

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“ESTIMACIÓN DE DENSIDAD Y EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE
CASTAÑA (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) EN BASE A VARIABLES
AMBIENTALES – MADRE DE DIOS”**

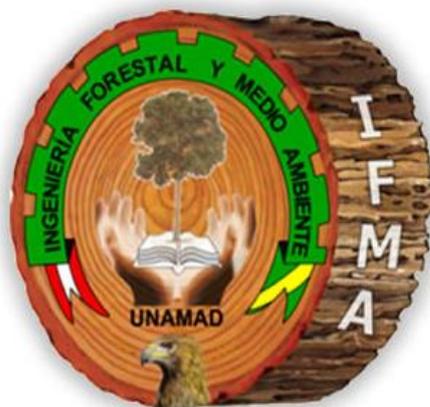
Tesis presentada por Bachiller:
VALDIVIA GÓMEZ, Jheyson Jerzel.

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Forestal y Medio Ambiente.

Asesores:
Msc. ALARCÓN AGUIRRE, Gabriel.
Mtro. CORREA NUÑEZ, Germán Heber.
Ph.D. THOMAS, Evert.

Puerto Maldonado, 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“ESTIMACIÓN DE DENSIDAD Y EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE
CASTAÑA (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) EN BASE A VARIABLES
AMBIENTALES - MADRE DE DIOS”**

Tesis presentada por Bachiller:
VALDIVIA GÓMEZ, Jheyson Jerzel.

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Forestal y Medio Ambiente.

Asesores
Msc. ALARCÓN AGUIRRE, Gabriel.
Mtro. CORREA NUÑEZ, Germán Heber.
Ph.D. THOMAS, Evert.

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amada madre Silvia Miguelina Gómez Macahuachi por el gran trabajo y sacrificio que ha realizado hasta el momento para verme realizado ante la luz de sus ojos, por acreditar que todos, tenemos errores y que gracias a ellas aprendemos y regresamos al camino de la razón, la ciencia y la virtud. Aunque hemos pasado momentos difíciles, ella siempre ha estado brindándome su sabiduría obtenida con el paso del tiempo, que, gracias a ello, se ha convertido en una gran mujer, madre, consejera y amiga.

A Jesús Valdivia López, mi padre, quien me ha enseñado que, a través de los errores y el tiempo, si uno persevera, puede alcanzar hasta sus más anhelados sueños.

A Jesús y Yolanda, quienes son mis queridos hermanos, quienes han estado a mi lado con ese carácter fuerte e imponente para no desmayar y cumplir con este objetivo. Siempre estare agradecidos con ellos y doy gracias a Dios, por darme la oportunidad de compartir parte de mi vida al lado de ellos.

A Arturo Bustamante, que me ha demostrado que la amistad verdadera, perdura a pesar de los años.

A todas aquellas personas, que hicieron parte de esta gran cruzada, que para muchos parece sencillo. Sin embargo, el tiempo te ayuda a comprender que hay cosas por las cuales debes ser paciente y esperar, que al final todo sacrificio tiene su recompensa, y que ello viene con conocimientos nuevos. A aquellas personas que compartieron sus experiencias en el transcurso de este proyecto.

Al concesionario castaño, que cada día al alba, se levanta para cuidar del bosque bajo un sistema de manejo sustentable, lo cual amerita ser llamado como los “guardianes del bosque”.

Agradecimientos

A mis Asesores (Dr. Gabriel Alarcón Aguirre, Mtro. Germán Heber Correa Núñez, Ph. D. Evert Thomas), por su apoyo incondicional, así como su constancia y perseverancia en que este trabajo se concretice para fines de conservación de nuestros recursos naturales.

Al CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y Bioversity International, por brindarme las herramientas y pertenecer a su grupo de investigadores selectos en temas de Recursos Forestales y Manejo del Bosque, que ayudaron a fortalecer mis capacidades para un mejor entendimiento y comprensión en cuanto a los mismos a nivel de Latinoamérica.

¡Gracias por su apoyo incondicional!

Presentación

La presente investigación, está ligada a una iniciativa interinstitucional para el desarrollo sostenible y conservación de la *B. excelsa* en el Perú, región de Madre de Dios, donde el territorio y la vida de otras especies dependen de la misma, además del poblador (en el tiempo de cosecha) que se beneficia de este producto, generando así un impacto socio-ambiental.

Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación fue “*Estimar la densidad y el potencial productivo de castaña (B. excelsa) en base a variables ambientales - Madre de Dios*”, en ejecución a través de la alianza entre Bioversity Internacional y la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Por tanto, en la presente investigación, los datos, fueron producto de la elaboración de modelos estadísticos realizados en el laboratorio de análisis de datos de Bioversity Internacional con el apoyo de diferentes softwares y el personal calificado para cumplir este objetivo. basar

La fuente de base de datos se apoyó en la productividad y censos ejecutados y a realizar en las concesiones (zonas de aprovechamiento) de Madre de Dios (Base entregada por la ATFFS, ONG´s, Services y base propia), así como las coberturas en base a Zoonificación ecológica y Económica (Uso de suelo, tipo de suelos, tipos de bosque), siendo analizado con un programa estadístico de acceso libre (RStudio v 3.0) para determinar las relaciones y/o variables de implicancia con la productividad.

El siguiente paso, fue analizar los gráficos, mapas, ecuaciones que permitan determinar los factores ambientales que están directamente vinculados a la productividad. Así como la toma de decisiones que se puede obtener al brindar dicha información a instituciones vinculadas a la productividad de *B. excelsa*, a fin de establecer sistemas orientados al manejo sustentable del bosque en base a la producción de esta.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue, estimar la densidad y el potencial productivo de la *B. excelsa*, en base a variables ambientales en más de 400 concesiones ubicadas en la región Madre de Dios, con un total de 135528 individuos, así como entrevistas realizadas a 32 concesionarios. Además, se realizó un inventario del 10% de la población dentro de éstas concesiones, para corroborar los datos obtenidos entre el primer y segundo quinquenio.

Los resultados demuestran que, a mayores temperaturas, la producción es menor, mientras que con las precipitaciones sucede lo contrario; se encontró una productividad mayor a la misma, antes de la estación seca (mayo-septiembre). También se observó mayor productividad en suelos con $\text{pH} < 5$, y con mayor contenido de arcilla, limo y carbono (lo inverso al contenido de arena). Las altitudes entre 250-350m.s.n.m., favorecen la densidad y productividad, con pendientes no mayores de 10° . *B. excelsa*, tiene una alta densidad y productividad a medida que se aleja de los cuerpos de agua, distinto con respecto a los caminos, ya que cercano a ellos se obtuvo una alta densidad y productividad. Así mismo, se evidenció que la productividad también depende de las condiciones fitosanitarias y estructurales de esta especie. Se lograron hallar valores de mayor productividad en individuos con presencia de termitas y menor en aquellos con presencia de lianas, exudación, ramas rotas y huecos en la estructura del árbol. La presencia de tumores y la presencia de árboles cercanos no tienen influencia en la productividad.

Abstract

The objective of this investigation was to estimate the density and productive potential of *B. excelsa*, based on environmental variables in more than 400 concessions located in the Madre de Dios region, with a total of 135528 individuals, as well as as interviews conducted to 32 dealers. In addition, an inventory of 10% of the population was made within these concessions, to corroborate the data obtained between the first and second quinquennium.

The results show that, at higher temperatures, the production is lower, while with the sprecipotaciones the opposite happens; higher productivity was found there, before the dry season (May-September). Higher productivity was also observed in soils with pH <5, and with higher content of clay, silt and carbon (the inverse of the sand content). The altitudes between 250-350m.s.m., favor the density and productivity, with slopes no greater than 10°. *B. excelsa*, has a high density and productivity as it moves away from the bodies of water, different with respect to the roads, since close to them a high density and productivity was obtained. Likewise, it was evidenced that the productivity also depends on the phytosanitary and structural conditions of this species. We found values of higher productivity in individuals with presence of termites and lower in those with presence of lianas, exudation, broken branches and holes in the structure of the tree. The presence of tumors and the presence of nearby trees have no influence on productivity.

Introducción

Las variabilidades de cambios en el ambiente, siempre han cumplido un papel fundamental en la dinámica de poblaciones de flora y fauna, siendo éstas en muchos casos, determinantes para decidir si una población perpetúa o no en el tiempo. Muchas especies dependen de ella, aún las especies de flora más sensibles, ubicándose dentro de ellas *B. excelsa*.

En el Perú, la tenencia de un área de aprovechamiento, se ha determinado bajo un sistema de concesiones para productos netamente forestales y no forestales (otros productos del bosque-OPB), por familias, por un periodo de 40 años, en base a la Nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 y sus Reglamentos, a manera de formalizar los derechos de aprovechamiento tradicional (Rockwell et al., 2015). Las personas encargadas de una concesión en la selva peruana, recolectan semillas de *B. excelsa*, o realizan el contrato bajo la modalidad de contratación de servicios de personas para tal fin, los cuales han venido realizando esta actividad durante décadas en Madre de Dios (Rockwell et al., 2015) y se estima que tengan una noción de la productividad promedio del individuo.

Por ejemplo, en estudios realizados por (Wadt, Kainer, & Gomes-Silva, 2005), encontraron que en el vecino estado brasileño de Acre, las estimaciones anuales promedio de la producción de nueces de los recolectores de nuez de Brasil de árboles individuales basados en su recolección del período de recolección anterior de 5 años estaban estrechamente alineadas con los niveles de producción medidos. Además, los recolectores tienen un gran conocimiento sobre los factores biológicos y antropogénicos que pueden influir en el manejo y, por ende, en la producción de semillas de *B. excelsa* cada año.

La integración y recopilación de datos en la ciencia por parte de personas involucradas a dicha actividad, se ha convertido en un instrumento importante, para analizar y recopilar un universo de datos de manera eficiente y económica, no solo en las áreas de uso común de la conservación de la naturaleza (Forrester et al., 2015), sino también cada vez más en dominios científicos relacionados con la producción vegetal. y mejora (Van Etten et al., 2016). Si bien las posibles aplicaciones de la recopilación de datos son vastas,

una preocupación válida se relaciona con la compensación entre la participación de un número cada vez mayor de personas y la garantía de la calidad de los datos, especialmente cuando se consulta a personas leídas en dominios de conocimiento especializado. Las evaluaciones de la calidad de los datos de la ciencia ciudadana van en aumento. Más los estudios se han centrado en las observaciones de especies dentro del ámbito de la biología de la conservación, donde la capacidad de los mismos, para reconocer y discriminar entre especies establece los límites al nivel de detalle con el que se pueden obtener los datos con un grado aceptable de precisión y fiabilidad (Kelling et al., 2015; Kremen, Ullman, & Thorp, 2011). Las evaluaciones de la calidad de los datos de productividad a nivel intraespecífico han recibido mucha menos atención hasta el presente (Steinke, van Etten, & Zelan, 2017). Aquí evaluamos la estimación de densidad y productividad de semillas de *B. excelsa*, uno de los productos forestales no maderables más importantes de la Amazonia (Thomas, Alcázar Caicedo, Carolina McMichael, Corvera, & Loo, 2015), por personas que participan en la cosecha anual de semillas en la Amazonía peruana. Las evaluaciones experimentales de la producción media de semillas de árboles de *B. excelsa* individuales en los bosques naturales pueden ser muy complejas y costosas. Las mediciones necesariamente tienen que durar varios años para dar cuenta de la alta variabilidad interanual en la producción de fruta (Zuidema, 2003). Debido a estas limitaciones, los estudios que la productividad investigada de la nuez de Brasil ha considerado un número limitado de árboles (<500) (Tonini, Costa, & Kaminski, 2008; Zuidema, 2003). Un enfoque alternativo es obtener estimaciones de los datos de productividad de los concesionarios castañeros (Wadt et al., 2005). Las personas dependientes de los bosques a menudo tienen un conocimiento profundo de los recursos naturales que cosechan y usan, sugiriendo que pueden ser fuentes confiables de datos científicos de buena calidad. Por ello, el conocimiento ecológico tradicional (TEK) que se puede definir como "un conjunto acumulativo de conocimientos, prácticas y representaciones mantenidas y desarrolladas por pueblos con historias extendidas", de interacción con el entorno natural (International Council for Science, 2002).

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1. Descripción del problema.	1
1.2. Formulación del problema.	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. General	3
1.3.2. Específicos.....	3
1.4. Variables.....	4
1.5. Operacionalización de variables	4
1.5.1. Insumos para el análisis de datos cualitativos.....	4
1.5.2. Insumos para el Análisis de Datos Cualitativos:.....	5
1.6. Hipótesis	5
1.7. Justificación	7
1.7.1. Económico.....	7
1.7.2. Social	7
1.7.3. Científico	7
1.7.4. Ambiental	7
1.8. Consideraciones éticas.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	10
2.1. Antecedentes de Estudio	10
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	10
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	18
2.1.3. Antecedentes a nivel regional	18
2.2. Marco teórico	23
2.2.1. Aprovechamiento de <i>B. excelsa</i> , en el pasado y en la actualidad.....	23
2.2.2. Importancia socio-económica de la producción de <i>B. excelsa</i> . ..	24
2.2.3. Sistemas de producción de <i>B. excelsa</i>	25
2.2.4. Ecología del árbol de <i>B. excelsa</i>	26
2.3. Definición de términos	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	37
3.1. Tipo de estudio	37
3.2. Diseño del estudio	37

3.3. Población y muestra	37
3.3.1. Lugar de Ejecución del proyecto de Investigación	37
3.3.2. Materiales, equipos y herramientas.....	37
3.4. Metodos y técnicas	39
3.4.1. Metodología de Trabajo en Gabinete	41
3.5. Tratamiento de los datos	42
3.5.1. Unidad de Análisis Geo-espacial.....	42
3.5.2. Técnica de análisis de datos	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	46
4.1. Productividad y Densidad de <i>B. excelsa</i>	46
4.1.2. Suelo	49
4.1.3. Topografía	50
4.1.4. Ríos.....	52
4.1.5. Exposición.....	53
CONCLUSIONES	58
SUGERENCIAS	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relaciones entre la productividad (de nueces), así como la densidad de árboles de <i>B. excelsa</i>	4
Tabla 2. Las densidades de árboles de <i>B. excelsa</i> en inventarios de “gran escala” (área de la muestra >10 hectáreas).....	29
Tabla 3. Clase de árboles	40
Tabla 4. Característica del fuste	40
Tabla 5. Forma de Copa	41
Tabla 6. Infestación de Bejucos	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variables.....	43
Figura 2. Representación del mundo real en el formato vector y raster.....	43
Figura 3 . Estimación de la densidad (Ind/área) por celda a partir de la información de individuos georeferenciados.....	44
Figura 4. Relaciones entre la producción estimada de semillas de <i>B. excelsa</i> y (a) la temperatura media anual; (b) rango diurno medio; (c) isoterminia; (d) estacionalidad de la temperatura; (e) temperatura máxima del mes más cálido; (f) temperatura mínima del mes más frío; (g) rango de temperatura anual; (h) temperatura media del mes más húmedo del sitio de crecimiento.....	46
Figura 5. Relaciones entre la producción estimada de semillas de <i>B. excelsa</i> : (a) la precipitación anual; precipitación del (b) mes más húmedo y (c) más seco; (d) estacionalidad de la precipitación; precipitación del (e) más húmedo, (f) más seco, (g) más cálido y (h) trimestre más frío...48	
Figura 6. Relaciones entre la producción estimada de semillas de <i>B. excelsa</i> y (a) arena; (b) arcilla; y (c) contenido de limo; (d) densidad aparente de fracción de tierra fina; (e) proporción volumétrica de fragmentos de tierra gruesa; (f) contenido de carbono orgánico; (g) capacidad de intercambio catiónico y (h) pH del suelo en el sitio de crecimiento..49	
Figura 8. Relaciones entre la producción estimada de semilla de árboles de <i>B. excelsa</i> y (a) elevación; (b) pendiente; y (c) aspecto del sitio de crecimiento.	50
Fig. 9. Relaciones entre la producción estimada de semilla de árboles de <i>B. excelsa</i> y (a) la altura del tallo hasta la primera rama (punto de inserción de copa); (b) altura de copa; (c) altura total del árbol; (d) DAP; (e) biomasa leñosa aérea sobre la base de mediciones de DAP y altura; y (f) biomasa leñosa sobre el suelo basado solamente en DAP..	51
Fig. 10. Relaciones entre (a) la densidad de árboles de <i>B. excelsa</i> con la superposición con los ríos; (b) a 500m de distancia de los mismos; relación entre (c) la producción de semillas de <i>B. excelsa</i> a una distancia de 250m a margen de los ríos; (d) a 500m de distancia	

	de los mismos y (e) superposición con los ríos en un margen de 250m.....	52
Fig. 11.	Comparación de las estimaciones de producción de semilla de <i>B. excelsa</i> entre árboles con y sin (a)ramas rotas; (b)evidencia de exudado de la herida; (c) agujeros en sus troncos; (d) presencia de nidos de termitas; (e)presencia de tumores; (f)infestación de liana..	53
Fig. 12.	Relación entre la producción estimada de semilla de árboles de <i>B. excelsa</i> y la distancia a los tres árboles conespecíficos más cercanos.....	54
Fig. 13.	Relaciones entre (a) la densidad de árboles de <i>B. excelsa</i> con la superposición de caminos; (b) a 250m de distancia de los mismos; (c) a 500m y (d) 1000m.	55
Fig. 14.	Relaciones entre (a) la productividad de árboles de <i>B. excelsa</i> con la superposición de caminos; (b) a 250m de distancia de los mismos; (c) a 500m y (d) 1000m.	56

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Descripción del problema.

En el departamento de Madre de Dios, *B. excelsa* se encuentra en la mayoría de ecosistemas de la misma, estando distribuida en un aproximada de unos 2.5 millones de Ha., en densidades arbóreas significativas, las cuales se ubican en su mayoría en bosques primarios (Cossío-Solano et al., 2011). Estas mismas poblaciones de *B. excelsa*, han sido la base para suplir intereses tanto social como económico para el departamento, ya que, en el 2009, han sido beneficiadas alrededor de 20 000 personas, la cual se considera el 25% de la población en ese entonces (Cossío-Solano et al., 2011). Además, debido a la poca intervención antrópica que se realiza al ecosistema, es dominada, como una actividad de bajo impacto y/o aprovechamiento sostenible.

La optimización de la carretera interoceánica sur, posibilita la conectividad de Madre de Dios hacia los grandes mercados internacionales, generando mayores oportunidades para el ecoturismo, el comercio de productos de la biodiversidad con alto valor agregado y los servicios que generan estas actividades, con la consecuente mejora en la dinámica económica y el crecimiento de empleo en la región. Sin embargo, *B. excelsa*, uno de los recursos naturales más emblemáticos de la región, por su importancia socioeconómica y ecológica, viene siendo afectada por los procesos de ocupación de territorio y la deforestación, poniendo en riesgo el sensible ecosistema de los bosques castañeros y su capacidad de brindar recursos económicos a las familias de Madre de Dios.

La actividad extractiva de productos maderables en concesiones castañeras se han incrementado hasta alcanzar volúmenes alrededor del límite teórico ($5\text{m}^3/\text{ha}$), y en algunos casos han excedido este límite a diferencia de concesiones maderables; aunque estos datos, no brindan una veracidad, de la cual se pueda determinar si estas especies maderables fueron extraídas de

dichas concesiones u otras áreas, por lo cual se puede inferir de que esta actividad extractiva (maderable), afecta la producción de frutos de *B. excelsa*, esto conlleva a que, es necesario impulsar un manejo “integrado”, más allá de ser visto como “complementario”, entre ambas actividades extractivas, la cuál es una opción a debatir entre los diferentes actores de Madre de Dios (Cossío-Solano et al., 2011).

La superposición y el cambio de uso de suelo realizado en áreas donde las poblaciones de *B. excelsa*, son solo unos de los tantos factores que han limitado la productividad de la misma, ocupando ese espacio por actividades rentables del momento, mas no sostenibles en el tiempo (Chávez et al., 2012).

La alta productividad, por ende, el alto nivel de extracción de frutos de *B. excelsa*, es posible que sea sostenida en el tiempo por varias décadas, sin reducir el potencial del mismo, puesto que hay una continua regeneración de esta especie, el cual asegura la productividad por periodos aún mas extensos (Zuidema & Boot, 2002). Sin embargo, en la actualidad, se debe tomar en cuenta la regeneración asistida para incrementar el potencial a futuro de esta especie y así establecer políticas de manejo sustentable.

Actividades antropogénicas como la ganadería y agricultura migratoria con el paso de los años han contribuido al incremento exponencial de la deforestación de bosques de *B. excelsa*, a pesar de que la ley prohíbe la tala de esta especie, en el Perú fueron deforestados en promedio 14 000 Ha., de suelos aptos para los bosques de *B. excelsa* por habilitación de nuevas vías de acceso al departamento (Arias, 2001), y a las mismas concesiones.

Los modelos de detección (basados en sensoramiento remoto), estiman en la actualidad la ubicación de manchas de *B. excelsa* con una precisión al 77%. Basado en índices relacionados con la composición del suelo y su capacidad, lo que en consecuencia produce una estabilidad en la temperatura y humedad, en un tiempo determinado. Por lo cual, se infiere que la intervención humana en los procesos de análisis y clasificación en campo, no sea necesaria, mas solo sea un medio de recolección y de validación de información en campo (de la Barra, Centellas, Zuidema, & Brown, 2009). La producción de frutos de *B. excelsa* se da principalmente en la región de Madre

de Dios, constituyéndose de esta manera en uno de los pocos recursos forestales no maderables económicamente rentable con el que cuenta el departamento (Lazarte, 1997).

