

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE
LA AMAZONÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
ACUÍCOLA**



TESIS

**Relación entre el diámetro de copa y del fuste de
Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke, en la
zona de Atalaya, Región Ucayali**

Bachiller: Josué Caleb Angulo Urquia

Asesor : Ing. M. Sc. Octavio Francisco Javier Galván Gildemeister

Co Asesor : Ing. M. Sc. Ymber Flores Bendezú

YARINACocha – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y una segunda oportunidad de seguir adelante con mis sueños dándome fuerzas y trazando mi camino.

A mis padres Armando e Isabel por darme este valioso regalo y la oportunidad de poder desenvolverme en la sociedad.

A mi hermosa familia, Daniela y Viankita

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la UNIA, por plantear la idea inicial de este estudio por medio del proyecto Tratamientos silviculturales para mejorar el crecimiento y reclutamiento de tres especies forestales maderables.

A el consorcio Forestal Amazónico por el apoyo brindado para que efectúe el trabajo de campo y facilitarme las instalaciones y el uso de los equipos para la ejecución de mi investigación.

A Octavio Galván, consejero y amigo; por la notable dirección de este estudio, su confianza depositada en mí y por sus atinados comentarios y sugerencias, y darme la oportunidad de realizar una investigación sobre silvicultura de bosques húmedos tropicales.

A mi madre Isabel Urquia Díaz, a mi padre Ángel Armando Angulo Reátegui y a toda mi familia por apoyarme incondicionalmente en todos mis propósitos

A todos mis profesores, compañeros de la Carrera profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola, porque siempre estuvieron ahí para despejar alguna duda con beneplácito y compartir sus experiencias y amistad.

A Nuestro Señor, porque permitió que tenga la oportunidad de continuar con mi proyecto de vida y a quien ruego que me permita mantener el respeto por ella.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1. Descripción de la situación problemática	01
1.2. Formulación del problema	02
1.2.1. Problema general	02
1.2.2. Problemas específicos	02
1.3. Objetivos	03
1.3.1. Objetivo general	03
1.3.2. Objetivos específicos	03
1.4. Justificación	03
1.5. Limitaciones de la investigación	04
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación	05
2.2. Bases teóricas	06
2.2.1. Características de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke)Ducke	06
2.2.1.1. Taxonomía	06
2.2.1.2. Distribución geográfica	06
2.2.1.3. Condiciones de crecimiento	07
2.2.1.3.1. Clima	07
2.2.1.3.2. Suelo	07
2.2.1.3.3. Fisiografía	07
2.2.1.3.4. Altitud	07
2.2.1.3.5. Tipo de bosque	07
2.2.1.4. Fenología	08
2.2.1.5. Crecimiento	08
2.2.1.6. Usos	09
2.2.2. Características dendrométricas de los árboles	09
2.2.2.1. Diámetro de fuste	09
2.2.2.2. Diámetro de copa	09
2.2.2.3. Importancia de la copa	09
2.2.2.4. Medición de la copa	
2.2.2.3. Área de proyección de copa (APC)	10
2.2.2.4. Área de superficie de copa	11
2.2.2.5. La razón K/d	11
2.2.3. El rodal	12
2.2.3.1. Concepto	12

2.2.3.2.	Dinámica del rodal	12
2.2.3.3.	Densidad del rodal	13
2.2.3.3.1.	Concepto	13
2.2.3.3.2.	Determinación de la densidad del rodal	14
2.2.4.	Tratamientos silviculturales	15
2.2.4.1.	Liberación	15
2.2.4.2.	Raleo	16
2.3.	Definición de términos básicos	16
2.4.	Hipótesis de la investigación	17
2.5.	Variables	17
2.5.1.	Variables independientes	17
2.5.1.1.	Diámetro del fuste a la altura del pecho (dap)	17
2.5.2.	Variables dependientes	17
2.5.2.1.	Diámetro de copa	17

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	18
3.1.	Tipo y nivel de investigación	18
3.1.1.	Tipo de investigación	18
3.1.2.	Nivel de investigación	18
3.2.	Método de la investigación	18
3.2.1.	Ubicación y descripción del área de estudio	18
3.2.1.1.	Ubicación política	18
3.2.1.2.	Ubicación geográfica	18
3.2.1.3.	Accesibilidad	19
3.2.1.4.	Clima	19
3.2.1.5.	Fisiografía	19
3.2.1.6.	Comunidad arbórea	19
3.2.2.	Materiales	20
3.2.3.	Procedimientos	20
3.2.3.1.	Fase de campo	20
3.2.3.1.1.	Tamaño de la muestra	20
3.2.3.1.2.	Medición del diámetro del fuste (dap)	20
3.2.3.1.3.	Medición del diámetro de copa	21
3.2.3.1.4.	Iluminación de la copa	21
3.2.3.2.	Fase de gabinete	22
3.2.3.2.1.	Depuración de la base de datos	22
3.2.3.2.2.	Calculo del diámetro promedio de copa	22
3.2.3.2.3.	Calculo de la relación diámetro de copa-diámetro de fuste	22
3.3.	Diseño de la investigación	24
3.3.1.	Diseño experimental	24
3.3.2.	Tratamiento	24
3.3.3.	Material experimental	24
3.3.4.	Unidad experimental	24
3.4.	Población y muestra	24
3.4.1.	Población	24

3.4.2.	Muestra	25
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.6.	Tratamiento estadístico	26

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	Tipo e intensidad de la relación entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.	30
4.2.	Relación funcional entre el diámetro de copa y el fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.	31
4.2.1.	Verificación de los supuestos	31
4.2.2.	Análisis de regresión	34
4.3.	Valor de la relación diámetro de copa - diámetro de fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.	35
5.	CONCLUSIONES	40
6.	SUGERENCIAS	40
7.	BIBLIOGRAFÍA	41
8.	ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tipos de bosque en la concesión del Consorcio Forestal Amazónico.	19
Cuadro 2. Promedios de las especies más abundantes en el bosque del Consortio Forestal Amazónico.	20
Cuadro 3. Calculo de la relación K/d.	24
Cuadro4. Valores extremos de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra (n=80)	38
Cuadro 5. Estadísticos de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para todos los árboles de la muestra (n = 80)	38
Cuadro 6. Estadísticos de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para los árboles con valores superiores a la media de la muestra (n = 43).	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Medición del diámetro de fuste	21
Figura 2. Medición del diámetro de copa	22
Figura 3. Iluminación de copa de los arboles 1 y2 (Dawkins 1958)	23
Figura 4. Relación de los diámetros de fuste (dap) y de los diámetros medio de copa para arboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke con copas bien iluminadas	30
Figura 5. Gráfico de dispersión simple del diámetro medio de copa con relación al diámetro de fuste (dap)	32
Figura 6. Gráfico de los residuos, respecto de los valores predichos pronosticados, de la variable dependiente diámetro medio de copa.	32
Figura 7. Histograma de residuos de la variable dependiente diámetro medio de copa.	33
Figura 8. Gráfico de normalidad de los residuos de la variable dependiente diámetro medio de copa.	33
Figura 9. Gráfico de dispersión de valores con la recta de regresión lineal simple, para árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke con copas bien iluminadas.	34
Figura 10. Gráfico Q-Q normal de residuo estandarizado de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra (n=80)	35
Figura 11. Histograma de frecuencias de la relación diámetro medio de	

copa-diámetro de fuste para toda la muestra ($n=80$). 36

Figura 12. Gráfico de caja y sesgo (mediana y cuartiles) de la relación
diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra
($n=80$) 37

Figura 13. Gráfico de caja y sesgo (mediana y cuartiles) de la relación
diámetro medio de copa-diámetro de fuste para los árboles
con valores superiores a la media de la muestra ($n = 43$) 39

INTRODUCCIÓN

En la Amazonia Peruana existen dos problemas medioambientales importantes: la deforestación de los bosques primarios y residuales amazónicos, por efecto de la agricultura y ganadería de subsistencia y la extracción no sostenible, legal e ilegal, de árboles de algunas especies comerciales produciendo la disminución de las poblaciones naturales. El manejo forestal sostenible con fines maderables; es una estrategia para conservar parte de la biodiversidad de los bosques húmedos tropicales, inclusive en los bosques de producción de madera, pero, dado que estos bosques tienen una baja productividad se requiere la aplicación de tratamientos silviculturales para aumentar la productividad para lo cual es necesario contar con ciertas relaciones dendrométricas, una de las cuales, quizás la más importante sea la relación entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste (Galván 2003).

Particularmente, en *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, no se realizó investigación sobre la relación entre el diámetro de copa y del fuste; información que es necesaria para proponer los distanciamientos de los árboles (o sea, la densidad del rodal) en bosques naturales manejados y en plantaciones, para determinar esa relación se plantearon las siguientes interrogantes ¿Cuál es la naturaleza (tipo e intensidad), y cuál es la relación funcional de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke? Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Identificar la naturaleza (tipo e intensidad) de la relación entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali?
- Determinar la relación funcional entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali?

Esta información, aunque proviene de bosques naturales, facilitara la aplicación de tratamientos silviculturales tanto en bosques naturales manejados como en plantaciones para mejorar la productividad de madera de esta especie.

