (Zuidema, 2003), que en un proceso senescente del árbol se incrementa la producción de corteza, la cual puede ser descompuesta utilizándolo como alimento (Ramírez y Lanfranco, 2001).

Por otra parte, en las observaciones descritas por Usca (2012), señala que la presencia de termitas en esta especie es permanente encontrándolos al estado natural como también en plantaciones. Esta presencia puede tener sustento en lo señalado por Beltrán (2017) en un estudio más reciente de diversidad de termitas en plantaciones, en el que señala que estas tienen una relación positiva con el carbono orgánico del suelo, y a que presentan un comportamiento como bioindicador natural en ecosistemas poco perturbados, modificando su dinámica poblacional a las perturbaciones del medio y a la oferta de alimentos, teniendo una relación negativa a la apertura del dosel; el cual también puede tener cierto respaldo en la observaciones que tuvimos, notándose el abandono de termiteros y ausencia de termitas en arboles muy expuestos a la luz (dosel del bosque fragmentado).

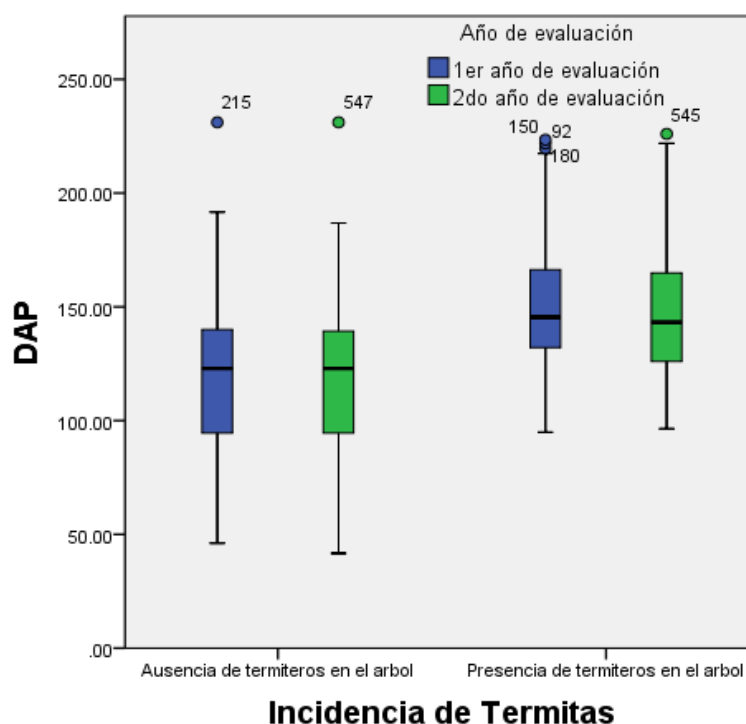


Figura 20. Distribución del Dap en relación a la Incidencia de termitas en arboles productivos.

Esta relación de incidencia de termitas podemos verla en la Figura 20, en la que se puede observar que el DAP presenta una distribución similar entre los grupos

de contraste ($H_0: \sigma_1 = \sigma_2$; Tabla 14), significancia de la prueba de Levene); teniendo en su mayoría ausencia de termitas en individuos de menor diámetro, mientras que en su mayoría los individuos de mayor diámetro presentaron incidencia de termitas, en ambos años de evaluación.

4.5. Prueba U de Mann-Whitney: Relación entre variables cualitativas nominales (dicotómicas) y producción de frutos por árbol

Tabla 15. Prueba U de Mann-Whitney para variables dicotómicas y producción de frutos por árbol

AÑO		ESTADISTICO	IL	RC	IE	IT
1er año de evaluación	NFrA	U de Mann-Whitney	3270.000	651.500	1083.000	4125.500
		Z	-2.500	-1.922	-2.152	-.697
		Sig. asintótica (bilateral)	.012	.055	.031	.486
2do año de evaluación	NFrA	U de Mann-Whitney	2848.500	825.500	298.500	2684.500
		Z	-1.228	-1.851	-3.321	-2.582
		Sig. asintótica (bilateral)	.219	.064	.001	.010

NFrA: Número de frutos por árbol, IL: Incidencia de lianas en el árbol, RC: Incidencia de ramas caídas, IE: Incidencia de epífitas en el árbol, IT: Incidencia de termitas en el árbol.

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

En la Tabla 15, podemos observar que solo en el primer año existe diferencia estadísticamente significativa entre la producción mediana de frutos por árbol de los individuos que presentaron incidencia de lianas y los que no ($0.012 < 0.05$), lo que nos indica que existe asociación entre la producción de frutos y la incidencia de lianas en el árbol. Este resultado es consecuente con lo hallado en la Tabla 11, en la que se muestra la existencia de correlación significativa entre las categorías de infestación por lianas y la producción de frutos.

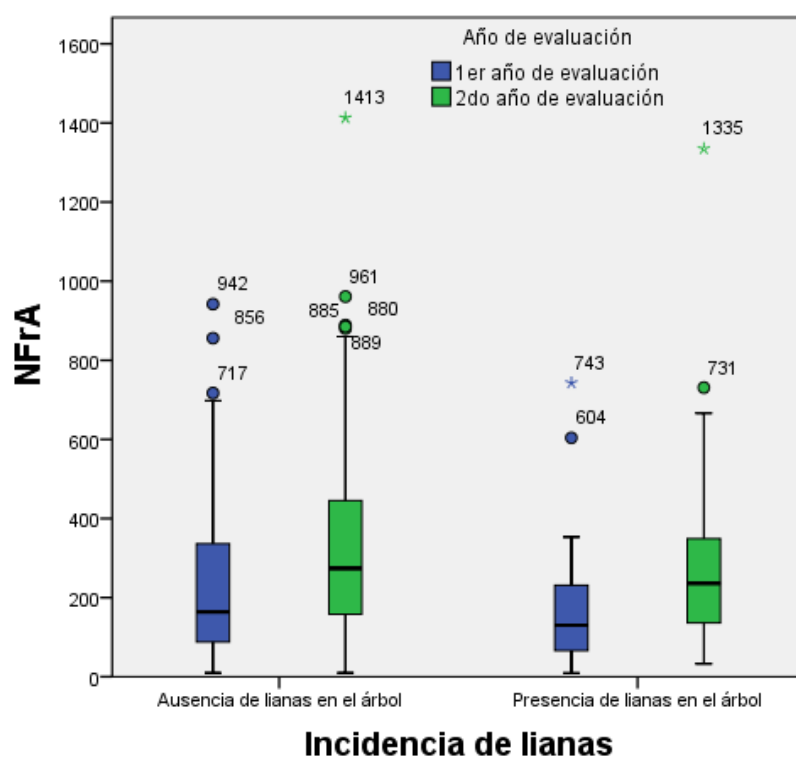


Figura 21. Relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de lianas.

En la Figura 21 se puede observar la relación de incidencia de termitas en los arboles de castaña y su producción de frutos, en donde para los dos años de evaluación, existe mejor producción de frutos en individuos que no presentaron incidencia de lianas (aunque solo represento relación significativa en el 1er año, Tabla 15).

De igual forma, en la Tabla 15 podemos observar que existe diferencia estadística significativa ($0.031 < 0.05$) entre la producción mediana del número de frutos por árbol de los individuos que presentaron incidencia de epifitas y de los que no, incrementándose la significancia en el segundo año, siendo altamente significativa ($0.001 < 0.05$), indicándonos entonces que si existe relación entre la producción del número de frutos por árbol con la presencia de epifitas en su copa.