Así mismo es necesario optimizar la variabilidad económica del castaño y/o fluctuación de sus ingresos, tanto como factores internos (Bosque y productividad), como los factores externos (economía del castaño).

1.2. Formulación del problema.

En el presente estudio se analizó la “Estimación de densidad y el potencial productivo de *B. excelsa* en base a variables ambientales (clima, suelo, topografía, presencia de ríos, exposición) en el departamento de Madre de Dios”, así como la inferencia que ocasionan las poblaciones que viven en y alrededor del bosque, mediante un modelo geo espacial.

En función de los párrafos anteriores, se planteó la siguiente interrogante:

¿Las variables ambientales influyen en la densidad y el potencial productivo de *B. excelsa*, en la región Madre de Dios?,

1.3. Objetivos

1.3.1. General:

- ✓ Estimación de densidad y potencial productivo de *B. excelsa*, en base a variables ambientales (clima, suelo, topografía, presencia de ríos, exposición), en la Región Madre de Dios.

1.3.2. Específicos:

- ✓ Determinar si las variables ambientales (clima, suelo, topografía, presencia de ríos, exposición), influyen en la densidad de árboles de *B. excelsa*.
- ✓ Estimar la productividad de frutos de árboles de *B. excelsa*, con base en una determinada combinación de variables ambientales (clima, suelo, topografía, presencia de ríos, exposición).
- ✓ Determinar si la productividad esta correlacionada con la distribución modelada de los árboles de *B. excelsa*.
- ✓ Determinar si la productividad de *B. excelsa* está correlacionada con parámetros dasométricos, tales como: Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura (HT), forma de copa (FC), condición fitosanitaria.

- ✓ Determinar si la productividad de *B. excelsa* es mayor o menor en Comunidades nativas (CCNN), Áreas Naturales Protegidas por el Estado (ANP`s), Concesiones castañeras, Concesiones Maderables, alrededor de caminos (bufferzones), alrededor de ríos (bufferzones)
- ✓ Determinar si las percepciones y conocimiento local de los concesionarios corresponden a los patrones entrados en el análisis de los datos.

1.4. Variables

Tabla 1.

Relaciones entre la productividad, así **como** la densidad de árboles de *B. excelsa* con variables fenotípicas, fitosanitarias y ambientales descritas en la literatura y / o reportadas por los concesionarios y cosechadores de *B. excelsa*, comparadas con las que fueron obtenidas de las estimaciones de producción de semilla de cosechadores en Madre de Dios.

Indicadores	Variables
Tamaño del árbol	DAP (Diámetro a la altura del pecho)
	Altura del árbol
	Área Basal
	Número de individuos por hectárea (Ha.)
Exposición del dosel y de luz	Diámetro de copa
	Forma de la copa
	Numero de ramas
	Posición de la copa
	Exposición a la luz
Plagas, enfermedades y estado fitosanitario	Presencia de lianas
	Daño o enfermedad
	Arboles a punto de morir (semilleros)
	Hormigas cortadoras de hojas
Clima y tiempo	Precipitación anual
	Temporada seca (verano)
	Viento
Variabilidad de suelo y topografía	Suelo oscuro
	Tierra firme
Alteración antropogénica	Intensidad de cosecha
	Fuego y humo
	Minería aurífera
	Explotación forestal

Fuente: Propia

1.5. Operacionalización de variables

Para la operación de variables se utilizó los siguientes insumos

1.5.1. Insumos para el análisis de datos cualitativos;

- ✓ **Información georreferenciada** de individuos de *B. excelsa*.
- ✓ **Mapa de Clima**, del cual se consideró variables como temperatura, precipitación, humedad. Idealmente, se consiguió información climática a

nivel regional y nacional, así como de todo el mundo (www.worldclim.org), pero no fueron tan precisos como los mapas climáticos nacionales.

1.5.2. Insumos para el Análisis de Datos Cualitativos:

- ✓ **Mapa de suelos**
- ✓ **Mapa de Usos del suelo** (Infraestructura, áreas protegidas, terrenos agrícolas y ganaderos, entre otros)
- ✓ **Mapa de Amenazas:** Quemas, Deforestación, Extracción de madera, Minería de oro.
- ✓ **Mapa de distribución modelada de *B. excelsa*** (proporcionada por Bioversity International)
- ✓ **Mapa de zonas ecológicas**, este mapa está vinculado a los tipos de vegetación y el drenaje del suelo.

1.6. Hipótesis:

(H₁): La productividad está correlacionada con la densidad de *B. excelsa*.

(H₀): La productividad NO está correlacionada con la densidad de *B. excelsa*.

(H₁): La productividad de *B. excelsa*, está correlacionada por factores dasométricos y estado del árbol.

(H₀): La productividad de *B. excelsa*, NO está correlacionada por factores dasométricos NI estado del árbol.

(H₁): La densidad de *B. excelsa* es mayor en territorios indígenas.

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es mayor en territorios indígenas.

(H₁): La productividad de *B. excelsa* es mayor en territorios indígenas.

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es mayor en territorios indígenas.

(H₁): La densidad de *B. excelsa* es mayor en áreas naturales protegidas.

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es mayor en áreas naturales protegidas.

(H₁): La productividad de *B. excelsa* es mayor en áreas naturales protegidas.

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es mayor en áreas naturales protegidas.

(H₁): La densidad de *B. excelsa* es menor alrededor de los caminos (bufferzones).

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es menor alrededor de los caminos (bufferzones).

(H₁): La productividad de *B. excelsa* es menor alrededor de los caminos (bufferzones).

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es menor alrededor de los caminos (bufferzones).

(H₁): La densidad de *B. excelsa*, es menor alrededor de los ríos (bufferzones).

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es menor alrededor de los ríos (bufferzones).

(H₁): La productividad de *B. excelsa*, es menor alrededor de los ríos (bufferzones).

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es menor alrededor de los ríos (bufferzones).

(H₁): La productividad de *B. excelsa* es homogénea en base al tipo y uso de suelo.

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es homogénea en base al tipo y uso de suelo.

(H₁): La densidad de *B. excelsa* es homogénea en base al tipo y uso de suelo.

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es homogénea en base al tipo y uso de suelo.

(H₁): La productividad de *B. excelsa* es homogénea en base a los diferentes tipos de clima.

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es homogénea en base a los diferentes tipos de clima.

(H₁): La densidad de *B. excelsa* es homogénea en base a los diferentes tipos de clima.

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es homogénea en base a los diferentes tipos de clima.

(H₁): La productividad de *B. excelsa* es menor en base a pendiente.

(H₀): La productividad de *B. excelsa* NO es menor en base a pendiente.

(H₁): La densidad de *B. excelsa*, es menor en base a pendiente.

(H₀): La densidad de *B. excelsa* NO es menor en base a pendiente.

(H₁): Las percepciones y conocimiento local corresponden a los patrones emergentes entrados en el análisis de los datos.

(H₀): Las percepciones y conocimiento local corresponden a los patrones emergentes entrados en el análisis de los datos.

1.7. Justificación

1.7.1. Económico

Muchas familias que viven en zonas rurales viven de la explotación de sus rodales naturales, lo cual genera un adecuado ingreso económico para la subsistencia de las mismas (Kanashiro, Harris, & Simons, 1997; Motta, 2002). Se estima que las cantidad de personas involucradas de manera directa e indirecta en esta actividad extractiva, es de entre 15 y 20 mil; equivalente al 20% de la población y genera el 67% del total de ingresos anuales de las familias vinculadas a esta actividad (MINCETUR, 2006).

1.7.2. Social

El desarrollo de la actividad castañera ha generado la migración de personas a esta zona del país ocupando extensas áreas, formando de esta manera asentamientos humanos, la cual ejerce una presión notoria sobre los recursos naturales que se encuentran en el bosque (Motta, 2002).

1.7.3. Científico

Debido al acelerado crecimiento económico que se ha presentado en la región de Madre de Dios, que, si bien es cierto, ha contribuido al desarrollo de la población local, esto ha influenciado en la conversión de áreas con fines y potencial forestal en zonas de cultivo con fines agropecuarios, causando una considerable deforestación, lo cual limita y reduce a las poblaciones de *B. excelsa*, ignorando el estado de conservación tanto fisiológica como genética de las poblaciones naturales (Kanashiro et al., 1997; Motta, 2002; Reátegui-Zirena et al., 2009).

1.7.4. Ambiental

La región Madre de Dios posee un alto potencial económico en cuanto a la cantidad de flora y fauna que prevalece en ella. Sin embargo, algunas de ellas, ejercen una cierta presión sobre las mismas. Por lo cual se debe impulsar actividades que sean de bajo impacto y que estas sean sostenibles en el tiempo. Una de ellas es el cultivo de especies y/o productos no maderables, que es una opción para contrarrestar en muchas zonas la deforestación, por

ende, la disminución de poblaciones de *B. excelsa*. Esta especie, posee altos contenidos de selenio en sus frutos, el cual ayuda a detener procesos degenerativos (Pastor, 2004; Reátegui-Zirena et al., 2009; Thomson, Chisholm, McLachlan, & Campbell, 2008).

La extracción de productos forestales maderables, es una de las mas importantes en la región de Madre de Dios. Esta actividad se ha ido incrementando en concesiones castañeras debido a la gran demanda del mercado local y nacional, a su vez se ha visto descuidado por parte de las autoridades locales ya que su extracción destruye los ecosistemas del bosque. *B. excelsa* es una especie de gran porte que requiere de un área de bajo impacto para la producción de frutos y que su desarrollo es más favorable en un bosque primario (Licona, MOstacedo, Villegas, Rodríguez, & Bustamante, 2010).

Una de las actividades que causa gran impacto en los bosques de la amazonia es la actividad minera, debido al precio del oro que se encuentra elevado en el sub suelo hace que personas de muchos lugares del país migren hacia las zonas donde se realiza esta actividad. En la región de Madre de Dios se tiene por estimado que existe más de 30 000 personas dedicadas a la actividad minera operando equipos cada vez más sofisticados y causando impactos al ambiente. Se calcula que hasta el 2009 la actividad minera ha deforestado más de 18 mil hectáreas (y se estima que ha degradado 150 mil hectáreas adicionales) (ACCA, 2010). Esta actividad no solo se realiza en la franja llamada "zona minera" sino también en áreas donde no está permitido realizar esta actividad. La minería ilegal ha sido el causante de interferencias en las actividades económicas más importantes en Madre de Dios, tales como en el ecoturismo, la agricultura, las concesiones de reforestación, castañera y maderable, haciendo de estas zonas inmensas áreas de desiertos (MINAM, 2010).

Existen otras causas ligadas a la deforestación de bosques castañeros, tales como la implantación de sistemas silviculturales no válidos, el desconocimiento de procedimientos administrativos y aplicación de instrumentos de gestión que son muy poco adecuados. Asi mismo, la falta de compromiso y desidia que existe entre las instituciones involucradas en cada

proceso de realización de las mismas. Estas falencias, se reflejan en la recolección, manipulación, transporte de *B. excelsa* en cascara, infraestructura precaria y carente de calidad sanitaria (Arcos, Corvera, & Canal, 2006).

Con la generación del modelo se logró analizar cómo influyen las diferentes variables ambientales en la producción de *B. excelsa*, entre otros. Dada el grado de relevancia en nuestra frágil región, es imprescindible velar por el aprovechamiento sostenible de los bosques naturales y de esta manera asistir a la conservación de los recursos naturales. Además, dará a conocer mejor cuáles son las variables que influyen en la densidad y la productividad de *B. excelsa*, así como plantearse trabajos de repoblación masiva para recuperar áreas degradadas y evitar la destrucción de los bosques a causa de la agricultura migratoria y la ganadería extensiva.

El modelo también permitió hacer estimaciones de productividad en áreas donde no se cuente con datos de árboles de *B. excelsa*, información que podrá influenciar las decisiones acerca del uso de la tierra, por ende, se podrá mejorar la producción y productividad de los bosques cultivados; consecuentemente disminuirán los costos de recolección de producción de nueces y se elevarán la rentabilidad de su aprovechamiento.

1.8. Consideraciones éticas

La nueva ley forestal y de fauna silvestre (Ley N° 29763), establece que, es derecho de toda persona acceder al aprovechamiento, uso y disfrute del patrimonio forestal y de fauna silvestre, siempre en cuando se respeten los procedimientos establecidos por ley a nivel nacional y regional. Dichos procedimientos deben estar declarados en instrumentos de planificación y gestión. Así como, toda persona tiene el deber de participar y contribuir con la conservación de dichos patrimonios la legislación aplicable.

En cuanto a lo relacionado a la sostenibilidad del patrimonio forestal y de fauna silvestre, menciona que, para satisfacer a la población, la gestión debe ser socialmente benéfico, económicamente viable y ambientalmente adecuado.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

a) Aires & Cicero, 2011. “Caracterização de sistema silvipastoril com castanheira (*Bertholletia excelsa*) e braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) pastejado por bovinos, São Domingos do Araguaia – PA”.

La investigación consistió en caracterizar un sistema silvopastoril con *Bertholletia excelsa* y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Además, analizar específicamente el desenvolvimiento del componente arbóreo y comparar la producción de biomasa del forraje a nivel del suelo en dos periodos del año (lluvioso y seco)

Se concluye que los sistemas agropastoriles (*B. excelsa* – *Brachiaria*) son de mucha utilidad, para el ganado, teniendo como resultados prontos crecimientos de *B. excelsa* (h=10,09m D=16,87) en un período de 7 años, sin embargo, esto no establece que este sistema sea viable para la producción de frutos, puesto que, es una buena forma de implantar en sectores degradados. Estos valores son favorables con respecto a otros estudios realizados en la región Amazónica a los cinco años de edad respectivamente.

b) Zuidema & Boot, 2002. “Demography of the Brazil Nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the bolivian amazon: Impact of seed extraction on recruitment and population dynamics”.

La investigación que se realizó en dos bosques primarios en Bolivia, donde la *B. excelsa* ha venido siendo aprovechada por varias décadas; en la cual a pesar de ser la gran proporción de semillas que son cosechadas (93%), se encontraron notables densidades de plántulas que emergieron.

Se concluye que sugiere que el alto nivel de la extracción de la *B. excelsa* puede ser sostenida al menos por varias décadas sin reducir el potencial de producción y que hay buenas perspectivas de continua regeneración de poblaciones explotadas, el cual salvaguardara la productividad aun por periodos más largos.

c) de la Barra et al., 2009. “Detección de árboles de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en la amazonía boliviana mediante imágenes satelitales”.

El estudio se basó en determinar las poblaciones de *B. excelsa* en base a imágenes satelitales en la Amazonía Boliviana.

Se concluye indicando que el modelo estima la ubicación de manchas de *B. excelsa*, con una precisión del 77%. El mismo se basa en índices relacionados con la composición del suelo y la capacidad de este, para mantener la humedad y la temperatura, en un cierto tiempo. Por lo cual, se infiere que la intervención humana en los procesos de análisis y clasificación en campo, no sea necesaria mas solo sea un medio de recolección y de validación de información en campo.

d) Manzanero, 2003. “Guía Metodológica par el levantamiento de Parcelas Permanentes en la Concesión Forestal de AFISAP”.

Esta guía conglomerara diferentes técnicas de colecta de datos en campo, las cuales son muy útiles al momento de la toma de datos a realizar en cuanto a la verificación de datos de los árboles de *B. excelsa* se refiere (10% de la población total al azar)

e) Kanashiro et al., 1997. “RAPD diversity in Brazil Nut (*Bertholletia excels Humb. And. Bonpl., Lecythidaceae*). *Silvae Genetica*”.

En este estudio, se utilizaron marcadores RAPD, para determinar la existencia de relaciones genéticas. Las fuentes de variación fueron exponenciales, demostrando de esta manera que existe una alta variabilidad genética dentro de una misma población de *B. excelsa* que entre las mismas poblaciones. Se concluye de esta manera, que las poblaciones de *B. excelsa* son muy variables.

f) Timothy, 2007. “Factores ecológicos que afectan la diversidad de plántulas de Árboles en la Selva baja”.

La depredación realizada por los mamíferos, la cual está ligada específicamente a semillas y plántulas, es una limitante al reclutar las mismas en el bosque. Los mamíferos de tamaño medio y pequeño, reducen la densidad de plántulas, sin embargo, aumentan la diversidad. Al aumentar la riqueza, genera un incremento en la abundancia de especies raras y con semillas de menor tamaño. Los mamíferos de mayor porte, tienen efectos pocos significativos. Concluyendo que, los roedores, juegan un papel muy importante en prevalecer la diversidad de especies en bosques tropicales.

g) Kainer, Wadt, Gomes-Silva, & Capanu, 2006. “Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes”.

Se investigó la asociación entre lianas y *Bertholletia excelsa* H.B.K., una larga vida, árbol emergente de importancia ecológica y económica significativa en la Amazonía. Los objetivos fueron: (1) determinar la relación entre la carga liana corona y el número de lianas, área basal y origen en relación con el host *B. excelsa*, y (2) para determinar la relación entre la carga de liana y *B. excelsa* frutas y producción de nueces, el crecimiento en diámetro y forma de la copa, la posición y el área. Ciento cuarenta árboles ([mayor que o igual que] 50 cm DAP) fueron seleccionados con los representantes de 10 clases de diámetro y cuatro categorías de carga liana. Para cuantificar la producción de frutas y nueces, los recuentos de frutales y de nueces pesos frescos por árbol fueron medidos en 2002 y 2003, y el crecimiento anual del diámetro se cuantificó usando bandas dendrométricas.

Se concluye que los árboles con lianas produjeron significativamente menos frutas y nueces habían reducido el peso fresco de los árboles-liana libre. Árboles con las más extensas cargas de lianas (> 75% de cobertura de la corona) fueron 10,2 veces más probabilidades de tener formas de corona clasifican como menos de media corona o pocas ramas que árboles con cargas reducidas de lianas. No se encontró relación estadísticamente significativa entre la carga liana y crecimiento de los árboles de diámetro.

Los resultados sugieren que la eliminación de lianas podría promover la fecundidad *B. excelsa* y los rendimientos comerciales de nueces.

h) Haugaasen, Haugaasen, Peres, Gribel, & Wegge, 2012. “Fruit Removal and Natural Seed Dispersal of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil”.

El presente estudio trata de determinar que la dispersión de semillas del árbol de la *B. excelsa* se ha basado hasta ahora en las semillas expuestas depositadas en el suelo del bosque. Aquí se utiliza un nuevo método para el estudio de la dispersión natural de grandes roedores como agutis (*Dasyprocta sp*); rastreando experimentalmente manipulado y etiquetado de frutas que contienen semillas marcados individualmente.

Por tanto, se concluye que la manipulación de la fruta no impidió agutis de manipular frutas. Los agutis trasladaron los frutos intactos lejos de su ubicación original que es debajo del árbol padre antes de que cualquiera ocultándolos o roer el pericarpio para acceder a las semillas en su interior. La mayoría de las frutas fueron trasladados a distancias de 15-30 m de su posición original, pero algunas frutas pueden tomarse como medida de lo 60 m. Un gran número de semillas extraídas de los frutos manipuladas apareció para ser comido inmediatamente. se encontraron solo 27 de las 1.740 semillas experimentales enterrado en cachés poco profundas, generalmente dentro de 5 m de la fruta abierta. Distancia eliminación fruta representó una cantidad desproporcionada de movimiento y de semillas de semillas total en el presente estudio fueron dispersados significativamente más lejos que en un experimento anterior utilizando semillas expuestas, lo que sugiere que los experimentos de dispersión de clásicos de este personaje pueden subestimar gravemente las distancias de dispersión de semillas.

i) Scoles & Gribel, 2011. “Stands in Two Areas with Different Occupation. Histories in the Brazilian Amazon”.

Se plantea en este estudio que la perturbación antrópica a gran escala en Brasil, esta correlacionada de manera positiva con la regeneración de árboles de *B. excelsa* y, en consecuencia, una estructura de población más joven de esta especie. Con lo cual se comparó la estructura de la población de árboles

de *B. excelsa* en dos áreas de la Amazonia brasileña con diferentes historias de uso de la tierra por los humanos.

El estudio sugiere que debido a los datos históricos la región que rodea el río Trombetas estaba densamente ocupada en los tiempos pre-colombinos y experimentó la despoblación después del contacto europeo con poblaciones amerindias, sobre todo en la 16^a siglo. Los 25 puntos de nueces de Brasil muestran en esta región fueron dominados por edad *B. excelsa* árboles y tenían escasa contratación en el sotobosque. Estos soportes muy maduros probablemente deben sus orígenes al intervalo entre el despoblamiento de los pueblos indígenas en los 16th -17th siglos y el establecimiento de *quilombos* en el comienzo de la 19^a siglo. La segunda área de estudio se encontraba en las proximidades del río Madeira (CAPANA Grande Lago), donde los *B. excelsales* eran más accesibles y perturbados. En este sitio, la estructura de la población más joven y abundante regeneración de *B. excelsa* se observaron en los 10 puestos de la muestra. Los datos históricos de esta región indican que las poblaciones indígenas fueron reemplazadas gradualmente a partir de la 18^a siglo, sin evidencia de severa despoblación. Se sugiere que los diferentes patrones históricos y actuales de uso del suelo han contribuido a las actuales contrastantes estructuras poblacionales de los *B. excelsales* en los dos lugares. Los datos también apoyan la idea de los *B. excelsales*, incluso los que se consideran los bosques primarios y "nativos", son le resultado final de influencias antropogénicas. No se encontraron pruebas para apoyar las restricciones a la recolección de semillas como un medio para mejorar las tasas de regeneración de Brasil.

j) Motta, 2002. "Reproductive, phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* HUMB & BONPL, *Lecythidaceae*) in eastern Amazonia"

El trabajo de investigación da a conocer que el período de floración principal de la *B. excelsa* se produjo durante los meses de débiles precipitaciones (agosto a noviembre). El polen: óvulo corrobora la relación de auto-incompatibilidad declarada de esta especie en los estudios anteriores.