RESUMEN

En el Perú y principalmente en la amazonia es limitada la información sobre los distanciamientos iniciales, intermedios y finales de las diferentes especies maderables con potencial para plantaciones industriales o de subsistencia. Este desconocimiento puede ocasionar que las plantaciones no se maximicen y la productividad y el crecimiento por unidad de superficie, por ello esta investigación tuvo como objetivo determinar la relación diámetro de copa con el diámetro de fuste para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, especie de mucho valor comercial. El estudio se realizó en la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico ubicada en el Distrito de Raimondi, Provincia Atalaya, Región Ucayali. Para ello se midió el diámetro de la proyección de copa en cuatro direcciones con ángulos de 45° de separación, y el diámetro de fuste a la altura del pecho (DAP) de árboles con DAP mayores a 10 cm. Se distribuyeron los árboles por clase diamétrica fungiendo de tratamientos y se realizó una prueba paramétrica de análisis de varianza, con diseño completamente al azar y una prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis, confirmándose que los diámetros de fuste y de copa no varía por clase diamétrica. Utilizando el análisis de correlación lineal simple se determinó el tipo de correlación entre el diámetro de fuste y de copa, confirmándose que es directa (ρ es positivo) y de intensidad fuerte (ρ se aproxima a la unidad). Asimismo el diámetro de fuste y el diámetro medio de copa están linealmente correlacionados (p valor = 0.0000, correspondiente a una variable t igual a 17.8787. La relación funcional hallada fue: **Diámetro medio de copa = $0.376 + 0.152X$** por lo tanto la relación diámetro medio de copa y del fuste (dap) de *Cedrelinga cateniformis* es 19. Siendo esta relación directamente proporcional y de distribución lineal para *Cedrelinga cateniformis* en la zona de Atalaya, región Ucayali.

Palabras Claves: Tornillo, *Cedrelinga cateniformis*, Relación diámetro de copa, Área de proyección de copa, Regresión, Correlación.

ABSTRACT

In Peru, mainly in the Amazon is limited information on the initial, intermediate and final of the different timber species with potential for industrial or subsistence plantations distancing. This ignorance can cause plantations and not maximize productivity and growth per unit area, so this research was to determine the crown diameter relative to the diameter of the shaft to *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, kind of far commercial value. The study was conducted in the forest concession for timber from the Amazon Forest Consortium located in the District of Raimondi, Atalaya province, Ucayali region. For this, the diameter of the crown projection in four directions at angles of 45 ° apart, and the diameter of the stem at breast height (dap) of trees with DBH greater than 10 cm were measured. Trees were distributed by diameter class fungiendo of treatments and a parametric test of analysis of variance was performed with completely randomized design and a nonparametric Kruskal - Wallis, confirming that the diameters of shaft and cup does not vary by diameter class . Using simple linear correlation analysis the type of correlation between the diameter of shaft and cup determined, confirming that is direct (ρ is positive) and high intensity (ρ approaches the unit). Also the stem diameter and the average diameter of the glass are linearly correlated (p value = 0.0000, corresponding to a variable t equals 17.8787 The functional relationship was found. Average diameter cup = $0.376 + 0.152X$ therefore the diameter ratio cup means and the shaft (dap) of *Cedrelinga cateniformis* is 19. Since this is directly proportional and linear relationship to *Cedrelinga cateniformis* distribution in the area of Atalaya, Ucayali region.

Keywords: *Bolt, Cedrelinga cateniformis, Relationship crown diameter, crown projection area, Regression, Correlation.*

CAPÍTULO I

1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problemática

El Perú es un país forestalmente privilegiado, FAO(2005) estimó la superficie forestal de la región selva en más de 73 millones de hectáreas, posteriormente, INRENA (2010) reportó en 69 millones de hectáreas de bosques amazónicos, de las cuales 24 millones se consideran como zona forestal permanente y donde se encuentran áreas de muy alta diversidad biológica,. Las superficies anteriores convierten al Perú en el noveno país con mayor superficie forestal a nivel mundial y el segundo en Sudamérica, después de Brasil (Vargas *et. al*, 2014).

En la Amazonia Peruana existen dos problemas medioambientales preocupantes: la deforestación de los bosques primarios y residuales amazónicos, por efecto de la agricultura y ganadería de subsistencia y la extracción no sostenible, legal e ilegal, de árboles de algunas especies comerciales produciendo la disminución de las poblaciones naturales; esta disminución de poblaciones, y la consiguiente extinción local de la(s) especie(s) correspondiente(s), es una de las causas del desabastecimiento de materia prima a las industrias madereras y del aumento de los costos de extracción. Situación que permite proponer la silvicultura de los bosques naturales y el establecimiento de plantaciones, como un mecanismo para la creación de una producción forestal sustentable. No obstante, el establecimiento de plantaciones para especies maderables como *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, requiere de bases científicas y técnicas, que en el Perú, hasta la actualidad son limitadas.

Se desconoce cómo es la relación entre diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, especie con gran potencial para el manejo de la regeneración natural en bosques naturales y plantaciones

industriales. Este desconocimiento no permite usar distanciamientos adecuados, para optimizar el crecimiento y la productividad de los árboles.

Particularmente, con *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, no existe investigación sobre la relación entre el diámetro de copa y del fuste; información necesaria para proponer los distanciamientos de los árboles (o sea, la densidad del rodal) en bosques naturales manejados y en plantaciones, con lo cual se puede identificar la máxima cantidad de espacio disponible que puede utilizar un árbol y el espacio mínimo necesario para que el árbol pueda mantener su sitio dentro de un rodal.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la relación entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cuál es la naturaleza (tipo e intensidad) de la relación entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali?
- ¿Cuál es la relación funcional entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali?

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar la naturaleza (tipo e intensidad) de la relación entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali
- Determinar la relación funcional entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali

1.4 Justificación

El manejo forestal sostenible con fines maderables, es una estrategia para conservar parte de la biodiversidad de los bosques húmedos tropicales; inclusive en los bosques de producción de madera, pero, dado que estos bosques tienen una baja productividad se requiere la aplicación de tratamientos silviculturales para aumentar la productividad para lo cual es necesario contar con ciertas relaciones dendrométricas, una de las cuales, quizás la más importante sea la relación entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste (Galván 2003).

La densidad del bosque es el segundo factor en importancia, después de la calidad de sitio, para la determinación de la productividad de un sitio forestal; pero, también la densidad del bosque es el principal factor que el silvicultor puede manejar durante su desarrollo. A través de la ordenación o el manejo de la densidad, el técnico es capaz de influir sobre el establecimiento de las especies durante el periodo de regeneración, modificar la calidad de los troncos, la tasa de crecimiento en diámetro e incluso la producción en volumen durante ese periodo de establecimiento (Daniel *et al.* 1982).

El estudio determinará la relación entre el diámetro de copa y del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, dado que no está documentada. Esta información, aunque proviene de bosques naturales, facilitará la aplicación de tratamientos silviculturales tanto en bosques naturales manejados como en plantaciones para mejorar la productividad de madera.

Los objetivos planteados para esta investigación se alcanzaron mediante una serie de mediciones del fuste y de la copa, con la finalidad de determinar el mínimo y el máximo espacio que necesita la especie para sostener su sitio en el bosque.

Este estudio ofrecerá valiosa información acerca de los distanciamientos iniciales y finales de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, que es una especie forestal altamente comercial en la Región Ucayali. Pero, la similitud de condiciones biofísicas permitirá que estas técnicas se puedan aplicar en los bosques de otras regiones. Asimismo, el método para determinar la relación diámetro de copa y diámetro de fuste para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, se podrá aplicar para otras especies; con lo cual se desea mejorar aún más la productividad maderera de los bosques amazónicos.

Los beneficiarios serán todos los productores forestales (concesionarios forestales, comunidades nativas, propietarios de bosques naturales y/o plantaciones) que desean aplicar tratamientos silviculturales para garantizar el rendimiento sostenido de madera de sus bosques.

1.5. Limitaciones de la investigación

Existieron ciertas limitaciones con respecto a la distribución geográfica de la especie en cuestión, ya que se necesitaba árboles que tengan plena iluminación, lo cual dificultó su búsqueda. También existieron limitaciones respecto a la bibliografía existente acerca de este trabajo realizado en especies tropicales, limitándose a especies de clima templado donde este estudio se realiza con más frecuencia.

CAPÍTULO II

2.- MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Para especies forestales del bosque húmedo tropical, Dawkins (1963) reporta una relación entre el diámetro de copa–diámetro de fuste de 20 a 1, el mismo que coincide con la diámetro de copa – diámetro de fuste de 20 a 1, para 15 especies de un bosque tropical en Puerto Rico, hallado por wadsworth (2000) y también con los valores hallados por Lamprecht (1990).

Bell (1971) citado por Wadsworth (2000), reporta una relación diámetro de copa–diámetro de fuste para *Sterculia* de 17 a 1, para *Dacryodes* 19 a 1 y para las lauráceas de 20 a 1.

Recientemente, Hemeryet *al.* (2005), encontraron que en Gran Bretaña las especies forestales tienen mayores relaciones diámetro de copa-diámetro de fuste (dap) cuando son jóvenes, pero la proporción se reduce a medida que aumenta el diámetro del fuste, comenzando a estabilizarse en torno a 30 cm de dap.

Bell (1971) citado por Wadsworth (2000), también reporta que en Trinidad se han usado las relaciones diámetro de copa-diámetro de fuste (dap) de árboles para determinar el espaciamiento y el área basal máxima según la exposición de copa.