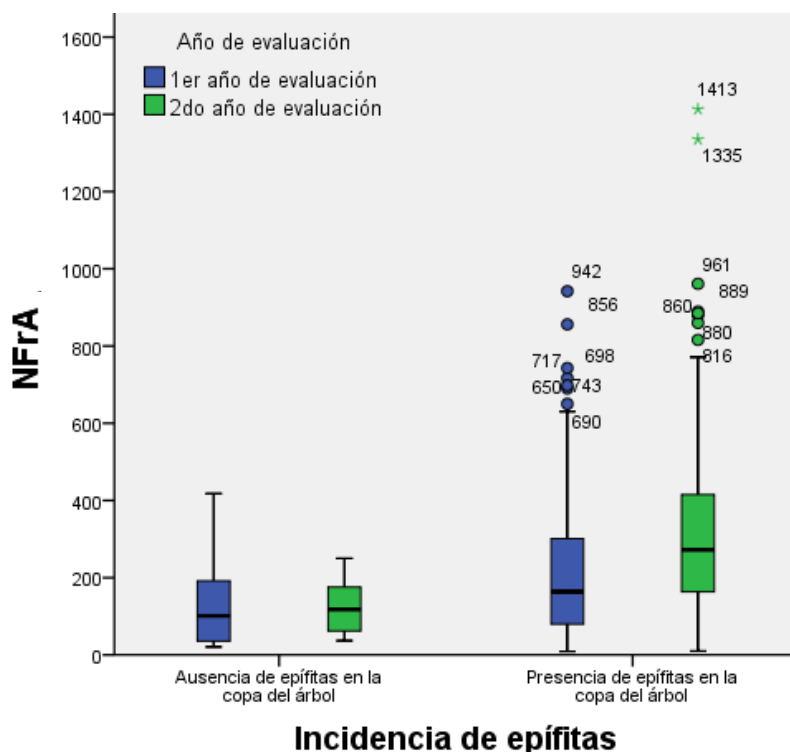


Figura 22. Relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de epífitas.

La Figura 22 nos muestra la relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de epífitas, en la que observamos que, para los dos años de evaluación, existe mayor producción de frutos por árbol en árboles que sí tuvieron incidencia de epífitas en la copa. Esta relación puede ser explicada en la Tabla 13 donde nos muestra la relación positiva que existe entre el DAP y la presencia de epífitas; y también en la Tabla 11 donde nos muestra la relación que existe entre el Dap y la producción por árbol, con lo que podemos decir que esta es una variable muy asociada a la edad de los árboles, como lo señala Bennet (1986); Gullison y Nissan (1999), Engwald, *et al.* (2000) citados por HIGUERA, cuya presencia se hace más frecuente en individuos con mayor diámetro, que son reproductivamente maduros, que a su vez, según lo determinado, presentan mayor producción.

Por otro lado, Decker (2009) hace referencia a la relación estrecha entre epífitas y hospederos, y relaciones específicas de ciertas especies con sus “anfitriones” (hospederos), algo que podría tener su sustento en el dinamismo de los

ecosistemas tropicales y las relaciones interespecíficas que se generan a partir de ello; el cual al momento no ha sido estudiado a profundidad en la esta especie (*B. excelsa*).

Así también, la Tabla 15 nos muestra que, en el segundo año, existió diferencia estadística significativa ($0.010 < 0.05$) de la producción mediana de frutos por árbol entre los árboles que presentaron incidencia de termitas y los que no, indicándonos entonces, la existencia de relación de la presencia de termitas con la producción por árbol.

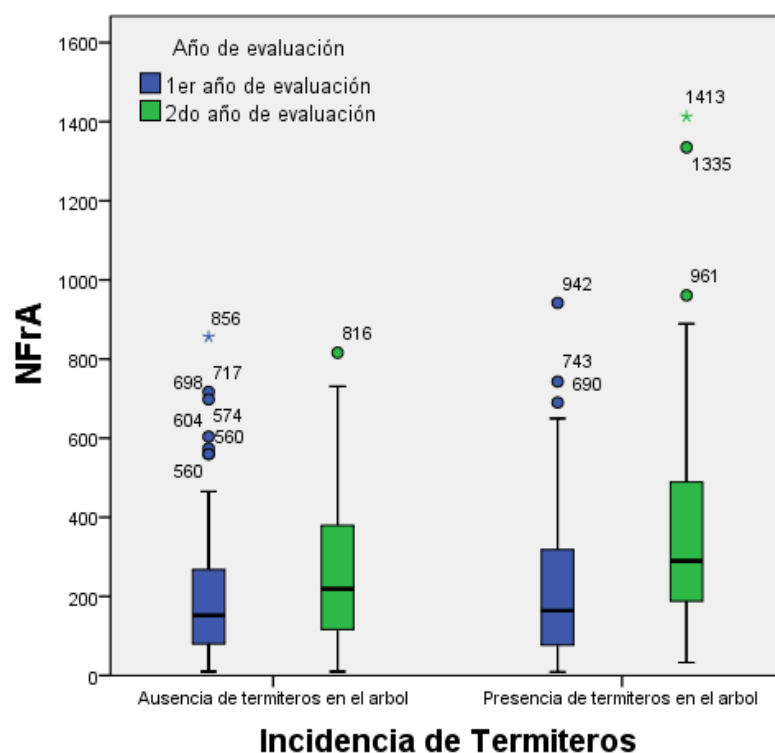


Figura 23. Relación de la producción de frutos por árbol con la incidencia de Termitas.

La Figura 23 nos muestra, la relación que existe entre la producción de frutos por árbol y la incidencia de termitas, en donde observamos que, para los dos años de evaluación, existe mayor producción de frutos en arboles con incidencia de termitas. Parte de esta relación puede ser también explicada en la Tabla 14, donde nos muestra la relación positiva que existe entre el Dap y la incidencia de termitas, y en la tabla 11 donde nos muestra la relación entre el DAP y la producción por árbol.

1.9. Análisis de correlación de la apertura de claros y la producción de frutos

Tabla 16. *Relación de la producción de frutos por árbol con la apertura de claros en el bosque*

AÑO	ESTADISTICOS	Distancia de la castaña al claro más cercano	Distancia de la castaña al claro <i>natural</i> más cercano	Distancia de la castaña al claro inducido más cercano	Número de claros en un radio de 56.4 m	Número de claros naturales en un radio de 56.4 m	Suma del área de los claros en un radio de 56.4 m	Suma del área de los claros naturales en un radio de 56.4 m
1er año	rho	-.055	-.053	-.014	.002	-.009	-.086	-.098
	Sig. (bilateral)	.450	.462	.844	.984	.919	.337	.285
	N	192	192	192	128	121	128	121
2do año	rho	.187*	.180*	-.054	-.012	-.016	-.147	-.175*
	Sig. (bilateral)	.015	.019	.488	.888	.854	.082	.043
		170	170	170	142	134	142	134

NFrA: Número de frutos por árbol, *. La correlación es significativa en el nivel 0,05

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 22.