Los principales polinizadores fueron abejas carpinteras y abejorros, las familias *Apidae* y *Anthophoridae*, por ejemplo, *Xylocopa frontalis*, *Epicharis*

rustica, *E. affinis*, *Epicharis* sp., *Eulaema nigrita*, *transversalis* *Bombus* y *B. brevivillus*. El síndrome de polinización se caracterizó como melitofilia.

k) Dos Santos & Absy, 2010. “Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): Interações com Abelhas sem Ferrão (Apidae: Meliponini) e Nicho Trófico”

En este trabajo se presenta un análisis del comportamiento de forrajeo y las interacciones de *E. mocsaryi* (Apidae: Euglossini) y *X. frontalis* (Apidae: Xylocopini) en presencia de las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en flores de *B. excelsa*, la nuez de Brasil. Así mismo también se examinó la carga palinológica realizado por ambas especies. Este estudio se realizó en la granja Aruanã, estado Itacoatiara / Amazonas, Brasil, durante el pico de floración.

En el cual se concluye que la visita por los principales polinizadores *X. frontalis* y *E. mocsaryi* fueron influenciados por la presencia y las actividades de las abejas sin aguijón en las flores de *B. excelsa*. Abejas Meliponini no tuvieron ningún efecto sobre las visitas y la recolección de recursos florales por *X. frontalis*, mientras que afecta negativamente el número de visitas de *E. mocsaryi*. Las abejas sin aguijón presentan una variedad de estrategias para conseguir el acceso a los granos de polen de *B. excelsa*, agrupados en dos categorías: el oportunismo – *T. goettei*, *F. trichocerata*, y *T. kaieteurensis* (Schwarz), y el robo – *T. fuscipennis*, *T. Branneri* Cockerell y *Trigona guianae*. El análisis palinológico de *X. frontalis* mostró que la abeja recoge el polen de algunas especies de plantas, pero principalmente en *B. excelsa*.

l) Dos Santos & Absy, 2012. “Interactions between carpenter bees and orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in flowers of *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae)”

Estudio se basa en la competencia entre las dos especies de abejas para el mismo tipo de recurso floral puede generar un comportamiento antagónico entre ellos, sobre todo en las zonas de cultivo, donde los recursos alimenticios son limitados, según la temporada y localmente. Por lo cual se evaluó el antagonismo entre dos especies de abejas solitarias de la familia Apidae, *Eulaema mocsaryi* (Euglossini) y *Xylocopa frontalis* (Xylocopini), visitando las flores de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*): Lecythidaceae) en una zona

agrícola central de la Amazonia. Se analizó el tiempo de visita para detectar la posible superposición temporal en la alimentación de estas abejas. Además, se analizó sus interacciones interespecíficas para la manipulación de especies de flores visitadas por una especie oponente, así como los intentos de atacar este oponente.

Se concluye que los individuos de *X. frontalis* visitaron las flores de *B. excelsa* antes que *E. mocsaryi*, aunque la visita no presentó diferencias significativas. Ninguna de las especies de flores visitadas recientemente por especies oponente manipulados, y prácticamente no había interacciones antagónicas entre ellos. Por lo tanto, *X. frontalis* y *E. mocsaryi* compartían la misma fuente de alimento en las flores de *B. excelsa*, debido a las diferencias en el tiempo de las visitas y de forma no agresiva de interactuar con el oponente. Este resultado tiene implicaciones importantes para la polinización de la *B. excelsa*, y una posible gestión de *X. frontalis* y *E. mocsaryi*, ya que estos dos eran los más abundantes polinizadores en la localidad estudiada

m) J. M. T. Haugaasen, Haugaasen, Peres, Gribel, & Wegge, 2010.

“Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest”.

Debido al desconocimiento sobre el destino de semillas de *B. excelsa* en condiciones naturales, esta investigación da a conocer la remoción de semillas, la depredación y el almacenamiento en de las nueces de *B. excelsa* por los roedores en las estaciones húmedas y secas, con base en un enfoque experimental utilizando 900 semillas hilo marcado.

Esto conlleva a que las semillas fueron eliminadas significativamente más rápido y enterradas a mayor distancia durante la estación seca. La proporción de las semillas enterradas intacta fue considerablemente mayor en la estación húmeda (74,4 %) que en la época seca (38.2 %). La mayoría (99,4 %) de las 881 supervisadas fueron recuperados, pero estos tuvieron una vida significativamente más corta en la estación seca. Los resultados muestran que los roedores son muy hábiles en la recuperación de las nueces de *B. excelsa* enterradas y que el comportamiento de almacenamiento parece estar afectada por la abundancia de recursos estacional. La menor disponibilidad de semillas debido a la cosecha intensiva podría potencialmente crear un

escenario en la estación seca, donde la mayoría de las semillas sucumben a la depredación pre-dispersión, lo que afecta negativamente a la regeneración natural de los árboles de *B. excelsa*.

n) Peres & Baider, 1997. “seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia”

Este estudio presenta datos sobre la densidad de población, la distribución espacial y la dispersión de las semillas de los árboles de nuez de Brasil a la ecología en un puesto prístina ubicada dentro de la zona india Kayapó, al sudeste de la Amazonía, Pará, Brasil.

Da como resultados que el aguti (*Dasyprocta leporina*), realiza una dispersión de nueces de *B. excelsa* a una distancia media de 5 m, y rara vez más allá de 20 m, de las estaciones de siembra. Sugiere que si se encuentran plántulas bajo esta dimensión se tenga en cuenta la presencia de agutí y a mayores dimensiones, la presencia de otros agentes de dispersión.

o) C. Peres, Schiesari, & Dias-Leme, 1997. “Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, *Lecythidaceae*), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis”

Experimentos de remoción de semillas se llevaron a cabo dentro y fuera de un clúster de *Bertholletia excelsa* (*B. excelsa*) durante las temporadas húmedas y secas. Si bien hubo efectos no dentro del rango de escape de árboles padres sobre las tasas de remoción de semillas, la eliminación global de semillas dentro de la agrupación fue significativamente mayor que el bien fuera del clúster. Por otra parte, las tasas de eliminación en la temporada de lluvias fueron consistentemente más altas que en la estación seca, tanto dentro como fuera del grupo de árboles. Los resultados sugieren que la probabilidad de supervivencia de semillas de *B. excelsa*, en relación con la distancia a fuentes de semillas, opera en diferentes escalas espaciales, y que los depredadores de semillas realizan un mayor esfuerzo para esparcir semillas durante la temporada húmeda.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

a) Flores, 2002. “Identificación de indicadores económicos para agentes vinculados al aprovechamiento de bosque en pie. Caso de la *B. excelsa*”

Hace mención a que los PFNM, son los menos afortunados en recibir algún tipo de importancia política y el de estar incluidos en planes de políticas de tipo ambiental en América Latina. Los PFNM tienen un potencial positivo en el mercado, aunque ellos sea menor referente a los PFM. Sin embargo, esto sugiere que se obtiene un alto potencial para conservar el patrimonio natural. Esto favorece a empresas exportadoras, debido a que la alta diversidad de productos existentes, puedan suplir el capital invertido. Se puede plantear la interrogante de que, si existen más estudios destinados a la diversidad ecológica y servicios ambientales, se podría realizar un aprovechamiento sostenible a a mayor escala de los mismos.

El trabajo concluye que los indicadores económicos que miden el aprovechamiento en el mercado de *B. excelsa*, son: rentabilidad sobre patrimonio, rentabilidad sobre activos, margen bruto y neto, razón general de endeudamiento y de liquidez.

El castañero tiene un análisis económico-financiero del patrimonio, lo cual provoca incentivos perversos para extraer lo máximo posible sin preocuparse por la conservación. Por ello, surge la importancia de valorizar los recursos biológicos, de bienes y servicios ambientales que ofrece el bosque en donde está presente *B. excelsa*.

2.1.3. Antecedentes a nivel regional

a) Gárate, 2017. “Tasa de Crecimiento, mortalidad e interacción de plántulas de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) en claros y sotobosque en el CRIBATAMAD, Tambopata, Madre de Dios-Perú”

El objetivo fue de evaluar si la apertura de dosel influencia en el desarrollo y mortandad de plántulas de *B. excelsa*, mediante plantíos experimentales: claros y sotobosque en el CRIBATAMAD, Madre de Dios (Perú).

Se concluye que, la apertura de dosel influye significativamente en el incremento en diámetro, altura y supervivencia de plántulas de *B. excelsa*. Por estas razones se recomendaría el uso de esta especie para el enriquecimiento de los bosques en Madre de Dios utilizando claros grandes (>25% apertura de dosel) que generen mayores condiciones de luz.

b) Choque, 2015. “Caracterización Morfológica y Productividad de Árboles Plus de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* Bonpl) en la Región de Madre de Dios – Perú”

El objetivo fue caracterizar morfológicamente, así como la productividad de *B. excelsa* como base de germoplasma para su conservación y mejoramiento genético. Para realizar este estudio constó de dos fases; la primera fue visitar a los concesionarios castaño para identificar a los árboles de mayor producción de frutos y posteriormente georeferenciarlos. En la segunda fase se realizó la descripción morfológica utilizando parámetros que describen la arquitectura del árbol y también se recolectaron muestras de frutos y de suelos de una profundidad de 20 - 40 cm.

Se identificaron 35 árboles plus cuya producción supera los 100 kg/árbol, donde la mayor presencia de los arboles plus fue en el sector de Río Manuripe (Tahuamanu) y Río Pariamanu (Tambopata). Encontró variabilidad significativa dentro de las poblaciones como: altura total (26 m. - 37 m.) con C.V. 8,39%, diámetro de fuste (0,9 m - 2,00 m) con C.V. 19,37%, diámetro de copa (16m-38m) con C.V. 21,32% y longitud de copa (8 m- 15m) con 14,64%. Se determinó que las características de los frutos son homogéneas (C.V. 5,24%) en el fenotipo como el diámetro polar donde se encontró el rango (90,7 mm- 125 mm) y diámetro ecuatorial (88 mm- 122,3 mm). El grosor del pericarpo de los cocos de *B. excelsa* se encontró dentro de la categoría del grosor normal, así mismo se pudo determinar que el 54.3% fue de la categoría "normal", 37,1% de la categoría "suave" y el 8,6% de la categoría "duro". Aplicando el coeficiente de correlación Spearman se determinó que solo la altura total ($\rho = 0,363^*$; $p = 0,032$) y el grado de esbeltez ($\rho = -0,375^*$; $p = 0,026$) mostraron relación significativa con la producción de frutos. Los árboles de mayor producción presentaron una buena estructura como: a) fuste recto, b) copas con círculos completos, e) emergentes del dosel, d) ramas completas

y e) buen estado fitosanitario. Los arboles plus de *B. excelsa* se encontraron en zonas de terrazas altas ligeramente disectadas. Las características físico y químicos del suelo no mostró relación significativa con la producción de frutos.

c) IIAP 2010. “La *B. excelsa* amazónica, manual de cultivo”

Establece bases para elaborar una política sectorial que impulse la agro exportación de *B. excelsa* como motor de una economía sostenible promovidas por entidades gubernamentales y no gubernamentales involucradas con la conservación y manejo sostenible de recursos naturales dentro de la región.

d) Chávez et al., 2012. “Superposición espacial en la zonificación de bosques en Madre de Dios, implicaciones para la sostenibilidad del recurso castañero. Info BRIEF – CIFOR”

El presente estudio da a conocer la importancia de los sistemas productivos de *B. excelsa*, así mismo con las falencias en la forma de discernir y garantizar datos obtenidos en campo por diferentes instituciones, así mismo como la documentación realizada durante el proceso de otorgamiento de concesiones con fines de extracción de productos no maderables del bosque. Así mismo como el uso específico del suelo debido a las superposiciones existentes en campo.

Se concluye dando a conocer las diferentes áreas de diferentes usos extractivos en Madre de Dios, tales como:

899327 ha de bosques para aprovechamiento de madera se encuentran superpuestas dentro de concesiones castañeras (INRENA 2006, 2009, 2011).

113556 ha de bosque de concesión de *B. excelsa* y áreas agrícolas privadas (INRENA 2006, 2009, 2011).

101997 ha de bosques de concesión de *B. excelsa* y concesiones mineras (INRENA 2006, 2009, 2011).

Finalmente, plantea rebustecer el aspecto de zoonificación y ordenamiento forestal, para poseer información de calidad y de esta manera implementar el catastro forestal para la toma de decisiones sobre el territorio y a su vez dotar de seguridad jurídica a diversas entidades y actores forestales.

e) Arcos et al., 2006. “Identificación y evaluación de árboles semilleros de *B. excelsa* *Bertholletia excelsa* en concesiones castañeras de la región Madre de Dios”

Se basó en la identificación y selección de árboles semilleros para ser utilizadas como matriz de reproducción de *B. excelsa*. Este estudio se realizó en siete concesiones castañeras, distribuidas en la provincia de Tambopata. Los resultados en el aspecto suelo fueron: textura variada, desde franco, franco arenoso, hasta franco arcilloso, poco profundos, bien drenados, entre 3.5 a 5.5 de pH. En cuanto a los árboles seleccionados: fueron 21 árboles de *B. excelsa* seleccionados; en el cual el 47% fueron encontrados en suelos franco arenoso; 28% en suelos franco arcilloso. Los árboles ubicados en suelos franco y franco arenoso presentaron una productividad promedio de 210 Kg, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes.

La fenología de *B. excelsa*, sufrieron cambios en relación a años anteriores. Esto puede atribuirse al cambio climático, que, en los últimos cinco años, la floración se hizo presente en setiembre y la defoliación ha ocurrido durante los meses de agosto y setiembre, mas la floración en este estudio ocurrió entre noviembre y diciembre y la defoliación se hizo presente en este estudio entre setiembre a octubre).

f) Cossío-Solano et al., 2011. “El aprovechamiento de madera en las concesiones castañeras (*Bertholletia excelsa*) en Madre de Dios, Perú”. SPDA-CIFOR.

El objetivo fue analizar el estado situacional de la extracción de PFM en concesiones castañeras a partir del año 2004 (año en el que se publicó la norma de carácter complementario, que ha permitido esta actividad), hasta el año 2010. Para cumplir dicho objetivo, se analizaron y evaluaron las cifras de volúmenes extraídos de concesiones castañeras y madereras (balance de extracción) dentro de cada administración dependiente de las mismas (Tahuamanu, Tambopata y Manu).

Los resultados demuestran que la extracción de pPFM en concesiones castañeras, ha superado en muchos casos, el límite teórico ($5\text{m}^3/\text{ha}$), situación que difiere de las concesiones maderables; sin embargo, no se puede inferir

que estos volúmenes hayan sido extraídos de las áreas declaradas como aprobadas en los planes de manejo, o si fueron colectadas en áreas no autorizadas para dicha actividad (tala ilegal), por lo cual puede determinarse que la extracción de PFM afecta de manera negativa a la producción de frutos de *B. excelsa*. Debido a lo descrito anteriormente, es necesario incentivar un manejo “integrado” en la administración de los PFM y *B. excelsa* ante los diferentes actores en la región Madre de Dios.

g) Ronald Corvera, Suri, Arcos, & Canal, 2006. “Zonificación agroecológica para el desarrollo de sistemas agroforestales con *B. excelsa* *Bertholletia excelsa* en la Región Madre de Dios, Perú”

El estudio realizado, determina que, aquellas áreas donde existan el potencial de establecer sistemas agroforestales, se incluya a *B. excelsa*, siempre en cuando las condiciones del sitio sean favorables para esta especie, por lo cual se considera de vital importancia para promover un marco referencial ante la recuperación de áreas deforestadas en la región Madre de Dios.

Para el presente estudio, se requirió de un equipo multidisciplinario, que trabajó bajo diferentes propuestas de Zonificación Económica Ecológica (ZEE), que fueron desarrolladas por el IIAP.

El producto obtenido fue un mapa, donde: 1,323,355 ha, fueron consideradas aptas; 1,815,449 ha, consideradas medianamente aptas y 5,234.491, consideradas no aptas para el desarrollo y crecimiento de *B. excelsa*.

h) Ronald Corvera & Suri, 2010. “Identificación de árboles plus de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en diferentes sub cuencas del río Madre de Dios”

Este estudio da a conocer los diferentes aspectos involucrados a un árbol de *B. excelsa* para determinarlo plus, lo cual se basó en colectar datos tanto a nivel de caracterización del sitio, como de la especie.

Este estudio concluye que se cuenta con 90 árboles plus seleccionados en siete diferentes sub cuencas de la cuenca del río Madre de Dios, ubicados dentro de 42 concesiones castañeras en las provincias de Tambopata y Tahuamanu. Estos árboles se seleccionaron con la participación activa de los

concesionarios castañeros durante la zafra 2008, lo que permitió implementar fichas técnicas para cada árbol.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aprovechamiento de *B. excelsa*, en el pasado y en la actualidad

La recolección de *B. excelsa*, es una actividad que se origina con las poblaciones indígenas y campesinas en la región amazónica desde tiempos antiguos. El aprovechamiento de *B. excelsa*, tanto a nivel comercial como de exportación, se inició a vísperas del siglo XX, después de haber sido descrita por Humboldt y Bonpland (1807) (Zuidema, 2003).

Las almendras producidas por el árbol de *B. excelsa*, que provienen de tierras bajas de bosques tropicales de Brasil, Bolivia y Perú, son en su mayoría cosechadas de poblaciones naturales. Este producto del bosque es comercializado en dos formas: como “almendras en cáscara” (*in-shell*) y como almendra sin cáscara (*kernel*) (Zuidema, 2003).

La exportación de *B. excelsa*, se ha ido incrementando gradualmente desde inicios del siglo XX, no obstante, se observan grandes fluctuaciones en la producción. Por ejemplo: durante la segunda Guerra Mundial la producción bajó considerablemente. Estas fluctuaciones en la producción se deben mayormente a variaciones en el precio y a factores climáticos que influyen en la producción de *B. excelsa*. El promedio de producción desde 1970, fue de 46 toneladas por año, esta producción de *B. excelsa*, equivale a 16 toneladas de almendra, con fluctuaciones en este periodo de entre 28 a 65 toneladas. Por lo que no se puede hablar de un incremento o reducción en la tendencia en la producción (Zuidema, 2003).

Los individuos de B. excelsa, cuando se encuentran entre 80 y 100 años, su productividad alcanza el punto máximo (clímax), siendo esta entre 250 y 400 Kg de frutos (Gamboa et al., 1996). Sin embargo, otros estudios mencionan que el árbol silvestre empieza su producción entre los 12 a 14 años, en cultivos estos fructifican a partir de los 8 años, sin embargo, la máxima producción se obtiene después de los 25 años. Los individuos de 30 años de edad, han alcanzado cantidades de hasta 300 kg de nueces/individuo/año. En

individuos, donde hubo propagación vegetativa por injerto, se han encontrado que producen 25Kg/planta a una edad de 12 años, siendo superior a los individuos en ámbito silvestre (5 a 14 Kg/individuo. Se sistemas de agroforestería sucesional, han sido hallados que, individuos entre el 6 y 7 años, han registrado una productividad media de hasta 6-25 frutos, conteniendo en ellas por lo enos 17 semillas (Arcos et al., 2006).

En la actualidad, Brasil, Bolivia y Perú figuran como los principales productores de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) in natura y sin cáscara, que desde principios de este siglo es exportada como alimento para los consumidores de Europa y Estados Unidos (Gamboa et al., 1996).

2.2.2. Importancia socio-económica de la producción de *B. excelsa*

En Madre de Dios existen 1200000 ha de bosques maduros donde se hace presente *B. excelsa*. Unos 1400 castañeros dependen de ella de manera directa y entre 15000 a 20000 personas de manera indirecta, ya sea en la fase de producción y/o exportación. Esto, representa el 20% de la población de Madre de Dios. Los castañeros celebran un contrato con el estado para realizar el manejo de manera individual en las áreas destinadas a la extracción de *B. excelsa*, por un periodo de 40 años, en la cual se hace de manifiesto la prohibición de su tala, para de esta manera contribuir a la conservación de los bosques (Dominguez, 1994).

B. excelsa, es un producto importante en cuanto se convierte en un medio para la creación de ingresos económicos en las regiones donde existen grandes densidades de bosques naturales que contienen estos árboles (Ronald Corvera, Del Castillo, Suri, Cusi, & Canal, 2010).

B. excelsa, representa la mayor parte del total de los ingresos de exportación de la región, ya que la gran parte de la población depende de los procesos de recolección, transporte y procesamiento de *B. excelsa*. Cerca del 10% (5-6 mil personas) del total de la población de una de los distritos como lo es Tambopata. La mitad de estas personas son trabajadores estacionales, quienes se movilizan al campo de 3 a 4 meses por año, llevando consigo a su familia (Zuidema, 2003).

En resumen, *B. excelsa*, provee un ingreso substancial para la economía regional de un gran número de familias, creando empleo para el sector más empobrecido de la región.