Existen estudios de la relación funcional diámetro de copa–diámetro de fuste para *Swietenia macrophylla*, de manera que Dawkins (1963), Wright (1968) y Samarasinghe *et al.* (1995) citados por Mayhew y Newton (1998) reportan regresiones entre ambas variables.

Mayhew y Newton (1998), mencionan que las relaciones funcionales de *Swietenia macrophylla*, descritas por Wright (1968) y Samarasinghe *et al.* (1995), sirvieron para predecir densidades y áreas basales por hectárea y guías de raleo. Posteriormente, en el sureste de México (Península del Yucatán) García *et al.* (1996) usaron esta relación para elaborar guías de densidad para manejo de plantaciones de *Swietenia macrophylla*.

García *et al.* (1996), también mencionan que la relación diámetro de copa–diámetro de fuste fue empleada por Becerra (1986), Zepeda y Villarreal (1987) y Balderas y Rodríguez (1989) para elaborar guías de densidad de rodales naturales de *Pinus patula*, *Pinus hartwegii* y *Pinus montezumae*; respectivamente.

Cámara y Snook (2005), realizaron mediciones y cálculos de áreas de copa en *Swietenia macrophylla*, y encontraron que existe relación entre el diámetro de copa y del fuste con respecto al crecimiento y desarrollo del árbol, en los bosques tropicales del sureste de México (Península del Yucatán).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Características de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

2.2.1.1. Taxonomía

Familia: Mimosaceae

Género: *Cedrelinga*

Especie: *cateniformis* (Ducke) Ducke

2.2.1.2. Distribución geográfica

De acuerdo a los reportes bibliográficos *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke se encuentra distribuida naturalmente en la Amazonía peruana, brasileña, colombiana (Maruyama y López citado por Vidaurre 1997), ecuatoriana (Boese citado por Vidaurre 1997) y en Surinam (Aus der Beek y Marmillod citado por Vidaurre 1997).

2.2.1.3. Condiciones de crecimiento

2.2.1.3.1. Clima

Se distribuye a temperaturas que varían desde los 15° hasta los 38°C y precipitaciones entre 2 500 a 3 800 mm anuales (Vidaurre 1997).

2.2.1.3.2. Suelo

Habita naturalmente en lugares húmedos y hasta pantanosos, con presencia de humus, en los bosques altos de tierra firme prefiere las nacientes y cursos superiores de los ríos en suelos arcillosos (Freitas *et al.*, citado por Vidaurre 1997). (Aróstegui y Díaz, citado por Vidaurre 1997), menciona que en los bosques de Jenaro Herrera se encuentran en suelos Ultisoles.

2.2.1.3.3. Fisiografía

En Jenaro Herrera, los árboles semilleros ocupan los bosques de terraza alta no inundable con topografía ondulada (Aróstegui y Díaz, citados por Vidaurre 1997). En el Perú *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, se encuentra en bosques aluviales y de colina (Campos 2009).

2.2.1.3.4. Altitud

Se distribuye en un rango altitudinal que va desde los 120 hasta los 800 msnm (Vidaurre 1997).

2.2.1.3.5. Tipo de bosque

Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke se encuentra en la zona transicional entre bosque muy húmedo - pre montano tropical a bosque húmedo tropical (Vidaurre 1997).

2.2.1.4. Fenología

Para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, la floración ocurre entre agosto y diciembre, siendo más frecuente en octubre, a principios de la

época lluviosa. Los frutos son lomentos largos e indehiscentes que maduran en 2-3 meses. La caída de los frutos tiene lugar entre enero y abril, pero es más frecuente en febrero, durante la época lluviosa. (Flores 1997).

En la Amazonia sur del Perú, se ha observado que la producción de semilla no siempre es anual. Existen años en que algunos árboles, en ciertas localidades no producen frutos, en otros años no ha sido posible encontrar semillas en esta región (Vidaurre 1997).

2.2.1.5. Crecimiento.

En Jenaro Herrera, se reportan diámetros promedios de 14 cm y 22 cm y alturas totales promedios de 17 m y 20 m en plantaciones con edades de 9 y 15 años, respectivamente, con fuste de calidad aceptable, a 3x3 m de espaciamiento; en un sitio con 2960 mm de precipitación total anual, a 140 msnm, en suelos franco-arenosos a franco arcillosos de terrazas altas, mayormente planos, que habían sido desboscados para agricultura unos 10 años antes de la instalación de la plantación (Claussi *et al.* 1992).

Flores (2004), menciona que en el ex bosque Nacional Alexander Von Humboldt, los resultados obtenidos a 20 años de edad muestran el gran potencial (en crecimiento y productividad) de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke tanto en fajas de enriquecimiento como en plantaciones puras. Con esta especie se obtuvo, en plantaciones puras, un diámetro promedio de 35.8 cm, una altura total promedio de 26.42 m, un área basal de 30.35 m²/Ha y un volumen promedio de 380.2 m³/ha. Además, esta especie muestra excelentes resultados en sanidad, calidad de fuste, forma y posición de copa.

2.2.1.6. Usos

La madera es muy aceptada y recomendada para ser usada en estructuras, carpintería, construcciones navales (maderamen) y

costillas, carrocerías, muebles, ebanistería, puntales y juguetería (Aróstegui *et al.*, citado por Vidaurre 1997).

2.2.2. Características dendrométricas de los árboles

2.2.2.1. Diámetro del fuste

El diámetro del árbol se mide con la corteza, a una altura de 1.3 m, sobre el terreno. La medición puede realizarse con la ayuda de una cinta diamétrica (cinta cuya unidad diamétrica está en centímetros) o con el uso de una forcípula. A fin de evitar una estimación excesiva del volumen y compensar los errores de medición, se mide el diámetro en centímetros (Cailliez 1980).

2.2.2.2. Diámetro de la copa

Constituye una interesante característica dendrométrica, en la cuantificación de los efectos de los tratamientos silvícolas respecto al desarrollo de la copa, en cuanto más espacio dispone; y en la utilización de fotografía aérea con fines de inventario, de cubicación o análisis de vegetación. El cual es medido considerando la proyección de la copa (Rondeux 2010).

El diámetro de la copa refleja la dimensión del aparato fotosintético del árbol que está directamente relacionado con su capacidad de crecimiento (Durlo y Durlo., citado por Arias 2005).

2.2.2.2.1. Importancia de la copa

La copa del árbol es el órgano que sostiene el tejido fotosintético, absorbiendo y utilizando la energía radiante en el proceso diario de vida. La copa es uno de los componentes del árbol que influyen sobre la producción primaria, porque sus dimensiones reflejan el vigor del individuo, de modo que las copas densas y altas están asociadas con un crecimiento vigoroso; en cambio, las copas con poco desarrollo y poco densas reflejan condiciones desfavorables de crecimiento debido

a la competencia, estrés por humedad o a la influencia de la defoliación por insectos, y enfermedades de las hojas, entre otros (Schomaker *et al.*, citado por Rodríguez *et al.* 2008).

2.2.2.2.2. Medición de la copa

Varios investigadores mencionan la importancia de conocer las características de la copa de los árboles y con ellas predecir la respuesta en crecimiento de los árboles (Doruska y Burkhardt, y Brunner, citados por Rodríguez *et al.* 2008); existen evidencias de que la cantidad de luz que intercepta la copa determina en gran medida el crecimiento del árbol (Aiba y Kohyama, Sterk, y Tanget *al.*, citados por Rodríguez *et al.* 2008).

De hecho, la razón de crecimiento se encuentra altamente correlacionado con la mayoría de los parámetros de tamaño del árbol, por ejemplo con el diámetro y altura de fuste, tamaño de la copa, volumen del fuste, etc. (Corvalán y Hernández 2006).

Otros valores referidos a la dimensión de la copa dependen del tamaño de los árboles, de la densidad del rodal y las prácticas de manejo, como las podas y los raleos (Arias 2005).

2.2.2.3. Área de proyección de copa (APC)

Es el área establecida o formada por la proyección de la forma de la copa sobre el suelo y es calculada mediante figuras geométricas o utilizando diámetros promedios, con el cual se obtendrán medias aritméticas (Cámara y Snook 2005).

2.2.2.4. Área de superficie de copa

Usualmente la copa ha sido modelada como un cono cuya área de superficie está dada por la fórmula (Corvalán y Hernández 2006).

$$A_c = \frac{\pi \cdot d_b \cdot L}{2}$$

Dónde:

A_c = área de la superficie de la copa, m²

d_b = diámetro de la base de la copa, m

L = largo del margen de la copa, m

2.2.2.5. La razón K/d

La razón K/d, es la relación morfométrica arbórea entre el diámetro de copa (K) y el diámetro del fuste (d). Para cada especie, el diámetro de copa y el diámetro de fuste (dap) están fuertemente correlacionados, de manera que una variable puede ser predicha a partir de la otra, de manera relativamente precisa (Daniel *et. ál.* 1982).

Kemp y Lowe (1973) y Lowe (1966) citados por Wadsworth (2000) encontraron una fuerte correlación entre el diámetro de copa y del tronco en los árboles de un bosque húmedo tropical en Nigeria.

