

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO**  
**AREA CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES**  
**CARRERA: INGENIERIA AGROFORESTAL**



**CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE  
CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*), OCHO AÑOS DESPUES DE  
ESTABLECIDO EN EL C.I.N.T.A. U.A.P.**

Tesis de grado para optar al grado de Ingeniero Agroforestal

Presentado por: Univ. Miguel Ángel Rivas Fernández

Asesor: Ing. Griceldo Carpio Tancara

**COBIJA – PANDO – BOLIVIA**  
**2017**

## HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
		_____
Tribunal 1	Ing. Pedro Gómez Montero	_____
Tribunal 2	Ing. Dunia Calderón Vaca	_____
Asesor	Ing. Griceldo Carpio Tancara	_____

Cobija, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mi madre: Elena Fernández, a mis hermanos: William, Javier, Elvis, José Luis, quienes han sido el impulso para continuar y llegar a culminar esta etapa de mis estudios.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

- Dios por haberme dado vida, salud, y guía por guardarme de todo peligro en el transcurso de esta investigación y en el camino de toda mi vida.
- Mi madre Elena Fernández por haberme educado, enseñado e inculcado el estudio desde niño, sin su ayuda no habría podido llegar a este momento tan importante de mi vida.
- Mis hermanos: William, Javier, Elvis, José Luis, por su apoyo moral y material durante mis estudios y en la fase de elaboración del trabajo de tesis.
- Mi asesor Ing. Griceldo Carpio Tancara, por sus acertadas orientaciones en el desarrollo de la presente investigación
- Los miembros del tribunal, Ing. Pedro Gómez y Dunia Calderón, por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- Los docentes de la carrera de Ingeniería Agroforestal, por haber impartido sus conocimientos con paciencia durante el proceso de enseñanza.
- Mis compañeros de la universidad: por las muchas experiencias vividas durante los años que hemos compartido juntos.

## ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE GRAFICOS	viii
LISTA DE FOTOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. El árbol de la castaña ( <i>Bertholletia excelsa</i> )	4
2.1.1. Características generales	4
2.1.2. Ecología	6
2.1.3. Distribución geográfica	9
2.2. Importancia de la castaña	10
2.2.1. Importancia socio-económica	10
2.2.2. Valor Nutricional	11
2.2.3. Aspectos ambientales	12
2.2.4. Sobre-explotación e impacto	13
2.3. Actividades de forestación y/o reforestación	13
2.3.1. Formas de incrementar la producción de castaña	13
2.3.2. Germinación de semillas de castaña bajo condiciones controladas	14
2.3.3. Supervivencia en experimentos de enriquecimiento	15

2.4. Ecología de la plántula	18
2.5. Daños por plagas y enfermedades	21
2.6. Prácticas Culturales	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación	24
3.2. Materiales.	24
3.3. Material vegetal	25
3.4. Diseño experimental	25
3.5. Toma de datos	25
3.6. Análisis y procesamiento de datos	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Condiciones climáticas	31
4.2. Condiciones edáficas	33
4.3. Características Morfológicas	35
4.3.1. Altura total	35
4.3.2. Altura de fuste	37
4.3.3. Diámetro altura pecho	39
4.4. Calidad del fuste	41
5. DISCUSIÓN	43
5.1. Condiciones climáticas	43
5.2. Condiciones edáficas	44
5.3. Crecimiento	46
5.4. Calidad	48
6. CONCLUSIONES	50
7. RECOMENDACIONES	51
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

## LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Composición Nutricional de la Nuez de Castaña	10
2.	Promedios mensuales de precipitación pluvial	30
3.	Promedios mensuales de temperatura media	31
4.	Características del suelo del área experimental	33
5.	Altura total de planta de castaña	34
6.	Distribución de frecuencias para altura	34
7.	Altura de fuste plantas de castaña	35
8.	Distribución de frecuencias para altura de fuste	36
9.	Diámetro altura pecho	38
10.	Distribución de frecuencias para diámetro altura pecho	38
11.	Calidad del fuste de las plantas de castaña	40
12.	Distribución de frecuencias para calidad de fuste	40

## LISTA DE GRÁFICOS

N° Título	Pág.
1. Precipitación promedio mensual (2009 – 2016)	31
2. Temperatura media mensual (2009 – 2016)	32
3. Clases de altura total	35
4. Clases de altura de fuste	37
5. Clases de diámetro (cm)	39
6. Calidad del fuste	41

## LISTA DE FOTOS

N° Título	Pág.
1. Ubicación del experimento	24
2. Medición de la altura de planta	26
3. Medición del diámetro del tallo	27
4. Muestreo de suelo	28
5. Daños causados por factores abióticos	29

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Caracterización del crecimiento de plantas de castaña (*Bertholletia excelsa*), ocho años después de establecido en el C.I.N.T.A. U.A.P”, realizado en el segundo semestre del año 2016, tuvo como objetivos específicos: b) describir las características ecológicas del área de estudio, que puedan influir en el crecimiento, b) determinar la tasa de crecimiento en altura y diámetro de las plantas y c) determinar la calidad, el estado de sanidad y tasa de mortalidad registrada durante su permanencia en sitio definitivo. La investigación se realizó en el Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonia (CINTA), ubicada en el municipio Porvenir, provincia Nicolás Suárez del departamento Pando. El material vegetal estuvo constituido por cien plantas de castaña *Bertholletia excelsa* establecidas a principios del año 2008. Las variables estudiadas fueron: temperatura, precipitación y características del suelo del área de estudio; características morfológicas: altura total de planta, altura de fuste y diámetro de tallo, aspectos relativos a calidad y sanidad de las plantas.

Los principales resultados indican que el área de estudio reúne las condiciones climáticas para el desarrollo de la especie, la baja fertilidad de sus suelos constituye un factor que influye negativamente en los primeros años de crecimiento en el sitio definitivo. En el periodo de ocho años, la altura total de las plantas alcanzó un promedio 473,06 cm, lo que significa una tasa de crecimiento anual de 0,59 m/año alcanzando un máximo de 0,79 m/año, considerado inferior a otros estudios realizados; mientras que el crecimiento en diámetro de las plantas varía de 5,6 a 18,6 cm, con un promedio 11,9 cm; lo que representa un promedio de crecimiento anual en diámetro de 1,49 cm año y con un valor máximo de 2,32 cm/año, estos valores se aproximan a otros estudios en la región. Una de cada tres plantas tienen buena calidad, la mitad tienen la calidad regular y un 16% es de mala calidad, ocasionado por el manejo inadecuado.

Palabras claves: crecimiento de *Bertholletia excelsa* amazonia boliviana.

## ABSTRACT

The present research entitled "Characterization of the growth of plants of chestnut (*Bertholletia excelsa*), eight years after established in C.I.N.T.A. UAP ", carried out in the second half of 2016, had as specific objectives: a) to describe the ecological characteristics of the study area, which may influence growth, b) determine the growth rate in height and diameter of plants and c) To determine the quality, health status and mortality rate recorded during their permanent stay at the site. The research was carried out at the Research Center for New Technologies for the Amazon (CINTA), located in the municipality of Porvenir, Nicolás Suárez province in the department of Pando. The plant material consisted of one hundred *Bertholletia excelsa* chestnut plants established at the beginning of 2008. The variables studied were: temperature, precipitation and soil characteristics of the study area; Morphological characteristics: total plant height, stem height and stem diameter, aspects related to plant quality and health.

The main results indicate that the study area meets the climatic conditions for the development of the species, the low fertility of its soils is a factor that negatively influences the first years of growth in the final site. In the eight-year period, the total height of the plants reached an average of 473.06 cm, which means an annual growth rate of 0.59 m / year reaching a maximum of 0.79 m / year, considered inferior to Other studies; While the growth in diameter of the plants varies from 5.6 to 18.6 cm, with an average of 11.9 cm; Which represents an average annual growth in diameter of 1.49 cm year and with a maximum value of 2.32 cm / year, these values are close to other studies in the region. One in three plants have good quality, half have the regular quality and 16% is of poor quality, caused by improper handling.

Key words: growth of *Bertholletia excelsa* amazonia boliviana.

## 1. INTRODUCCIÓN

La castaña (*Bertholletia excelsa*), es una especie de gran importancia económica, principalmente por sus nueces oleaginosas para consumo humano, que son comercializadas a nivel mundial y extraídas principalmente de poblaciones silvestres en la Amazonia de Brasil, Perú y Bolivia, regiones para las cuales constituye uno de los renglones económicos más importantes (Mori & Prance 1990).

Actualmente existen algunas plantaciones de esta especie en Brasil, donde se ha demostrado que la cantidad de abejas Euglossinae (polinizadoras) es crítica para la producción de frutos. Sin embargo, la oferta de nuez en los últimos años está decayendo en el mercado mundial, como consecuencia de una disminución generalizada de sus poblaciones silvestres (Mori & Prance 1990). Se sabe que en ciertos suelos, se puede presentar toxicidad en las semillas por acumulación de bario (Mori & Prance 1990). La madera también es comercial y se usa para vigas, cimientos y construcciones navales (WCMC 1996). Al parecer, su distribución actual está en gran parte influida por el transporte y el cultivo por parte de las culturas amerindias.

Actualmente, ésta especie es amenazada por la deforestación (generalmente para establecer agricultura y ganadería extensivas), los incendios y la disminución de hábitat para las abejas Euglossinae (sus polinizadoras). También está localmente amenazado por la problemática alrededor de los cultivos ilícitos, practicados por pequeños agricultores.

En consecuencia, se evidencia la necesidad de la reforestación y conservación de los bosques con el fin de minimizar los impactos biológicos y ecológicos propios del crecimiento de la agricultura intensiva y otras actividades humanas. Ante ello, se plantea la forestación y reforestación como sistema para la optimización y el aprovechamiento sostenible de los suelos y del bosque para su uso ecológico, socialmente equitativo y económicamente eficiente.

### **1.1. Justificación**

En las últimas décadas, en el departamento Pando se ha observado un acelerado proceso de deforestación y al no existir políticas de reforestación, se observa una disminución de la biomasa del bosque Amazónico, En consecuencia nos vemos en la imperiosa necesidad de generar nuevos conocimientos apoyados en datos reales y en condiciones naturales de nuestro medio.

La información obtenida en la presente investigación podrá ser utilizada por instituciones públicas, privadas ONGs, empresarios, comunarios

, etc., que tengan interés en emprender programas de reforestación y conservación esta de esta especie.

### **1.2. Planteamiento del problema**

En el año 2008 con fines investigativos se estableció una parcela de una hectárea con plantas de castaña en el Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonía (CINTA) dependiente del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando. En la misma se realizaron tres investigaciones con una duración de seis meses cada una, a partir de entonces no se tiene información sobre la mortalidad, crecimiento en altura y diámetro ni la calidad y sanidad de los individuos.

En consecuencia, el problema a abordar en la presente investigación es: ¿Cuál es el crecimiento y desarrollo en calidad y sanidad de las plantas de castaña, después de ocho años de establecido en el sitio definitivo en el CINTA-UAP?

### **1.3. Objetivos e hipótesis**

#### **Objetivo general:**

- Caracterizar el crecimiento y desarrollo en calidad y sanidad de las plantas de castaña (*Betholletia excelsa*), después de ocho años de establecido en el sitio definitivo en el CINTA-UAP.

**Objetivos específicos:**

- Describir las características ecológicas del área de estudio, que puedan influir en el crecimiento de la castaña.
- Determinar la tasa de crecimiento en altura y diámetro de las plantas de castaña.
- Determinar la calidad, el estado de sanidad y tasa de mortalidad registrada durante su permanencia en sitio definitivo.