La importancia de *B. excelsa* en la economía regional de Madre de Dios, es una de las más especiales: probablemente no hay otra región donde *B. excelsa* sea un pilar tan importante en la economía regional. Antiguamente esta predominancia económica de un recurso, ocurría sólo en las regiones brasileras de Marabá y Tapajos en el estado de Pará, la región de Abufari en el estado de Amazonas, y el estado de Acre (Zuidema, 2003).

2.2.3. Sistemas de producción de *B. excelsa*

Fases en el sistema de producción de *B. excelsa*

La colección de *B. excelsa*, es realizada a una gran escala en bosques primarios y/o de poca intervención antrópica. En concesiones de bosques secundarios y/o degradados, se realiza a menor escala, por ser de prioridad otras actividades mas rentables de las cuales se derivan su degradación en muchos casos. En ambas situaciones, se realiza de la siguiente manera: a) el “barriquero” (colector), recorre por todos los árboles de *B. excelsa* descritos en los instrumentos de gestión (planes de manejo), a través de caminos estrechos (estradas), durante los meses de lluvias (donde los frutos caen) y fuertes vientos; b) la “chancada”, se lleva a cabo con el uso del machete, realizando un corte fuerte “machetazo”, originando la abertura del fruto, acto seguido, las nueces son depositadas a sacos de plástico, con capacidad de 60 Kg; c) estos sacos, son transportados a un almacén (payol), que luego de un proceso de secado natural (al sol) o entregados adirectamente a empresas compradoras de castaña, que realizan una segunda etapa de transporte, ya sea por via terrestre o fluvial (dependiendo de las condiciones geográficas y climáticas), hacia una planta procesadora (Zuidema, 2003).

Es necesario contar con uno de los instrumentos de gestión (ordenamiento castañero), puesto que, da a conocer la ubicación geográfica de la concesión, así como todos los componentes dentro del mismo (la forma y/o diseño de las estradas, número, distribución, densidad, producción e identificaciones por árbol de *B. excelsa* (Reserva Nacional Tambopata 2010).

Las áreas donde se recolectan *B. excelsa* son comunidades nativas, bosques de conservación y ecoturismo, concesiones forestales, castañeras y predios agrícolas. Dos tercios de la producción anual se realiza en concesiones castañeras y un tercio en otras áreas (Lazarte, 1997). En Perú, una vasta extensión de bosques es manejada como pequeñas concesiones (<1200 ha) a cargo de familias individuales (Mori & Prance, 1990).

2.2.4. Ecología del árbol de *B. excelsa*

Aspectos taxonómicos

B. excelsa presenta como nombre científico *Bertholletia excelsa* H.B.K, que de acuerdo a la clasificación de Cronquist (1998) la podemos clasificar de la siguiente forma:

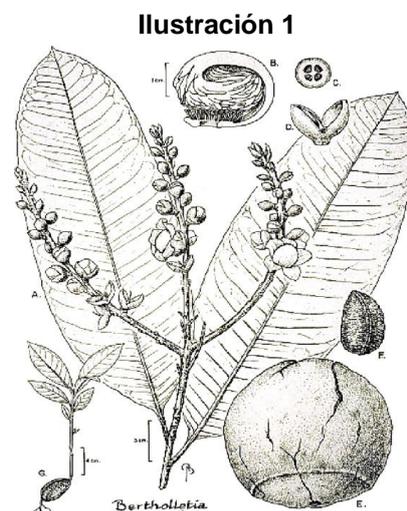
Reino	: Plantae
Tipo	: Fanerógamas
Sub tipo	: Angiospermas
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Lecythidales (Mirtales)
Familia	: Lecythidaceae
Género	: <i>Bertholletia</i>
Especie	: <i>Bertholletia excelsa</i>
Nombre científico	: <i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K

Nombres comunes: *B. excelsa*/ nuez del Brasil (español), castanha-do-brasil o do-pará (portugués), Paranuss (alemán), noix du Brésil (francés), paranoot (Países Bajos).

Descripción de la especie

Descripción Botánica

Árbol leñoso, frondoso y de amplia copa, de 50 m. de alto sus coronas sobrepasan el dosel del bosque. Raramente presenta aletones, así mismo, la corteza manifiesta grietas longitudinales y conspicuas. Su base alcanza hasta los 3m. (5m. en Brasil) de diámetro (Mori & Prance, 1990). Hojas oblongas, simples alternas, coriáceas entre 17 a 50 cm de largo y entre 6 a 15 cm. de ancho, envés de verde a claro amarillento y haz verde oscuro lustroso.



Dibujo donde se muestra flores e inflorescencia (a), detalle de flores (b), ovario (c), ovario y Cádiz (d), fruto (e), semilla y cáscara (f) y plantín con cotiledón (G).

Fuente: Mori (1992), Dibujo de Bobbi Angell

Inflorescencia distribuida en racimos terminales de 20 a 40 cm. de longitud; presente flores bisexuales subsésiles solitarias o en racimos variando de color blanco cremoso a amarillentos (Cossío-Solano et al., 2011). La época de floración se manifiesta en diciembre, los frutos miden de 10 a 15 cm. de diámetro (dependiendo de árbol a árbol, podría determinarse debido a la variación genética entre las mismas), con un peso de entre 0,8 a 1,5 Kg. (Cossío-Solano et al., 2011).

Cada fruto pesa entre 200-2000g, con diámetros de 10 a 25cm.; cada fruto contiene 10 a 25 semillas aproximadamente, angulosas y alcanzan 4 a 7cm. de longitud, tegumento coriáceo y rugoso, en cuyo interior contiene una nuez de color blanco-lechosa, la cual está recubierta por una fina capa (epidermis) de color marrón (Mori & Prance, 1990; Zuidema, 2003).

Distribución geográfica

El árbol de *B. excelsa*, está presente en diferentes ecosistemas de países ubicados en la franja amazónica de América del Sur, como: Guyanas, Colombia, Perú, Venezuela, Brasil y Bolivia (Ilustración 2). No obstante, las mayores densidades de *B. excelsa*, se encuentran solo en algunas partes de Perú (región Madre de Dios), Brasil (estados de Pará, Amazonas, Acre y Rondônia) y Bolivia (departamento de Pando, Beni y La Paz), para que la actividad sea considerada rentable.

Clima y Suelo

Según clasificación de Kopen (1991), citado por Arias (2001), *B. excelsa*, está presente en climas de tipo Ami y Awi (tropicales).

- ✓ Tipo de suelo: Franco – arcilloso / utisol y exisol
- ✓ Terreno: No inundable
- ✓ Reacción del suelo: Ácido – muy ácido
- ✓ Drenaje: Bueno
- ✓ Precipitación Pluvial: 1400 – 2800 mm
- ✓ Temperatura Media: 24,3 °C – 27,2 °C
- ✓ Temperatura Mínima: 18,9 °C – 10 °C
- ✓ Temperatura Máxima: 38,9 °C
- ✓ Humedad Relativa: 66% - 91%

Los árboles de *B. excelsa*, se presentan en bosques de tierra firme (no inundables), con altitudes inferiores a 800 m.s.n.m., con 2-7 meses donde la precipitación es inferior a 60mm. por mes, con suelos bien drenados, pobres de nutrientes de tipo utisol y exisol (Almeida, 1963; Diniz & Bastos, 1974; C. A. Peres & Baider, 2007).

Ilustración 2



Poblaciones naturales de *B. excelsa* donde muestras taxonómicas han sido colectadas. En base a Kainer et al. (1990).

Estructuras poblacionales y distribución espacial de poblaciones

Densidades de árboles de *B. excelsa*

El árbol de *B. excelsa* ocurre a densidades muy variantes. Hay informes de densidades muy altas (más de 26 árboles/ha) pero también cifras muy bajas (mucho menos de 1 árbol/ha) (C. A. Peres & Baider, 2007), tal como se menciona en la Tabla 2 se presenta una apreciación general de varios inventarios realizados a una escala de >10 has. Note que esta apreciación general no es ciertamente comprensiva y debe ser considerada como una referencia vaga; no como una base para extrapolar sobre áreas más grandes o en otras regiones.

La depredación realizada por los mamíferos, la cual esta ligada específicamente a semillas y plántulas, es una limitante al reclutar las mismas en el bosque. Los mamíferos de tamaño medio y pequeño, reducen la densidad de plántulas, sin embargo, aumentan la diversidad. Al aumentar la

riqueza, genera un incremento en la abundancia de especies raras y con semillas de menor tamaño. Los mamíferos de mayor porte, tienen efectos pocos significativos. Concluyendo que, los roedores, juegan un papel muy importante en prevalecer la diversidad de especies en bosques tropicales (Timothy, 2007).

Tabla 2

Las densidades de árboles de *B. excelsa* en inventarios de “gran escala” (área de la muestra >10 hectáreas). Note que se han usado diferentes límites de diámetro mínimo (Min. DAP). Área del bosque = área total del bosque donde se ha ejecutado el estudio. DAP = el diámetro a altura del pecho, medido a 130 cm altura. Nro. de árboles = número de árboles de *B. excelsa* encontrados en el área muestrea.

	Regiones	Área del bosque (ha)	Área muestra (ha)	Min DAP (cm)	Nº de árboles	Densidad Media (ha. ⁻¹)
1	Beni, Bolivia - Reserva El Tigre	834	834	50	900	1.1
2	Beni, Bolivia - Reserva El Tigre	12	12	10	20	1.7
3	Pará, Brasil - Región de Madeira/ Tapajos	3,700,000	252	25	97	0.38
4	Pará, Brasil - Región de Tapajos/Xingu	2,500,000	415	25	198	0.48
5	Pará, Brasil - Planalto de la región de Curuá-Una	60,000	309	45	316	1.0
6	Pará, Brasil - Pinkaití (transectos)	c. 950	<22	10		1.3
7	Pará, Brasil - Pinkaití (en manchales de <i>B. excelsa</i>)	28.5	28.5	10	137	4.8
8	Acre, Brasil - Xapurí	51	51	40	98	1.9

Fuentes. 1: PROMAB (1999: informe no publicado, el censo de árboles de *B. excelsa*); 2: Zuidema & Boot (2002); 3-5: El inventario de FAO citado en Salomao (1991); 6-7: Peres & Baider (1997); 8: Viana *et al.* (1998).

Distribución espacial

La agrupación de árboles de *B. excelsa* “manchales”, puede explicar la variabilidad de la densidad. Puesto que, se hace presente en Perú: (Sánchez, 1973), Pará, Brasil: (C. A. Peres & Baider, 2007), a gran escala, con densidades altas y en muchas áreas con densidades más bajas de la especie (C. A. Peres & Baider, 2007).

Las manchas son referidas también en el idioma español como “bosquecillos”, “manchales” o “castañales”. Se informa también que los manchales de árboles de *B. excelsa* pueden contener alrededor de 50 a 100 individuos, o 5 a 100 individuos (Sánchez, J. S., 1973). Sin embargo, las cuentas reales del número de individuos en manchales son escasas. Dos manchales de más de 25

hectáreas en Pará, Brasil, fueron intensivamente inventariados y en ellos se encontró 75 y 149 árboles de >10 cm DAP (C. A. Peres & Baider, 2007). Dentro de ellos, la distribución encontrada de *B. excelsa* no fue en grupos: en una mancha de casi 30 hectáreas en Pará, Brasil, la distribución espacial de árboles fue al azar (C. A. Peres & Baider, 2007), es decir no agrupada ni extremadamente dispersa.

Ecología reproductiva

FloreCIMIENTO

Las flores del árbol de *B. excelsa* se hacen presente al inicio de la estación lluviosa. Entre diciembre y enero (Bolivia), noviembre y diciembre (Perú) (Ortiz, 2002). Existe información sobre el florecimiento en el este de Brasil (Acre) las poblaciones florecen antes y en el oeste (Pará) el florecimiento de las poblaciones de árboles de *B. excelsa* (Moritz, 1984) varía, probablemente se relaciona con la distribución de lluvia durante el año.

La floración en manchales (6 árboles reproductores, con DAP 72 a 134 cm.), ha sido estudiada a detalle en un bosque de Bolivia, dentro de la cual, se ha determinado que el número de flores por árbol es aprox. 100000 (rango: 28000 a 161000) (Leigue y Boot *en prensa* a).

Las flores de *B. excelsa*, están dispuestas a ser polinizadas, sólo durante unas horas: antes del alba y caen al ocaso (Moritz, 1984; Ortiz, 2002). Se informa que las flores son polinizadas por abejas de gran tamaño, sobre todo las abejas de *Euglossidae*. Sólo los insectos grandes pueden polinizar las flores del árbol de *B. excelsa*, puesto que, pueden levantar la “capucha” de la flor para alcanzar el polen y néctar que se encuentra dentro de la flor (Nelson, Absy, Barbosa, & Prance, 1985). Es escasa la información disponible sobre los polinizadores de árboles de *B. excelsa* en bosques naturales, a pesar de su importancia para el establecimiento de plantaciones y actividades de enriquecimiento. Los estudios realizados, se centran en la polinización de nuevas variedades de árboles de *B. excelsa* en plantaciones experimentales (Moritz, 1984).

Se estima que, la producción baja de semillas de *B. excelsa*, está relacionada a los polinizadores, ya que, parecen restringirse a las condiciones del bosque primario. Se debe ampliar la realización de estudios referidos a este

fenómeno, ya que, los árboles de *B. excelsa*, dependen de la polinización cruzada. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, puede ocurrir un cierto nivel de endogamia (O'Malley, Buckley, Prance, & Bawa, 1978).

Fructificación

Los árboles de *B. excelsa* fructifican cada año, esto puede diferir, puesto a que existen algunos que no siguen este patrón. El desarrollo de semillas, es muy prolongado, más de 12 meses en muchos casos (Moritz, 1984; Ortiz, 2002). Esto implica que flores y frutas están a menudo presentes al mismo tiempo. La distribución de la caída de frutas en una determinada área de bosques (Ilustración 3) muestra una cresta principal de fructificación en noviembre, pero esta cresta ocurre a menudo después (diciembre - febrero) (Ortiz, 2002; Zuidema & Boot, 2002).

El número de semillas por fruto varía entre 10 y 25. Para árboles en una plantación experimental brasileña, el número de semillas por fruta es similar: el número promedio varía de 17.5 a 18.8 para cuatro tipos diferentes (Moritz, 1984).

El tamaño y peso de las semillas también es bastante inconstante. Por ejemplo, los árboles de *B. excelsa* de la región de Abufari Amazonas son conocidos por producir frutas y semillas mucho más grandes que en otros lugares. Las diferencias en tamaño de la semilla y forma también están presentes en las escalas espaciales más pequeñas (Kainer, Matos, Duryea, & Rodrigues Da Silva, 1999).

Alcanzando el tamaño reproductivo

Para obtener estimaciones sobre la productividad (potencial) del árbol de *B. excelsa*, es importante saber el tamaño mínimo de reproducción. La relación entre el tamaño del árbol y la reproducción ha sido estudiada en dos áreas de bosques primarios en Bolivia. Considerando que tanto como 98% de los individuos de >40 cm DAP son reproductivos, considerando que sólo 3.5% de los árboles de 1-40 cm DAP son reproductivos (Moritz, 1984).

Ecología de dispersión

Sistema de dispersión

El árbol de *B. excelsa* tiene una ecología de dispersión compleja que probablemente depende en gran forma de las actividades de acopio y

dispersión de semillas, que realizan los agutis (*Dasyprocta sp.*). La primera fase del sistema de dispersión consiste en la dispersión primaria: las frutas caen al suelo del bosque por efecto de la gravedad. Ya que las frutas tienen una pared leñosa sumamente dura y espesa, las frutas no son dañadas por el impacto de la caída y permanecen cerradas. La mayoría de frutas que han caído se pueden encontrar a distancias cortas del tronco de los árboles adultos, casi siempre debajo de la corona de los árboles. En estudios relacionados se puede observar que casi 50% de las frutas abiertas por agutis (*Dasyprocta sp.*), en muchos casos, son encontradas en un radio mayor, referente a la copa del árbol de *B. excelsa* (mayores a 20 m.). Como un índice de comparación, se puede mencionar que se encontraron sólo 2% de las frutas no abiertas por agutis (*Dasyprocta sp.*). Existen ejemplos de frutas que han sido llevadas por los agutis (*Dasyprocta sp.*), hasta una distancia mayor de 300 m (Ortiz, 2002). Sin embargo, al sacar las semillas, estas se trasladan a lo mucho una distancia de cuatro metros.

Los agutis (*Dasyprocta sp.*), se comen parte de las semillas después de abrir la fruta. Esta acción mata las semillas, convirtiéndolas en semillas no disponibles para la regeneración del árbol. Las semillas que no son comidas por agutis (*Dasyprocta sp.*), son llevadas lejos del lugar donde la fruta es abierta (Zuidema, 2003), y son enterradas a una profundidad de algunos centímetros. Ésta es la segunda fase en el sistema de dispersión del árbol de *B. excelsa*: la dispersión secundaria. El traslado y enterrando de semillas se llama almacenamiento disperso, que es un método practicado normalmente por otros roedores. Se guardan semillas de *B. excelsa*, para servir como fuentes de comida en periodos de escasez, por ejemplo, durante la estación seca cuando muy pocas frutas son disponibles (Zuidema, 2003; Zuidema & Boot, 2002).

Normalmente, cada semilla es almacenada individualmente cerca del lugar donde la fruta fue abierta. Las semillas enterradas por agutis (*Dasyprocta sp.*), pueden ser recuperadas por ellos mismos o por otros animales para servir como comida. En algunos casos, estas semillas pueden ser enterradas nuevamente en otro lugar. Ésta sería entonces la próxima fase en el sistema de dispersión: "la dispersión terciaria". No es muy claro aún que tan

frecuentemente ocurre el hecho de enterrar nuevamente las semillas. Alternativamente, las semillas guardadas pueden ser depredadas por otras especies de animales, sobre todo los roedores. Esto conlleva a la muerte de la semilla que entonces ya no puede contribuir a la regeneración del árbol. Las semillas guardadas que no se encuentran y no son consumidas en un cierto periodo de tiempo pueden germinar y pueden convertirse en plántulas. Probablemente, la inmensa mayoría de los tallos de las plántulas son generados de las semillas que fueron enterradas por agutis (*Dasyprocta sp.*). Sin embargo, en raras ocasiones pueden encontrarse plántulas dentro de una fruta intacta (Kainer, Wadt, & Staudhammer, 2014; C. A. Peres & Baider, 2007; Zuidema, 2003). También se puede observar grupos de plántulas rodeados por los restos de una fruta (Zuidema, 2003).

Estas plántulas probablemente han germinado después que la pared leñosa de la fruta se ha desintegrado completamente. La presencia del agutí es crucial para la regeneración natural del árbol de *B. excelsa*.

Ecología del árbol adulto

Arquitectura del árbol

Los árboles de *B. excelsa* pueden llegar a tamaños muy grandes (hasta 50 m, de altura y más de 3 m. de DAP). El árbol de *B. excelsa* adulto (con un DAP de >60 cm) tiene un tallo recto sin ramas de hasta 23 m de altura; a esa altura se forman típicamente de 2 a 4 ramas principales que a menudo se encorvan pronunciadamente. El desarrollo completo de la corona del árbol ocurre normalmente cuando la corona del árbol ha alcanzado la capa emergente en el bosque (es decir; la corona se posiciona sobre el dosel). El crecimiento inicial del árbol de *B. excelsa* parece ser dirigido más hacia el crecimiento de la altura que al crecimiento en diámetro. Esto puede concluirse de la relación entre el diámetro y altura (Zuidema, 2003).

De 20 a 25 cm de DAP, el incremento en altura por centímetro de DAP es mayor, mientras que los árboles de más de 40 a 50 cm ya no crecen mucho más en altura. Por ejemplo, árboles entre 2 y 20 cm DAP tienen un incremento de 1 m en altura por cada cm que se incrementa el DAP. Para los árboles entre 20 y 40 cm DAP, el incremento de altura es 0.5 m por cm de incremento en DAP. Para los árboles más grandes, esta figura es aún más pequeña. Este

modelo de crecimiento probablemente es una ventaja para alcanzar el dosel del bosque tan rápido como sea posible. La posición del árbol de *B. excelsa* en el dosel del bosque, cuando se trata de bosques naturales se relaciona estrechamente al DAP del árbol (Zuidema, 2003).

Crecimiento en diámetro

El crecimiento en el diámetro (DAP) de los árboles de *B. excelsa*, generalmente es alto comparado con otras especies de los árboles tropicales. Se estudió el crecimiento del DAP en dos poblaciones naturales en Bolivia en un periodo de 2 a 3 años. Las tasas de crecimiento máximos de diámetro fueron a menudo de más de 1.5 cm por año; la tasa máxima absoluta fue de 2.6 cm por año para un árbol de 43 cm DAP. (Zuidema, 2003).

En promedio, el crecimiento de DAP aumenta a 0.4 cm por año, cuando la corona de un árbol se localiza en o sobre el dosel, comparado con otro donde la corona se localiza debajo del dosel. Considerando que la mayoría de las especies de árboles en esta área tienen una tasa de crecimiento entre 0.04 y 0.2 cm en DAP por año, la tasa promedio de crecimiento en diámetro del árbol de *B. excelsa* alcanza a 0.34 cm por año. También la tasa máxima de crecimiento de esta especie (más de 2.5cm por año) es alta comparado con el de otras especies tropicales, ya que estas no alcanzan una tasa de crecimiento máximo de 2.0 cm por año (Zuidema, 2003).