En cuanto a su utilidad, Corvalán y Hernández (2006), mencionan que la relación K/d (para cualquier especie, sitio o edad) es un importante parámetro que refleja muchas características de la especie y Stampfer citado por Arias (2005) señala que la razón k/d se ha utilizado para deducir el número máximo de individuos que podrían ocupar una hectárea. Bell (1971) citado por Wadsworth (2000) reporta que en Trinidad se han usado las relaciones diámetro de copa-diámetro de fuste (dap) de árboles para determinar el espaciamiento y el área basal máxima según la exposición de copa.

Para una productividad alta se necesitan árboles con una baja relación Diámetro de copa-diámetro de fuste (Wadsworth 1997).

Sin embargo, la relación K/d, aunque es bien conocida e importante, ha sido relativamente poco estudiada (Hemery *et al.* 2005). Para los bosques del neotrópico, Wadsworth (2000) considera que es urgente estudiar la relación entre el tamaño de copa con el dap para crear índices de predicción del crecimiento de las especies forestales.

2.2.3 El rodal

2.2.3.1. Concepto

Son las unidades de ordenación y manejo que en un conjunto integran un bosque y puede definirse como una unidad razonablemente homogénea que se puede diferenciar con claridad de los rodales circundantes por su edad, composición, estructura calidad de terreno en que se asienta la geografía del mismo (Daniel *et al.* 1982).

Corresponde a la vegetación contenida en una superficie dada de terreno, definida en función de la prescripción silvícola a efectuar (poda, raleo, etc.) y de la homogeneidad de factores tales como composición de especies, estructura, exposición, pendiente, sanidad u otros (Gajardo 2005).

2.2.3.2. Dinámica del rodal

Galloway (2004) argumenta que la dinámica de rodales refiere a la disciplina que se dedica al estudio de los procesos y cambios que suceden en un rodal durante su desarrollo, que es importante para predecir el efecto de los tratamientos silviculturales.

La dinámica de los rodales se basa en los principios ecológicos que han contribuido a la naturaleza del rodal, como la sucesión, la competencia y la tolerancia; factores que influyen directamente sobre el crecimiento de un rodal establecido (Daniel *et al.* 1982).

2.2.3.3. Densidad del rodal

2.2.3.3.1. Concepto

Antes de establecer los principios de la cuantificación de la densidad de los rodales es necesario aclarar dos términos muy utilizados en este contexto: población y densidad. Se define población como un indicio más o menos subjetivo del número de árboles, comparado con el número de ellos que produce los mejores resultados; se define *densidad* como “la medida cuantitativa de la población de los arboles expresada, sea relativamente, como un coeficiente que toma números normales, área basal o volumen como unidad, o absolutamente en términos de número de árboles, del área basal total o del volumen por unidad de área (Ford-Robinson, citado por Daniel *et al.* 1982).

Dawkins (1961,1963), menciona que la densidad del bosque determina el crecimiento de los árboles tropicales y sostiene que los árboles requieren de espacio suficiente e iluminación directa para tener un crecimiento rápido. Además, que los árboles del bosque húmedo tropical no toleran más de 18 a 23 m² ha⁻¹ sin sobre posición de copas. En tanto Foli *et al.* (2003) consideran que árboles de 60 cm de DAP requerirían de 90 m² (diámetro de copa aproximado de 10 m) de espacio de crecimiento, para una densidad de 107 árboles por ha. Esto es coherente con la relación diámetro de copa–diámetro de fuste de 20 a 1, encontrada para varias especies tropicales (Dawkins 1963). Morataya y Galloway (1998), encontraron en plantaciones de *Tectona grandis* y *Melina arbórea*, que la excesiva competencia produce árboles con poco follaje, manteniendo constante la producción de albura y reduciendo el crecimiento en diámetro.

Por lo tanto, a medida que el área basal del rodal aumenta, el crecimiento diamétrico de los árboles disminuye (Wadsworth 2000).

2.2.3.3.2. Determinación de la densidad del rodal

Al elaborar prescripciones silvícolas, es fundamentalmente importante ser capaz de determinar la densidad del rodal. Estas mediciones son en realidad una forma de describir el desarrollo biológico de los rodales.

Es importante remarcar el hecho de que la densidad del rodal no es una medida directa del volumen, sino que la determinación de la densidad requiere información adicional acerca del rodal antes de que pueda hacerse una estimación del volumen.

En vista de que la evaluación precisa de la densidad es tan importante, los expertos en cuantificación han propuesto varios métodos para conseguirlo; así, pues, los métodos de cuantificación son muchos; sin embargo, todavía no se ha llegado a un acuerdo en lo relativo a cuál es la forma más confiable para describirla. Los métodos más utilizados son:

- Tabla de rendimiento de Bruce, que estima la densidad a partir del número de árboles o el volumen en pies cúbicos;
- El índice de densidad de Reineke, que permite medir el rango total de densidades de los rodales, el cual no depende del conocimiento que se tenga acerca de la calidad de sitio, la edad o la especie;
- El método de porcentaje de altura, que no depende de los conocimientos acerca de la calidad de sitio o de la especie. Este porcentaje se debe aplicar solo a la altura de los árboles que tengan un diámetro promedio determinado, de modo que se mantenga una densidad fija en el rodal;
- El método de competencia de copas, el cual se basa en un principio biológico recién descubierto, que consiste en la correlación que existe entre la anchura de la copa de un árbol que creció libre y su diámetro.

Los índices de densidad del rodal y de competencia de copas pueden tener la ventaja de que permiten medir la densidad de rodales de edad

no uniforme con mayor confiabilidad que los métodos de área basal y volumen comercial que se están empleando (Daniel *et al.* 1982).

2.2.4. Tratamientos silviculturales

Son operaciones que modifican la estructura del bosque, para reducir la intensidad de la competencia sobre los árboles de interés; principalmente, se pretende dar un espacio o sitio ideal para el desarrollo de cada individuo deseado, y permitirle además un buen grado de iluminación (Quirós 2001).

En los bosques tropicales húmedos del neo trópico se han aplicado, principalmente, los siguientes tratamientos:

2.2.4.1. Liberación

Consiste en eliminar la vegetación que impide a los árboles de futura cosecha recibir una iluminación adecuada. Para lo cual se eliminan los árboles circundantes inmaduros que compiten, generalmente a partir de 10 cm de dap hasta el diámetro mínimo de corta (Quirós 2001).

La competencia entre árboles individuales adyacentes se determina en función de la relativa iluminación solar sobre sus copas (Hutchinson, citado por Guardia, 2004); pero debe precisarse que la competencia, generalmente, ocurre cuando un árbol le quita luz desde arriba, a un árbol de futura cosecha (Wadsworth 2000).

2.2.4.2. Raleo

El raleo busca disminuir la competencia de altas densidades de regeneración, o de fustales cuando la densidad de árboles de especies deseables es muy elevada. Este tratamiento se aplica principalmente en bosques coetáneos, como los bosques secundarios, donde hay muchos individuos en las mismas clases de tamaño (Quirós 2001).

La aplicación de este tratamiento consiste en disminuir la densidad a través de reducir la competencia lateral entre los árboles de la misma altura (Wadsworth 2000).

2.3. Definición de términos básicos

- **Diámetro de copa:** Refleja la dimensión del aparato fotosintético del árbol que está directamente relacionado con su capacidad de crecimiento
- **DAP:** Es la medición del diámetro del fuste (con corteza) a 1.30 m del suelo.
- **Rodal:** es un sistema dinámico donde los árboles compiten por los factores de crecimiento y a medida que ocurren los procesos de competencia y diferenciación en tamaños, ocurren los procesos de mortalidad
- **Población:** se define como un indicio más o menos subjetivo del número de árboles, comparado con el número de ellos que produce los mejores resultados.
- **Densidad:** Se define como la medida cuantitativa de la población de árboles expresada, sea relativamente, como un coeficiente que toma números normales, del área basal o del volumen por unidad de área.
- **Regresión:** Se define como la forma probable de las relaciones entre las variables, con esta prueba se predice y se estima el valor de una variable dada por otra variable (Daniel 2004).
- **Correlación:** Se refiere a la medición de la intensidad de la relación de las variables (Daniel 2004).

2.4. Hipótesis de la investigación

- El diámetro de la copa tiene una relación directa y fuerte con el diámetro del fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali
- La relación, entre el diámetro de copa y del fuste es lineal en los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, Región Ucayali.

2.5. Variables

2.5.1. Variable Independiente

Diámetro del fuste (dap).

2.5.2. Variable Dependiente

Diámetro de la copa.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo aplicado debido a que ya se cuenta con los aportes de la investigación básica.

3.1.2 Nivel de investigación

Así mismo, el alcance definido a través de la medición y análisis de la información corresponde a una investigación correlacional debido a que proporcionó un mayor sentido de entendimiento de los fenómenos estudiados.

3.2. Método de la investigación

3.2.1. Ubicación y descripción del área de estudio

3.2.1.1. Ubicación política

El área de estudio está ubicada en el Distrito Raimondi, Provincia Atalaya, Región Ucayali (CFA 2006).

3.2.1.2. Ubicación geográfica

El área de estudio esta al sur del río Cohengua. Específicamente se ubica en la parcela de corta anual 3 (PCA 3), de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico (CFA 2006).