**1.4. Hipótesis**

Hipótesis alterna: Las plantas de castaña registran diferentes tasas crecimiento en los ocho años de establecido en sitio definitivo.

Hipótesis nula: Todas las plantas de castaña registran similar crecimiento en los ocho años de establecido en sitio definitivo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. El árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa*)

#### 2.1.1. Características generales

Stoian (2003), da la siguiente clasificación taxonómica: Reino: Plantae,

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Lecythidaceae

Género: *Bertholletia*

Especie: *B. excelsa*

Nombres comunes: Nuez de Pará, nuez del Brasil, castaña, conduiro (nombre huitoto), mata-matá, jiturede, dopirai (Amazonas, nombre huitoto), too-wa (Amazonas, nombre ticuna), castaño (Vaupés).

El género del árbol de castaña - *Bertholletia* - pertenece a la familia *Lecythidaceae*. Las especies que pertenecen a esta familia ocurren en regiones tropicales en todo el mundo. El árbol de castaña, *Bertholletia excelsa*, es la única especie en este género, y fue descrita en su taxonomía por los botánicos Humboldt y Bonpland a comienzos del siglo XIX.

Los árboles de castaña se encuentran en la categoría de los árboles de mayor tamaño, pueden llegar a medir hasta 50 m de altura y su diámetro puede llegar a más de 3 metros de ancho a la altura de pecho (DAP). Los árboles adultos son mayormente emergentes, es decir, sus coronas sobrepasan el dosel del bosque. Su tronco no tiene aletones y la corteza contiene grietas conspicuas y longitudinales.



Figura 1. Dibujos taxonómicos del árbol de castaña mostrando hojas e inflorescencias (A), detalle de las flores (sección transversal del androceo) con la capa típica (B), sección transversal del ovario (C), ovario y cáliz (D), fruto (E), semilla y cáscara (F) y plantín con cotiledón (G). Tomado con permiso de Mori (1992). Dibujos de Bobbi Angell.

Las hojas no consisten en diferentes láminas y se encuentran ubicadas alternativamente en las ramas (es decir, que las hojas no se ubican una opuesta a la otra).

Sus flores son grandes, cerca de 3 cm de diámetro, y de consistencia carnosa, poseen una capucha doblada que permite a los polinizadores ingresar a la flor (Mori y Prance 1990).

Las semillas son de gran tamaño y tienen una cubierta de consistencia leñosa, (también llamada testa) las semillas están contenidas en un fruto de características similares a un coco. Las semillas son comúnmente llamadas castaña (cuando se encuentran con cáscara); la fruta es llamada “pyxidium”, o “coco”. El coco tiene un diámetro de más de 10 cm bastante grueso que se

asemeja a una pared dura. Para mayor ilustración ver la Figura 1 donde se muestran las diferentes partes de la castaña.

Después de su germinación, la semilla (cotiledón) se vuelve parte del tronco, hecho que facilita en gran manera la identificación de las plántulas en el bosque (ver Figura 1)

### 2.1.2. Ecología

Los árboles de castaña pueden llegar a tamaños muy grandes. Ellos pueden alcanzar alturas de hasta 50 m, y un diámetro a altura del pecho (DAP) de más de 3 metros. El árbol de castaña adulto (con un DAP de >60 cm) tiene un tallo recto sin ramas de 23 m de altura; a esa altura se forman de 2 a 4 ramas principales que a menudo se encorvan pronunciadamente. El desarrollo completo de la corona del árbol ocurre normalmente cuando la copa del árbol ha alcanzado la capa emergente en el bosque (es decir; la corona se posiciona sobre el dosel). Las flores del árbol de castaña aparecen al principio de la estación de lluvia.

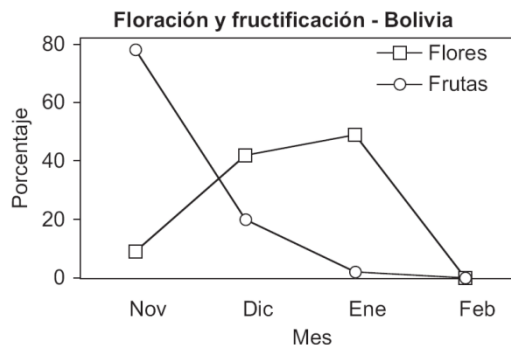


Figura 2. Períodos de floración y fructificación del árbol de castaña. Se muestra el porcentaje de la producción total de flores y frutos que cae en cada mes. Datos de 40 árboles reproductivos en un bosque primario en Beni, Bolivia, colectado en 1994-95. Fuente: Leigue Gómez y Boot (en prensa).

En la Figura 2 se muestra la distribución de las flores caídas en un bosque del norte de Bolivia. La cresta de florecimiento en este área ocurre entre los meses de diciembre y enero, mientras que en Perú esto parece ser más temprano,

noviembre - diciembre (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 castaña (Moritz 1984) varía, probablemente se relaciona con la distribución de lluvia durante el año.

Las flores del árbol de castaña están abiertas sólo durante unas horas: ellas abren antes de la salida del sol y son polinizadas por abejas de gran tamaño, sobre todo las abejas de Euglossinae. Sólo los insectos grandes pueden polinizar las flores del árbol de castaña, ya que este es el único tipo de insectos que pueden levantar la “capucha” de la flor para alcanzar el polen y néctar que se encuentra dentro de la flor (Nelson *et al.* 1985)

Los árboles de castaña fructifican cada año, aunque algunos árboles individuales pueden no producir en un año dado. El desarrollo de las semillas toma un tiempo muy largo, en muchos casos más de 12 meses (Ortiz, 2002).

La reproducción del árbol de castaña está altamente relacionada a la disponibilidad de luz. Los árboles emergentes (con coronas que sobrepasan el dosel del bosque) tienen una probabilidad más alta de ser reproductivos. La producción de fruta de un árbol puede variar entre: 1032 (Zuidema y Boot 2002), 1126 (Leigue Gómez y Boot, 2002 en prensa), o incluso más de 2000 frutas (Ortiz 2002).

Varios son los factores considerados (Viana *et al.* 1998, Leigue Gómez y Boot en prensa): (1) el tamaño del árbol, (2) la posición de la corona del árbol, (3) la infestación con bejucos, (4) la variación temporal inherente, (5) los factores climáticos, (6) los factores genéticos, (7) las condiciones de la tierra, (8) las interacciones con los polinizadores, y (9) las interacciones con rapaces de fruta (cuando la fruta todavía está en el árbol).

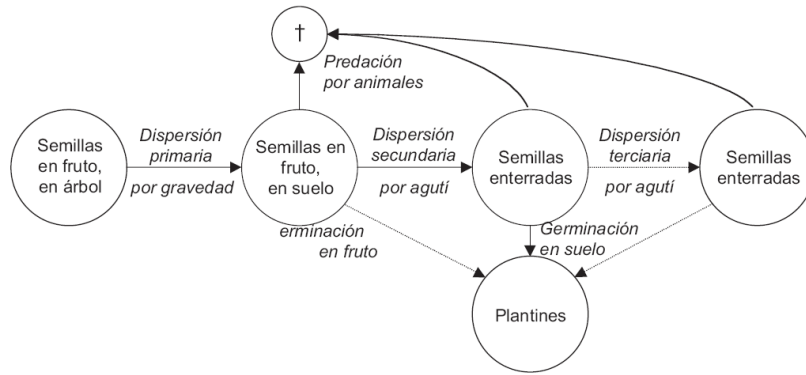


Figura 3. Dibujo esquemático del sistema de dispersión del árbol de castaña. Los círculos son las etapas de la dispersión, las flechas son los procesos.

El árbol de castaña 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. En la Figura 3 se proporciona un dibujo esquemático de las diferentes fases en el sistema de dispersión del árbol de castaña.

No hay mucho conocimiento sobre la germinación del árbol de castaña bajo condiciones naturales. Se informa que la germinación puede ocurrir después de un periodo de 12-18 meses (Müller 1981), estos datos son basados en un estudio realizado en Brasil.

La probabilidad de supervivencia para las plántulas de castaña es relativamente alta comparada con la de otros árboles tropicales. Incluso para las plántulas más pequeñas, por lo menos el 50% sobreviven por año. La probabilidad de supervivencia para las plántulas de 35 a 70 cm de altura es por lo menos un tercio más alto que el de las plántulas más pequeñas (de 10 a 35 cm de altura). Las plántulas de más de 70 cm de altura tienen una probabilidad anual de supervivencia de casi 100%. Una parte sustancial de la mortalidad de las plántulas pequeñas probablemente es causada por agutis u otros roedores que comen el cotiledón (reserva de la semilla) de las plántulas de castaña. Ya que el cotiledón forma parte del tallo (ver Figura 3.1), la depredación del mismo origina la muerte del plantín. Altas tasas de mortalidad por depredación del

cotiledón también fueron encontradas en dos estudios en Perú (Ortiz 2002) y en Brasil (Baider 2001).

El crecimiento en altura de las plántulas de castaña en poblaciones naturales, generalmente se incrementa con el aumento en tamaño. Cuando las plántulas alcanzan 1 m más de altura, la tasa de crecimiento en altura aumenta aproximadamente 6 cm por año. En este estudio, no se encontró ninguna diferencia entre los sitios de estudio en cuanto al crecimiento de plántulas (Zuidema, 2003).

En experimentos con plántulas, se ha relacionado el crecimiento de las plántulas de castaña, bajo tres parámetros: disponibilidad de luz, disponibilidad de agua y tamaño inicial de la plántula. La alta disponibilidad de luz generalmente no lleva a un crecimiento mayor en altura (Zuidema 2003).

### **2.1.3. Distribución geográfica**

El árbol de castaña crece a lo largo de la región Amazónica en América del Sur (Figura 4). Esta especie pueden encontrarse en las Guayanas, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Brasil 2). Sin embargo, densidades suficientemente altas como para que la recolección de castaña se considere rentable, solo ocurren en partes de Bolivia (Departamento de Pando y parte de los Departamentos de Beni y La Paz), Brasil (Estados de Pará, Amazonas, Acre y Rondônia) y Perú (el Departamento de Madre de Dios), (Zuidema 2003).

Los árboles de castaña ocurren en bosques en terreno no inundado (tierra firme), con suelos pobres en nutrientes y bien drenadas de los tipos utisol y exisol (Peres y Baider 1997)



Figura 4. Dibujos taxonómicos del árbol de castaña mostrando hojas e inflorescencias (A), detalle de las flores (sección transversal del androceo) con la capa típica (B), sección transversal del ovario (C), ovario y cáliz (D), fruto (E), semilla y cáscara (F) y plantín con cotiledón (G). Tomado con permiso de Mori (1992). Dibujos de Bobbi Angell.

## 2.2. Importancia de la castaña

### 2.2.1. Importancia socio-económica

La castaña 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. Por ejemplo, en el Norte de Bolivia (Departamento de Pando y parte del Departamento del Beni) la economía regional depende en gran manera de la recolección y procesamiento de castaña (Zuidema, 2003).

En el norte de Bolivia, los ingresos económicos de gran parte de la población dependen de los procesos de recolección, transporte y procesamiento de la castaña. Cerca del 10% (5-6 mil personas) del total de la población de una de las ciudades más grandes del norte de Bolivia (Riberalta) es empleada en las plantas procesadoras de castaña, para las labores de pelado y selección de este producto. La recolección de castaña es realizada por un estimado de 12 a 13 mil personas. 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).