Asociaciones

Se le encuentra asociadas con otras especies maderables como tahuari (*Tabebuia* sp.), ishpingo (*Amburana cearensis*), cedro (*Cedrela odorata*) caoba (*Swietenia macrophylla*) y otras especies (Ronald Corvera et al., 2006). Existe también la asociación con lianas, las cuales se determina como un factor negativo, debido a que los árboles que están presentes con estas producen significativamente menos frutas y nueces lo cual reduce el peso fresco de los mismos, además los árboles con mayor presencia de (> 75% de cobertura de la copa) fueron 10,2 veces más probables de tener la copa con una clasificación de menos de la mitad o presentan pocas ramas que los árboles con cargas reducidas de lianas. Además, no hay relación significativa entre la carga liana y crecimiento de los árboles de diámetro, por lo cual se

sugiere el corte de lianas para aligerar la carga y aumentar la fecundidad y el rendimiento comercial de nueces (Kainer et al., 2006).

2.3. Definición de términos

a) Árbol semillero

Árbol, cuyas características fenotípicas principalmente (forma del tronco, cantidad de frutos, tamaño del árbol), y cuya productividad es constante, mayor/igual a seis latas de *B. excelsa* (ACCA, 2010).

b) Barrica

Unidad de medida comercial “tradicional”, que contiene seis latas de semillas de *B. excelsa*, la cual equivale a 70 Kg (promedio). Este valor, puede variar, ya que en muchos casos, puesto a que, puede variar de acuerdo al tamaño y la humedad presente en la semilla (ACCA, 2010).

c) Castañal

Área boscosa, en la cual se encuentran las mayores poblaciones de *B. excelsa* (ACCA, 2010).

d) Concesión Castañera.

Unidades de aprovechamiento, otorgadas por el estado peruano a personas particulares (previa celebración de contratos), con el único objetivo de realizar el aprovechamiento sostenible, manejo y comercialización de semillas de *B. excelsa*, así como de otros productos del bosque, sean estos maderables y/o no maderables, bajo la aplicación de instrumentos de gestión (ACCA, 2010).

e) Crecimiento

Incremento correlacionado de manera positiva de un organismo, población u objeto en un período de tiempo (Prodan, Peters, Cox, & Real, 1997).

f) Dispersión de semillas

Fenómeno natural o asistido (agua, el viento, los pájaros, murciélagos, insectos, etc.), en el desplazamiento de semillas, para establecerse en otros lugares, sean estas de condiciones favorables o no (Ortiz, 2002).

g) Distribución espacial

Es la forma en la que presentan distribuidas las poblaciones sobre el eje terrestre avistadas desde el espacio, para lo cual, se puede distinguir: Población absoluta (número total de individuos en un lugar determinado) y

densidad de población (relación entre el número de individuos y el espacio en el que viven, así como los recursos para sobrevivir).

h) Estrada

Vías estrechas “trochas” realizadas al interior de la concesión, la cual conecta a cada árbol de *B. excelsa*. Todos ellos se concentran en el “varador”, que es la vía principal existente en la concesión (ACCA, 2010).

i) Lata

Unidad de medida comercial “tradicional”. Equivale a 18 Lt. (ACCA, 2010).

j) Plan de Manejo Forestal

Instrumento de gestión y control de operaciones de manejo forestal. Permite identificar las operaciones a ser realizadas al interior de la concesión, la cual garantiza así mismo, el aprovechamiento sostenible. (ACCA, 2010).

k) Plan General de Manejo Forestal (PGMF)

Brinda la planificación de las actividades a ser realizadas en la concesión. Está formulada bajo el sistema de quinquenio (5 años) y se debe renovar (con las actualizaciones de inventario castaño), durante la vigencia del contrato de concesión (40 años) (ACCA, 2010).

l) Plan operativo anual (POA)

Brinda la planificación a ser ejecutada a corto plazo (1 año), sea aprovechamiento forestal o de fauna silvestre” (ACCA, 2010).

m) Zonificación

Consiste en la caracterización según su potencial de cada recurso dentro del castaño. Ejemplo: área castañera, área de servicios (campamento, caminos y otros) (ACCA, 2010).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

Es una investigación de tipo experimental, básica tecnológica y aplicada, nivel explicativo.

3.2. Diseño del estudio

El análisis de la certeza de las hipótesis se efectúa mediante el diseño experimental de causa – efecto en una relación de variables que corresponde al siguiente diseño:

$$X \rightarrow Y$$

Dónde:

X = Variable independiente (causa)

Y = variable dependiente (efecto)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Lugar de Ejecución de proyecto de Investigación

El trabajo de investigación se desarrolló en las diferentes concesiones de *B. excelsa* otorgadas por el estado en el Departamento de Madre de Dios, ubicados en diferentes estratos como: concesiones castañeras, comunidades nativas, áreas naturales protegidas.

El proyecto tuvo como población a 135528 árboles de *B. excelsa*.

Así mismo, se realizó una verificación en campo de 32 entrevistados en base a la información recopilada del total de árboles al interior de la concesión (10% de la población total elegidos al azar), el cual brindó confiabilidad.

3.3.2. Materiales, equipos y herramientas

a) Materiales de campo

- ✓ Mapa de ubicación de concesión castañera
- ✓ Formato de encuestas
- ✓ Formato de toma de datos e instrucciones de monitoreo
- ✓ 02 Motocicletas Yamaha AG100

- ✓ Libretas de campo
- ✓ Cámara fotográfica CANNON 12.x
- ✓ Equipo para lluvia (botas de jebe, ponchos impermeables, etc.)
- ✓ Machete

b) Materiales de escritorio:

- ✓ 02 Notebook Intel Core i.5.
- ✓ Impresora
- ✓ 01 HDD Extraíble
- ✓ Lapiceros
- ✓ Lápices

c) Equipos

- ✓ GPS Mp 60 Csx Garmin
- ✓ Brújula SUUNTO

d) Herramientas computacionales / Software

En el campo de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) y de Teledetección, han surgido grandes avances, facilitando la interpretación de datos, que ayuden a la toma de decisiones. En el presente trabajo de investigación, se utilizaron los siguientes:

R (versión 3.4.0), implementado en R Studio (versión 39.4.49):

Es un lenguaje de programación, que ayuda a la interpretación de datos mediante gráficos y análisis estadístico, que ayuda a comprender los fenómenos de interés para el investigador.

Arc Gis 9.3:

Es un sistema completo, que ayuda a la realización (en base a la captura, edición, análisis, tratamiento de datos georreferenciados), diseño, publicación e impresión de información geográfica del área de interés para el investigador.

DIVA-GIS:

Orientado a científicos cuando la disposición de herramientas SIG es nula. Imprecindible para dilucidar patrones genéticos, geográficos y ecológicos de especies.

Microsoft Office 2010: Paquete completo.

3.4. Metodos y técnicas

- a) Se recopiló información bibliográfica de instituciones involucradas, tanto públicas como privadas, a nivel local e internacional, tales como:
- ✓ Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA)
 - ✓ Conservación ambiental y desarrollo en el Perú (CAMDE –PERU)
 - ✓ Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal (FONDEBOSQUE)
 - ✓ Forestal Rio Piedras SAC
 - ✓ Dirección Regional Forestal y Fauna Silvestre (PRMRFFS), etc.
- b) Se obtuvo y recopiló coberturas e imágenes raster de parte de diferentes instituciones, basadas principalmente en la ZEE de la Región Madre de Dios.
- c) Se obtuvo información en base a los ordenamientos castañeros realizados en base al primer y segundo quinquenio, de las entidades antes mencionadas, además de haberlas obtenido del propio concesionario, los cuales proporcionaron información muy valiosa en base al estudio de ordenamiento, tales como: distribución espacial de los árboles de *B. excelsa*, parámetros dasométricos, tratamientos silviculturales, estado fitosanitario, otros de fueron de interés para el trabajo de investigación.
- d) Se realizó la visita a 32 concesionarios a los que se les realizó una breve entrevista, siendo esta una de las partes fundamentales, ya que están directamente relacionadas con factores que tienen un impacto en la productividad de *B. excelsa* y que de forma directa o indirecta permitieron validar el modelo de productividad, además de apoyar el objetivo de esta investigación que corresponde a la caracterización descriptiva de la percepción de la población en relación al tema de productividad de *B. excelsa* y otros que se involucren con él.
- e) Se movilizó hasta la concesión castañera junto al concesionario entrevistado y dos asistentes de campo en el acto (o una fecha pactada), teniendo las bases de datos o no, para realizar una verificación en campo de 32 entrevistados en base a la información recopilada del total de árboles al interior de la concesión (10% de la población total elegidos al azar), el cual brindó confiabilidad en el manejo de los datos (los cuales pasaron de

ser datos secundarios a primarios), estos datos fueron tomados de acuerdo a un formato de llenado en campo.

Caracterización fenotípica de los árboles de *B. excelsa* (Validación de datos secundarios vs datos tomados en campo)

Aspectos dasométricos

Se realizó la caracterización dasométrica de los árboles, evaluándose: diámetro a la altura del pecho, aproximadamente 1.30m de la altura respecto al suelo (DAP); altura total, desde la base hasta la cima de la copa; altura de inicio o inserción de copa, desde la base hasta el comienzo de la ramificación; altura de copa, tomando desde el inicio de la ramificación hasta la cima. También fueron considerados otros parámetros como: clase de árbol, aspectos del fuste y la forma de la copa. Se evaluaron solamente a árboles de *B. excelsa*, mayores a los 5cm. de DAP (OSINFOR, 2010), aplicado como rango mínimo para realizar inspecciones e concesiones castañeras.

a) Clase de árbol:

Basado en el sistema de clasificación de Hutchinson (1993).

Tabla 3
Clase de árboles

Clase	Descripción
1	Árboles excelentes (Dominantes o codominantes, sin bifurcaciones, de ramas delgadas sanas y vigorosas).
2	Árboles buenos (Dominantes y codominantes, sin bifurcaciones bajas, con leves defectos en el fuste o en la copa).
3	Árboles inaceptables, enfermos y/o con defectos en el fuste y/i la copa. A pesar de ello no son excluidos en el ordenamiento.

Fuente: Hutchinson 1993

b) Tipo de fuste

Para esta evaluación, se consideró la rectitud del tronco o fuste en función a la metodología de Hutchinson (1993), el cual se detalla en la tabla 4.

Tabla 4
Característica del fuste

Fuste	Descripción
1	Totalmente recto y sano
2	Con pequeñas deformaciones
3	Totalmente déforme con daños

Fuente: Hutchinson 1993

c) Forma de copa

La forma de la copa fue evaluada conforme a la clasificación de Hutchinson (1993), el que se especifica en la tabla 5.

Tabla 5
Forma de Copa

Copa	Descripción
1	Círculo entero (la copa de <i>B. excelsa</i> es simétrica y circular). Árbol frondoso.
2	Círculo irregular (la copa de <i>B. excelsa</i> , es considerada casi ideal, asimetría irregular y/o muerte de algunas ramas).
3	Medio círculo (la copa de <i>B. excelsa</i> , presenta características de asimétricas o alargadas, pero capaz de mejorar si se brinda mayor espacio).
4	Menos de medio círculo (asimetría muy marcada. Con presencia de pocas ramas y/o muerte progresiva de las mismas).
5	Presenta pocas ramas (la copa de <i>B. excelsa</i> , se encuentra fuertemente degenerada o dañada).

Fuente: Hutchinson 1993

d) Infestación de bejucos

La presencia de bejucos/lianas, perjudica el crecimiento de árboles, lo que puede incidir en la producción de frutos. En la recolección de datos se usará cuatro clases que son las siguientes que se reflejan en la tabla 6 (Licona, J. C., et al., 2010)

Tabla 6
Infestación de Bejucos

Copa	Descripción
1	La presencia de bejucos es nula en la estructura del árbol.
2	La presencia de bejucos están en el fuste, mas no en la copa.
3	La presencia de bajucos está presente tanto en el fuste, como, sin embargo, estos no efectan el crecimiento apical.
4	Alta presencia de bejucos en cada estructura del árbol, perjudicando el crecimiento apical.

Fuente: Licona, J. C., et al., 2010

3.4.1. Metodología de Trabajo en Gabinete

- a) El análisis de los datos se realizó dentro de las instalaciones del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), donde Bioersivity International tiene su oficina regional para las Americas.
- b) Se recibió capacitación en el manejo de software Rstudio V39.4.49, Arc Map 10.3, Diva Gis, por personal capacitado en el mismo, para la obtención de gráficos y mapas en diferentes escenarios.
- c) Con la información obtenida, se generó una base de datos de campo de los diferentes concesionarios castañeros involucrados en el ámbito de ejecución del proyecto Tambopata, Manu y Tahuamanu.

- d) Para la generación de información geográfica (shapes), se utilizó el software R Studio. ya que su uso es más flexible además del análisis estadístico.
- e) Conversión de información geográfica (shapes), geología, hidrografía, geomorfología, fisiografía, tipo de suelos, capacidad de uso de suelos, fauna, vegetación, uso actual, socioeconomía a formato raster.
- f) Generación de modelos predictivos, con ayuda del software R Studio V39.4.49.
- g) Se contrastó la prueba de hipótesis en base a cada una de las variables explicatorias.

3.5. Tratamiento de los datos

3.5.1. Unidad de Análisis Geo-espacial

La unidad de análisis está contemplada en un área de 250 m. x 250 m., la cual está constituida por todos árboles de *B. excelsa* donde se obtenga datos georeferenciados (concesiones castañeras, comunidades nativas, concesiones de reforestación, unidades de aprovechamiento, predios privados, etc.).

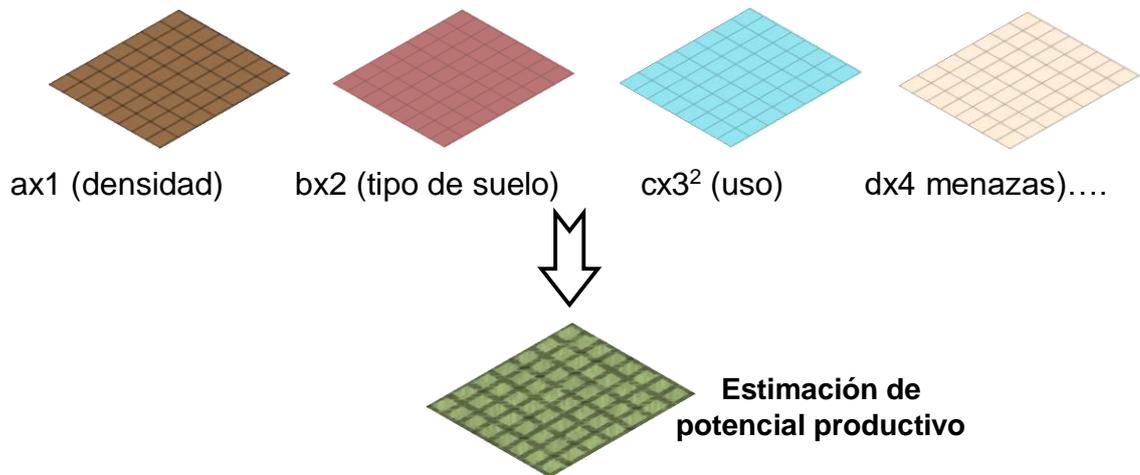
3.5.2. Técnica de análisis de datos

El modelo para estimar la productividad de *B. excelsa*, permitió analizar, describir, explicar y predecir la productividad en el ámbito de la región Madre de Dios. Se describirá paso a paso la metodología que permitió obtener un resultado final original, útil y seguro para permitir su uso por parte de tomadores de decisiones, actores y pobladores regionales, además de productos de investigación de alto valor para su publicación.

El Modelo y la unidad de análisis

El modelo está conformado por una variable respuesta (Y) que resulta de la combinación de diferentes variables explicatorias ($X_1; X_n$), las cuales están relacionadas de la siguiente manera $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3^2 + dX_4 \dots$

Figura 1. Variables

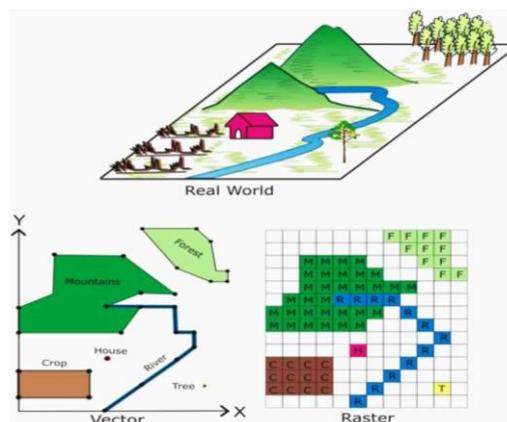


La relación final entre las variables explicatorias y la variable respuesta se determinó mediante procesos estandarizados de la modelación. Se inicia con un modelo que tiene todas las variables explicatorias que podrían tener un papel fundamental sobre la determinación de la variable respuesta (Productividad); y posteriormente se van eliminando las variables explicatorias no significativas estadísticamente, hasta quedarse con el modelo más sencillo donde todas las variables explicatorias contribuyen significativamente en la predicción de la variable respuesta.

El mismo procedimiento se aplicará para la productividad (Figura 1 y 2), pero en este caso se construirá el modelo con base en datos relacionados directamente a árboles individuales de *B. excelsa*.

Figura 2

Representación del mundo real en el formato vector (izquierda) y raster (derecho)



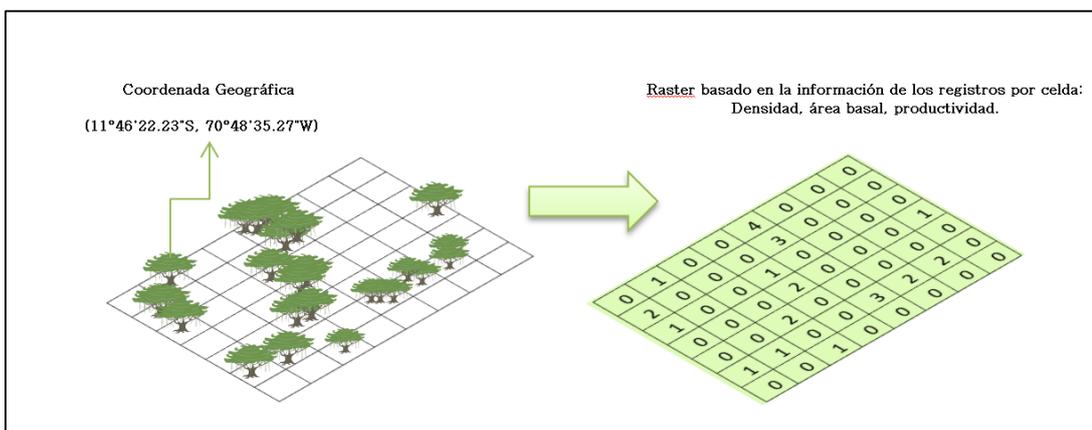
Tanto para Y como para todas las X, se realizaron mapas en formato raster, con una resolución de por lo menos 1 km x 1 Km (30 segundos decimales).

a) Mapa de densidad (Individuos/celda) y si es posible tener acceso a la información sobre Área basal ($m^2/celda$; calculado basado en DAP (Diámetro a Altura de Pecho) de árboles de *B. excelsa*

Elaborados a partir de información georeferenciada de individuos de *B. excelsa* (Figura 3).

Figura 3

Estimación de la densidad (Ind/área) por celda a partir de la información de individuos georeferenciados. Se siguió un procedimiento similar para construir los mapas de productividad y área basal de *B. excelsa* por celda



Para ello, fue necesaria la sistematización de base de datos ordenada (concesión, ANP, entre otros), de tal forma que tuvimos información por individuo arbóreo de *B. excelsa*. En la base de datos, cada fila corresponde a un árbol de *B. excelsa*, importante para posteriormente hacer los cálculos de densidad, área basal y productividad por individuo. Con respecto a los datos estructurales, el más relevante es el DAP, sin embargo, se tuvo acceso a otros datos del árbol como altura y cobertura, también fue compilado.

b) Mapa de Clima

Se consideró variables como temperatura, precipitación, humedad. Idealmente, se consiguió información climática tomada a nivel nacional y regional, además de existir mapas de clima para todo el mundo (www.worldclim.org), pero no son tan precisos como los mapas climáticos nacionales.

Dentro de las variables cualitativas mapeables se considerarán las siguientes:

c) Mapa de suelos

a. Mapa de Usos del suelo

Infraestructura, áreas protegidas, terrenos agrícolas y ganaderos, entre otros.

b. Mapa de Amenazas

Quemas, Deforestación, Extracción de madera, Minería de oro.

c. Mapa de distribución modelada de *B. excelsa***d. Mapa de zonas ecológicas**

Este mapa está vinculado a los tipos de vegetación y el drenaje del suelo.

http://www.natureserve.org/aboutUs/latinamerica/gis_data_downloads.jsp#ecological.