Con respecto a la distancia de la castaña al claro más cercano, en el análisis de correlación de la Tabla 16, podemos observar que tuvieron relación significativa con la producción de frutos por árbol en el segundo año, la cercanía de algún tipo de claro (natural o inducido) al árbol de castaña ($\rho=0.187^*$, $p=0.015$), siendo esta positiva débil; y, la cercanía de algún claro natural al árbol de castaña ($\rho=0.180^*$, $p=0.019$), siendo esta también positiva débil. Lo que nos indica que a media que aumenta la distancia de apertura de claros al árbol de castaña, la producción de frutos mejora. Esta relación puede tener sustento en lo reportado por Mentón (2003), quien señala, según las percepciones de los comuneros, existe una disminución importante en las cosechas por efecto del cambio causado por el aprovechamiento forestal maderable. Y, en un estudio más reciente, Restrepo, Aldana y Stevenson (2016) señalan que la tala como actividad creciente puede repercutir en las interacciones tróficas del bosque, que, para efectos de nuestra investigación, esta correlación débil pueda deberse a que en su gran mayoría los claros evaluados en los dos años fueron producto de causas naturales (el 93% y 92% en el primer y segundo año respectivamente), y

a que este es un proceso que es parte de la dinámica natural del bosque. Sin embargo, existe un incremento numérico pequeño en esta correlación al incluirse en el análisis los claros artificiales (Tabla 16), lo cual nos da indicios de que podría existir una alteración a nivel de ecosistema al sumarse las actividades antrópicas a la dinámica natural del bosque, lo que concordaría con lo señalado anteriormente, y que pueda de alguna forma haber influido sobre la producción frutos de los árboles de castaña. Pero, al realizar el análisis de forma independiente de la cercanía de los claros artificiales con la producción, esta resulta no significativa en los dos años de evaluación; lo que puede estar sujeta a la poca extracción de producto forestal maderable hasta el año 2013, que fue el segundo año de evaluación, teniendo así un número de claros artificiales muy bajo (7% y 8 % en el primer y segundo año respectivamente), y aún más bajo la incidencia de estos en un radio de 56.4 m ($\cong 1$ ha) a los árboles de castaña.

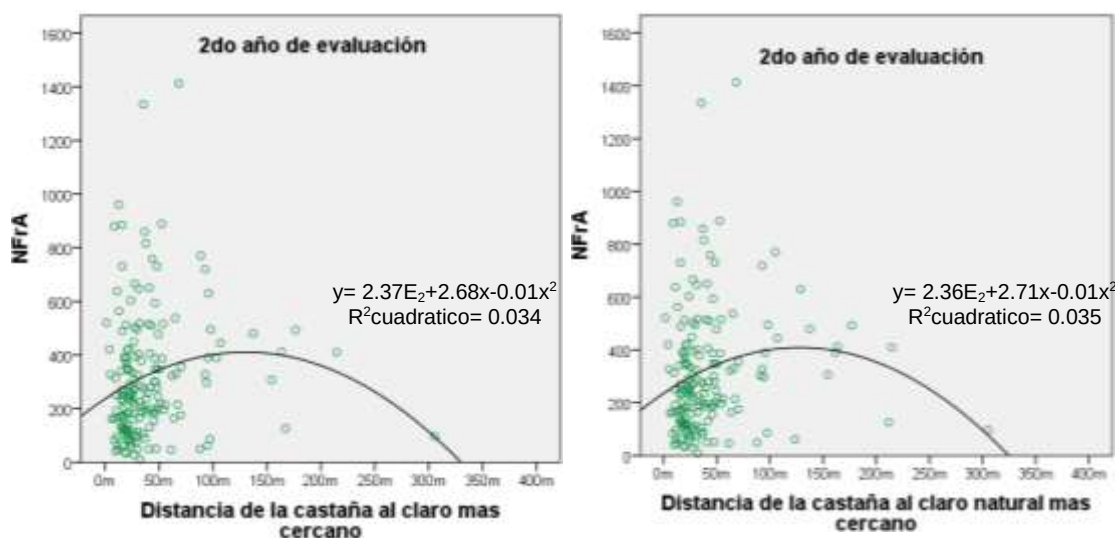


Figura 24. Relación de la distancia de la castaña a los claros más cercano con la producción frutos.

En la Figura 24 se puede observar la relación que existe entre la distancia de los claros y la producción de frutos de los árboles, y en una regresión cuadrática (polinómica), ecuación de mejor ajuste, la cercanía de algún tipo de claro (indistintamente de su origen) puede explicar en un 3.4% de los arboles la variabilidad de la producción de frutos, y la cercanía de claros naturales lo hacen en un 3.5%.

De igual forma, en la Tabla 16 podemos observar que, solo la suma del área de los claros naturales tuvo correlación significativa sobre la producción, siendo esta negativa débil ($\rho = -0.175^*$, $p = 0.043$), lo que nos indica que a medida que el área de los claros naturales aumenta, la producción de los frutos de los árboles disminuye, lo que sería consecuente con la relación distancia de claros y producción.

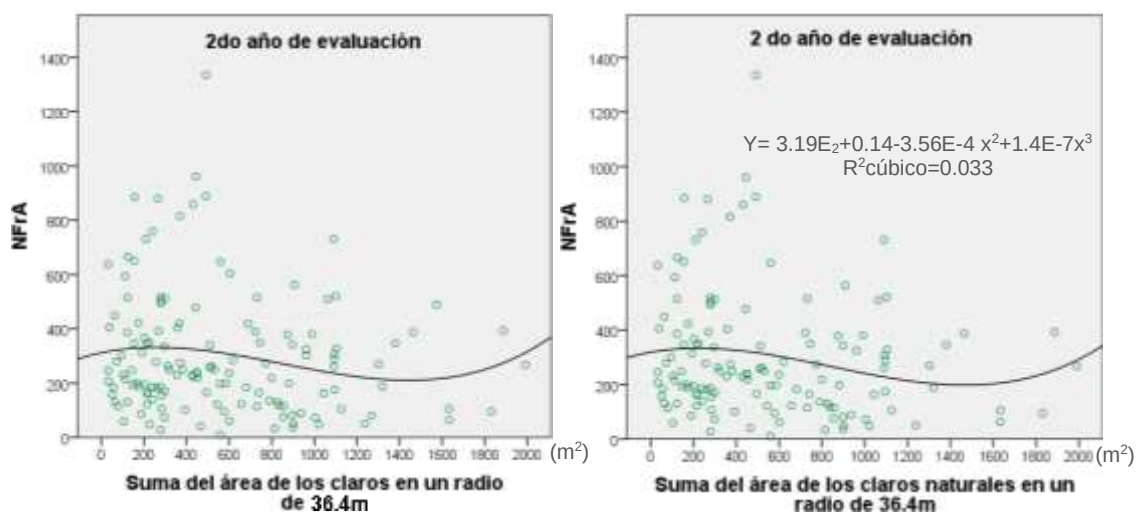


Figura 25. Relación de la suma del área de los claros en un radio de 56.4 m de la castaña, con la producción frutos.

En la Figura 25 podemos observar la relación que existe del área de los claros naturales con la producción de frutos de los árboles de castaña, la cual en una regresión cubica (ecuación de mejor ajuste) explicaría en un 3.3% de los árboles la variabilidad de la producción de frutos.

Por otro lado, una explicación para la relación no significativa del área de los claros con la producción (cuando se incluye el área de los claros artificiales al análisis), puede estar en el análisis descriptivo de la Tabla 9, donde que al sumarse el área de los claros artificiales al área de los claros naturales afectan a un número muy reducido de árboles, generando datos atípicos, ya que esta variable está limitada por la cantidad de claros que existen dentro de un radio de 56.4 m de la castaña, el cual reduce el rango de claros encontrados por árbol de castaña (en su mayoría 1-2 claros en un radio de 56.4 m).