### 2.2.2. Valor Nutricional

Leigue Gómez y Boot (2002), indican que la castaña contiene 70% de grasas no saturadas (benéficas) y ayuda al aprovechamiento de varias vitaminas. Resaltan su nivel de energía, el contenido de grasas digeribles, calcio, fósforo, potasio y vitamina B; es también una fuente de vitaminas A y C y alto contenido en proteína. No obstante, al ser una nuez rica en calorías se recomienda que su consumo no pase de una nuez por día. La nuez tiene atributos medicinales por su calidad astringente.

Cuadro N° 1.- Composición Nutricional de la Nuez de Castaña

Componentes	Contenido de 100 g de parte comestible	Valores diarios recomendados
Calorías	604.40	
Calorías de grasa	399.60	
Azúcares	6.91 g	
Carbohidratos	30.40 g	300 g
Fibra dietética	3.96 g	25 g
Grasa total	44.40 g	66 g
Proteínas	20.80 g	
Calcio	8.90 mg	162 mg
Hierro	5.08 mg	18 mg
Sodio	254.10 mg	2 400 mg

Fuente: (Leigue Gómez y Boot, 2002)

### **2.2.3. Aspectos ambientales**

BOLFOR (1999), afirma que un 15% del norte de Bolivia está cubierto por bosques tropicales, para cuya preservación el gobierno boliviano, algunas iniciativas locales y la comunidad internacional están trabajando intensamente. Sólo un 4% de dicha área se ha degradado; uno de los principales factores que contribuyen a este alto estado de conservación es el aprovechamiento tradicional de los bosques con una intensidad que mantiene la biodiversidad y preserva el área como un importante sumidero de dióxido de carbono, contribuyendo así a la disminución del calentamiento global. Las principales actividades económicas que han permitido dicha conservación han sido la recolección de castaña y, hasta principios de siglo, la de caucho. Actualmente la industria castañera es responsable del 70% de la actividad económica de la región y ha sido el motivo principal para la preservación del ecosistema. Los intentos de desmontar el bosque y dejar árboles de castaña entre pastizales, han demostrado que la castaña depende de otras especies del bosque para mantener las poblaciones de sus polinizadores. Por lo tanto, este árbol sumado a la economía que sustenta, son factores clave para la conservación de los bosques. Sin la industria castañera, existen pocos incentivos para que los habitantes de la región preserven el bosque y sería difícil que el gobierno boliviano evite la deforestación una vez que la gente busque otras fuentes de ingresos.

El grado de deforestación en las zonas aledañas del Perú y Brasil, en las que no existe una industria castañera considerable, constituye un lúgubre pronóstico de lo que será la región si esta industria fracasa. La economía de la castaña, y por consiguiente el medio ambiente, se verán extremadamente amenazados como resultado de las estrictas regulaciones que se aplicarán en los principales mercados de este producto.

#### **2.2.4. Sobre-explotación e impacto**

La actividad de recolección de almendra, puede tener consecuencias para la regeneración natural del árbol de castaña (es decir: para la aparición de nuevos individuos) de tres maneras: (1) la cantidad de semillas disponibles para la germinación es fuertemente reducida y causa que disminuya la aparición de nuevas plántulas. (2) Las semillas que son dispersadas a causa de la actividad de dispersión que realizan los animales (agutis) pueden cambiar debido a la disminución de la disponibilidad de semillas. (3) La densidad de los animales dispersadores puede disminuir como resultado de las actividades de cacería que realizan los recolectores de castaña. Y, (4) puede haber una influencia positiva del aprovechamiento, cuando los recolectores de castaña, involuntariamente dispersan las semillas al abrir las frutas o transportar las semillas en bolsas. Seguidamente, se discute la importancia de cada uno de estos cambios en la regeneración del árbol de castaña (Zuidema 2003).

Los niveles altos de aprovechamiento de castaña pueden ser sostenibles, por lo menos sobre un periodo de 50 años, sin tener efecto en la reducción de la producción potencial y salvaguardar la productividad por periodos más largos de tiempo (Zuidema 2003).

### **2.3. Actividades de forestación y/o reforestación**

#### **2.3.1. Formas de incrementar la producción de castaña**

En vista del considerable ingreso económico que genera la recolección de castaña, hay interés en técnicas que permitan aumentar la producción potencial de nueces. El aumento en la producción de castaña puede lograrse de dos maneras: (1) aumentando la producción de castaña de los árboles existentes, o (2) aumentando el número y/o densidad de árboles de castaña (Zuidema, 2003).

- Un aumento en producción de los árboles de castaña existentes se puede lograrse eliminando ciertos factores que reducen la reproducción. Una medida importante es la eliminación de los bejucos ubicados en los árboles.

Los bejucos reducen la producción de castaña en poblaciones naturales. Cuando los árboles de castaña son infestados por grandes cantidades de bejucos, su producción de semillas es considerablemente reducida. El problema de la infestación de bejucos puede ser eliminado de una forma relativamente fácil; cortando los tallos de esos bejucos que suben a los árboles. Ésta es una actividad que no requiere mucho tiempo y probablemente puede combinarse con la recolección de castaña. Se han realizado ensayos de la corta de lianas y bejucos a gran escala, en el Departamento del Beni Bolivia.

- La densidad y número de árboles de castaña pueden ser incrementadas por medio de actividades de enriquecimiento y por medio de la siembra de plántulas de esa especie. Varios experimentos de enriquecimiento se han llevado a cabo en bosques primarios y en bosques secundarios; así como también en terrenos de agricultura y de pastoreo. Otra manera de aumentar el número de árboles de castaña, es el establecimiento de plantaciones.

### **2.3.2. Germinación de semillas de castaña bajo condiciones controladas**

El árbol de castaña es usado con frecuencia para plantaciones en campos agrícolas, para actividades de enriquecimiento en bosques secundarios; y para establecer plantaciones. Aunque esto se ha llevado a cabo predominantemente en ensayos experimentales y a una escala relativamente pequeña, en la actualidad existen programas de siembra a una escala mayor. Para todas estas actividades se requieren de plántulas, que en la mayoría de los casos tendrán que ser obtenidas de las semillas germinadas bajo condiciones controladas (Zuidema, 2003).

Los resultados de dos de los estudios llevados a cabo por Kainer *et al.* (1999) revelan que hay diferencias en el porcentaje de germinación y en el tiempo de germinación de semillas de diferentes árboles madre. Por ejemplo, después de 8 meses el éxito de la germinación (% de semillas germinadas) varió entre 30% y 70%, dependiendo del árbol madre. Estas diferencias no se relacionaron a las

diferencias en tamaño o peso de las semillas. Al parecer, otros factores juegan un papel importante en la determinación del tiempo y éxito de germinación.

El almacenamiento húmedo de semillas tiene una influencia positiva en el tiempo de la germinación y éxito de las semillas de castaña. En un experimento de germinación, la parte de semillas de castaña que fue coleccionada en poblaciones naturales fue inmediatamente sembrada y otra parte se almaceno durante 5.5 meses bajo condiciones húmedas. La germinación de semillas que fueron previamente almacenadas empezó mucho más temprano que en el caso de las semillas no-almacenadas, y una parte más grande de las semillas germinó en un periodo mucho más corto. Por consiguiente, parece que un cierto periodo bajo condiciones húmedas es necesario para que ocurra una rápida y exitosa germinación. Por consiguiente, para la producción eficaz y continuada de plántulas de castaña, se recomienda almacenar cantidades suficientes de castaña bajo condiciones húmedas. Para el experimento mencionado se guardaron semillas en un tanque de cemento redondo, encima de una capa de 25 cm de arena fina lavada. Las semillas se cubrieron con una segunda capa de arena fina de 25 cm. El tanque estaba provisto con una cañería de desagüe en el fondo, para descargar el exceso de agua. El tanque se regó hasta que el agua goteara fuera de la cañería del desagüe. Se regaba regularmente para mantener los volúmenes de humedad del tanque, es decir en la estación seca el riego se hizo una vez por semana (Kainer *et al.* 1999).

### **2.3.3. Supervivencia en experimentos de enriquecimiento**

Se han realizado actividades de enriquecimiento con plantas de castaña en campos agrícolas, áreas de pastoreo, y en bosques primarios y secundarios. En bosques secundarios, se han plantado plántulas de castaña en fajas, donde la vegetación original fue aclarada. La información sobre actividades de enriquecimiento en bosques primarios, campos agrícolas y áreas de pastoreo, se proporcionan a continuación (Baider, 2001).

Fernandez y Alencar (1993), en dos experimentos llevados a cabo en Acre, Brasil, se han plantado plántulas de castaña en claros en bosques primarios. En

uno de estos experimentos (Estudio 1), las plántulas pequeñas (7 cm de altura) se plantaron en claros pequeños; el otro experimento (Estudio 2) se llevó a cabo con plántulas más grandes (20 cm de altura) y en claros grandes creados por las actividades de extracción de madera, y en los caminos de máquinas pesadas.

La comparación de la supervivencia y crecimiento de plántulas plantados en los dos experimentos indica que hay una diferencia grande en crecimiento de altura entre los dos experimentos: las plántulas más pequeños plantados en claros pequeños (Estudio 1) tenían una proporción de crecimiento mucho más baja que las plántulas más grandes en huecos más grandes (Estudio 2). Esto puede ser explicado por las diferencias en tamaño de la plántula y la disponibilidad de luz entre los experimentos. Las plántulas más grandes pueden lograr una tasa de crecimiento de altura mayor, ya que ellos tienen un área de hoja más grande que les permite captar más luz. Y la disponibilidad de luz más alta puede producir más fotosíntesis, por consiguiente proporciones de crecimiento más altas. Como resultado, las plántulas grandes en claros grandes pudieron lograr una altura de casi 3 metros en un periodo de 5 años. Otra diferencia en los resultados es la baja tasa de supervivencia, que se observó en el Estudio 2. La mortalidad alta que se observa en el primer año para el Estudio 2 que se debió principalmente a los roedores que matan las plántulas para comer el cotiledón nutritivo (reserva de la semilla). En el sitio de Estudio 1, la abundancia de roedores fue probablemente mucho menor, debido a la caza intensiva. De ambos estudios se pone claro que menos de un tercio de las plántulas plantadas sobrevive en un periodo de dos años. Es importante tener en cuenta las altas tasas de mortalidad, para el planeamiento de actividades de enriquecimiento en claros.

Se han realizado plantaciones de enriquecimiento de plántulas de castaña en campos agrícolas en Acre, Brasil (Estudio 1) y en Beni, Bolivia (Estudio 3). Los resultados de estos estudios se muestran nuevamente, las plántulas plantadas en el Estudio 1 eran más pequeños (7 cm) que aquellos en el otro estudio (Estudio 3; 23 cm). La diferencia del tamaño inicial explica probablemente la

diferencia en la tasa de crecimiento y mortalidad entre los dos estudios. Las plántulas pequeñas generalmente experimentan una tasa de mortalidad más alta. De hecho, la mortalidad puede ser más alta de la que se encontró en el Estudio 1, en caso que la abundancia de roedores sea alta en el área: la inmensa mayoría de plántulas muere después de varios meses debido al consumo del cotiledón por roedores. Las plántulas más pequeñas como los usados en el Estudio 1 tienen intrínsecamente una tasa de crecimiento mucho más baja, que las plántulas más grandes.

Las plántulas de castaña plantadas en áreas de pastoreo sobrevivieron bien pero crecieron pobremente. Los resultados de un estudio en Acre, Brasil, demuestran que donde se plantaron plántulas pequeños con cercos de protección en áreas de pastoreo con animales y se plantaron plántulas sin cercos de protección en áreas sin uso de pastoreo. Cuando se comparó los claros con las tierras de agricultura, el crecimiento en altura fue más bajo, pero la supervivencia fue más alta.