Con esto, se busca comparar los resultados obtenidos de las entrevistas con los concesionarios de *B. excelsa* y los datos obtenidos de los análisis geoespaciales, lo cual, refutará y/o se confirmará las percepciones de los mismos en el presente estudio

CAPÍTULO IV. RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Productividad y Densidad de *B. excelsa*

4.1.1. Clima

Figura 4

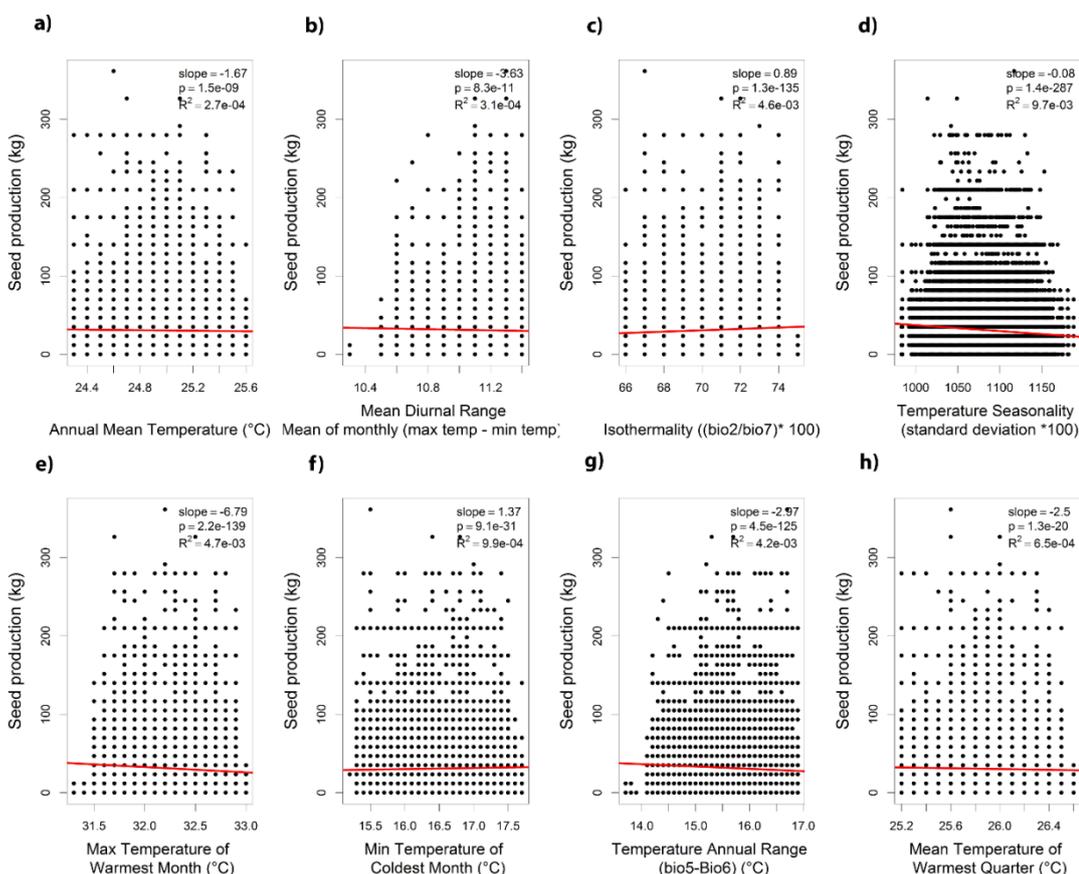


Figura 4. Relaciones entre la producción estimada de semillas de *B. excelsa*, y (a) la temperatura media anual (°C); (b) rango diurno medio (°C); (c) isotermita; (d) estacionalidad de la temperatura; (e) temperatura máxima del mes más cálido (°C); (f) temperatura mínima del mes más frío (°C); (g) rango de temperatura anual (°C); (h) temperatura media del mes más húmedo (°C) del sitio de crecimiento, con base en Hijmans et al. (2005). Las líneas rojas sólidas representan modelos de regresión lineal y cubren intervalos de confianza del 95%.

La Fig. 4, da a conocer que existe una tendencia constante de menores estimaciones de producción de semillas de *B. excelsa*, ubicados en sitios con niveles de temperatura más altos ($p < 0.001$; Fig. 4a - Fig. 4c). Lo que da a

conocer que las producciones más bajas de semillas de *B. excelsa*, se dieron en los años de mayor sequía (Fenómeno de El Niño) ($p < 0.001$; Fig.4e y Fig.4F).

Los periodos moderados de temperatura al parecer influyen de manera positiva en la producción de semillas de *B. excelsa*. Las temperaturas más elevadas durante los periodos más cálidos, se relacionaron con estimaciones de producción más bajas (Fig.4a y Fig.4C). Este resultado, resulta alarmante frente al actual problema de cambio climático en la actualidad y que va se va incrementando en el pasar del tiempo, puesto a que se espera que resulte en un aumento considerable de las temperaturas anuales e incremento en la frecuencia de los climas más extremos, por ende, podría inducir a niveles aún más bajos de producción. La precipitación se correlacionó de una manera significativamente positiva con las estimaciones de producción, especialmente en los periodos más secos del año (Fig. 4d y Fig.4f), lo que confirma (Kainer, Wadt, & Staudhammer, 2007; Zuidema, 2003). El acontecimiento antes esta tendencia fue más fuerte para las precipitaciones del mes más seco, hasta cierto punto contradice la suposición (Thomas, Alcázar, Loo, & Kindt, 2014), en la cual establecen que, la semilla de *B. excelsa* necesita al menos dos meses secos (< 60 mm), para el desarrollo y crecimiento (Müller, 1981). Según lo establecido en base a las anécdotas (William Moreno), que, debido a una combinación de altas temperaturas y sequías en Madre de Dios acontecido en los años 2005 y 2010, provocó abortos masivos de flores de *B. excelsa*, sugiriendo que, la temperatura y precipitación juegan un papel muy importante, puesto a que los mimosos, interactúan en el impacto sobre la productividad, lo que requiere realizar más trabajos de investigación referente al tema.

Figura 5

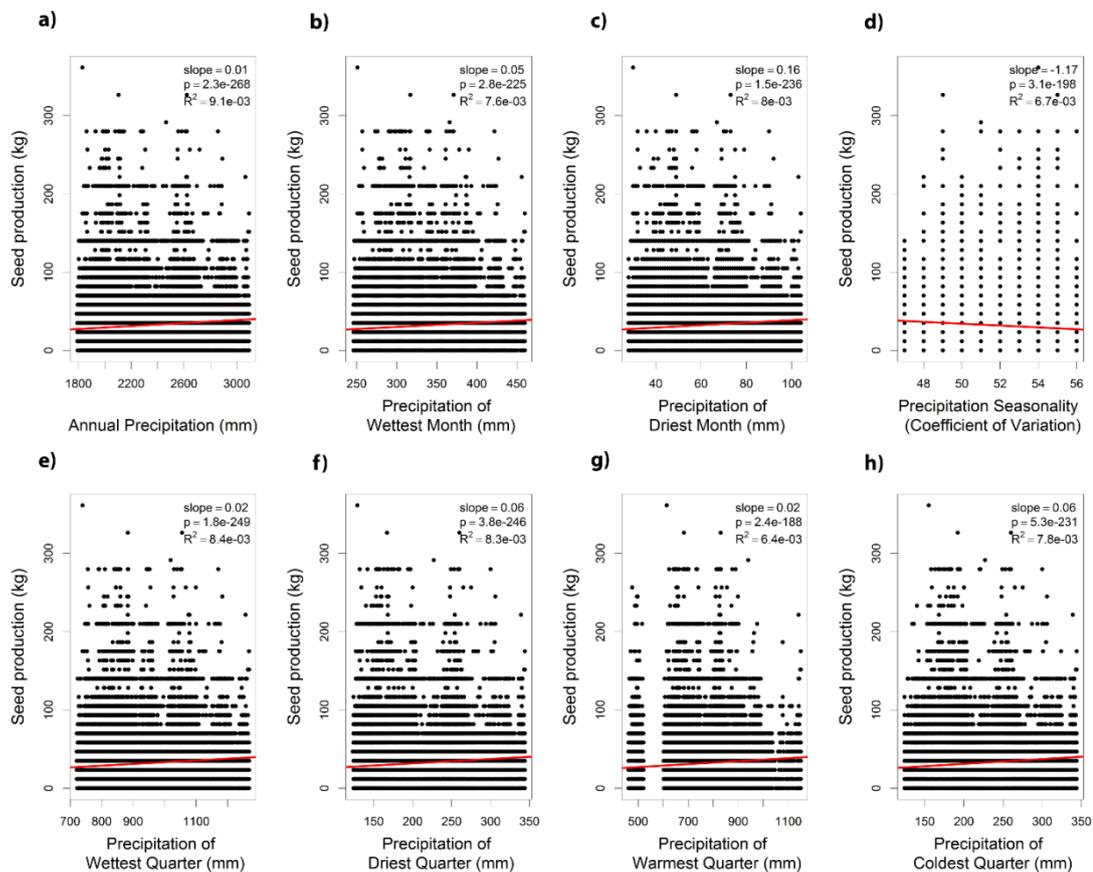


Figura 5. Relaciones entre la producción estimada de **de semillas de *B. excelsa***: (a) la precipitación anual (mm); precipitación del (b) mes más húmedo (mm) y (c) más seco (mm); (d) estacionalidad de la precipitación; precipitación del (e) trimestre más húmedo (mm), (f) trimestre más seco (mm), (g) trimestre más cálido (mm) y (h) trimestre más frío (mm), basado en Hijmans et al. (2005). Las líneas rojas sólidas representan modelos de regresión lineal y cubren intervalos de confianza del 95%.

La Fig. 5, da a conocer que la mayor producción de semillas de *B. excelsa*, se dieron en zonas de mayor precipitación ($p < 0.05$; Fig. 5a). Así mismo, la producción de semillas de *B. excelsa*, ha sido menor en cuanto a los periodos de precipitación del trimestre más seco (Fig. 5f), lo cual, valida la información, puesto que, existe una correlación muy significativa entre las precipitaciones durante los cinco meses previos a la estación seca (mayo-septiembre) (Kainer et al., 2007). Por lo cual se sostiene que, a mayor cantidad de precipitación, mayor producción, siempre en cuando esta se presente de marzo a mayo. En entrevistas realizadas a los colectores de *B. excelsa*, los resultados indican que, a menor precipitación durante la época más seca, menor producción; así como la presencia de fuertes vientos.

4.1.2. Suelo

Figura 6

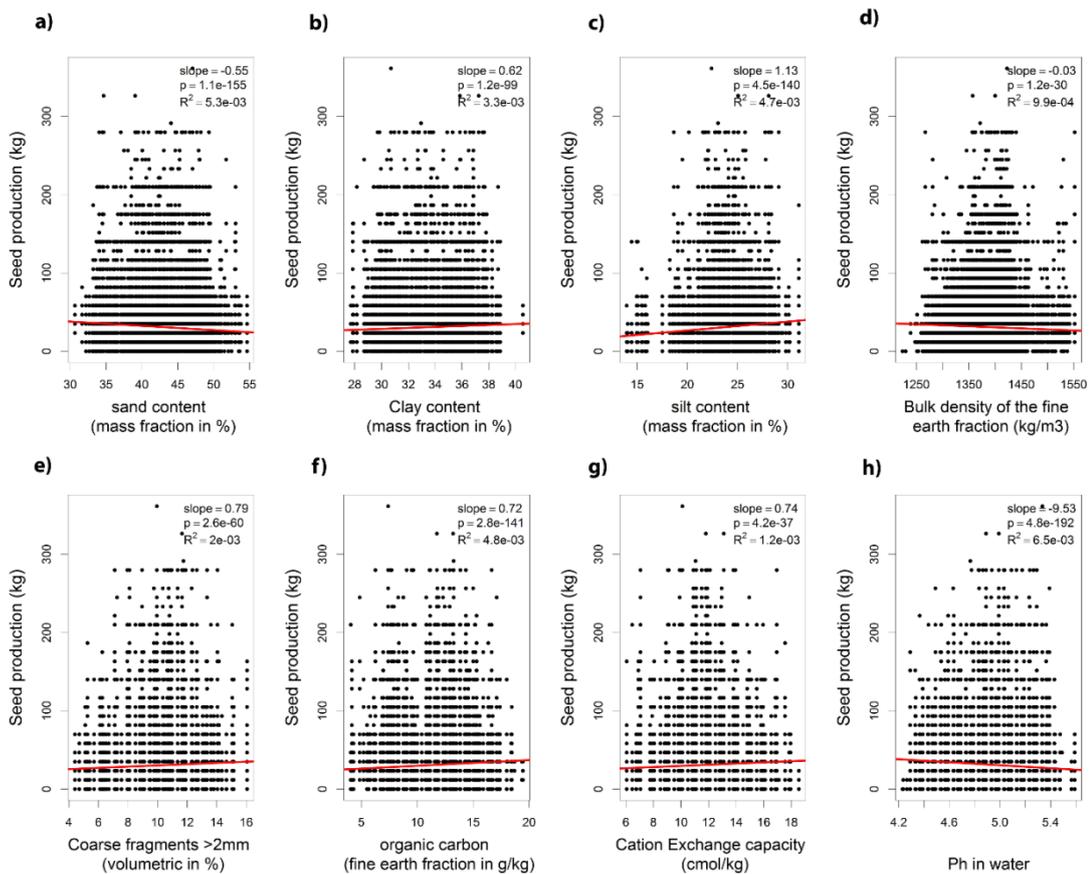


Figura 6. Relaciones entre la producción estimada de semillas de *B. excelsa* y (a) arena; (b) arcilla; y (c) contenido de limo; (d) densidad aparente de fracción de tierra fina; (e) proporción volumétrica de fragmentos de tierra gruesa; (f) contenido de carbono orgánico; (g) capacidad de intercambio catiónico y (h) pH del suelo en el sitio de crecimiento, con base en Hengl et al. (2014). Las líneas rojas sólidas representan modelos de regresión lineal y cubren intervalos de confianza del 95%.

La Fig.6, da a conocer que, las estimaciones de producción de árboles de *B. excelsa*, se correlacionaron positivamente con el contenido de arcilla, limo y la fracción de carbono orgánico y negativamente con el contenido de arena y el pH de los suelos en los sitios de crecimiento ($p < 0,01$). La relación entre la capacidad de intercambio catiónico (CIC) esperada de el suelo en el sitio de crecimiento de un árbol y la producción estimada de semilla no fue significativa de acuerdo con nuestro GLMM, pero sin embargo arrojó un coeficiente de correlación de Spearman altamente significativo ($p \ll 0.001$).

En consecuencia, la mayoría de los árboles de *B. excelsa*, según los datos obtenidos, crecieron en suelos con pH esperado (por debajo de 5) y hubo una tendencia de los árboles en suelos más ácidos a producir estimaciones de producción más altas (Fig.6h). En cuanto a las expectativas referente al

contenido de carbono, se encontraron mayores estimaciones de productividad para árboles con mayor contenido de la misma (Fig.6f), lo que da como premisa el porque los recolectores de semillas de *B. excelsa*, reportan que los árboles, producen en mayor cantidad en suelos más oscuros.

El hallazgo en base a nuestros resultados obtenidos, respaldó otros estudios realizados por (Kainer, Wadt y Staudhammer (2007), en los cuales indica que a mayor capacidad de CIC, mayor será la producción de semillas de *B. excelsa*, (resultados de correlación de Spearman, pero no de GLMM) (Fig.6g). Sin embargo, esto no significa que los resultados obtenidos no pudieran detectar un patrón de manera exacta, puesto a que, la CIC es a menudo considerado de manera errónea como un indicador de la fertilidad del suelo, porque los suelos de con cualquier CIC, pueden diferir entre si en cuanto a la disponibilidad de nutrientes en la Amazonía (Quesada et al., 2010).

4.1.3. Topografía

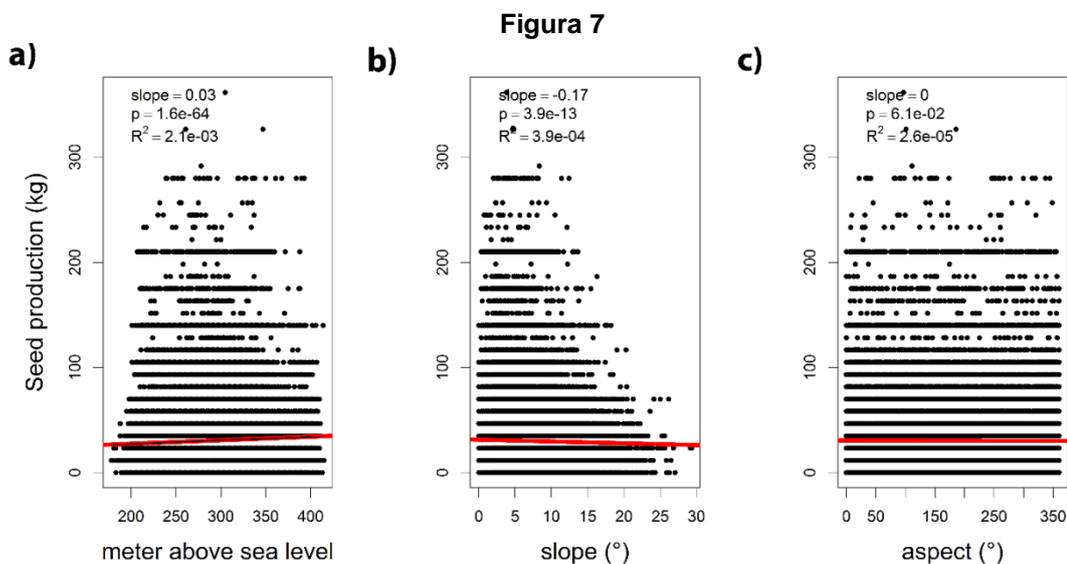


Figura 7. Relaciones entre la producción estimada de semillas de *B. excelsa* y (a) elevación (m.s.n.m.); (b) pendiente (°); y (c) aspecto (°) del sitio de crecimiento, basado en un modelo de elevación digital de 30 m. Las líneas rojas sólidas representan modelos de regresión lineal y cubren intervalos de confianza del 95%.

La Fig.7, da a conocer que las estimaciones de producción de semillas se correlacionaron positivamente con la altitud (msnm) (Fig.7a) del sitio de crecimiento de un árbol de *B. excelsa*, ubicadas entre 250-350 m.s.n.m., que en promedio llegaron a una producción de hasta 300 Kg. Esto no descarta que, la productividad de *B. excelsa* tenga un alto potencial entre estas altitudes,

considerando de esta manera una zona en la que se tiene un alto potencial en productividad de *B. excelsa* y negativamente con la pendiente ($p < 0.001$; Fig.7b). No se encontró un efecto con relación al aspecto (dirección de la pendiente) en la productividad (Fig.7c).

Los resultados obtenidos dan a conocer que los árboles de *B. excelsa*, obtienen mayor productividad en suelos más altos y planos. Es probable que las elevaciones más altas en Madre de Dios, se correlacionen con los suelos más firmes como un hábitat preferido de la misma (Mori & Prance, 1990), y las zonas más bajas con terrenos y/o áreas inundables próximas a los ríos.

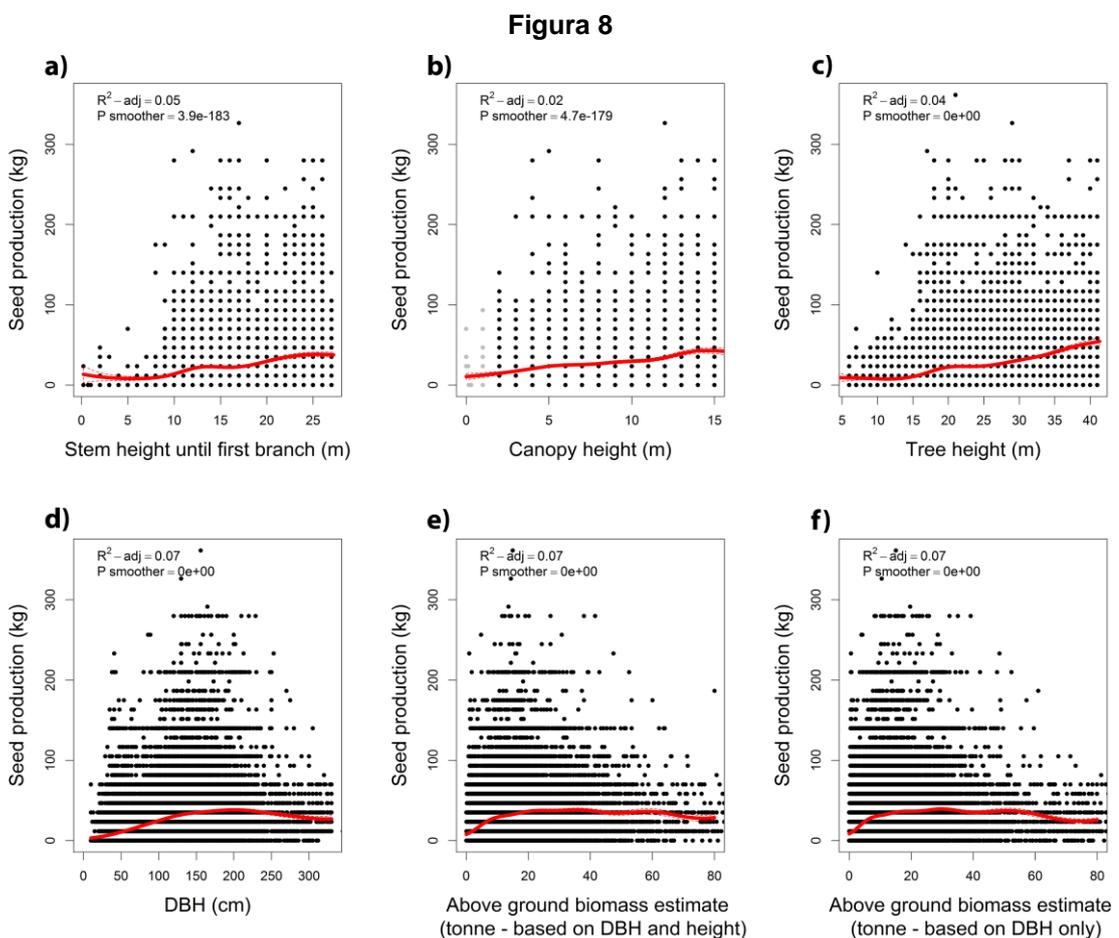


Fig.8. Relaciones entre la producción estimada de semillas de *B. excelsa* y (a) la altura del fuste hasta la primera rama (punto de inserción de copa); (b) altura de copa; (c) altura total del árbol; (d) DAP; (e) biomasa leñosa aérea sobre la base de mediciones de DAP y altura; y (f) biomasa leñosa sobre el suelo basado solamente en DAP. Las líneas rojas representan el modelo mixto aditivo generalizado especificado (GAMM). Las líneas discontinuas muestran intervalos de confianza del 95%.