CONCLUSIONES

- Se determinó que, si existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña y su DAP, y que, a pesar de la alta variabilidad de la producción, los arboles más productivos presentaron un DAP entre los 100 y 180 cm, con un pico productivo en aproximadamente 175 cm de DAP.
- Se determinó también que, si existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña y el diámetro de su copa, observándose un incremento en la producción en arboles con copas a partir de los 20 m de diámetro, notándose mayor producción en arboles con copas cerca a los 30 m de diámetro.
- Se determinó que, no existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña y la forma de su copa.
- Se determinó que, si existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de castaña y su estado fitosanitario, encontrando en el primer año evaluado asociación entre la producción de frutos y la incidencia de lianas, y que el grado de infestación de lianas en los arboles de castaña tiene un efecto negativo sobre su producción; también se encontró asociación entre la producción de frutos y la incidencia de termitas y epifitas en el árbol de castaña.
- Se determinó que, si existe relación significativa entre la apertura de claros y la producción de frutos del árbol de castaña, encontrando que, con el incremento de claros, la distancia de estos a los árboles de castaña presenta correlación positiva significativa con su producción, de igual manera la suma de las áreas de claros naturales en un radio de 56.4 m tuvo un efecto negativo sobre la producción.

SUGERENCIAS

Debido a las relaciones existentes de árbol – lianas, se sugiere realizar actividades silviculturales, específicamente podas de lianas, con el objetivo de mejorar la estructura del árbol proyectándose a un incremento en la productividad en los años siguientes del tratamiento.

Si bien se mostró un efecto natural de la apertura de claros sobre la producción de frutos de la *B. excelsa*, se sugiere seguir haciendo monitoreo durante más años para poder realmente entender y reafirmar esta relación, y complementar este conocimiento con la evaluación del efecto de las actividades de aprovechamiento forestal maderable en alta intensidad, y la alteración en la dinámica natural del bosque.

Se ha podido observar, y también por referencia de estudios anteriores, que la producción de frutos de la *B. excelsa* tiene una alta variabilidad, que ocurre incluso en individuos con DAP similares, teniendo así individuos que pueden llegar a no producir en ciertos años. Por lo que es necesario evaluar estas variaciones entre grupos de árboles con similares características, para que nos permita entenderla y usarla en la planificación para la optimización del aprovechamiento de este valioso recurso.

A pesar de la gran importancia económica que implica la producción de la *B. excelsa*, actualmente existen muy pocos estudios sobre la fitosociología de esta especie, y a nivel de un ecosistema natural y de alta diversidad como lo son los bosques tropicales, realza su importancia, por lo que se deben de realizar estudios fitosociológicos que nos permitan conocer y entender las relaciones intraespecíficas e interespecíficas que involucran a la *B. excelsa*, de forma que esto fortalezca el concepto de “Aprovechamiento forestal sostenible”.

BIBLIOGRAFÍA

ABADIA L., Juan C., ARCILA, Angela M. y CHACON, Patricia. 2013. *Incidencia y distribución de termitas (Isoptera) en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia.* Colombia : s.n., 2013.

ACCA. 2010. Manual para la elaboración del Plan General de Manejo para el aprovechamiento de castaña, *Bertholletia excelsa*. [aut. libro] J Chahuara. Puerto Mladonado : s.n., 2010.

ACCA. 2009. *Técnicas para la Recolección de Castaña, Bertholletia excelsa, en el Bosque Amazonico.* Cusco : Impresiones Lezama SRL, 2009. Vol. 1. 978-612-45209-0-7.

ARIAS N., Elsa S. y RONDON R., José A. 2010. *Manejo Forestal de Bertholletia excelsa HBK (castaña o nuez de Brasil).* 2010.

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ. 2015. Caracterización del departamento de Madre de Dios. [En línea] 8 de enero de 2015. <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/madre-de-dios-caracterizacion.pdf>.

BELTRAN D., Maira A. 2017. *DIVERSIDAD DE TERMITAS EN PLANTACIONES COMERCIALES DE Pinus caribaea Morelet EN LA MESETA DE SAN PEDRO (CASANARE).* Bogota : s.n., 2017.

BROKAW, Nicholas V. 1982. *The Definition of Treefall Gap and Its Effect on Measures of Forest Dynamics.* 1982.

BUTLER, Rhett. 2009. Mongabay Latam: Periodismo Ambiental independiente. [En línea] 2009. <https://es.mongabay.com/2009/12/un-fenomeno-frecuente-en-bosques-tropicales-es-la-formacion-de-claros/>.

CABANILLAS, Pablo A. y HURRELL, Julio A. 2012. *Plantas Trepadoras: Tipo Biológico Y Clacificación.* Universidad Nacional de La Plata. 2012. pág. Argentina. 1851-7862.

CABRERA D., Grisel y HERNANDEZ, Arturo. 2008. *Conocimiento actual del orden Isoptera (Insecta) en Cuba.* La Habana, Cuba : s.n., 2008.

CAMDE PERÚ. 2010. *Plan general de manejo forestal (PGMF) para el aprovechamiento de castaña (Bertholletia excelsa).* Contrato N°17-TAM/C-OPB-J-014-03. 2010.

CHOQUE C., Elisban. 2015. *Caracterización Morfológica y Productividad de Árboles Plus de Castaña (Bertholletia excelsa Bonpl) en la Región Madre de Dios - Perú.* Madre de Dios. Puerto Maldonado : s.n., 2015. Tesis.

CLAUDIO G., Luz E. 2008. *Propuesta metodológica para evaluaciones fitosanitarias de árboles .* Jalisco, Mexico : s.n., 2008. 978-607-00-2083-4.

COMEXPERU. 2017. www.comexperu.org.pe. [En línea] 2017. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/castanas-en-crecimiento>.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 2015. Ley Nro 27963 Ley forestal y de Fauna silvestre. 2015. 2015-17751.

CONTRERAS, F., et al. 1999. *Guía para la instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo (PPMs).* Santa Cruz de la Sierra : Editora El País, 1999.

CORVERA-GOMRINGER, R. y CUSI A., Edgar. 2012. *Respuesta de las plantas de Castaña Amazonica Bertholletia excelsa a cuatro niveles de fertilización con Nitrogeno, Fosforo y Potasio en la Amazonía Peruana.* Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Puerto Maldonado : s.n., 2012.

CORVERA-GOMRINGER, R., et al. 2014. *La Castaña Amazonica, Regalo de la Biodiversidad: Sistema de Experiencias de Investigacion y Manejo de Castaña (Bertholletia excelsa) en Ecosistemas de Terrazas Altas en el Departamento de Madre de Dios.* MINISTERIO DEL AMBIENTE. Lima : Edugraf de Edwin Chacón Churata, 2014.

COSARINSKY, Marcela I. 2003. *Micromorfología de nidos de termitas de la Republica Argentina.* Buenos Aires, Argentina : s.n., 2003.

COSSIO-SOLANO, R., et al. 2011. El aprovechamiento de madera en las concesiones castañeras (Bertholletia excelsa) en Madre de Dios, Perú. Un análisis de su situación normativa. [En línea] 2011. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP56Guariguata.pdf.

DECKER F., Marcos. 2009. *Diversidad funcional de epífitas en sistemas silvopastoriles como fuente de hábitat para aves en la sub-cuenca del Río Copán, Honduras.* CATIE. Turrialba, Costa Rica : s.n., 2009.

ESCOBAL, Javier y ALDANA, Ursula. 2003. Vinculaciones entre pobreza y deterioro ambiental: el caso de los extractores de castaña en Madre de Dios,

Perú. [aut. libro] German Escobar. *Pobreza y Deterioro Ambiental en America Latina*. 2003, 7, págs. 153-173.