Anteriormente, se han comparado los diferentes sitios donde se realizaron las actividades de enriquecimiento con árboles de castaña en sentido biológico. Aparte de esto, es también importante considerar la conveniencia social de los diferentes sitios de enriquecimiento. En el Estudio 1, la conveniencia de los tres sitios (claros en el bosque, áreas de pastoreo y campos agrícolas) fue determinada incluyendo las opiniones de personas locales que ayudaban en los experimentos. Los claros en el bosque parecían ser sitios convenientes de un punto de vista social, ya que la mano de obra requerida es baja. Desde el punto de vista bosque-biológico, estos sitios fueron los menos convenientes, ya que el crecimiento de la plántula fue bajo debido a la poca disponibilidad de luz.

El segundo sitio de enriquecimiento, campos agrícolas, fue encontrado ser el ambiente más conveniente desde ambos puntos de vista: social y biológico; ya que el crecimiento y supervivencia fueron altos en estas áreas, y las actividades de enriquecimiento (plantación y desyerbado) pueden combinarse con las actividades requeridas para el cultivo de cosechas. El tercer sitio de

enriquecimiento, las áreas de pastoreo fueron inconvenientes desde el punto de vista social: las plántulas plantadas deben protegerse de los animales con cercas, las cercas deben verificarse frecuentemente y el área se debe desyerbar constantemente. No obstante, la alta tasa de supervivencia y el buen crecimiento de las plántulas plantadas en áreas de pastoreo sugieren que este sitio sea conveniente para enriquecimiento en el sentido biológico.

En conclusión, al combinar la conveniencia social y biológica de los tres sitios de enriquecimiento, los campos agrícolas parecen ser la mejor opción para el enriquecimiento exitoso realizado con árboles de castaña. Otra buena opción para enriquecimiento con plántulas no incluida en los estudios anteriores, es la plantación realizada en fajas en bosques secundarios: este método se presenta en la próxima Sección.

Algunas recomendaciones importantes y prácticas pueden derivarse de los resultados de los tres estudios de enriquecimiento. Primeramente, se recomienda plantar plántulas de por lo menos 20-25 altura del cm, cuando estos plántulas probablemente serán matados por roedores que consumen el cotiledón (la reserva de la semilla en el tallo). El cotiledón en plántulas de ese tamaño es protegido por el tallo leñoso. En segundo lugar, se recomendaba aclarar la vegetación alrededor de las plántulas plantadas. Esto se hizo en los tres experimentos discutidos: en algunos casos sólo una vez después de plantar, y en otros casos a intervalos regulares. El levantamiento de la vegetación existente, disminuye la competencia con plántulas vecinos de otras especies, y de esta forma se puede aumentar la proporción de crecimiento y las probabilidades de supervivencia (Fernandez y Alencar, 1993).

#### **2.4. Ecología de la plántula**

La información sobre densidades y condiciones de las plántulas de castaña en condiciones naturales es escasa. Estudios en Acre, Brasil y en el Norte de la Amazonia Boliviana proporcionan información sobre la densidad de plántulas clasificadas según el tamaño. Los resultados indican que la categoría del tamaño más abundante es la que contiene plántulas de menos de 35 cm de

altura y ocurren a una densidad de 20 a 40 plántulas por hectárea. Sumando los datos de todas las plántulas más pequeñas de 140 cm de altura, se obtiene una densidad de 25 a 50 plantines por hectárea. Otro estudio en uno de estos sitios reveló una densidad similar a 53 plantines por hectárea para plantas <130 cm de altura (Myers *et al.* 2000). Un estudio en Acre, Brasil que incluyó plántulas grandes (o brinzales) de más de 1 m en altura informó una abundancia de 2.5 individuos por hectárea (Viana *et al.* 1998). Esta abundancia es similar a la de la categoría más grande, por lo que se puede ver claramente, que el número de plántulas encontradas en una hectárea, depende en gran manera de la abundancia de los árboles adultos en dicha área.

Una de las razones por la cual no existe mucha información disponible sobre la abundancia de plántulas, es que una investigación de este tipo, realizada en áreas grandes, y que pretenda obtener estimaciones fiables del número de plántulas por hectárea, lleva mucho tiempo. Los resultados de dos estudios realizados en Bolivia, donde se realizó una búsqueda sistemática de plantines de casi 6 hectáreas, indican que estas búsquedas se llevaron a cabo en subparcelas (de 20 por 20 m, o 25 por 25 m). En un tercio de las sub-parcelas, no se encontró ninguna plántula. En otro estudio realizado en Bolivia, se realizó la investigación de 0.3 hectárea. En el estudio en Brasil, se investigaron 51 hectáreas para plántulas de >1 m de altura. En conclusión, se necesitan áreas de muestreo grandes para obtener buenas estimaciones sobre densidades (Leigue Gómez y Boot. (2002).

Las plántulas recientemente germinadas ocurren a poca distancia de los árboles adultos más cercanos. Las distancias de nuevas plántulas con relación al árbol adulto, basado en información sobre la posición de 75 plántulas de menor de 1 año, con respecto a 22 árboles adultos en el norte de Bolivia. La distribución espacial de estas plántulas parecía ser al azar con relación a los árboles adultos. Esto significa que ellos no se agrupan alrededor de los árboles adultos. Las plántulas de castaña de tamaño pequeño ocurren principalmente en lugares oscuros en el sotobosque. El porcentaje de plántulas que no reciben luz directa

debido a agujeros pequeños en el dosel del bosque. Ellos reciben principalmente luz indirecta. También es cierto que la proporción de plántulas que reciben cantidades sustanciales de luz directa (a través de los agujeros pequeños en el dosel) aumenta gradualmente con el tamaño de la plántula.

Las plántulas grandes parecen ocurrir con mayor frecuencia en claros (espacios abiertos en el dosel del bosque) que en el sotobosque. Un inventario de claros en un bosque en Bolivia ha revelado que la probabilidad de que se encuentre una plántula grande (>130 cm de altura) en un claro aumenta con la disponibilidad de luz en ese claro; los resultados indican esta relación para 50 claros de los cuales 15 contuvieron una plántula grande de castaña (Leigue Gómez y Boot (2002).

#### **2.4.1. Crecimiento de plántulas en experimentos controlados**

Una cantidad relativamente grande de información existe sobre el crecimiento de plántulas de castaña bajo condiciones experimentales. Los experimentos con plántulas de castaña se han llevado a cabo en cajas de sombra y en el bosque. Los resultados de los estudios en el campo, realizados con plántulas de castaña, y referidos a actividades de plantaciones de enriquecimiento. En esta sección se discuten los resultados de los experimentos realizados bajo condiciones controladas. En experimentos con plántulas, se ha relacionado el crecimiento de las plántulas de castaña, bajo tres parámetros: disponibilidad de luz, disponibilidad de agua y tamaño inicial de la plántula (Guerrero, 2008).

La alta disponibilidad de luz generalmente no lleva a un crecimiento mayor en altura. En uno de los experimentos, se muestra que el crecimiento en altura tiende a declinar con una mayor disponibilidad de luz. En el otro experimento, tanto niveles muy altos como muy bajos de disponibilidad de luz resultaron en un crecimiento bajo en altura. Esto puede deberse a la baja disponibilidad de luz en el tratamiento con 1% de luz. A niveles de luz altos los plantines de castaña tienden a producir muchas ramas, por consiguiente invierten más biomasa en crecimiento horizontal que en el crecimiento vertical (Guerrero, 2008).

Un segundo factor que influye en el crecimiento de las plántulas de castaña es la disponibilidad de agua. Ya que las estaciones relativamente secas ocurren a lo largo del área de distribución del árbol de castaña, es importante notar que las plántulas toleran un periodo de sequía moderado. En la sección anterior se mostró que un periodo excepcionalmente seco causó que el crecimiento de plántulas y la supervivencia fuera más reducido. En un experimento controlado realizado en Bolivia, donde se usaron cajas de sombra se probó el efecto que tiene la disponibilidad de agua. Los resultados de este experimento. Contrariamente a las medidas del campo donde no se encontró ningún efecto con relación a la disponibilidad de agua en el crecimiento de altura de los plantines de castaña. Esto se explica probablemente porque la disponibilidad de agua más baja fue simulado en este experimento (regando cada 15 días) y al parecer la disponibilidad probablemente, no fue lo suficientemente baja, como para reducir el crecimiento de los plantines (Fernandez y Alencar (1993).

El tercer factor que influye en el crecimiento de las plántulas es el tamaño inicial de la plántula. Para probar esta relación se llevó a cabo un experimento bajo condiciones controladas en Bolivia. Las plántulas de castaña que se usaron para el experimento difirieron en edad (por consiguiente en tamaño): 2 meses (14 cm de altura), 5 a 6 meses (47 cm de altura) y 24 meses (80 cm de altura) (Fernández y Alencar (1993).

## **2.5. Daños por plagas y enfermedades**

Corvera *et al.* (2007), señala que los mayores perjuicios en plantaciones de la región Madre de Dios (Perú) se da en el periodo de establecimiento, son ocasionados por el añuje (*Dasyprocta fuliginosa*) estos cortan las plántulas en la base del tallo y consumen la semilla que aún no está lignificada.

El ataque es controlado eficientemente usando una barrera física en el contorno de la planta que impida el acceso del roedor a la misma, los mejores resultados se han obtenido usando una malla metálica.

Se han reportado pocas enfermedades para las plantas de castaña, se tiene registrada la mancha parda de las hojas, cuyo agente etiológico es el hongo *Cercospora bertholletia* y el “tostado de los injertos” causado por *Phytophthora sp.*, que ocasiona la muerte de los injertos. La primera puede ser controlada con fungicidas cúpricos (0,3%) o con Benomyl (0,1%) y la segunda por medio de pulverizaciones con Metalaxyl + Mancozeb (0,1%).

En la región de Madre de Dios se observaron árboles grandes de castaña amazónica con ataques de lepidópteros *Lusura altrix*, ocasionando una defoliación severa, afectando hasta el 50% del follaje. Sin embargo, no existen reportes de ataques de estos lepidópteros en árboles cultivados o de menor tamaño (Corvera, 2007).

## **2.6. Prácticas Culturales**

De acuerdo a Nelson *et al.* (1985), como cualquier cultivo de importancia comercial, la castaña requiere de tratamientos culturales que va a influir de manera importante en el establecimiento y producción de los árboles, dentro de los cuales se pueden destacar:

Limpieza en corona: consiste en realizar deshierbe en el contorno de la planta para evitar competencia por luz y nutrientes sobre todo en el periodo de establecimiento y de formación de la copa. Se recomienda hacerlo cada cuatro meses, durante los tres primeros años de plantación.

Limpieza en entre líneas: Las entrelíneas del cultivo se pueden deshierbar de manera manual (machete, azadón y pala), semi-mecanizada (tractor agrícola), luego de realizar la limpieza de planteo de las plántulas (Nelson *et al.* 1985).

### **6.2.1. Podas:**

Se deben efectuar dos tipos de poda para tener un buen desarrollo de la planta: la de formación del tallo y la de formación de la copa. La primera consiste en eliminar gradualmente las ramas más bajas hasta los dos metros de altura sobre el suelo y se efectúa en plantas con más dos años de injertadas. La segunda, se realiza cuando el injerto presenta pocas ramificaciones y tiene por objetivo

augmentar el número de ramas responsables de la futura fructificación. Estas ramas son podadas a una distancia de 50 a 100 cm del tronco, eliminando de cuatro a cinco hojas por debajo del corte, a fin de forzar la emisión de nuevos brotes (Nelson *et al.* 1985).