3.2.1.3. Accesibilidad

Para llegar al área de estudio, se viajó vía aérea, desde la ciudad de Pucallpa hasta la ciudad de Atalaya. Seguidamente, por vía fluvial (río Tambo-río Ucayali) se llegó a la Comunidad Nativa Galilea, donde se encuentra un campamento del CFA. Desde esta CCNN, se continuó el

viaje vía terrestre por el camino de acceso a la concesión forestal, hasta el campamento de Carachao, que dista a unos 38 Km. El campamento Carachao tiene como punto referencial las coordenadas Norte 8852179 y Este 631377 y está a 284 m.s.n.m. (CFA 2006).

3.2.1.4. Clima

No se contó con datos meteorológicos de la zona del Cohengua, pero sí de Atalaya, donde la precipitación promedio anual es de 2344 mm; Con una temperatura promedio mensual de 25.5°C, con extremos de 20.5°C y 35°C la humedad relativa anual es de 83.50%, los vientos tienen una dirección predominante de Norte a Sur, con una velocidad promedio de 1.4 m/seg (MPA, 2007).

3.2.1.5. Fisiografía

La concesión del CFA se caracteriza por presentar bosques con diferentes fisiografías (cuadro 1) y composición florística (Cuadro 2), pero el área donde se desarrolla el estudio pertenece al bosque de terraza alta (CFA 2006).

Cuadro 1. Tipos de bosque en la concesión del Consorcio Forestal Amazónico

Tipo de bosque	Área (ha)	%
Terraza alta	33,347	18.5
Terraza alta inundable	3,642	2.0
Terraza disectada	10,423	5.8
Colina baja fuertemente disectada	34,247	19.0
Colina baja fuertemente disectada con paca	98,812	54.7
Total	180,471	100.0

FUENTE: CFA PGMF 2006

3.2.1.6. Comunidad arbórea

Un 87.53 % (157,970.75 ha) son Bosques de Producción Forestal y 12.47 % (22,500.25) del total son Bosques de Conservación. Las especies más abundantes en estos tipos de bosques son:

Cuadro 2. N° Arb/Ha, AB m²/Ha, VOL m³/Ha de las especies más abundantes en el bosque del Consorcio Forestal Amazónico.

ESPECIE	N° Arb/Ha	AB m ² /Ha	VOL m ³ /Ha
Aguanomasha	0.074	0.025	0.24
Ana caspi	0.524	0.08	0.741
Caimitillo	6	0.803	6.646
Caoba	0.095	0.013	0.085
Capirona	0.25	0.066	0.586
Cara-huasca	2.889	0.392	3.808
Cashimbo	1.926	0.624	6.263
Catahua	0.917	0.387	3.515
Cedro	0.317	0.046	0.354
Copaiba	0.7	0.375	3.918
Cumala	6.222	0.876	7.627
Cumala colorado	1.857	0.319	2.898
Estora-que	0.524	0.07	0.697
Huaman-samana	1.259	0.172	1.583
Huayruro	3.067	0.699	6.372
Huimba	0.483	0.303	2.764
Ishpingo	0.067	0.029	0.27
Lagarto caspi	0.074	0.005	0.031
Lupuna	0.667	0.772	8.774
Machi-mango	3.6	0.521	5.021
Marupa	0.889	0.135	1.261
Moena	13.185	2.581	21.962
Moena amarilla	0.296	0.043	0.436
OjeRenaco	0.033	0.012	0.144
Pali-sangre	0.6	0.123	1.089
Pashaco	1.481	0.345	3.144
Pino regional	0.952	0.137	0.961
Puma-quiroy	0.519	0.084	0.751
Quillo-bordon	0.928	0.136	1.134
Quinilla	0.441	0.075	0.645
Requia	1.334	0.216	1.82
Shihua-huaco	0.41	0.27	2.757
Shiringa	0.415	0.044	0.395
Tahuari	0.814	0.126	1.137
Topa	0.231	0.03	0.237
Tornillo	0.741	0.575	5.12
Yacu-shapana	1.174	0.257	2.354
Zapotillo	0.228	0.036	0.297

FUENTE: CFA PGMF 2006

3.2.2. Materiales

Árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, de la PCA N° 3 del CONSORCIO FORESTAL AMAZONICO (CFA), clinómetro, cinta diamétrica, GPS, brújula, machete, botas, tablero, bolsas plásticas, lápices, lapiceros, borradores.

3.2.3. Procedimiento

3.2.3.1. Fase de campo

3.2.3.1.1 Tamaño de la muestra

En el estudio se calculó el tamaño de la muestra (en función al error de muestreo) con un coeficiente de variabilidad de 40%, (sugerido por Camacho 1998), un error de muestreo del 10% y una confiabilidad del 95%. Entonces el tamaño de la muestra se calculó con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{CV\%^2 \times t^2}{E\%^2}, \text{ estimándose en:}$$

$$n = \frac{40^2 \times 2^2}{10^2} = 64 \text{ árboles}$$

3.2.3.1.2. Medición del diámetro del fuste (dap)

Se midió según las normas recomendadas por Cailliez (1980) para árboles rectos y con fuste único, sano y sin deformaciones (Figura 1). El diámetro del árbol se midió con la corteza, a la altura del pecho (1.30 m) sobre el terreno, con la excepción de casos particulares que se observa en la figura 2. La medición se realizó con la ayuda de una cinta diamétrica (cinta cuya unidad diamétrica está en centímetros), y a fin de evitar una estimación excesiva del volumen y compensar los errores de medición, se midió el diámetro en centímetros y se ajustó en sentido decreciente.

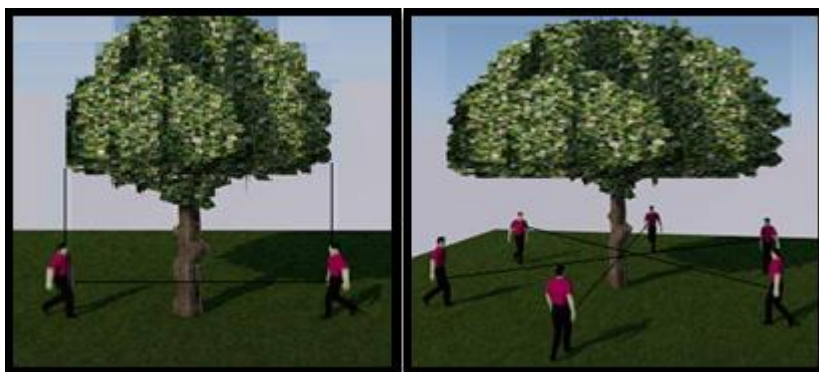


Figura 1. Medición del diámetro de fuste

3.2.3.1.3. Medición del diámetro de la copa

Esta variable es una forma de definir el espacio de crecimiento (Synnott 1981), la cual otorga confiabilidad a los modelos de crecimiento.

La medición del diámetro de la copa se realizó en la proyección de la copa sobre el terreno, mediante cuatro direcciones con ángulos de separación constantes de 45° , siguiendo las direcciones norte-sur, noreste-suroeste, este-oeste y sureste-noroeste, para lo cual se utilizó una brújula y cinta métrica de 50 m. Los extremos de los diámetros de la copa se identificaron ocularmente y la proyección de los extremos de la copa se ubicó con un clinómetro Suunto, de acuerdo a los procedimientos recomendados por Galván (2003).

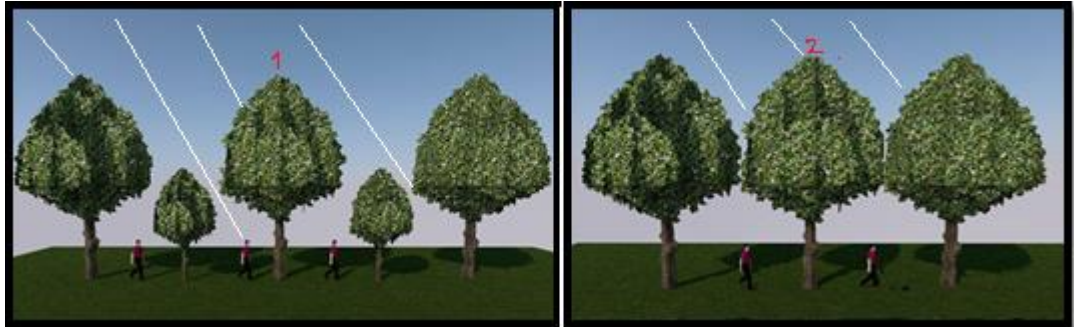


FUENTE: Elaboración propia

Figura 2. Medición del diámetro de copa

3.2.3.1.4. Iluminación de la copa

Se empleó las clasificaciones de Dawkins (1958), adaptada por Alder y Synnott (1992) (Figura 3).



FUENTE: Elaboración propia

Figura 3. Iluminación de copa tipo 1 y tipo 2 según la clasificación de Dawkins (1958).

3.2.3.2. Fase de gabinete

3.2.3.2.1. Depuración de la base de datos

Los datos (las mediciones) fueron guardados en una hoja de cálculo EXCEL, se imprimieron y se cotejaron contra los mismos datos que se anotaron en los formatos de campo (libreta de campo); para corroborar la fidelidad de los datos que se utilizaron. Se modificaron los datos electrónicos cuando estos no coincidían con los datos, anotados en los formatos de campo (ver anexo 6).