ESCOBAL, Javier, AGREDA, Victor y ALDANA, Ursula. 2000. Derechos de Propiedad, Regulacion de Concesiones y Uso Optimo de los Recursos Naturales: Criterios para Regular a los Extractores de Castaña en la Provincia de Tambopata en la Selva del Peru. [aut. libro] Julio A. BERDEGUE y Germán ESCOBAR. *Seguimiento y Evaluacion del Manejo de Recursos Naturales*. Chile : B&B, 2000, págs. 41-79.

FAO. Estado actual de la información sobre productos forestales no madereros. *Estado de la información forestal en Perú*. págs. 179-279.

FERREIRA C., Flora. 2010. *Etnoconhecimento E Variabilidade Morfológica De Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa Bonpl.: Lecythidaceae) Em Área Da Amazônia Matogrossense*. Cuiabá-MT : s.n., 2010.

FIGUEROA Z., R. 1976. LA CASTAÑA (*Bertholletia excelsa* H.B.K). IICA-TROPICOS. Costa Rica : s.n., 1976. págs. 253-263, SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTAS DE INTERES ECONOMICO DE FLORA AMAZONICA.

GARRIDO P., Edgardo I., DURAN, Rafael y GEROLD, Gerhard. 2012. *Las Relaciones Liana-Arbol: Repercusiones Sobre Las Comunidades Arboreas y Sobre La Evolución De Los Árboles*. 2012. 0378-1844.

GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS. Plan Maestro 2004-2008.

GRANADOS-SANCHEZ, D., et al. 2003. *ECOLOGÍA DE LAS PLANTAS EPÍFITAS*. Universidad Autónoma Chapingo . Chapingo : s.n., 2003. 2007-3828.

GUARIGUATA, Manuel R., et al. 2009. *Damage to Brazil nut trees (Bertholletia excelsa) during selective timber harvesting in Northern Bolivia*. 2009.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA. 2009. *Evaluacion económica de la extracción de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K) en el Departamento de Madre de Dios*. Iquitos : s.n., 2009. 978-9972-667-60-2.

IVANOV, Guilherme B. 2011. *Influência de Variáveis Dendrométricas, Anatômicas e Ambientais na Produção de Frutos e sementes de Bertholletia excelsa H.B.K*. Santa Maria-Brasil : s.n., 2011.

KAINER, Karen A., WADT, Lucia H.O. y STAUDHAMMER, Christina L. 2007. *Explaining variation in Brazil nut fruit production*. 2007. 244–255.

KAINER, Karen A., et al. 2006. *Liana loads and their association with Bertholletia excelsa fruit and nut production, diameter growth and crown attributes*. USA : s.n., 2006.

MENTON, M. C. 2003. *Effects of logging on non-timber forest product extraction in the Brazilian Amazon: community perceptions of change*. 2003. Vol. 5.

MINCETUR. Región Madre de Dios. [En línea] http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/Madre_Dios.pdf.

MORI, A. 1990. *Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl.: Lecythydaceae)*. New York : The New York Botanical Garden., 1990.

MORI, A. 1995. *Plantas promisorias*. [En línea] GELA, 5 de setiembre de 1995. <http://www.ibiologia.unam.mx/jardin/gela/page15.html>.

MORITZ, A. 1984. *Estudios Biologicos da Floração e da Frutificação da Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa H.B.K)*. EMBRAPA/CPATU. Belém : s.n., 1984. pág. 82. 0101-2835.

NAVARRO, M. y GRANADOS, S. 1997. *DINAMICA SUCESIONAL EN UN BOSQUE TROPICAL AFECTADO POR DISTURBIOS EN LA ZONA NORTE DE QUINTANA ROO*. Chapingo : s.n., 1997.

ORTIZ G., Enrique. 1995. *Es o no es Nuez*. 1995.

ORTIZ, E. 2002. *Brasil nut (Bertholletia excelsa)*. [aut. libro] P. SHANLEY, y otros. *Tapping the green market: certification and management of non-timber forest products*. Earthscan. London : s.n., 2002.

OSINFOR. 2016. *Reglamento para la Supervision de los Recursos Forestales y de Fauna Silvetre del OSINFOR*. Lima, Peru : s.n., 2016.

PAIVA, Paulo M., CARNEIRO G., Marcelino y FUNI, Claudia. 2011. *Brazil nut conservation through shifting cultivation*. 2011.

PAMOC. 2015. PAMOC. [En línea] 2015. <http://pamocbolivia.com/site/index.php/22-featured-news/291-castanas-producto-ecologico>.

PEÑA VALDEIGLESIAS, Joel y ZEVALLOS POLLITO, Percy. 2009. *Avance en la Caracterizacion de Suelos en Concesiones Castañeras de la Provincia de*

Tambopata, Departamento de Madre de Dios. Madre de dios : s.n., 2009. págs. 27-32.

PEREZ BRAVO, Yordany Lazáro, REYES QUINTANA, Robbie y RIOS ALBUERNE, Cristóbal. 2017. *Variables dasométricas relacionadas con la productividad de Acacia mangium Willd.* Santa Clara : s.n., 2017. Vol. 44.

PERÚ ECOLÓGICO. 2009. Castaña (*Betholletia excelsa*), un gigante de la amazonía. *Perú ecológico*. [En línea] enero de 2009. http://www.peruecologico.com.pe/flo_castana_1.htm.

PLANA, Eduard. 2016. Infobosques. [En línea] 2016. <http://infobosques.com/portal/biblioteca/introduccion-a-la-ecologia-y-dinamica-del-bosque-tropical/>.

PORTAL FRUTICOLA. 2012. www.portalfruticola.com. [En línea] 2012. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2012/03/12/peru-exportaciones-de-castanas-suben-como-la-espuma/>.

PRODAN, M., et al. 1997. *Mensura forestal*. Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura (IICA)/Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. San José : IICA, 1997. 1027-2631.

RAMIREZ, Juan C. y LANFRANCO, Dolly. 2001. *Descripción de la biología, daño y control de las termitas: especies existentes en Chile*. Valdivia, Chile : s.n., 2001.

RESTREPO, Isabel, ALDANA, Ana y STEVENSON, Pablo. 2016. *DINÁMICA DE BOSQUES EN DIFERENTES ESCENARIOS DE TALA SELECTIVA EN EL MAGDALENA MEDIO (COLOMBIA)*. Bogota : Colombia Forestal, 2016. 0120-0739 .

SERFOR. 2015. Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°29763 y sus Reglamentos. Diciembre de 2015. 2015-17751.

TECNOLOGÍAS Y CONSULTORIAS ECOLÓGICAS S.A.C. 2009. *Estudio de impacto ambiental del Proyecto de perforación de 10 pozos exploratorios en el lote 111 de la cuenca de Madre de Dios. Suelos y capacidad de uso mayor de la tierra*. 2009.

TOLEDO A., Tarin. 2010. *Las lianas y la dinámica de los bosques tropicales*. Mexico : s.n., 2010. 0187-6376.

TONINI, Helio y ARCO-VERDE, Marcelo F. 2005. *Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia.* Brasília : s.n., 2005.

TONINI, Helio y PEDROSO, Cássia A. 2014. *VARIAÇÕES ANUAIS NA PRODUÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES DE CASTANHEIRA-DO-BRASIL (Bertholletia excelsa Bonpl., Lecythidaceae) EM FLORESTAS NATIVAS DE RORAIMA.* 2014.

TONINI, Helio, KAMINSKI, Paulo Emilio y DA COSTA, Patricia. 2008. *Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índices de competição.* Brasília : s.n., 2008. págs. 1509-1516.

UGALDE, L. A. 1981. *Conceptos básicos de dasometría.* Costa Rica : Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, 1981.