### **6.2.2. Monitoreo y Evaluación del crecimiento**

Según Nelson *et al.* (1985), las plantas injertadas deben ser monitoreadas y evaluadas para conocer sus variables de crecimiento, incrementos diamétricos, estado fitosanitario, fenología reproductiva, visitas de los agentes polinizadores y finalmente su productividad, conjuntamente con la calidad de frutos.

La castaña proveniente de semilla (planta franca) puede eventualmente, entrar en producción, a los ocho años después del trasplante al sitio definitivo, mientras que la mayoría de las plantas fructifican a los 12 años. Por otro lado, las plantas injertadas inician, en algunos casos, su fase de producción con 3,5 años de edad. Esta precocidad está asociada a la posición que tenía la yema del injerto en la planta madre. En general empiezan su producción al sexto año después de realizada la injertación. Los datos de producción obtenidos en el CPATU/EMBRAPA muestran que las plantas injertadas pueden producir hasta 25 litros de castaña a los 12 años. Esta producción puede ser considerada buena, cuando se compara con la productividad de los castañeros nativos, que se sitúa en el rango de 15 a 55 litros de castaña/ha/año y naturalmente se encuentra en una densidad de 0,3 a 1,3 árboles por hectárea (Nelson *et al.* 1985).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

La presente investigación se realizará en el Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonía (CINTA) dependiente del Área de Ciencias Biológica y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando, ubicado en la comunidad “Gran Chaco” carretera Porvenir - Cobija.

Geográficamente está localizado en:

Municipio : Porvenir  
Provincia : Nicolás Suárez  
Departamento : Pando

Las coordenadas geográficas son:

Longitud oeste : 87°61'51,8”  
Latitud sur : 05°30'90,1”



Fotografía 1. Ubicación del experimento

### 3.2. Materiales.

Materiales de campo:

- Machete
- Hacha
- Estacas cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Clinómetro
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Materiales de laboratorio de suelos

### 3.3. Material vegetal

Plantas de castaña (*Betholletia escelso*), establecidos en el segundo semestre del año 2008 por Yumaa Enriquez, Omar Sharif.

### 3.4. Diseño experimental

El presente estudio se realizó utilizando el diseño experimental de “distribución completamente al azar”, con las siguientes características:

Hileras	10
Columnas	10
Tamaño de la unidad experimental	100 m <sup>2</sup> (10 m x 10 m)
Distancia entre columnas	10m
Distancia entre hileras	10m
Área total del experimento	10 000 m <sup>2</sup>

### 3.5. Toma de datos

#### a) Condiciones climáticas

Los datos de temperatura y precipitación pluvial mensual de los seis años fue obtenida de la página web del servicio nacional de meteorología e hidrología dependiente de ASSANA.

**b) Altura de la planta:**

Con la ayuda de un flexómetro y en caso necesario de un clinómetro, se medirá la altura de la planta, desde el nivel del suelo hasta el ápice del tallo (en cm).



Fotografía 2. Medición de la altura de planta

**c) Diámetro del tallo**

Con la ayuda de una cinta diamétrica se medirá el diámetro del tallo a 30 cm del nivel del suelo. Los valores serán expresados en cm.



Fotografía 3. Medición del diámetro del tallo

**d) Porcentaje de mortalidad:**

Se cuantificó el número de plantas muertas, en cada hilera de 10 plantas.

**e) Efecto de factores abióticos**

Se evaluará las condiciones edáficas, mediante un muestreo de suelo hasta una profundidad de 50 cm, una muestra por cada planta.



Fotografía 4. Muestreo de suelo

**f) Calidad y sanidad**

Se evaluará el estado de sanidad de las plantas, según los siguientes criterios: planta sana, con daño leve, con daño moderado y daño severo.



Fotografías 5 y 6. Daños causados por factores abióticos

### **3.6. Análisis y procesamiento de datos**

Con los datos obtenidos, se procedió al análisis de variancia a 5% de margen de error y de ser necesario los promedios serán sometidos a la comparación múltiple de Duncan al mismo margen de error. Estos análisis se efectuarán empleando el paquete computacional SPSS ver 18.0

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Condiciones climáticas

Los datos correspondientes a la precipitación pluvial indican que el promedio durante los ocho años fue de 2040 mm/año, sin embargo la comparación por años permite observar que existe mucha variación entre años, siendo el menor registrado de 1407,1 mm en el año 2013 y la máxima 3479,0 mm en el año 2009, es decir el primer año después de establecido en sitio definitivo. La comparación entre meses permite observar que los meses de mayor precipitación son enero, febrero y marzo, cuya máxima es de 327,5 mm en el mes de febrero, mientras que el mes de menor precipitación resulta ser junio con solo 22,5 mm, como se muestra en el gráfico siguiente:

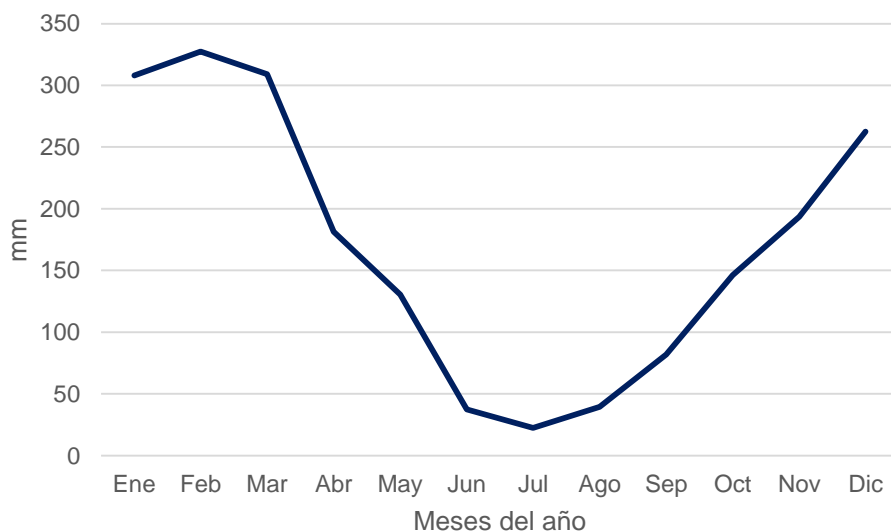
Cuadro N° 2

#### Promedios mensuales de precipitación pluvial

Meses	Periodo de estudio								Prom.
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Ene	151,5	643,6	235,6	273,5	178,6	344,5	349,7	287,8	308,1
Feb	407,7	519,8	215,8	270,3	219,4	347,7	272,7	366,6	327,5
Mar	579,8	346,7	395,5	218,8	213,2	350,7	195,9	171,8	309,1
Abr	403,2	234,2	207,0	176,6	59,9	100,5	210,3	58,7	181,3
May	346,3	82,8	110,4	82,4	85,5	82,8	192,8	60,7	130,5
Jun	63,7	0,6	4,7	46,4	107,0	28,8	41,5	6,2	37,4
Jul	51,5	22,3	0,4	20,5	27,9	6,9	13,1	37,7	22,5
Ago	64,4	36,8	8,2	17,2	62,0	50,8	37,3	39,4	39,5
Sep	93,5	58,8	77,0	147,8	52,6	94,2	16,8	114,2	81,9
Oct	155,9	170,6	92,2	196,3	139,8	148,2	75,0	192,5	146,3
Nov	389,8	219,8	112,1	202,1	162,1	194,5	110,1	157,2	193,5
Dic	771,7	228,5	236,2	219,0	99,1	192,3	133,4	220,1	262,5
Total	3479,0	2564,5	1695,1	1870,9	1407,1	1941,9	1648,6	1712,9	2040,0

Fuente: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (Fecha: 31/12/2016)

Gráfico N° 1. Precipitación promedio mensual (2009 – 2016)



Cuadro N° 3

Promedios mensuales de temperatura media

Meses	Periodo de estudio								Prom.
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Ene	26,0	26,3	26,4	26,1	27,4	26,2	26,4	27,9	26,6
Feb	25,9	26,5	26,2	25,9	26,7	26,3	26,7	27,7	26,5
Mar	26,0	27,3	26,3	26,6	26,9	26,6	27,0	27,4	26,8
Abr	26,0	26,8	26,4	26,8	26,5	26,7	27,0	27,2	26,7
May	25,8	25,1	25,5	25,9	25,6	25,5	26,0	25,2	25,6
Jun	23,2	25,6	25,7	25,2	26,3	25,3	26,5	24,1	25,2
Jul	24,3	23,4	24,4	25,2	24,3	24,1	25,3	25,9	24,6
Ago	25,7	25,9	25,9	26,2	24,6	26,2	28,1	27,0	26,2
Sep	26,2	27,8	27,9	28,0	27,0	28,2	29,0	26,6	27,6
Oct	27,3	27,2	27,3	27,6	27,0	27,8	28,8	27,6	27,6
Nov	27,2	26,5	27,3	27,6	27,1	27,3	28,2	27,2	27,3
Dic	25,9	26,8	27,2	27,1	27,4	26,8	28,1	27,3	27,1
Total	25,8	26,3	26,4	26,5	26,4	26,4	27,3	26,8	26,5

Fuente: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (Fecha: 31/12/2016)

Los datos correspondientes a temperatura media mensual que se detalla en el Cuadro N° 2 y Gráfico N° 2, indican que durante el periodo de estudio, se registró una temperatura media de 26,5°C. La menor temperatura media tiene lugar el mes de julio con 24,6°C, mientras que la mayor temperatura media tiene lugar los meses de septiembre y octubre con 27,6°C

Gráfico N° 2. Temperatura media mensual



#### 4.2. Condiciones edáficas

Los resultados del análisis de suelo se muestran en el Anexo N° 3 y el resumen en el cuadro N° 3, en el mismo se puede observar que el pH (potencial de hidrogeniones) es ácido, con un contenido medio en materia orgánica y contenido nitrógeno total, muy bajo en fósforo y bajo de potasio; bajo en magnesio, calcio y sodio. En resumen de baja fertilidad por el contenido alto de aluminio intercambiable.

Cuadro N° 4

Características del suelo del área experimental

VARIABLES	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACIÓN
pH (1:5 agua destilada)		4,63	Muy ácido
M.O.	%	0,08	Muy bajo
N Total	mg/kg	594,4	Medio
P	ppm	0,56	
K	me/100g	27,43	
Al	me/100g	2,51	
Ca	meq/100g	0,56	
Mg	meq/100g	1,33	
Na	mg/kg	203,56	
Textura	%	67,5 Ar	Franco arenoso

Fuente: Laboratorio de suelos del ACBN-UAP

### 4.3. Características Morfológicas

#### 4.3.1. Altura total

Cuadro 5.

Altura total de planta de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
C1	470		479	526	569	381	390	489	418	569
C2	456	451	470	526	559	437	498	484	522	442
C3	451	418	404	484	564	536	536	536	461	
C4	489	418	517	522	559	545	531	512	465	461
C5	451	390	475	442	470	367	484	517	461	479
C6	512	508	522		494	620	555	512	465	484
C7		442	512	512	437	630	512	503	461	479
C8	470	498	517	512	489	522	451	381	489	489
C9	395	470	357	517	451	324		371	479	338
C10	397	465	409	395	442		569	320	428	282

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Cuadro anterior muestran que la altura total de las plantas varía de 282 a 630 cm, con un promedio 473,06 cm y una desviación típica de  $\pm 63,7$  cm.