La Fig8., da a conocer que todas las variables relacionadas con el tamaño de los árboles se correlacionaron de manera positiva con las estimaciones de producción de semillas de *B. excelsa* (Fig.8a – Fig.8c). Sin embargo, se encontraron relaciones unimodales para el DAP y estimaciones de biomasa

(Fig 8d – 8f). Así mismo, los valores referentes a la productividad de semillas de *B. excelsa* en cuanto al DAP, se encuentran entre individuos que oscilan entre 125-250 cm, valores semejantes obtenidos en otros estudios (Kainer et al., 2014), cuyos individuos oscilaron entre 100 y 150 cm.

4.1.4. Ríos

Figura 9

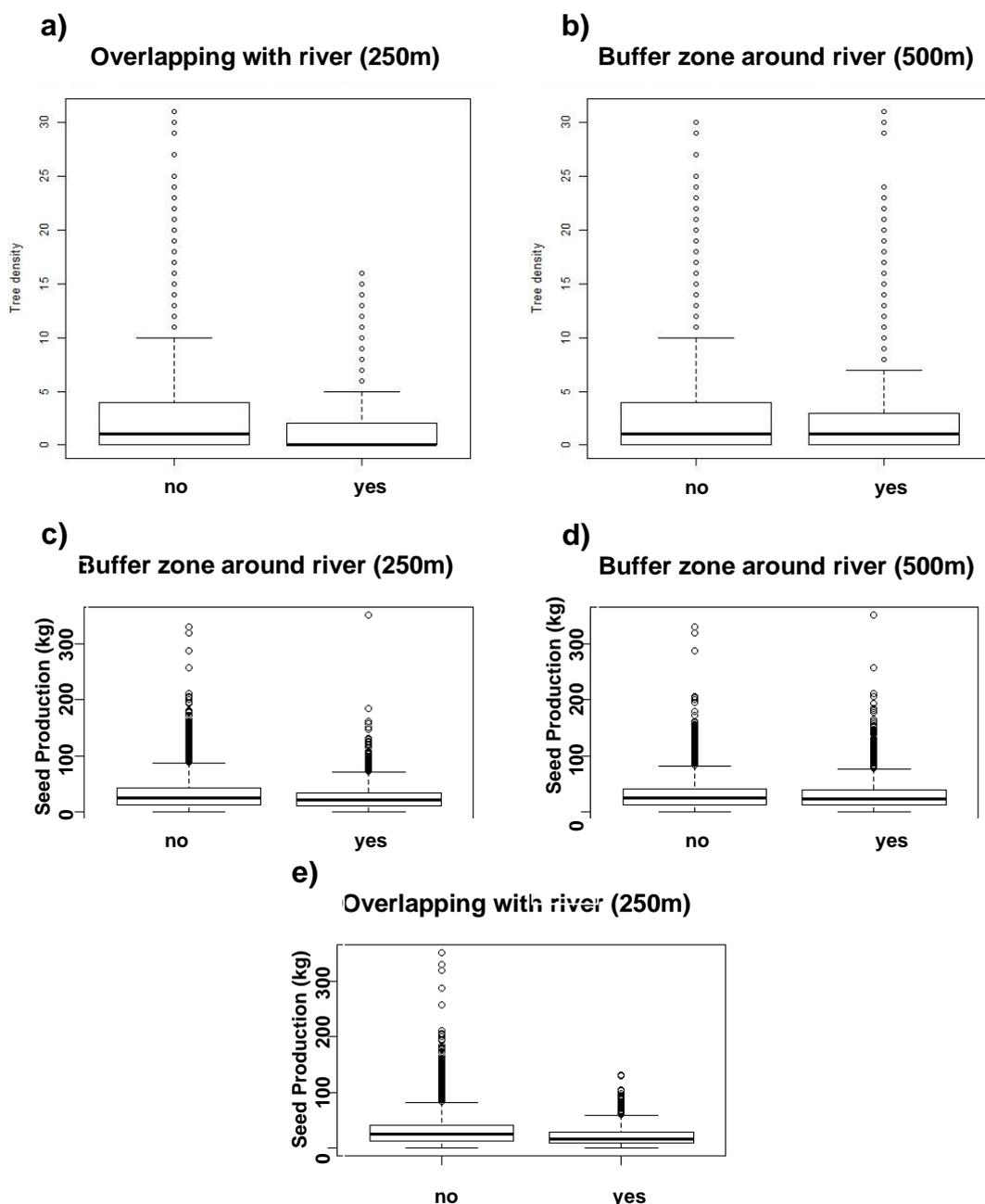


Fig. 9. Relaciones entre (a) la densidad de árboles de *B. excelsa* con la superposición con los ríos; (b) a 500m de distancia de los mismos; relación entre (c) la producción de semillas de *B. excelsa* a una distancia de 250m a margen de los ríos; (d) a 500m de distancia de los mismos y (e) superposición con los ríos en un margen de 250m.

La Fig.9, da a conocer que, los árboles que ubicaron más próximos al lecho de río (Fig. 9a), obtuvieron una menor densidad, por ende, obtuvieron una estimación de productividad de semillas de *B. excelsa* más bajo (26,97 kg/árbol) (Fig.9e), que los árboles de *B. excelsa* que se ubican a mayor distancia de los ríos (Fig.9b) (Fig.9d, 30,47 kg/árbol, WilcoxonW=5.5e108; p=e-33). En resumen, a mayor distancia de los ríos, mayor será la densidad y productividad de semillas de *B. excelsa*.

4.1.5. Exposición

Figura 10

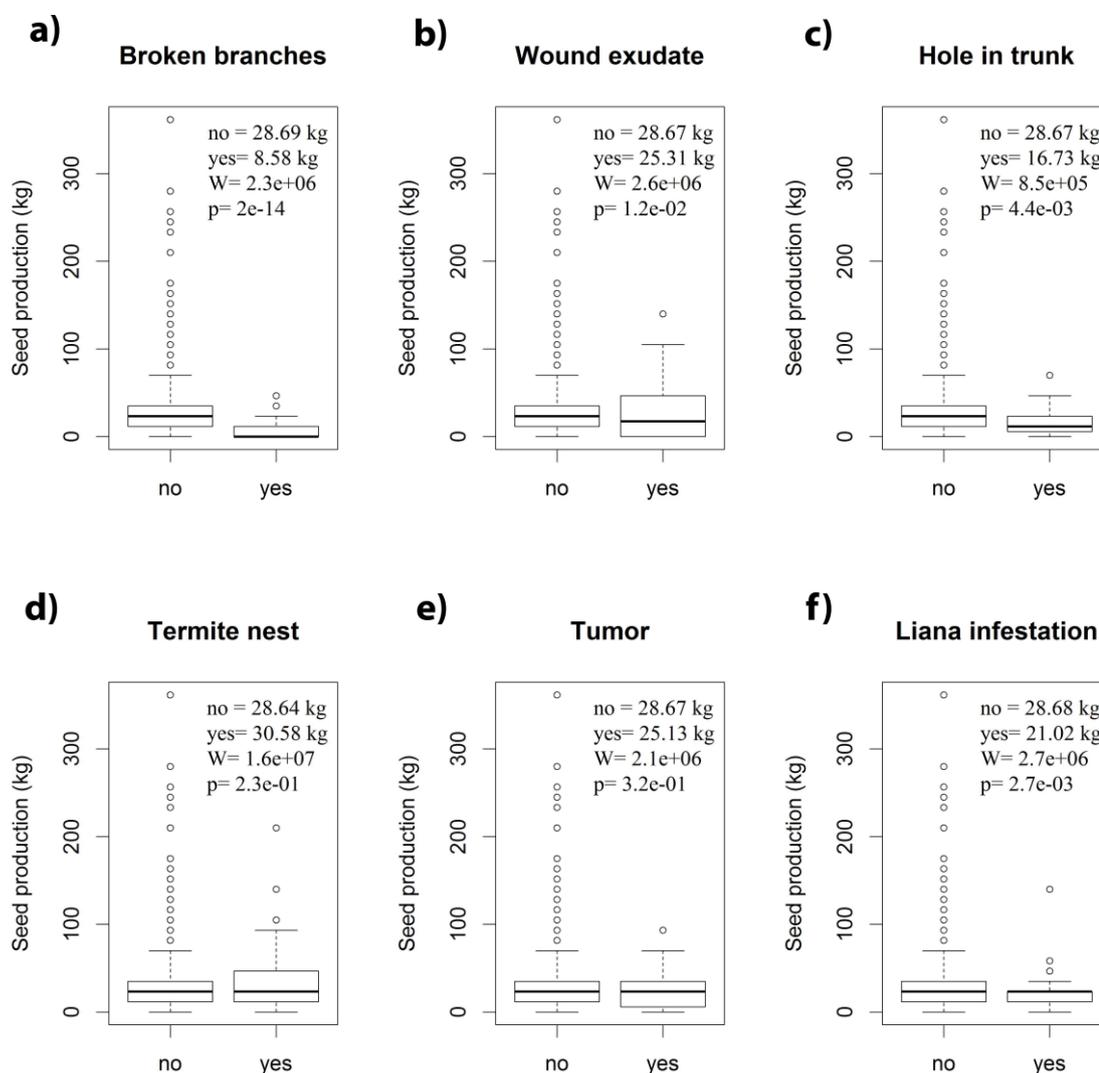


Fig. 10. Comparación de las estimaciones de producción de semilla de *B. excelsa* entre árboles con y sin (a) ramas rotas; (b) evidencia de exudado de la herida; (c) agujeros en sus troncos; (d) presencia de nidos de termitas; (e) presencia de tumores; (f) infestación de liana. Las comparaciones estadísticas se basan en las pruebas de Wilcoxon (n = 55,644).

La Fig.10, da a conocer que los árboles de *B. excelsa*, en nuestro conjunto de datos tuvieron estimaciones de producción de semilla significativamente más bajas cuando o bien tenía ramas rotas, agujeros en el tronco, evidencia de exudado de la herida o infestación de liana (Fig.10a – Fig.10c y Fig.10f). La presencia de nidos de termitas y/o tumores no influyó en la misma (Fig.10d y Fig.10e).

La presencia de lianas/bejucos, es una de las variables fitosanitarias mejor estudiadas que afecta negativamente la producción de semilla de *B. excelsa* (Kainer et al., 2006, 2014; Rockwell et al., 2015; Zuidema, 2003). Nuestros resultados, además de corroborar con los estudios previos, respaldan también las afirmaciones manifestadas por los colectores de semillas de *B. excelsa*, de, que los árboles con ramas rotas, agujeros en sus troncos o que muestran presencia de exudado de la herida tienden a producir menos (Fig.10b). La presencia de ramas rotas puede estar asociado a los fuertes vientos, lo que puede estar relacionado con la baja producción de semillas de *B. excelsa*.

Figura 11

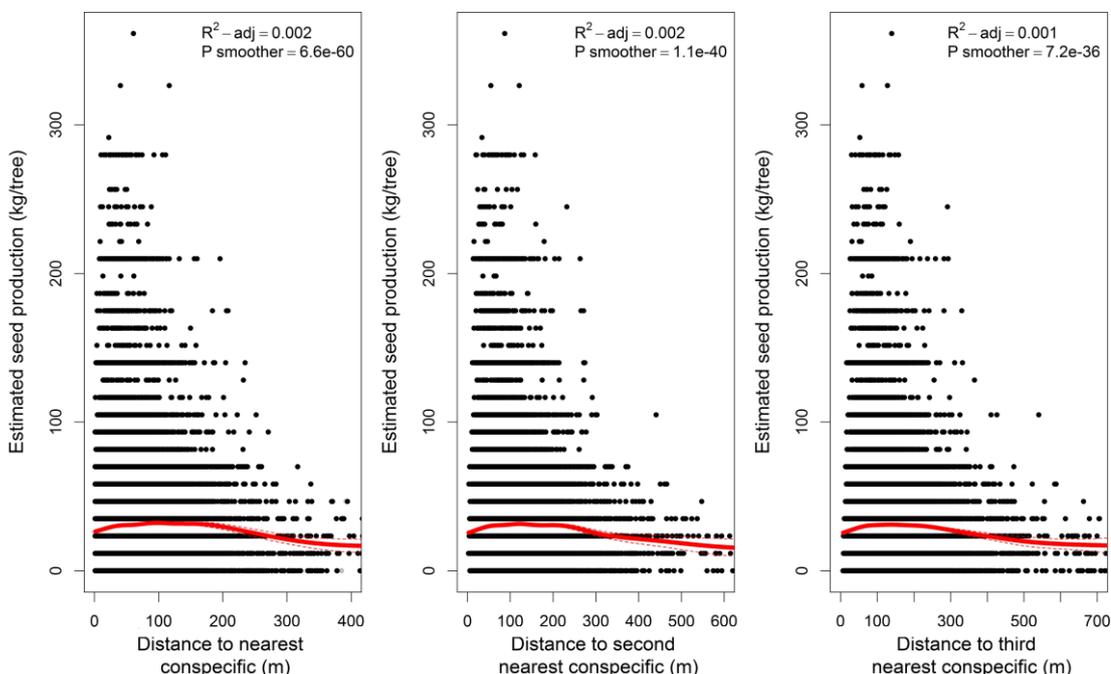


Fig. 11. Relación entre la producción estimada de semilla de árboles de *B. excelsa* y la distancia existente a los tres árboles conspecíficos más cercanos. Las líneas rojas sólidas representan GAM smoothers. Las líneas discontinuas muestran intervalos de confianza del 95%.

La Fig.11., da a conocer que los árboles de *B. excelsa*, que crecían más cerca de árboles conespecíficos, tendían a tener una correlación de manera positiva en cuanto a la producción de semillas, ya que esta, era mayor referente a los árboles más aislados. Sin embargo, la relación a escala entre la distancia de un árbol de *B. excelsa* a sus vecinos conespecíficos más cercanos y las estimaciones de producción de semillas fue más cercana a un unimodal que lineal, con distancias muy cortas y largas que producen estimaciones de productividad más bajas que las intermedias.

Figura 12

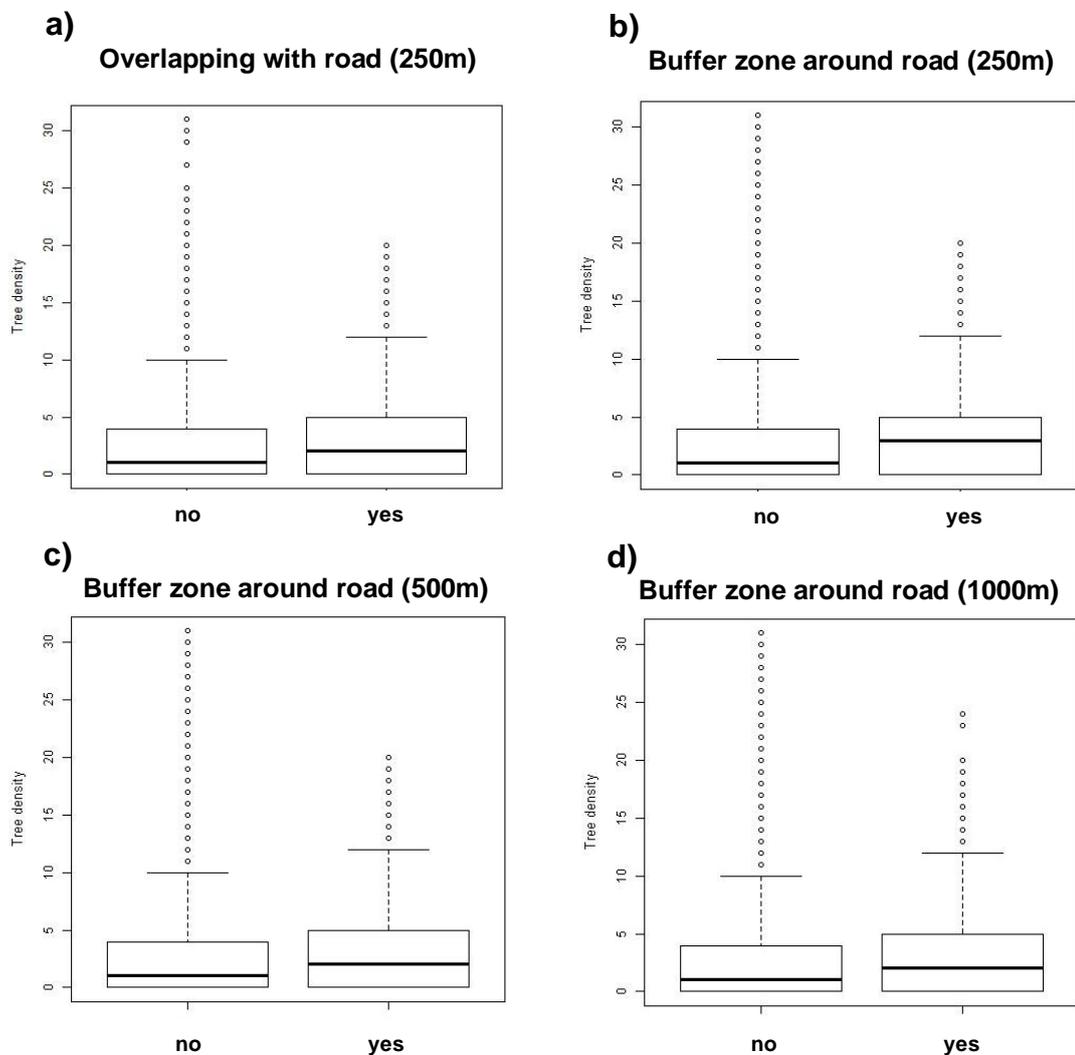


Fig. 12. Relaciones entre (a) la densidad de árboles de *B. excelsa* con la superposición de caminos; (b) a 250m de distancia de los mismos; (c) a 500m y (d) 1000m.

La Fig.12, da a conocer que, existe una correlación positiva en cuanto a la densidad de árboles de *B. excelsa*, ubicados más próximos a los caminos y esta disminuye a medida que la distancia incrementa a la misma.

Figura 13

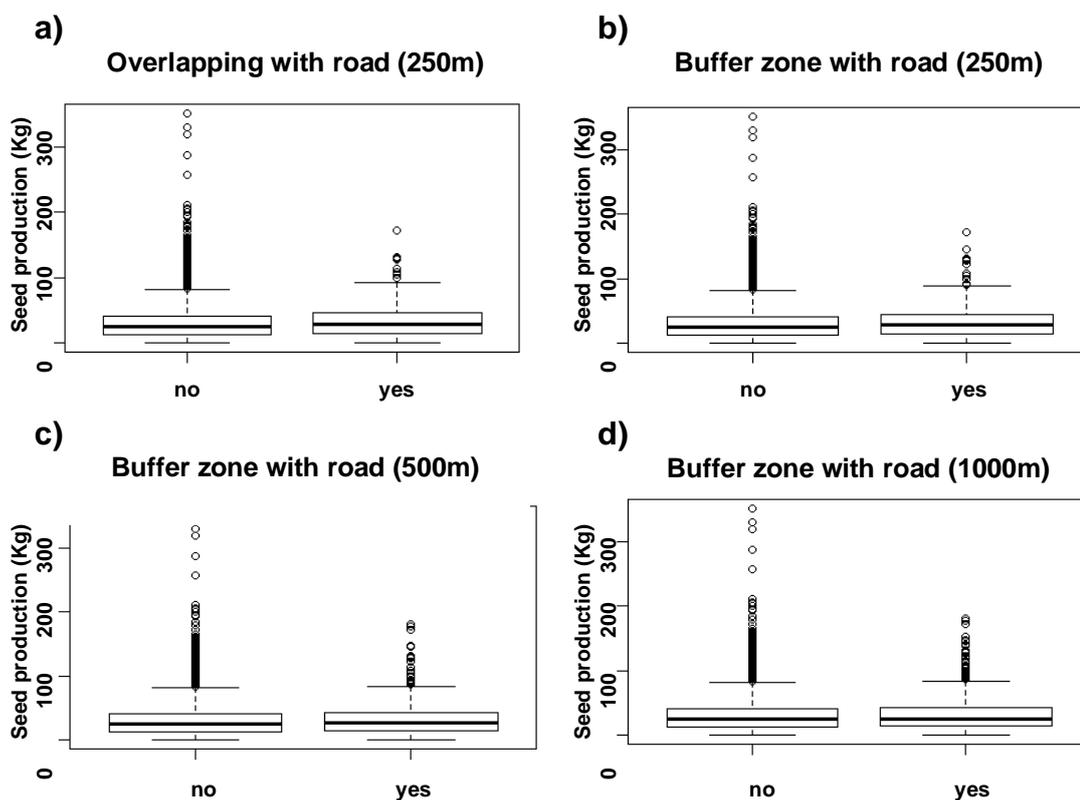


Fig. 13. Relaciones entre (a) la productividad de árboles de *B. excelsa* con la superposición de caminos; (b) a 250m de distancia de los mismos; (c) a 500m y (d) 1000m.