3.2.3.2.2. Cálculo del diámetro medio de copa

El diámetro medio de copa se calculó mediante el método sugerido por Cailliez *et al.* (1980) y Diéguez *et al.* (2003), que consiste en la media aritmética de los diámetros con direcciones norte-sur, este-oeste, noreste-suroeste y sureste-noroeste; o sea azimuts 0°-180°, 90°-270°, 45°-225° y 135°-315°; respectivamente (modificado de Diéguez *et al.* 2003).

$$\text{DcopaMedio} = [(DcopaN-S + DcopaE-O + DcopaNE-SO + DcopaNO-SE) / 4]$$

3.2.3.2.3. Cálculo de la relación diámetro de copa-diámetro de fuste

Una vez que se determinó el diámetro promedio de copa se procedió a dividir el diámetro de copa entre el dap del mismo árbol ($D_{\text{copa}}/d_{\text{ap}}$) como se muestra a continuación:

Cuadro 3. Cálculo de la relación K/d

D_{copa}MEDIO	DAP	D_{copa}/D_{fuste}
2.4	10.3	23.3
2.68	15.1	17.75
3.59	20.1	17.86
3.84	21	18.29

3.3 Diseño de la investigación

3.3.1. Diseño experimental

No se contó con diseño experimental por no tener tratamientos.

3.3.2. Tratamiento

No se realizó ningún tratamiento.

3.3.3. Material experimental

Se empleó como material experimental los 80 árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, que se ubicaron en la parcela de corta anual 3, de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico.

3.3.4. Unidad experimental

La unidad experimental fue cada árbol de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, con diámetros de fuste mayores o iguales a 10 cm y con iluminación de copas 1 o 2 según la clasificación de Dawkins (1958),

ubicados en la parcela de corta anual 3; del bosque de terraza alta de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, con diámetros de fuste mayores o iguales a 10 cm y con iluminación de copas 1 o 2 según la clasificación de Dawkins (1958), ubicados en la parcela de corta anual 3 del bosque de terraza alta de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico.

3.4.2. Muestra

El tamaño de la muestra (en función al error de muestreo) se calculó en 64 árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke; pero, se midieron 80 árboles, dado que un mayor tamaño de muestra siempre es más recomendable para generar información más representativa. Todos estos árboles con diámetros de fuste mayores o iguales a 10 cm y con iluminación de copas 1 o 2 según la clasificación de Dawkins (1958), de la parcela de corta anual 3; ubicada en el bosque de terraza alta de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los diámetros de copa y diámetros de fuste son variables cuantitativas que se midieron con los instrumentos ya señalados en el acápite 3.2.3. El tipo de iluminación de copa (Figura 3), por ser una variable cualitativa o categórica, se midió mediante la clasificación propuesta por Dawkins (1958) citado por Synnott (1981).

3.6 Tratamiento estadístico

3.6.1. Tipo e intensidad de la relación entre el diámetro medio de copa y el diámetro de fuste.

- a. Para determinar la naturaleza (tipo e intensidad) de la relación entre el diámetro de copa y del fuste se realizó un análisis de correlación con el programa estadístico Bio Estat y todos los datos de la muestra ($n=80$).
- b. Para verificar si el coeficiente de correlación de Pearson (ρ) indica que la variable diámetro medio de copa esta significativamente correlacionada con la variable diámetro de fuste (dap) se realizó una prueba de hipótesis empleando el estadístico de prueba recomendado por Daniel (2004):

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

t = estadístico de prueba

n = Tamaño de la muestra

r = coeficiente de correlación muestral

Este análisis se realizó en el programa estadístico Bio Estat y con todos los datos de la muestra ($n=80$).

- c. Se categorizaron los DAP de la muestra en clases diamétricas de 10-19.90; 20-29.90; 30-39.90; 40-49.90; 50-59.90 y de 60 a más, estopara verificar que la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap) no varía entre clases diamétricas. Para ello se realizó una prueba paramétrica de análisis de varianza, con diseño completamente al azar (las clases diamétricas fungiendo de tratamientos y la variable relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste transformada al logaritmo neperiano de la misma), y una prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis, en este caso sin transformar la variable relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste. Estos dos análisis se realizaron con el programa estadístico Bio Estat pero se exceptuaron (dada su

cantidad) los dos únicos árboles que se hallaron en la clase diamétrica 10-19.9 cm ($n=78$).

3.6.2. Relación funcional entre el diámetro medio de copa y el diámetro de fuste.

- a. Para determinar el modelo o función de la relación entre el diámetro medio de copa y el diámetro del fuste se realizó un análisis de regresión lineal simple, para lo cual se empleó el programa estadístico SPSS y todos los datos de la muestra ($n=80$).
- b. Para analizar el supuesto de homocedasticidad (homogeneidad de varianzas), de la regresión lineal simple, en el programa estadístico SPSS, se realizó un gráfico de dispersión simple del diámetro medio de copa versus el diámetro de fuste y un gráfico de los residuos de la variable dependiente (diámetro medio de copa) respecto de los valores predichos o pronosticados de la variable dependiente. También se calcularon las desviaciones estándar, varianzas y coeficientes de variabilidad, por clase diamétrica, de la variable dependiente (diámetro medio de copa) con el programa EXCEL.
- c. Para analizar el supuesto de independencia, del análisis de regresión lineal simple, se realizó un diagnóstico de colinealidad de la variable independiente (diámetro de fuste) en el programa estadístico SPSS.
- d. Para analizar el supuesto de normalidad, del análisis de regresión lineal simple, se realizó un histograma de frecuencias y un gráfico Q-Q normal de residuos estandarizados de la variable dependiente (diámetro medio de copa).
- e. Para verificar la consistencia del modelo o función entre el diámetro medio de copa y el diámetro del fuste se realizó una prueba paramétrica de análisis de varianza, para lo cual se

empleó el programa estadístico SPSS, con todos los datos de la muestra ($n=80$).

3.6.3. Magnitud de la relación diámetro medio de copa y diámetro de fuste.

- a. Para mostrar la normalidad de la distribución, de la variable relación diámetro medio de copa - diámetro del fuste, se elaboró un gráfico Q-Q normal de residuos estandarizados, para lo cual se empleó el procedimiento *Explorar* del programa SPSS y todos los datos de la muestra ($n=80$).
- b. Para verificar la normalidad de la distribución, de la variable relación diámetro medio de copa - diámetro del fuste, se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov - Smirnov y Shapiro-Wilk; mediante el procedimiento *Explorar*, del programa SPSS, y todos los datos de la muestra ($n=80$).
- c. Para mostrar la simetría de la distribución, de la variable relación diámetro medio de copa - diámetro del fuste, se elaboró un gráfico de caja y sesgo (mediana y cuartiles) con el procedimiento *Explorar* del programa estadístico SPSS y un histograma de frecuencias con el programa estadístico Bio Estat; en ambos caso se empleó todos los datos de la muestra ($n=80$).
- d. Para identificar valores extremos se empleó el procedimiento *Explorar* del programa SPSS y los datos de toda la muestra ($n=80$).
- e. Para identificar la existencia de valores atípicos o outliers se realizó la prueba de valores atípicos modelo Rusner, con el programa estadístico Bio Estat y todos los datos de la muestra ($n=80$). Cabe precisar que un valor atipo es una observación que difiere notablemente en cuanto a su magnitud del resto de observaciones.

- f. Para identificar la existencia de valores atípicos u outliers también se empleó el método recomendado por Samuels *et al.* (2012) y Montgomery y Runger (2011), el cual consistió en calcular la valla superior y la valla inferior de la distribución de los datos de la variable relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap); de la siguiente manera:

$$\text{Valla inferior} = \text{Percentil 25} - 1.5 \times \text{Rango intercuartílico}$$

$$\text{Valla superior} = \text{Percentil 75} - 1.5 \times \text{Rango intercuartílico}$$

Debe recordarse que el percentil 25 (P_{25}) equivale al primer cuartil (Q_1) y el percentil 75 (P_{75}) equivale al tercer cuartil (Q_3).

- g. Para calcular los estadísticos de posición (o tendencia central), de dispersión (o variabilidad) y de forma; de la variable relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap) se empleó el procedimiento *Explorar* del programa estadístico SPSS y todos los datos de la muestra ($n=80$).
- h. De acuerdo con el método de García *et al.* (1996), los estadísticos de posición, dispersión y forma; de la variable relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap), también se calcularon para los datos de la muestra pero sólo de los árboles que tuvieron la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap) mayor que la media de toda la muestra.
- i. Para determinar la magnitud de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap), para la especie *Cedrelinga cateniformis*, se empleó la mediana; en caso que la distribución de la variable mostrara cierta asimetría y una variabilidad conspicua.