USCA M., Mario Z. 2012. *Evaluación del crecimiento de Bertholletia excelsa H.B.K., en 02 Plantaciones Agroforestales en el Tramo III de la vía Interoceánica Sur - Tambopata, Madre de Dios.* Puerto Maldonado, Madre de Dios : s.n., 2012.

VALDIVIA G., Jheyson J. 2018. *Estimación de la densidad y el potencial productivo de castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) en base a variables ambientales - Madre de Dios.* Puerto Maldonado, Madre de Dios : s.n., 2018.

VIQUEZ M., Hilda M. y RIVERA L., Dora I. 2013. SCRIBD. [En línea] 2013. <https://es.scribd.com/document/154257137/Dinamica-de-Los-Bosques-Tropicales>.

WADT, Lucia H.O., KAINER, Karen A. y GOMES-SILVA, Daisy A.P. 2005. *Population Structure and nut yield of a Bertholletia excelsa stand in Southwestern Amazonia.* 2005.

WWF GLOBAL. 2002. *La castaña del Pará que podría salvar la amazonía.* 2002.

ZUIDEMA, Pieter A. 2003. *Ecología y manejo del árbol de Castaña (Bertholletia excelsa).* [ed.] PROMAB. Riberalta : s.n., 2003. 90-393-3389-0.

ZUIDEMA, Pieter A. y A. BOOT, Rene G. 2002. *Demography of the Brazil nut tree (Bertholletia excelsa) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics.* 2002. págs. 1-31.

ANEXOS

ANEXO I. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	V. independiente
¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?	Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.	Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su DAP, el diámetro de su copa, la forma de su copa, su estado fitosanitario y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.	- DAP del fuste - Diámetro de copa - Forma de copa - Estado fitosanitario: - Incidencia de lianas - Infestación por lianas - Incidencia de epifitas - Incidencia de daños por pérdida de ramas - Incidencia de termitas - Apertura de claros
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	V. dependiente
¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su DAP, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera? ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y el diámetro de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera? ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y la forma de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera? ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su estado fitosanitario, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera? ¿Existirá relación entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera?	- Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su DAP, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y el diámetro de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y la forma de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su estado fitosanitario, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Determinar la relación que existe entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.	- Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su DAP, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y el diámetro de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y la forma de su copa, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y su estado fitosanitario, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera. - Existe relación significativa entre la producción de frutos del árbol de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) y la apertura de claros, en una concesión para productos forestales diferentes a la madera.	Producción de frutos por árbol.

ANEXO II. Instrumento de recolección de Datos

Ficha de evaluación de producción de la castaña (*B. excelsa*)

Fecha: _____ Responsable: _____

N°	Cód. Árbol	Conteo de frutos	Observación
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Ficha para censo de castaña (*B. excelsa*)

Fecha: _____

Responsable: _____

N°	Cód. Árbol	coordenadas UTM		CAP árbol	Diámetro de la copa		FC (1-5)	IL (0-1)	Inf_L (0-3)	IE (0-1)	RC (0-1)	IT (0-1)	Observaciones
		Norte	Este		N - S	E - O							
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

CAP árbol: Circunferencia a la altura del pecho. IL: incidencia de lianas ("0" ausencia, "1" presencia). IE: incidencia de lianas ("0" ausencia, "1" presencia). RC: incidencia de daño por pérdida de ramas ("0" ausencia, "1" presencia). IT: incidencia de termitas ("0" ausencia, "1" presencia). FC: forma de la copa ("1" Circulo completo, "2" Circulo irregular, "3" Medio circulo, "4" Menos que medio circulo, "5" Pocas ramas). Inf_L: infestación por lianas ("0" Libre de lianas o bejucos, "1" Presencia en el fuste, "2" Presencia leve en fuste y copa, "3" Presencia en fuste y copa - afecta el crecimiento)

Ficha de evaluación de claros

Fecha: _____ Responsable: _____

N°	Cód. Claro	coordenadas UTM		Origen del claro (N-T)	Diámetro del claro		Observación
		Norte	Este		D. mayor	D. menor	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Origen del claro ("N" natural, "T" Tala")

ANEXO III. Test de Normalidad

Tabla 17. *Test de normalidad para las variables en la muestra*

VARIABLES	AÑO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NFrA	1er año de evaluación	.137	192	.000	.855	192	.000
	2do año de evaluación	.114	170	.000	.869	170	.000
PeNuez	1er año de evaluación	.160	192	.000	.820	192	.000
	2do año de evaluación	.134	170	.000	.834	170	.000
Dap	1er año de evaluación	.031	192	.200*	.993	192	.446
	2do año de evaluación	.046	170	.200*	.988	170	.162
DC	1er año de evaluación	.047	192	.200*	.991	192	.267
	2do año de evaluación	.061	170	.200*	.984	170	.053
Distancia de la castaña a los claros más cercanos	1er año de evaluación	.123	192	.000	.614	193	.000
	2do año de evaluación	.128	170	.000	.677	170	.000
Distancia de la castaña al claro natural más cercano	1er año de evaluación	.128	192	.000	.648	193	.000
	2do año de evaluación	.117	170	.000	.677	170	.000
Distancia de la castaña al claro inducido más cercano	1er año de evaluación	.087	192	.001	.916	193	.000
	2do año de evaluación	.085	170	.004	.928	170	.000

NFrA: Número de frutos por árbol; PeNuez: Peso de las nueces por árbol; DAP: Diámetro a la altura del pecho; DC: Diámetro de la copa; *.Esto es un límite inferior de la significación verdadera; a. Corrección de significación de Lilliefors.