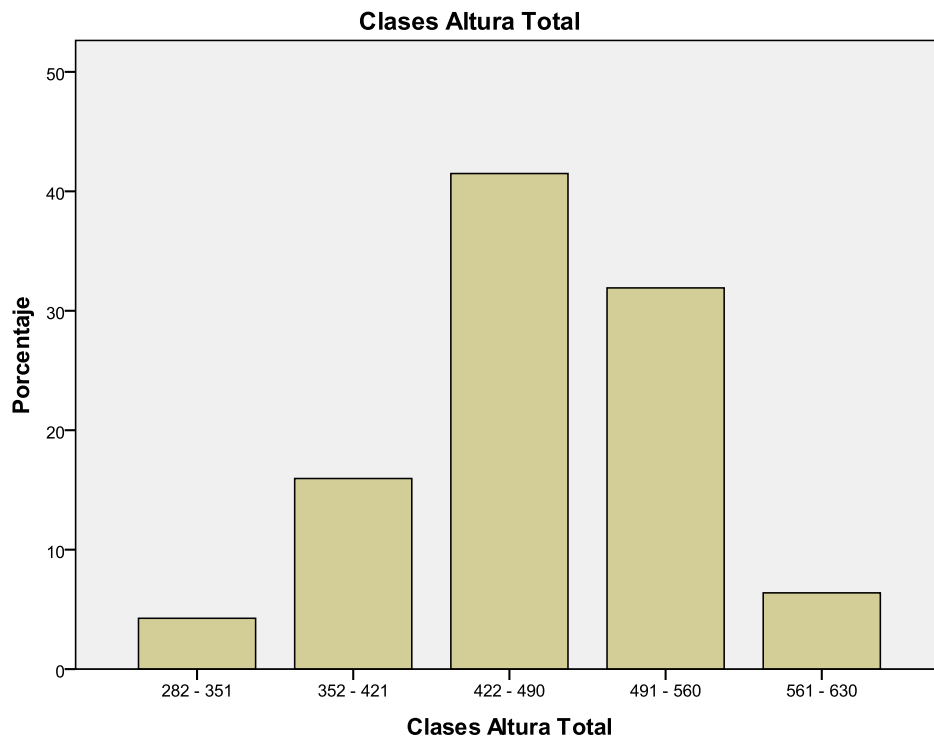
Cuadro N° 6

Distribución de frecuencias para altura total de planta de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

Clases de altura total (cm)	Marca de clase	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
282 - 351	316	4	4,3
352 - 421	386	15	16,0
422 - 490	456	39	41,5
491 - 560	526	30	31,9
561 - 630	560	6	6,4
Total		94	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Cuadro 4

Gráfico 3



Agrupados por clases, se observa que la mayor proporción de plantas se encuentran entre 422 a 490 cm, mientras que la menor proporción se encuentra entre 282 a 351 cm, es decir la clase más baja.

### 4.3.2. Altura de fuste

Cuadro 7.

Altura de fuste plantas de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
C1	339		346	380	411	275	282	353	302	411
C2	329	326	339	380	404	316	360	350	377	319
C3	326	302	292	350	407	387	387	387	333	
C4	353	302	373	377	404	394	383	370	336	333
C5	326	282	343	319	339	265	360	373	333	346
C6	370	367	377		357	448	401	370	336	350
C7		319	370	370	316	455	370	363	333	346
C8	339	360	373	370	353	377	326	275	353	353
C9	285	339	248	373	326	234		268	346	244
C10	287	336	295	285	319		411	231	309	204

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Cuadro anterior muestran que la altura total de las plantas varía de 204 a 455 cm, con un promedio 341,68 cm y una desviación típica de  $\pm 46,3$  cm.

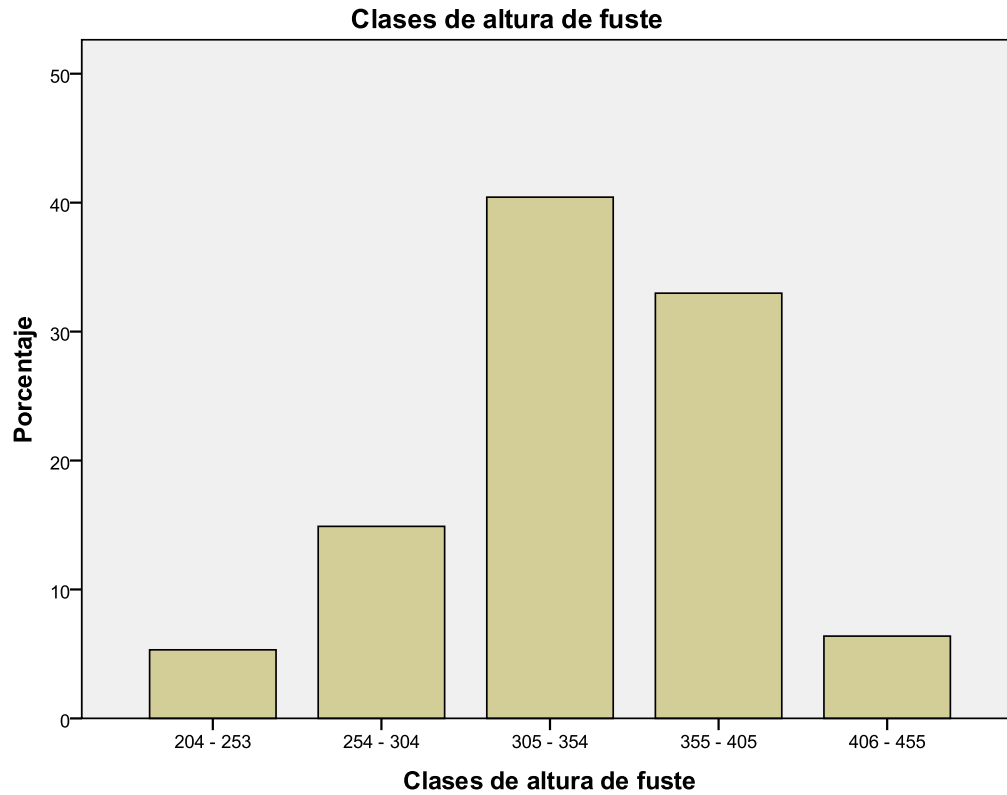
Cuadro N° 8

Distribución de frecuencias para altura de fuste de planta de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

Clases de altura de fuste (cm)	Marca de clase	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
204 - 253	228	5	5,3
254 - 304	279	14	14,9
305 - 354	330	38	40,4
355 - 405	380	31	33,0
406 - 455	430	6	6,4
Total		94	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Cuadro 6

Gráfico 4



Agrupados por clases, se observa que la mayor proporción de plantas se encuentra entre 305 a 354 cm, mientras que la menor proporción se encuentra entre 204 a 253 cm, es decir la clase más baja.

### 4.3.3. Diámetro altura pecho

Cuadro N° 9.

Diámetro altura pecho (DAP) de plantas de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
C1	10,2		10,9	14,0	16,7	8,7	9,9	9,6	9,3	12,1
C2	11,5	12,7	12,7	11,5	10,5	10,2	12,1	8,4	18,6	8,1
C3	10,9	10,2	9,9	9,6	13,0	16,7	13,0	14,3	13,6	
C4	15,8	11,8	14,0	13,3	14,3	11,5	15,5	9,9	13,0	12,1
C5	9,3	10,2	10,5	9,6	14,6	6,5	13,3	12,7	11,2	15,2
C6	13,3	16,1	13,3		13,0	16,1	14,3	12,4	11,2	9,6
C7		14,6	10,2	11,2	8,4	15,5	10,5	13,3	9,3	11,5
C8	12,7	13,3	16,7	12,1	14,0	13,3	9,6	9,3	13,3	14,9
C9	13,3	13,3	7,4	11,5	14,0	9,3		5,9	13,0	9,0
C10	13,6	9,9	9,6	12,1	12,7		12,7	7,1	15,5	5,6

Fuente: Elaboración propia

El diámetro altura pecho (DAP) de las plantas varía de 5,6 a 18,6 cm, con un promedio 11,9 cm y una desviación típica de  $\pm 2,58$  cm.

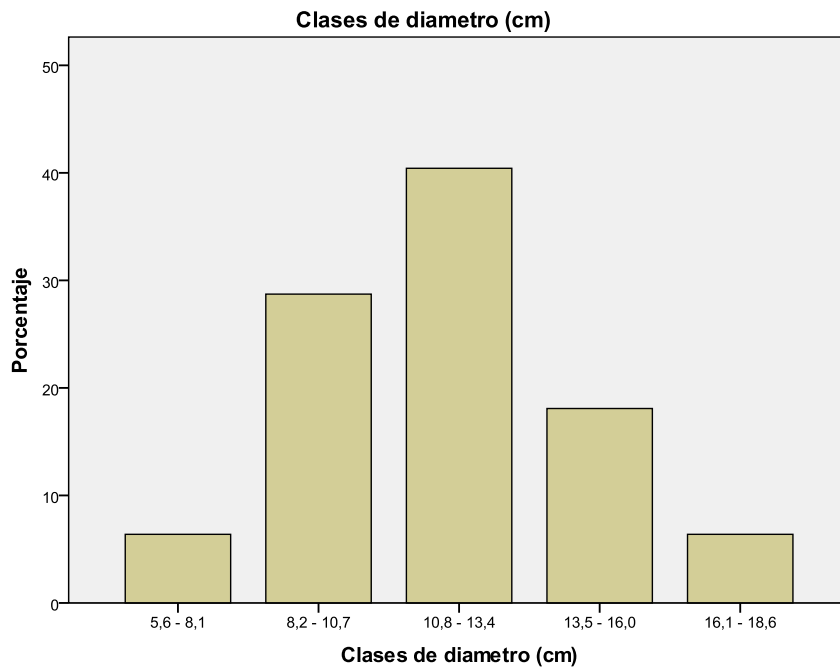
Cuadro N° 10

Distribución de frecuencias para diámetro altura pecho de planta de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

Clases de DAP (cm)	Marca de clase	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
5,6 - 8,1	6,9	6	6,4
8,2 - 10,7	9,5	27	28,7
10,8 - 13,4	12,1	38	40,4
13,5 - 16,0	14,8	17	18,1
16,1 - 18,6	17,4	6	6,4
Total		94	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Cuadro 6

Gráfico 5



Agrupados por clases, se observa que la mayor proporción de plantas se encuentran entre 10,8 a 13,4 cm, mientras que la menor proporción se encuentra entre 5,6 a 8,1 cm y 16,1 a 18,6 cm es decir las clases más baja y más alta.

#### 4.4. Calidad del fuste

Cuadro N° 11.