CAPÍTULO IV

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tipo e intensidad de la relación entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

El diagrama de dispersión de los diámetros de fuste y de los diámetros de copa (Figura 4) indica que ambas variables cuantitativas están asociadas de manera directa y fuerte. La asociación es directa porque a medida que aumenta el diámetro de fuste, aumenta el diámetro medio de copa, proporcionalmente. La asociación es fuerte porque los puntos ploteados están distribuidos muy cerca entre ellos

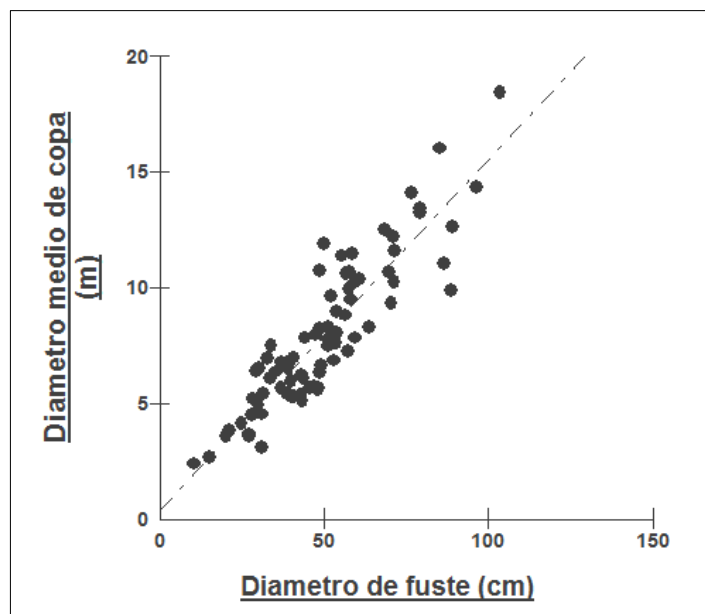


Figura 4. Relación de los diámetros de fuste (dap) y de los diámetros medios de copa para árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke con copas 1 y 2

El coeficiente de correlación de Pearson ($\rho = 0.8966$) confirma que la naturaleza de la relación, entre el diámetro de fuste y el diámetro medio de copa, es directa (ρ es positivo) y fuerte (ρ se aproxima a 1). La prueba de

hipótesis, para el parámetro ρ , permitió concluir que el diámetro de fuste y el diámetro medio de copa están linealmente correlacionados ($p \text{ valor} = 0.0000$, correspondiente a una variable t igual a 17.8787).

El análisis de varianza ($p \text{ valué} = 0.0902$), con un diseño completamente al azar (con las clases diamétricas fungiendo de tratamientos y la variable diámetro de copa - diámetro de fuste transformada al logaritmo neperiano de la misma) y la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis ($p \text{ valué} = 0.0661$) indicaron que no hay diferencias estadísticas significativas en la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste entre clases diamétricas (Anexo 1 y Anexo 2).

Los análisis realizados confirman la gran correlación que existe entre la anchura de la copa de un árbol que creció en espacio abierto y su diámetro Daniel *et. al.* (1982),

4.2. Relación funcional entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

4.2.1. Verificación de los supuestos

Los supuestos del análisis de regresión se realizaron con todos los datos de la muestra ($n=80$).

El diagnóstico de colinealidad (Anexo 3) indicó que no hay problemas de multicolinealidad, pues al existir solo una variable independiente (dap), es imposible que se viole la hipótesis de independencia; dada que esta hipótesis de independencia, solo se puede violar cuando existe más de una variable independiente y cuando entre estas existe una relación lineal, por lo tanto se cumple con el supuesto de independencia de la variable independiente diámetro de fuste, pues los índices de condición (1.000 y 5.505) son menores de 15.

El supuesto de homocedasticidad, u homogeneidad de varianzas, de la regresión, quedó demostrado pues la variabilidad del diámetro medio de copa no aumentó conspicuamente con el aumento del diámetro de fuste

(Figura 5); además la dispersión de los residuos (Figura 6), respecto de los valores predichos o pronosticados, se mostró de manera aleatoria.

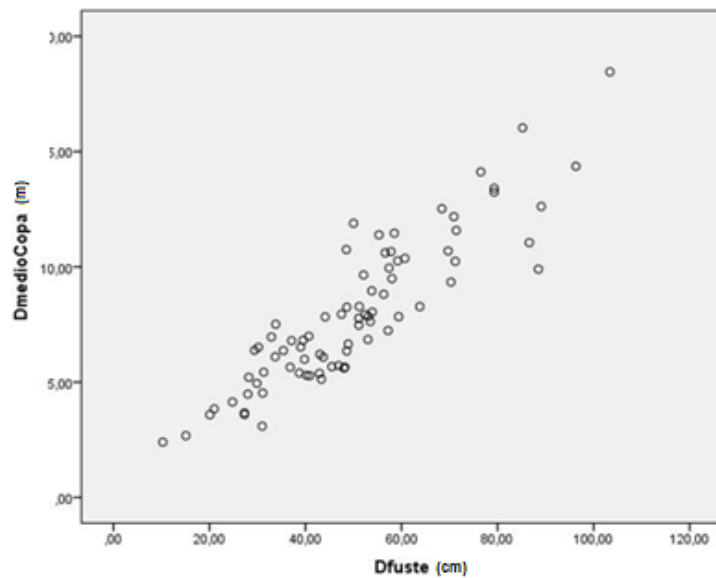


Figura 5. Gráfico de dispersión simple del diámetro medio de copa con relación al diámetro de fuste (dap).

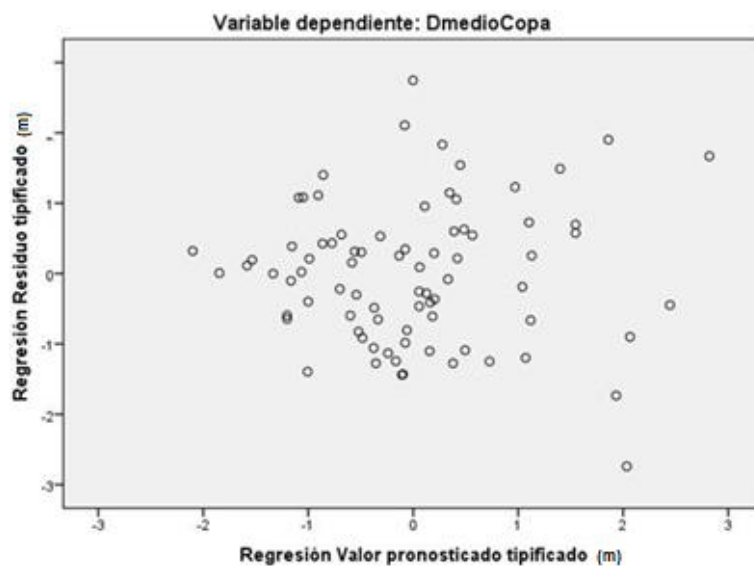


Figura 6. Gráfico de los residuos, respecto de los valores predichos pronosticados, de la variable dependiente diámetro medio de copa.

El supuesto de normalidad, quedó verificado dado que el histograma mostró que la distribución de los residuos se asemeja a una curva normal (Figura 7), en tanto que el gráfico de normalidad de los residuos (Figura

8) indicó que estos se ajustan a una línea diagonal. Estos gráficos muestran que la variable relación medio de copa-diámetro de fuste presenta una distribución normal.

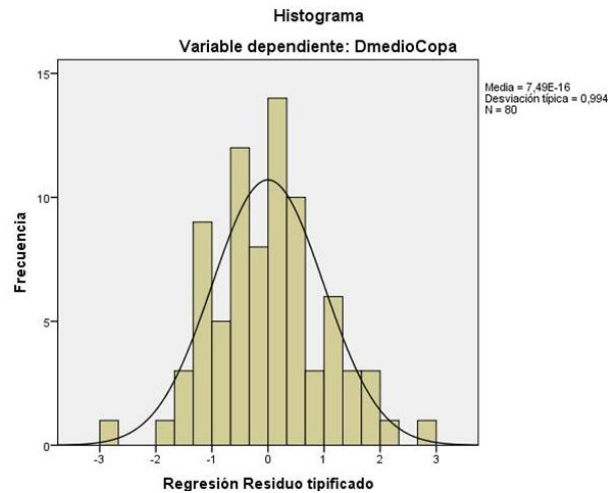


Figura 7. Histograma de residuos de la variable dependiente diámetro medio de copa.

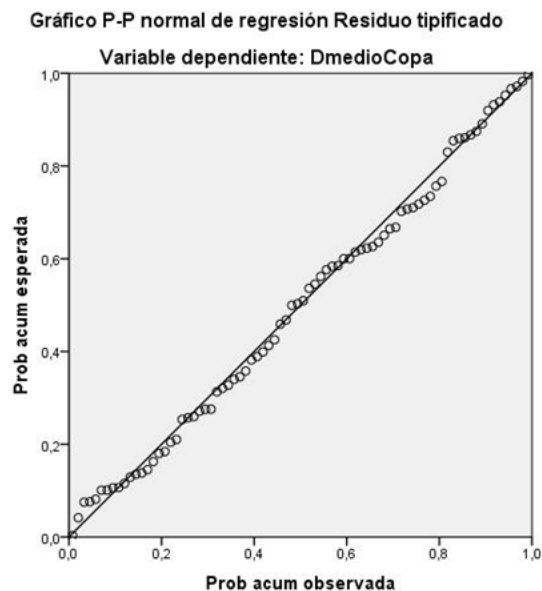


Figura 8. Gráfico de normalidad de los residuos de la variable dependiente diámetro medio de copa.

4.2.2. Análisis de regresión

El análisis de regresión se realizó con todos los datos de la muestra ($n=80$).

La relación funcional que se halló fue la siguiente:

Diámetro medio de copa = $0.376 + 0.152$ diámetro de fuste ($y=a+bx$)

Donde 0.376 es el estimador del coeficiente de intersección poblacional o intercepto, y 0.152 es el estimador del coeficiente de regresión poblacional o pendiente; respectivamente.