ANEXO IV. Mapas

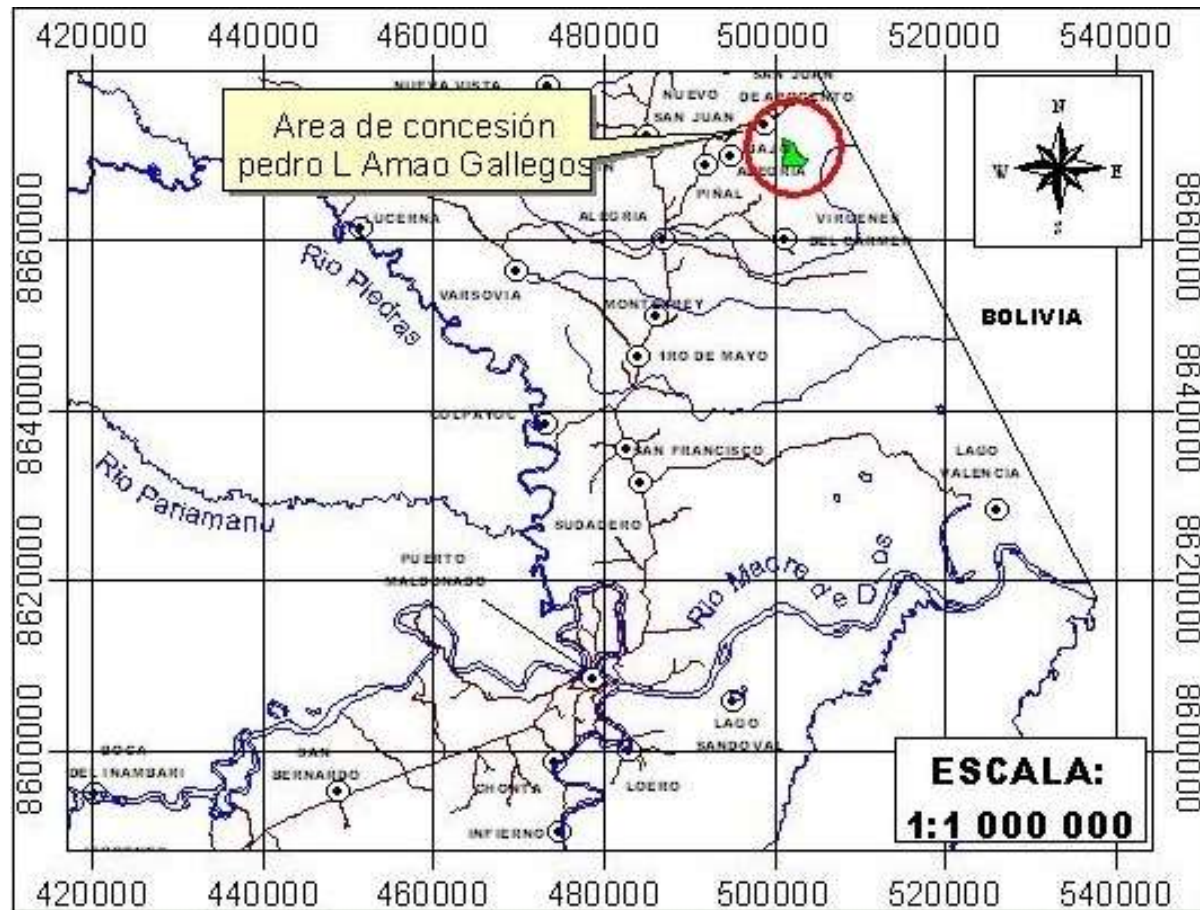


Figura 26. Mapa de ubicación del área de estudio.
Fuente: (CAMDE PERÚ, 2010)

MAPA DE DISPERSIÓN DE CLAROS ENCONTRADOS EN LOS DOS AÑOS DE EVALUACIÓN

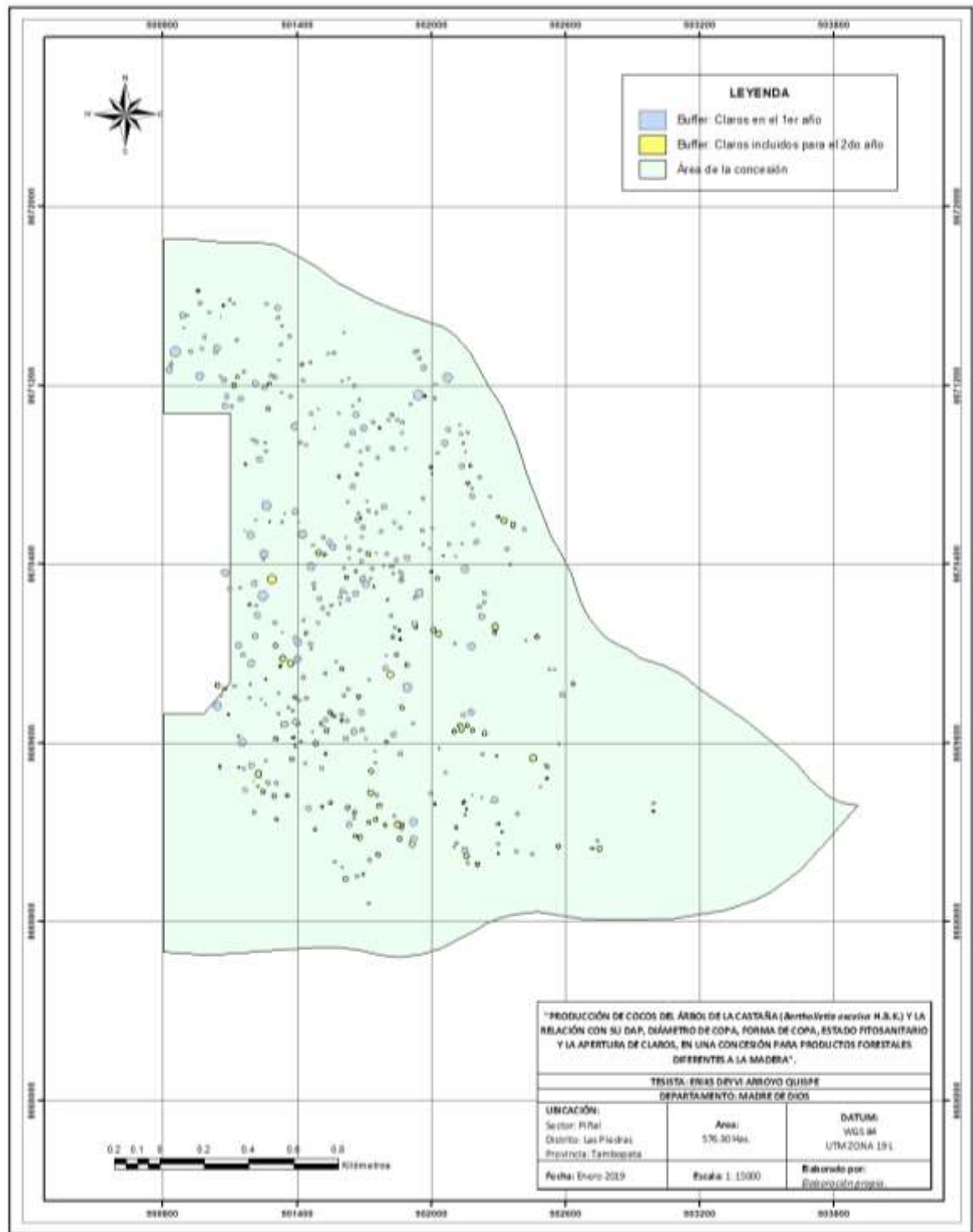


Figura 28. Buffer del área de los claros de los dos años de evaluación, y su dispersión dentro de la concesión.