Calidad del fuste de las plantas de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
C1	2		2	3	3	1	1	2	1	3
C2	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2
C3	2	1	1	2	3	3	3	3	2	
C4	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2
C5	2	1	2	2	2	1	2	3	2	2
C6	3	3	3		3	3	3	3	2	2
C7		2	2	3	2	3	2	3	2	2
C8	2	3	3	3	2	3	2	1	2	2
C9	2	2	1	3	2	1		1	2	1
C10	2	2	1	2	2		3	1	2	1

Fuente: Elaboración propia (Interpretación: 1 = Mala, 2 = regular y 3 = Buena)

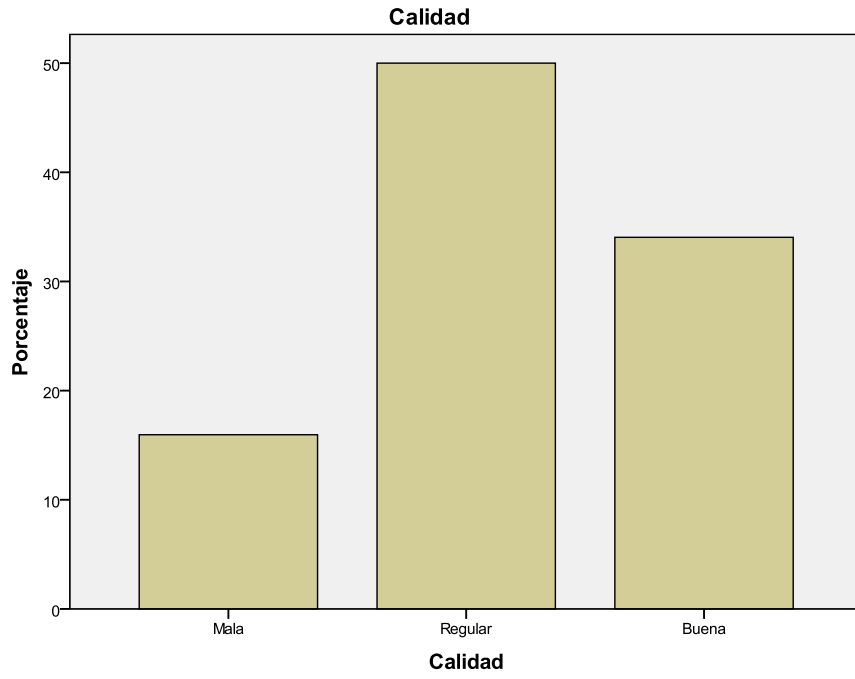
Cuadro N° 12

Distribución de frecuencias para calidad de fuste de las plantas de castaña (cm), siete años después de establecido en sitio definitivo.

Calidad de plantas	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Mala	15	16,0
Regular	47	50,0
Buena	32	34,0
Total	94	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Cuadro 10

La Cuadro anterior y gráfico siguiente, permiten afirmar que aproximadamente una de cada tres plantas tienen buena calidad, la mitad tienen la calidad regular y un 16% es de mala calidad.



## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. Condiciones climáticas**

Esta especie se ha establecido bajo las siguientes condiciones climáticas: Temperatura media anual de 24,3 - 27,2°C, pudiendo alcanzar valores mínimos de 19,9 - 23,5°C y máximos de 30,2 - 32,6°C; con precipitación total anual de 1.400 – 2.800 mm, sin embargo, en ciertas zonas tolera valores inferiores a 100 mm mensuales; la humedad relativa media de 79 - 91%; el número de horas de luz anual de 2,000-2,500 horas de brillo solar. En Brasil se la reportó en tierras firmes y drenadas, siendo muy difícil encontrarla en suelos inundables; en Perú, los castañales, se presentan sobre suelos arcillosos o arcillo-arenosos (Usca, 2012).

#### **5.1.1. Temperatura**

La descripción del clima se basa en la información de la estación climática del departamento Pando, específicamente de la estación meteorológica de Cobija cuentan con un período suficientemente largo de más de siete años.

Se puede observar que la castaña se distribuye entre las isotermas de 26°C para el departamento Pando, es decir para todas las poblaciones, teniendo límites inferiores en la zona fronteriza con el departamento de La Paz y Beni. Si bien las temperaturas son estables dentro el departamento a diferencia de las precipitaciones que varían, esto no incide en una diferencia en cuanto al desarrollo óptimo de la especie ya que dentro de las isotermas señaladas se encontraron individuos bien desarrollados en el municipio de Porvenir.

Lo expuesto anteriormente se puede observar en el cuadro de temperaturas medias mensuales y anuales (Cuadro 3), estos pueden mostrar las características de la región donde se desarrolla la especie en estudio. Durante el periodo de estudio, se registró una temperatura media de 26,5°C. La menor temperatura media tiene lugar el mes de julio con 24,6°C, mientras que la mayor temperatura media tiene lugar los meses de septiembre y octubre con 27,6°C.

Al respecto, (Usca 2012) afirma que en las áreas de dispersión natural de la especie, en la amazonia Peruana, Boliviana y Brasileña, la temperatura media anual varía 24,3 a 27,2°C con valores máximos de 30,6 y 32,6°C y mínimos de 19,9 y 23,5°C, por lo que es posible afirmar que las condiciones climáticas del área de estudio están enmarcadas en lo indicado por la bibliografía.

### **5.1.2. Precipitaciones**

La precipitación pluvial anual varía entre 1.400 y 2.800 mm, con ocurrencia en determinadas áreas de periodos hasta seis meses con precipitaciones mensuales inferiores a 60 mm. (Usca 2012).

En el área de estudio, la precipitación media anual de los ocho años considerados fue de 2040 mm/año, sin embargo la comparación por años permite observar que existe mucha variación entre años, siendo el menor registrado de 1407,1 mm en el año 2013 y la máxima 3479,0 mm en el año 2009, es decir el primer año después de establecido en sitio definitivo. La comparación entre meses permite observar que los meses de mayor precipitación son enero, febrero y marzo, cuya máxima es de 327,5 mm en el mes de febrero, mientras que el mes de menor precipitación resulta ser junio con solo 22,5 mm.

Estos resultados se enmarcan en lo mencionado por la bibliografía, por lo que es posible afirmar que la precipitación pluvial de la región es favorable para el desarrollo de la castaña, es decir este factor no perjudicó el crecimiento en altura y en diámetro de la especie.

### **5.2. Condiciones edáficas**

Chuquimia (2007), afirma que el tipo de suelo no es un factor muy determinante para el desarrollo de esta especie, ya que se sabe que los suelos tropicales son pobres en nutrientes y además son ácidos, pero se encontraron individuos que se desarrollan normalmente y en mayor cantidad (manchones mayores), en suelos bien drenados, por lo que se asume que la castaña prefiere suelos muy bien drenados para un buen desarrollo y producción continua.

Un indicador que puede mencionarse es que en las zonas o lugares donde hay pocos individuos, algunos cítricos como la naranja no se desarrollaban normalmente y morían en antes de los dos años, luego de plantados; no así en las zonas donde se encuentran manchas de más de 9 individuos, que es donde estos cítricos y otros se desarrollan normalmente y estaban en producción. Pero esto es una conclusión preliminar por lo que se requiere un mejor estudio y más detallado en cuanto a suelos se refiere.

Los suelos son pobres en nutrientes debido a la naturaleza de la litología subyacente, la meteorización química fuerte y un lavado de nutrientes por alta precipitación durante gran parte del año. En estas condiciones naturales, la fertilidad del suelo está ligada al ciclo orgánico. Por la abundante cobertura vegetal del bosque tropical existe un aporte constante de materia orgánica, mayormente en forma de hojarasca que posteriormente es transformada en humus. Debido a las condiciones climáticas y a la acción de micro-organismos, la descomposición de la materia orgánica es tan rápida que sólo deja una delgada capa de humus relativamente rica en nutrientes. Se observa que la mayoría de las raíces de las plantas se encuentran en esta capa superficial para absorber estos nutrientes (ZONIZIG, 1993)

Según el mismo autor, en las planicies altas, generalmente los suelos son bien drenados. Solo en las unidades poco disectadas, los suelos son pobre a moderadamente bien drenados. Los suelos de las planicies altas tienen una fertilidad baja y pueden desarrollar niveles tóxicos de aluminio para las plantas. Esto puede ser una explicación del fracaso de cultivo de cítricos en algunas poblaciones.

En las colinas muy fuertemente disectadas de la parte central norte del municipio de Porvenir en menor proporción en las terrazas altas del río Tahuamanu, los suelos presentan una textura franca en la capa superficial y una acumulación de arcilla en el subsuelo, siendo consecuentemente muy susceptibles a la erosión. Esta situación se ve agravada por las deforestaciones, sobre todo en las áreas

más disectadas. Los suelos son moderadamente bien drenados, tienen una fertilidad baja y normalmente la saturación con aluminio es alta (ZONIZIG, 1993).

Por su parte Usca (2012), señala que la castaña prospera en áreas de tierra firme no inmutables, se adapta a terrazas altas, con una altitud de 300-1200 msnm, 30 a 50 msnm y a terrazas medias no inundables 20 a 30 msnm. Se adapta a suelos oxisoles y ultisoles de tierra firmes, pero no mal drenados y libre de encharcamiento, de textura media a pesados, de naturaleza franco- arcilloso, franco-arcilloarenoso, con pH entre 4.5 y 6.0.

El suelo del área de estudio presenta un pH (potencial de hidrogeniones) ácido, con un contenido medio en materia orgánica y contenido nitrógeno total, muy bajo en fósforo y bajo de potasio; bajo en magnesio, calcio y sodio. En resumen de baja fertilidad por el contenido alto de aluminio intercambiable.

Comparando estos resultados con la bibliografía, es posible afirmar que la baja fertilidad del suelo ha influido para que el crecimiento de la especie principalmente en los primeros años de crecimiento en sitio definitivo, sin embargo, considerando que con el transcurrir del tiempo, el sistema radical profundiza en crecimiento, es decir extrae nutrientes de capas profundas del suelo, la influencia haya sido mínima.

### **5.3. Crecimiento**

Zuidema (2003), afirma que el crecimiento inicial del árbol de castaña 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, de 20 a 25 cm de DAP, el incremento en altura por centímetro de DAP es mayor, (cuesta empinada de la curva), 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 aun más pequeña. Este modelo de crecimiento probablemente es una ventaja para alcanzar el dosel del bosque tan rápido como sea posible.

También puede verse el desarrollo tardío de la corona del árbol de castaña, la relación entre el área de la corona y DAP, en el Departamento del Beni, Bolivia. El área de la corona aumenta rápidamente en árboles con DAP de más de 100 cm. Los árboles de este tamaño son todos emergentes; esto implica que no hay ninguna limitación espacial en cuanto al desarrollo de una corona grande. En el gráfico también se muestra que el crecimiento de la corona continúa para los árboles más grandes (árbol de castaña con DAP >150 cm).

La posición del árbol de castaña en el dosel del bosque, cuando se trata de bosques naturales se relaciona estrechamente al DAP del árbol. En estos datos se puede observar que los árboles que alcanzan el dosel tienen un DAP de entre 20 y 30 cm. La transición siguiente de dosel a emergente, tiene lugar para los árboles de entre 40 a 60 cm DAP. Estas relaciones son importantes tal como se ha demostrado previamente.

### **5.3.1. Crecimiento en altura**

Según Usca (2012), el valor más representativo en un estudio realizado en Madre de Dios (Perú), en la parcela "El Parureño" obtuvo una altura total de 22.79 m, y un índice medio de crecimiento en altura igual a 1,4 m/año. Sin embargo, presentó valores inferiores, presentando una alta variación en la capacidad de crecimiento en altura de los árboles, por lo tanto, existe un alto potencial en la parcela "El Parureño", ya que presentó una alta tasa de productividad en altura total en el presente estudio.

Los resultados de la presente investigación muestran que la altura total de las plantas varía de 282 a 630 cm, con un promedio 473,06 cm y una desviación típica de  $\pm 63,7$  cm, lo que significa una tasa de crecimiento anual de 0,59 m/año alcanzando un máximo de 0,79 m/año. Estos valores son muy inferiores a los obtenidos en la provincia Madre de Dios (Perú), esto puede deberse a las características del suelo que en el área de estudio es de baja fertilidad y el manejo inadecuado dado en el presente estudio, porque no se practicaron tratamientos silviculturales, como la eliminación de lianas, tampoco se practicaron aclareos en la vegetación circundante, etc.