La Fig.13, da a conocer un opuesto resultado, en cuanto a la variable de Ríos (la cercanía a ríos disminuye la densidad y producción), puesto a que para los árboles *B. excelsa* que crecen cerca a los caminos, obtuvieron una mayor producción (32.26 kg/árbol), en comparación a los árboles ubicados a mayores distancias de la misma (30.41 kg/árbol, WilcoxonW = 1e108, p = 0.016). Esto se relaciona con nuestros resultados hallados, puesto a que los árboles de *B. excelsa* que crecían cerca a los márgenes de los ríos generaban una producción de semillas más bajas que las que crecían a distancias mayores de los (as) mismos (as).

Se sugiere realizar investigación referente a la exposición y generación de claros, ya que esto puede estar correlacionado con el fotoperiodo.

Se concluye también que las aperturas ocasionadas por las caídas de ramas ocasionan los claros, que gracias al paso del tiempo ayudan a la formación e identificación de caminos. Datos relacionados con otros estudios (Choque, 2015; Gárate, 2017), en los que indica que, la apertura de dosel (>25%), originada de manera directa y/o indirecta influye significativamente en el crecimiento y desarrollo de plántulas de *B. excelsa* , puesto a que generan mayores condiciones de luz.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación brindan un confiable respaldo a los estudios científicos realizados, así también, a los datos conseguidos en campo por parte de los recolectores de semillas de *B. excelsa*, referente a la densidad y productividad de *B. excelsa*, en base a las variables ambientales (clima, suelo, topografía, presencia de ríos, exposición), en el área de estudio. Se obtiene además de lo descrito anteriormente, las siguientes conclusiones: La productividad está correlacionada de manera positiva con la densidad (distribución espacial), factores dasométricos, caminos (bufferzones), y estado fitosanitario de árboles de *B. excelsa*; asimismo la productividad de semillas y densidad de árboles de *B. excelsa*, está correlacionada de manera negativa con la presencia de ríos (bufferzones), pendientes y en cuanto a las percepciones y conocimiento local correspondientes a los patrones emergentes realizados en el análisis de datos; también, la productividad de semillas y densidad de árboles de *B. excelsa*, no es mayor en territorios indígenas, en áreas naturales protegidas; finalmente la productividad de semillas y densidad de árboles de *B. excelsa*, no es homogénea en base al tipo y uso de suelo así como diferentes tipos de clima.

Se concluye también, que las aperturas ocasionadas por las caídas de ramas ocasionan los claros, que gracias al paso del tiempo ayudan a la formación e identificación de caminos, generando óptimas condiciones para el desarrollo y supervivencia de plántulas de *B. excelsa*, puesto que generan mayores condiciones de luz.

SUGERENCIAS

En la actualidad, no existe un delinamiento o parámetros establecidos, en el tema de densidad y productividad. En base a este aspecto, solo se limitaba a los aspectos de preferencia del mismo para su subsistencia. Se tiene conocimiento de las capacidades y variables ambientales en la que la especie *B. excelsa*, se puede desarrollar alcanzando valores útiles que determinan la capacidad no solo ecoómica, sino también un potencial de manejo sustentable en las poblaciones donde esta especie aún se mantiene. Es importante que, al conocer el potencial de aquellas áreas degradadas, determinadas para su repoblación, se implanten y generen políticas públicas a fin de incrementar la densidad y por ende la productividad para fines de desarrollo de centros poblados que usan este sistema de aprovechamiento como una fuente principal de ingreso.

Así mismo, se deben de realizar estudios, que tengan relación con los efectos de la luz a mayor detalle, así como las relaciones ecológicas entre las poblaciones de *B. excelsa* y la fauna silvestre, ya que estudios anteriores, han demostrado que existen especies polinizadoras de la misma, en la cual guarda una relación en base a la productividad, por causa de las altas temperaturas, por lo que puede existir una relación entre las especies polinizadoras, situación que aún no queda muy clara. El hecho que la floración del árbol de *B. excelsa* (diciembre a febrero) se superponga con el período más lluvioso del año es cuando la quema de vegetación es mínima.

Así mismo, se tiene conocimiento que las asociaciones con otras especies forestales, guardan cierto grado de correlación, lo cual no está debidamente demostrado dicha asociación, sin embargo se debe tener en cuenta, ya que el árbol de *B. excelsa*, puede ser considerado como un indicador de la presencia de estas especies, que se debe tomar en cuenta como un indicador de la calidad de sitio con fines estrictamente de conservación y no con fines de extracción, ya que aunque no está debidamente demostrado con base científica que la presencia de quema de vegetación, influye en la producción de semillas, así como la posterior decadencia del mismo (basado en información obtenida en las etrevistas).

Cabe mencionar que las limitaciones para realizar un adecuado manejo en el sistema de aprovechamiento son a causa de la tala indiscriminada de recursos naturales sean forestales o no, los cuales alcanzan un gran impacto negativo sobre esta especie. Otro de los factores que limita el aprovechamiento y conservación de *B. excelsa* es el cambio y uso de suelo, que se viene realizando con el inicio de deforestación, para implantar productos que, aunque se consideren rentables en un periodo de tiempo corto, no son autosustentables al nivel de *B. excelsa*.

Existen estudios realizados en Bolivia, con el apoyo del gobierno con la finalidad de establecer políticas públicas bajo un sistema de manejo sustentable de esta especie, si fuera el caso de Perú, se podría implementar sistemas de monitoreo anuales basados en los resultados obtenidos, para determinados pronósticos de productividad más exactos a fin de no perjudicar y/o disminuir las poblaciones de *B. excelsa*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCA, 2010. Manual para la elaboración del plan general de manejo para el aprovechamiento de *B. excelsa* *Bertholletia excelsa*.
- ACCA, AIDER, APECO, CSA-UPCH, CI-PERU, DAR, GTSC-IOSMDD, TNC. 2009. Conflicto y anarquía por minería en Madre de Dios. Pronunciamento público 18.12.2009.
- AIRES, G. & CICERO, K. 2011. Caracterização de sistema silvipastoril com castanheira (*Bertholletia excelsa*) e braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) pastejado por bovinos, São Domingos do Araguaia – PA.
- ALMEIDA, C.P. 1963. Castanha do Pará: Sua exportação e importância na economia Amazônica. *Estudos Brasileiros* 19:1-86.
- ÁLVAREZ, L. y RÍOS, S., 2006. Estudio de evaluación económica de la extracción de *B. excelsa*., pp. 2006.
- ARCOS, M. CORVERA, R. et al. 2006. Identificación y Evaluación de Arboles semilleros de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) en concesiones castañeras de la Región Madre de Dios. Reporte no publicado IIAP Puerto Maldonado. 12 p.
- ARIAS, E. 2001. Propagación Vegetativa de la *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* H.B.K) en Madre de Dios. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP).
- AZOFEITA, A. 2006. Uso de Marcadores Moleculares en plantas; Aplicaciones en Frutales del Trópico. *Agronomía Mesoamericana*, julio-diciembre, año/vol. 17, número 002. Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. 221 -241 pp.
- CHÁVEZ, A. GUARIGUATA, M. et al., 2012. Superposición espacial en la zonificación de bosques en Madre de Dios, implicaciones para la sostenibilidad del recurso castaño. Info BRIEF – CIFOR.
- CHOQUE, E. E. 2015. Caracterización Morfológica y Productividad de Árboles Plus de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* Bonpl) en la Región de Madre de Dios – Perú. 111 pp.
- CLAY, J.W. 1997. Brazil nuts. The use of a keystone species for conservation and development. Pages 246-282 in C.H. Freese, editor. *Harvesting wild*

- species - Implications for Biodiversity and Conservation. John Hopkins University Press, Baltimore.
- CORVERA, R. & SURI, W. 2010. Identificación de árboles plus de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en diferentes sub cuencas del río Madre de Dios.
- CORVERA, R. SURI, W. et al. 2006. Zonificación agroecológica para el desarrollo de sistemas agroforestales con *B. excelsa* *Bertholletia excelsa* en la Región Madre de Dios, Perú.
- CORVERA, R. et. al. 2000. La *B. excelsa* Amazónica (*Bertholletia excelsa*) Manual de Cultivo – IIAP. Sub – proyecto Mejoramiento Genético de la *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) aplicado a la Región Madre de Dios.
- COSSIO, R. GUARIGUATA, M. et al. 2011. “El aprovechamiento de madera en las concesiones castañeras (*Bertholletia excelsa*) en Madre de Dios, Perú”. Un análisis de su normativa. SPDA-CIFOR.
- CRONQUIST, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. 2^a edición. New York Botanical Garden, Bronx.
- DE LA BARRA, F. 2009. Detección de árboles de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en la amazonía boliviana mediante imágenes satelitales. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, INPE, p. 2547-2554.
- DE NEVES, E.S., DE WADT, L.H.O. y GUEDES, M.C., 2016. Estrutura populacional e potencial para o manejo de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do Acre e Amap. Scientia Forestalis/Forest Sciences, vol. 44, no. 109, pp. 19-31.
- DINIZ, T. D. A. S., and BASTOS, T. X. 1974. Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha do Brasil. Boletim Técnico IPEAN 64:59-71.
- DOMINGUEZ, J. 1994. Precios y costos en la producción de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*, Hump & Bonpl.) en Perú y Bolivia: su importancia para la conservación del bosque tropical. Revista Forestal del Perú 21:23-38 pp.
- DOS SANTOS, CH. & ABSY, M. 2012. “Interactions between carpenter bees and orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in flowers of *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae)”

- FLORES, P. 2002. "Identificación de indicadores económicos para agentes vinculados al aprovechamiento de bosque en pie. Caso de la *B. excelsa*"
- FORRESTER, G., BAILY, P., CONETTA, D., FORRESTER, L., KINTZING, E. y JARECKI, L., 2015. Comparing monitoring data collected by volunteers and professionals shows that citizen scientists can detect long-term change on coral reefs. *Journal for Nature Conservation* [en línea], vol. 24, pp. 1-9. [Consulta: 10 agosto 2018]. ISSN 1617-1381.
- GAMBOA, A., L'AMOREAUX, C., TAKAK-IRE, D., KAYAPÓ, P., ATHIAS, R. y PETEAN, S., 1996. *Pykany Trading Company: a comercialização de castanha pelos Mebengocres (caiapós) da aldeia Pucanu, Al Mecranoti, Brasil.* 1996.
- GARATE, J. S. 2017. Tasa de crecimiento, mortalidad e interacción de plántulas de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) en claros y sotobosque en el CRIBATAMAD, Tambopata, Madre de Dios-Perú. 87 pp.
- HUBBELL, S. P. 1979. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203: 1299-1309 pp.
- HAUGAASEN, T., HAUGAASEN, T., PERES, C.A., GRIBEL, R. y WEGGE, P., 2012. Fruit Removal and Natural Seed Dispersal of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica*, vol. 44, no. 2, pp. 205-210.
- HAUGAASEN, J., HAUGAASEN, T., PERES, C., GRIBEL, R., & WEGGE, P., (2010). Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 26(3), 251-262.
- HUTCHINSON, D. 1993. Puntos de partida y muestreo silvicultural para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. CA TIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica: Informe técnico No. 204 Colección Silvicultura y manejo de bosques naturales. No. 7, 32p.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR SCIENCE, 2002. *Science, Traditional Knowledge and Sustainable Development.* ICSU Series on Science for Sustainable Development,

- KAINER, K.A., WADT, L.H.O. y STAUDHAMMER, C.L., 2014. Testing a silvicultural recommendation: Brazil nut responses 10 years after liana cutting. *Journal of Applied Ecology*, vol. 51, no. 3, pp. 655-663.
- KAINER, K.A., WADT, L.H.O. y STAUDHAMMER, C.L., 2007. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*, vol. 250, no. 3, pp. 244-255.
- KAINER, K.A., WADT, L.H.O., GOMES-SILVA, D.A.P. y CAPANU, M., 2006. Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 22, no. 2, pp. 147-154.
- KAINER, K.A., MATOS, M., DURYEY, M. y RODRIGUES DA SILVA, A., 1999. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbition and germination. *Seed Science and Technology*, vol. 27, pp. 731-745.
- KANASHIRO, M., HARRIS, S.A. y SIMONS, A., 1997. RAPD diversity in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl., Lecythidaceae). *Silvae genetica*, vol. 46, no. 4, pp. 219–223.
- KELLING, S., FINK, D., LA SORTE, F.A., JOHNSTON, A., BRUNS, N.E. y HOCHACHKA, W.M., 2015. Taking a 'Big Data' approach to data quality in a citizen science project. *Ambio*, vol. 44, no. 4, pp. 601-611.
- KREMEN, C., ULLMAN, K.S. y THORP, R.W., 2011. Evaluating the quality of citizen-scientist data on pollinator communities. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, vol. 25, no. 3, pp. 607-17.
- LAZARTE, J., 1997. Estudio de Mercado de Especies Seleccionadas. Proyecto "Repoblamiento Forestal en especies tropicales valiosas en sistemas agroforestales en la provincia de Tambopata. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (ITTO),
- LEIGUE, J.W. y BOOT, R.G.A., [sin fecha]. Dinámica reproductiva de árboles de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en un bosque alto tropical de tierra firme, de la Provincia Vaca Diez del departamento del Beni.
- LEIGUE, J.W. y BOOT, R.G.A., [sin fecha]. Competición de árboles contiguos y lianas en la producción de frutos de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en un bosque del Norte de Bolivia.

- LICONA, J.C., MOSTACEDO, B., VILLEGAS, Z., RODRÍGUEZ, O. y BUSTAMANTE, Y., 2010. Monitoreo de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* HBK) a través de Parcelas Permanentes en la Reserva Nacional de Vida Silvestre Amazónica Manuripi, Pando - Bolivia.
- MANZANERO, M., 2003. Guía Metodológica par el levantamiento de Parcelas Permanentes en la Concesión Forestal de AFISAP.
- MINAM, M. del A.-, 2010. Línea de base de la cuenca del río Madre de Dios. pp. 137.
- MINCETUR, M. de C.E. y T.-, 2006. Plan Operativo de *B. excelsa* Región Madre de Dios.
- MORI, S.A. y PRANCE, G.T., 1990. Taxonomy, Ecology, and Economic Botany of the Brazil Nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany*, vol. 8, no. April, pp. 130-150.
- MORITZ, A., 1984. Estudos biológicos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). EMBRAPA/CPATU., vol. 29, pp. 1-82.
- MOTTA, M., 2002. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia.
- MÜLLER, C.H., 1981. Castanha-do-Brasil; estudos agrômicos. Embrapa Cpatu, vol. 1, pp. 1-25.
- NELSON, B.W., ABSY, M.L., BARBOSA, E.M. y PRANCE, G.T., 1985. Observations on flower visitors to *Bertholletia excelsa* H.B.K. and *Couratari tenuicarpa* A.C. SM. (Lecythidaceae). *Acta Amazónica*, vol. 15, pp. 225-234.
- O'MALLEY, D.M., BUCKLEY, D.P., PRANCE, G.T. y BAWA, K.S., 1978. genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae)., vol. 76, pp. 929-932.
- ORTIZ, E., 2002. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). In: Shanley P., Pierce A.R., Laird S.A. Guillen A. (Eds.), *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products*. Earthscan, London., pp. 61–74.

- OSINFOR, D. de S. de C.F. y de F.S.-, 2010. Manual de Procedimiento de Supervisión de Concesiones y Permisos para *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa* HBK) Dirección de Supervisión de Concesiones Forestales y de Fauna Silvestre., pp. 1-6.
- PASTOR, S., 2004. Manejo de la Biotecnología Apropriada para Pequeños Productores: Estudio de Caso – Perú. REDBIO Perú - REDBIO / FAO, pp. 62.
- PERES, C., SCHIESARI, L. y DIAS-LEME, C., 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: A test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, 13(1), 69-79.
- PERES, C.A. y BAIDER, C., 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 13, pp. 595-616.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. y REAL, P., 1997. *Mensura Forestal*.
- PROMAB, 1999. Censo forestal para *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*) en la reserva ecológica El Tigre, Provincia Vaca Díez. PROMAB Informe Técnico., pp. 3-99.
- QUESADA, C.A., LLOYD, J., SCHWARZ, M., PATIÑO, S., BAKER, T.R., CZIMCZIK, C., FYLLAS, N.M., MARTINELLI, L., NARDOTO, G.B., SCHMERLER, J., SANTOS, A.J.B., HODNETT, M.G., HERRERA, R., LUIZÃO, F.J., ARNETH, A., LLOYD, G., DEZZEO, N., HILKE, I., KUHLMANN, I., RAESSLER, M., BRAND, W.A., GEILMANN, H., FILHO, J.O.M., CARVALHO, F.P., FILHO, R.N.A., CHAVES, J.E., CRUZ, O.F., PIMENTEL, T.P. y PAIVA, R., 2010. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, vol. 7, no. 5, pp. 1515-1541.
- RESERVA NACIONAL TAMBOPATA, 2010. Plan Maestro Reserva Nacional Tambopata., pp. 137.
- RESERVA NACIONAL TAMBOPATA – PARQUE NACIONAL BAHUAJA SONENE (2008-2012), Plan de Manejo de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene. Madre de Dios, Perú.

- ROCKWELL, C.A., GUARIGUATA, M.R., MENTON, M., ARROYO QUISPE, E., QUAEDVLIEG, J., WARREN-THOMAS, E., FERNANDEZ SILVA, H., JURADO ROJAS, E.E., KOHAGURA ARRUNÁTEGUI, J.A.H., MEZA VEGA, L.A., REVILLA VERA, O., QUENTA HANCCO, R., VALERA TITO, J.F., VILLARROEL PANDURO, B.T. y SALAS, J.J.Y., 2015. Nut production in *Bertholletia excelsa* across a logged forest mosaic: Implications for multiple forest use. PLoS ONE, vol. 10, no. 8, pp. 1-22.
- SALOMÃO, P., 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H.B.K. (castanheira) nas regiões de Carajás e Marabá, estado do Pará. Boletim do Museo Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica, vol. 7, Nº. 1, pp. 47-68.
- SÁNCHEZ, J.S., 1973. Explotacion y comercializacion de la *B. excelsa* en Madre de Dios. Informe Nro 30, Ministerio de Agricultura, Perú, Lima, Perú.
- SANTOS, C.F. y ABSY, M.L., 2010. Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): interações com abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) e nicho trófico. Neotropical Entomology, vol. 39, no. 6, pp. 854-861.
- SCOLES, R. y GRIBEL, R., 2011. Population Structure of Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) Stands in Two Areas with Different Occupation Histories in the Brazilian Amazon. Human Ecology, vol. 39, no. 4, pp. 455-464.
- SHANLEY, P., PIERCE, A.R., LAIRD, S.A., GUILLEN, A. y EDS., 2002. Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-Timber Forest Products. no. xiv, 456.
- STEINKE, J., VAN ETTEN, J. y ZELAN, P.M., 2017. The accuracy of farmer-generated data in an agricultural citizen science methodology. Agronomy for Sustainable Development, vol. 37, no. 4.
- THOMAS, E., ALCÁZAR CAICEDO, CAROLINA MCMICHAEL, C.H., CORVERA, R. y LOO, J., 2015. Uncovering spatial patterns in the natural and human history of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) across the Amazon Basin. Journal of Biogeography, vol. 42, pp. 1367-1382.

- THOMAS, E., ALCÁZAR, C.C., LOO, J. y KINDT, R., 2014. The distribution of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, [en línea], vol. 6713, no. 2, pp. 267-291.
- THOMSON, C.D., CHISHOLM, A., MCLACHLAN, S.K. y CAMPBELL, J.M., 2008. Brazil nuts: An effective way to improve selenium status. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 87, no. 2, pp. 379-384.
- TIMOTHY, P., 2007. Factores Ecológicos que Afectan la Diversidad de Plántulas de árboles en la Selva baja., pp. 126.
- TONINI, H., COSTA, P. y KAMINSKI, P., 2008. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* o. Berg) em Roraima. *Floresta* [en línea], vol. 38, no. 3, pp. 445-457.
- VAN ETEN, J., BEZA, E., CALDERER, L., VAN DUIJVENDIJK, K., FADDA, C., FANTAHUN, B., KIDANE, Y.G., VAN DE GEVEL, J., GUPTA, A., MENGISTU, D.K., KIAMBI, D., MATHUR, P.N., MERCADO, L., MITTRA, S., MOLLEL, M.J., ROSAS, J.C., STEINKE, J., SUCHINI, J.G. y ZIMMERER, K.S., 2016. First Experiences with a Novel Farmer Citizen Science Approach: Crowdsourcing Participatory Variety Selection Through on-Farm Triadic Comparisons of Technologies (Tricot). *Experimental Agriculture*, no. October, pp. 1-22.
- WADT, L.H.O., KAINER, K.A. y GOMES-SILVA, D.A.P., 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, vol. 211, no. 3, pp. 371-384.
- ZUIDEMA, P.A., 2003. Ecología y manejo del árbol de *B. excelsa* (*Bertholletia excelsa*).
- ZUIDEMA, P.A. y BOOT, R.G.A., 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: Impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 18, no. 1, pp. 1-31.

ANEXOS