MAPA DE DISPERSIÓN DE LA CASTAÑA SEGÚN BUFFER DE INFLUENCIA EVALUADA (1Ha), EN EL PRIMER AÑO

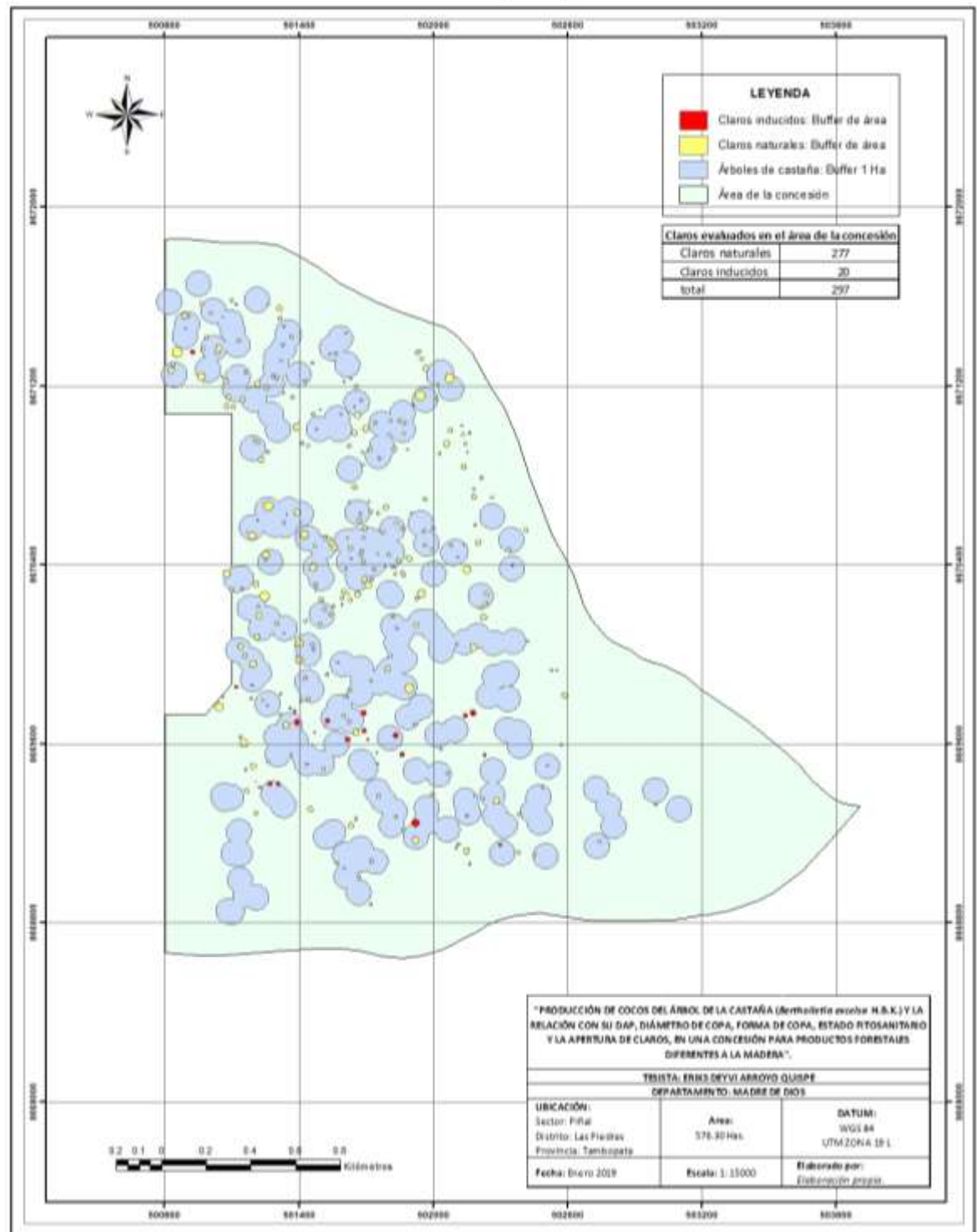


Figura 29. Buffer de 1ha de los árboles productivos, y dispersión de claros según buffer de su área, en el primer año de evaluación.

MAPA DE DISPERSIÓN DE LA CASTAÑA SEGÚN BUFFER DE INFLUENCIA EVALUADA (1Ha), EN EL SEGUNDO AÑO

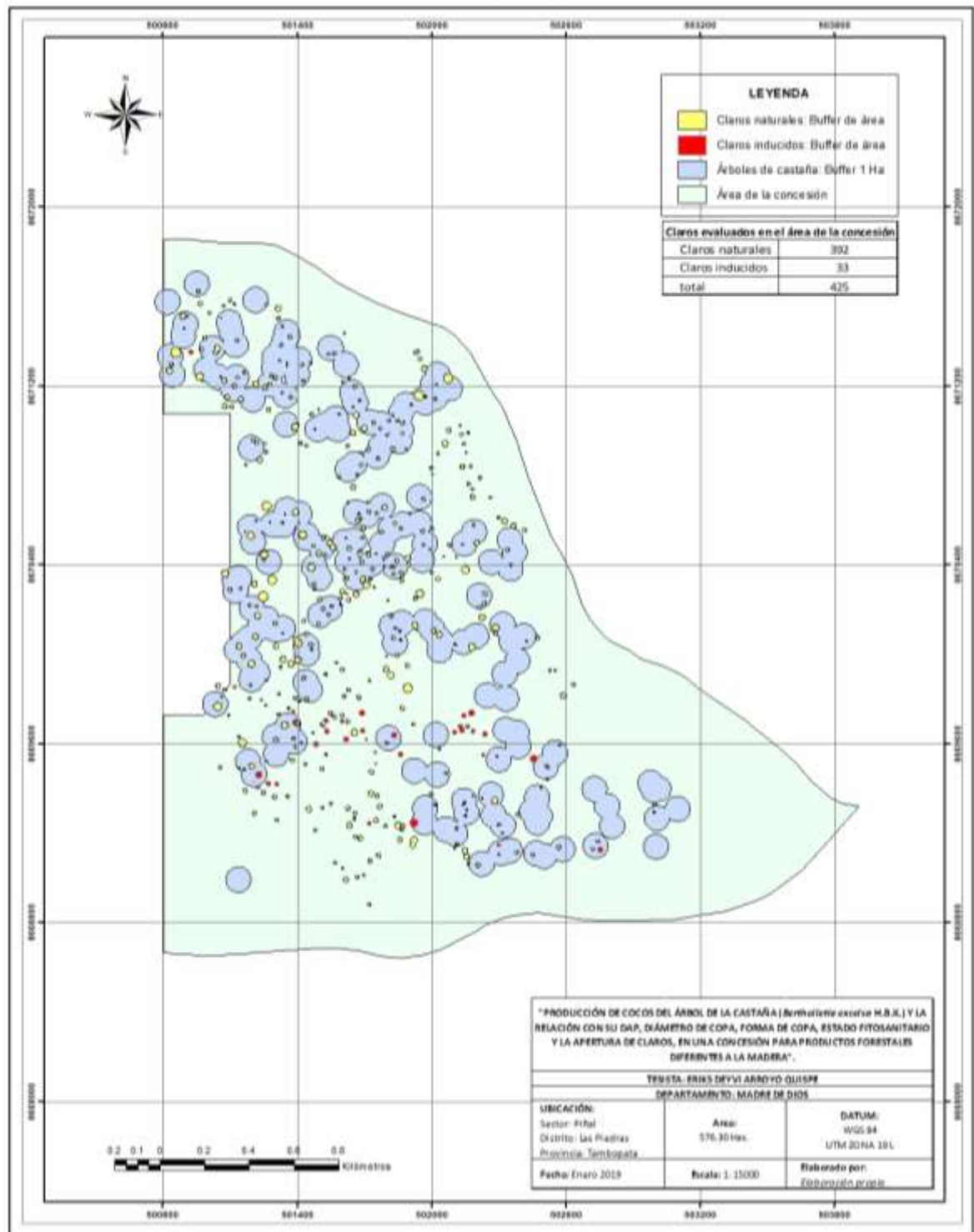


Figura 30. Buffer de 1ha de los árboles productivos, y dispersión de claros según buffer de su área, en el segundo año de evaluación.

ANEXO V. Fotos



Foto 01. Placa de identificación del árbol de castaña (*B. excelsa*) puesto por CAMDE PERU, (2010).



Foto 02. Conteo de producción de frutos de castaña (*B. excelsa*).



Foto 03. Tapado de los frutos para posterior chancado.



Foto 04. Apertura de dosel por caída natural de árboles cercano al árbol de castaña (*B. excelsa*).



Foto 05. Evaluación de claros naturales.



Foto 06. Evaluación de claros artificiales.



Foto 07. Presencia de lianas en el fuste del árbol de Castaña (*B. excelsa*).



Foto 08. Presencia de lianas en fuste y copa del árbol de castaña (*B. excelsa*).



Foto 09. Evaluación de la forma y diámetro de la copa del árbol de castaña (*B. excelsa*).



Foto 10. Evaluación de la incidencia de termitas en el árbol de castaña (*B. excelsa*).



Foto 11. Pérdida de rama del árbol de castaña
(Incidencia de rama caída).



Foto 12. Muerte de árbol por pérdida completa de copa.
(árbol código 120).