No se encontró información bibliográfica sobre el crecimiento para la variable altura de fuste, por lo que no se hace mención en este acápite de la presente investigación.

### **5.3.2. Crecimiento en diámetro**

Zuidema (2003), después de haber realizado varios estudios, afirma que el crecimiento en el diámetro (DAP) de los árboles de castaña, 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. El modelo general que se observa en estos gráficos es que el crecimiento de DAP es bajo (generalmente menos de 0.5 cm por año) para los árboles pequeños y grandes, y mucho más alto para los árboles de tamaño intermedio. También, se muestra que la tasa máxima de crecimiento en una categoría es a menudo el doble de la tasa promedio. Esto implica que los árboles de castaña tienen un gran potencial en cuanto a la tasa de crecimiento.

El modelo de crecimiento de DAP más bajo para los árboles pequeños y grandes, y la alta tasa de crecimiento para árboles de tamaños intermedios puede describirse usando ecuaciones de crecimiento que son comúnmente utilizadas en investigación forestal. Se han desarrollado varias de esas ecuaciones para describir modelos de crecimiento del árbol (en diámetro o altura) respecto al tamaño del árbol o a la edad del árbol. Una de las ecuaciones fue usada para relacionar el crecimiento del DAP con los datos iniciales del DAP. El crecimiento típicamente más alto en árboles de tamaño intermedio se encuentra sobre todo en los datos colectados en Pando. La cresta es menos pronunciada para los datos de crecimiento de Beni. La razón para esta diferencia -qué fue encontrada estadísticamente significativa - no es conocida. Las diferencias en las condiciones de la tierra y otros factores abióticos pueden

jugar un papel importante. No obstante la estructura del bosque y composición de los dos sitios son comparables.

Aparte del tamaño (DAP) también la luz puede jugar un papel determinante en el crecimiento del diámetro. En el estudio realizado en Bolivia se encontró que la posición de la corona del árbol puede influenciar el crecimiento del DAP, para árboles con el mismo DAP. 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.

Comparado a otras especies de árboles, el árbol de castaña es una especie que crece rápidamente. 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 castaña alcanza a 0.34 cm por año. También la tasa máxima de crecimiento de esta especie (más de 2.5 cm por año) es alta comparado con el de otras especies tropicales. La mayoría de especies de árboles tropicales no alcanzan una tasa de crecimiento máximo de 2.0 cm por año.

En la presente investigación, Los resultados muestran que el diámetro altura pecho (DAP) de las plantas varía de 5,6 a 18,6 cm, con un promedio 11,9 cm y una desviación típica de  $\pm 2,58$  cm. Lo que representa un promedio de crecimiento anual en diámetro de 1,49 cm año y con un valor máximo de 2,32 cm/año, estos valores se aproximan a lo mencionado por Zuidema (2003).

Mientras que Usca (2012) en las evaluaciones realizadas en "El Parureño" alcanzó un diámetro de 31.30 cm y un IMAD de 1.9 cm. Lo que nos demuestra una alta variación en la capacidad de crecimiento de los árboles en las diferentes plantaciones.

#### **5.4. Calidad**

Chuquimia (2007), afirma que la calidad de las plantas en desarrollo puede ser afectada por diversos factores entre ellas plagas y enfermedades. La plaga de ocurrencia más común es la hormiga cortadora (*Atta sexdens*), que corta las hojas

y que puede ser controlada con cebos formícidas, distribuidas en el área. El coleóptero *Tribolium castanum* que ataca las castañas almacenadas, también ha sido registrada como plaga, siendo su ocurrencia, por ahora, rara. El control de este coleóptero puede ser efectuado fumigando la castaña con fosfina.

También indica que hasta el presente, la castaña es poco atacada por enfermedades. Solamente se tiene registrada la mancha parda de las hojas, cuyo agente etiológico es el hongo *Cercospora bertholletia* y el “tostado de los injertos”, causada por *Phytophthora heveae*, que ocasiona la muerte de los injertos, la primera puede ser controlada con fungicidas cúpricos (0,3%) o con Benomyl (0,1%) y la segunda por medio de pulverizaciones con Metalax más Mancozeb (0,1%).

En la presente investigación durante los ocho años de estudio se presentó una mortalidad del 6%, sin embargo este fenómeno tuvo lugar en los primeros dos años de crecimiento, según los registros de información existentes, y fueron causados

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, el análisis de los mismos y contrastadas con la bibliografía consultada, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- El área de estudio presenta las siguientes condiciones ecológicas: la temperatura media es de 26,5°C; la precipitación media anual de los ocho años fue de 2040 mm/año, sin embargo existe mucha variación entre años, siendo el menor registrado de 1407,1 mm y la máxima 3479,0 mm. Estas condiciones son favorables para el desarrollo de la Castaña.
- El suelo del área de estudio presenta un pH ácido, con un contenido medio en materia orgánica y contenido nitrógeno total, muy bajo en fósforo y bajo de potasio; bajo en magnesio, calcio y sodio; en resumen de baja fertilidad por el contenido alto de aluminio intercambiable; estas características han influido para que el bajo crecimiento de la especie principalmente en los primeros años de crecimiento en sitio definitivo.
- El crecimiento de las plantas de castaña, en el periodo de ocho años, la altura total de las plantas tuvo un promedio 473,06 cm, lo que significa una tasa de crecimiento anual de 0,59 m/año alcanzando un máximo de 0,79 m/año, considerado inferior a otros estudios realizados; mientras que el crecimiento en diámetro de las plantas varía de 5,6 a 18,6 cm, con un promedio 11,9 cm; lo que representa un promedio de crecimiento anual en diámetro de 1,49 cm año y con un valor máximo de 2,32 cm/año, estos valores se aproximan a otros estudios en la región.
- Respecto a la calidad, aproximadamente una de cada tres plantas tienen buena calidad, la mitad tienen la calidad regular y un 16% es de mala calidad; esta situación es atribuible al inadecuado manejo dado a las plantas en crecimiento, como la falta de prácticas silviculturales, que provocan la presencia de lianas y exceso de sombra; en los ocho años de estudio se presentó una mortalidad del 6%, sin embargo este fenómeno tuvo lugar en los primeros dos años de crecimiento.

## 7. RECOMENDACIONES

A partir de lo todo lo expuesto anteriormente, para posteriores estudios, es posible efectuar las siguientes recomendaciones:

- Considerando que la castaña constituye una de las principales actividades económicas para la región Amazónica de Bolivia y particularmente el Departamento Pando, se deben profundizar investigaciones a nivel experimental, sobre las técnicas o manejo silvicultural en la fase de crecimiento en sitio definitivo.
- Difundir los resultados del presente estudio entre las instituciones públicas privadas y ONGs relacionadas con el sector, así como a los involucrados en los diferentes eslabones de la cadena es decir en el manejo de castaños recolectores, transportistas, beneficiadores y comercializadores.
- Al personal técnico de las instituciones que tienen por misión la asistencia técnica a los pobladores del área rural, se recomienda considerar los resultados de la presente investigación y sugerir a los castañeros empleen de manera experimental las recomendaciones y luego hagan una evaluación con el fin de mejorar y/o retroalimentar.
- Los responsables del Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonia (CINTA) deben concentrar mayor atención al manejo de esta plantación, toda vez que es el único referente en el departamento Pando y en la región.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alverson, W.S., D.K. Moskovits, y/and J.M. Shopland (eds). 2000. Bolivia; Pando, Río Tahuamanu. Rapid Biological Inventories Report 1. Chicago, Illinois: (The Field Museum). Pg. (14)
- Baider, C. (2001). Demografía e Ecología de Dispersão de Frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em Castanhais Silvestres da Amazônia Oriental. PhD Thesis University of Sao Paulo, Brazil.
- BOLFOR (1999). Informe sobre el Problema de Aflatoxinas de la Castaña (*Bertholletia excelsa*) en Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz – Bolivia.
- Chuquimia, R. P. (2012). Estudio de la distribución geográfica de la castaña (*Bertholletia excelsa*) en el municipio de El Sena de la provincia Madre de Dios, Pando. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz.
- Corvera, R. (2007). Caracterización del Añuje (*Dasyprocta fuliginosa*) en la amazonia peruana. Madre de Dios, Perú.
- Fernandez, N.P., y J.C. Alencar. (1993). Desenvolvimento de arvores nativas em ensaios de especies 4. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) H.B.K.), dez anos apos o plantio. Acta Amazonica 23:191-198.
- Guerrero M. R. (2008). Técnicas silviculturales para el enriquecimiento de Áreas de aprovechamiento forestal. Caso de la castaña *Bertholletia exelsa*. Datos no Publicados
- INSTITUTO BOLIVIANO DE COMERCIO EXTERIOR (IBCE) 2010. Perfil de Mercado Castaña. En línea. <http://www.ibce.org.bo/documentos/castana.pdf>
- Kainer, K.A., M. Matos Malavasi, M.L. Duryea, and A. Rodrigues da Silva. 1999. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbition and germination. Seed Science and Technology 27:731-745.

- Leigue Gómez, J.W., y R.G.A. Boot. (2002). En prensa. Dinámica reproductiva de árboles de castaña (*Bertholletia excelsa*) en un bosque alto tropical de tierra firme, de la Provincia Vaca Díez del departamento del Beni.
- Mori, S.A. (1992). The Brazil nut industry - past, present and future. Pages 241-251 in M. Plotkin, and L. Farmocare, editors. Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island Press, Washington. ([www.nybg.org/bsci/braznut](http://www.nybg.org/bsci/braznut))
- Mori, S.A., y G.T. Prance. 1990. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). Advances in Economic Botany 8:130-150.
- Moritz, A. (1984). Estudios biológicos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). EMRRAPA/CPATU Documentos 29:1-82.
- Muller, C.H. (1981). Castanha-do-Brasil: estudos agronomicos. EMRRAPA/CPATU Documentos 1:1-25.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853–858 Pimm SL, et al. 2001
- Nelson, B.W., M.L. Absy, E.M. Barbosa, y G.T. Prance. (1985). Observation on flower visitors to *Bertholletia excelsa* H.B.K and *Couratari tenuicarpa* A.C. Sm. (Lecythidaceae). Acta Amazónica 15:225-234.
- Ortiz, E. (2002). Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*). En: A. Guillen, S.A. Laird, P. Shanley and A.R. Pierce (eds.). Tapping the green market: certification and management of non-timber forest products. Earthscan.
- Peres, C.A., y C. Baider (1997). Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. Journal of Tropical Ecology 13:595-616.
- Stoian, D. (2003). "Making the best of two worlds: rural and peri-urban livelihood options sustained by non-timber forest products from the Bolivian Amazon". Trabajo presentado en The International Conference on Rural Livelihoods, Forests and Biodiversity. Bonn, Germany.

- Usca, M. Z. (2007). Evaluación del crecimiento de *Bertholletia excelsa* H.B.K, en dos Plantaciones Agroforestales en el Tramo III de la vía Interoceánica Sur - Tambopata, Madre de Dios.
- Viana, V.M., R.A. Mello, L.M. Moraes, y N.T. Mendes. 1998. Ecología e manejo de poblaciones de castanha-do-Pará em reservas extrativistas Xapuri, Estado do Acre. Pages 277-292 in C. Gascon, and P. Mountinho, editors. Floresta Amazónica: dinámica, regeneração e manejo. INPA, Manaus.
- Zuidema, P. A. (2003). Ecología y manejo del árbol de castaña *Bertholletia excelsa*. Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana.
- Zuidema, P.A. y R. G. A. Boot. 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 18:1-31.