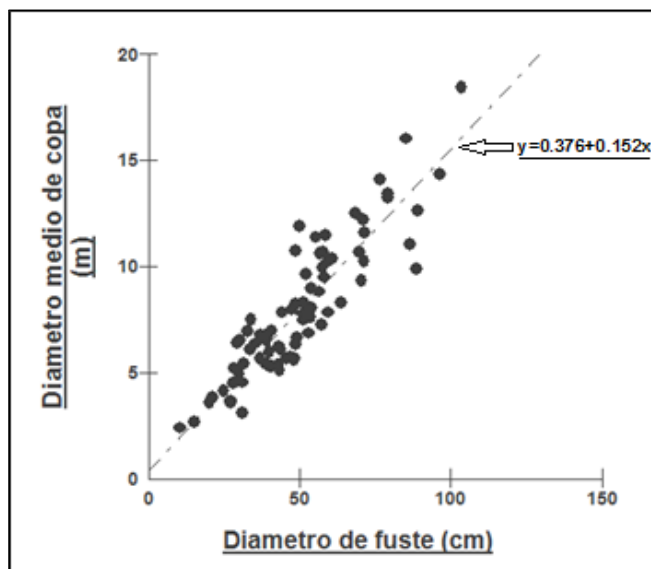


Figura 9. Gráfico de dispersión de valores con la recta de regresión lineal simple, para árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke con copas bien iluminadas.

El análisis de varianza (Anexo 4) aceptó la regresión como significativa al nivel de 5% (p -valor = 0.000) que equivale decir que los datos observados se ajustaron adecuadamente al modelo lineal supuesto. También señaló que el parámetro a (0.376) no es significativo, dado que el test F de Fisher Snedecor presentó un p -valor mayor de 0.05.

El parámetro b (0.152) si resulto significativo, pues el test genero un p -valor (0.000) mucho menor de 0.05.+

Lo mencionado anteriormente significa que la pendiente resultó significativa al 95% (se rechaza la hipótesis nula de que valga cero), ya que el p -valor es menor de 0.05; en tanto que el intercepto del modelo no resultó significativo al 95%, lo cual es lógico pues si el dap vale cero, es imposible que exista una copa (Anexo 4).

La interpretación matemática de la relación funcional es evidente. Cuando el diámetro de fuste es cero, el diámetro medio de copa debería ser 0.376 m, valor que se aproxima a cero, pues un fuste inexistente (cuyo valor matemático es cero) necesariamente indica un diámetro medio de copa igual a cero. La pendiente indica que por cada centímetro de cambio del diámetro de fuste, el diámetro de copa va a variar en 0.152 m.

El análisis de regresión arrojó un coeficiente de determinación (r^2) de 0.804, lo cual indicó que la variable independiente, diámetro de fuste, explica el 80% de la variabilidad de la variable dependiente; diámetro medio de copa. Esto indica que en la especie *Cedrelinga cateniformis* existe una adecuada relación funcional entre el diámetro de copa y diámetro de fuste, lo cual coincide con los estudios citados por Mayhew y Newton (1998) para *switenia macrophyla*.

4.3. Valor de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Dado que la línea de puntos no se separa conspicuamente de la diagonal, el Gráfico Q-Q normal de residuo estandarizado (Figura 10) indicó la normalidad de los datos de la relación diámetro medio de copa / diámetro de fuste (dap), considerando todos los datos de la muestra ($n=80$).

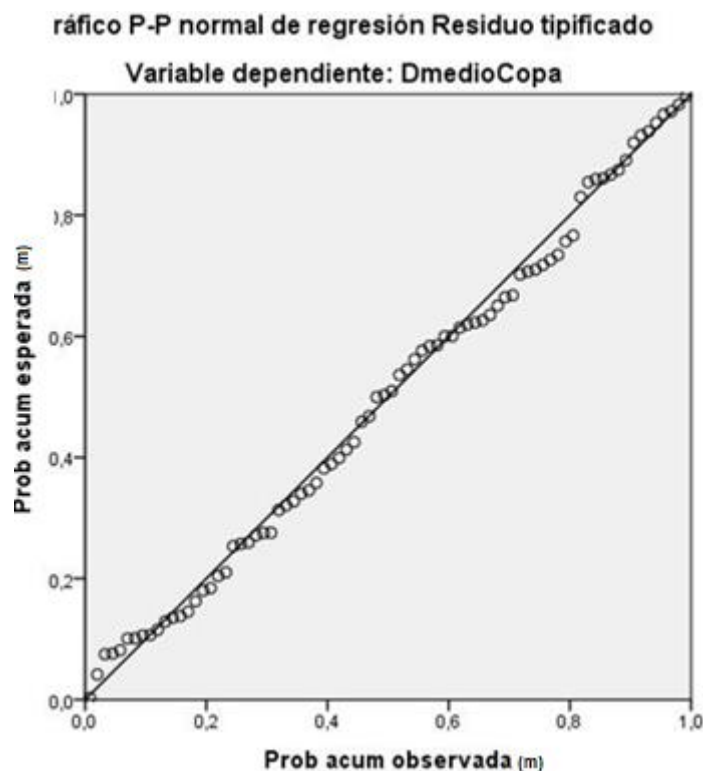


Figura 10. Gráfico Q-Q normal de residuo estandarizado de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra ($n=80$)

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (p valor = 0.200) y la prueba Shapiro-Wilk (p valor = 0.105) confirmaron la normalidad de los datos de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap), de toda la muestra ($n = 80$).

El histograma de frecuencias (Figura 11) y el gráfico de caja y bigotes (Figura 12) muestran que la distribución de la variable está sesgada a la derecha. El mismo diagrama de caja y bigotes y la prueba de valores extremos modelo de Rosner (para un $\alpha = 0.05$) señalaron que no hay valores atípicos u outliers (Anexo 5). El cálculo de la valla superior (24.38) y de la valla inferior (7.26) de los datos de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap); según el método recomendado por Samuels *et al.* (2012) y Montgomery y Runger (2011), confirmó la inexistencia de valores atípicos u outliers. No obstante, la exploración de los datos mostró datos extremos superiores y datos extremos inferiores (Cuadro 2).

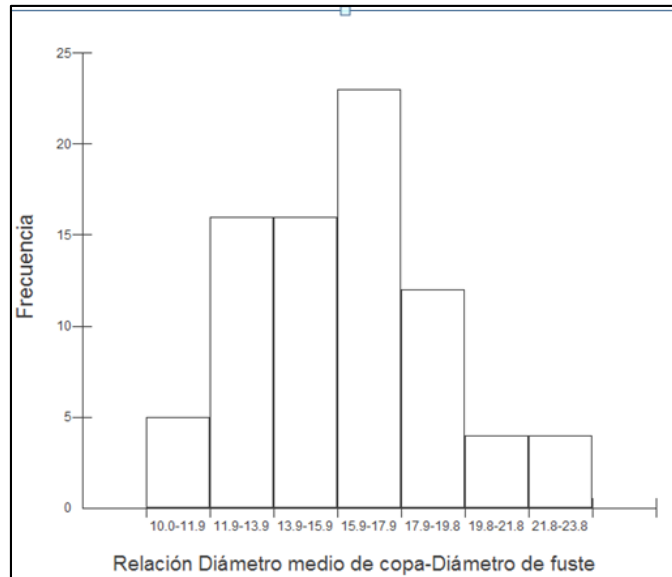


Figura 11. Histograma de frecuencias de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra (n=80).

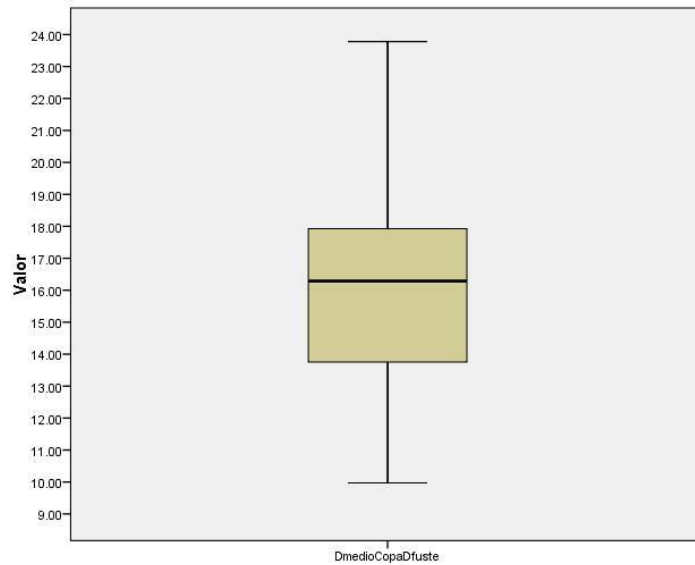


Figura 12. Gráfico de caja y sesgo (mediana y cuartiles) de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra (n=80).

Cuadro 4. Valores extremos de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para toda la muestra (n=80)

Valor		
Mayores	1	23.78
	2	23.3
	3	22.22
	4	22.16
	5	21.7
Menores	1	9.65
	2	9.97
	3	10.6
	4	11.19
	5	11.69

FUENTE: Elaboración propia

Dado que la distribución de la variable relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste (dap) mostró cierta asimetría y variabilidad, entonces el valor de la variable quedó representado por la mediana, por lo tanto la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste (dap) de *Cedrelinga cateniformis* es 16. Lo que indica que por cada unidad de medida de aumento del diámetro de fuste, el diámetro de copa aumenta proporcionalmente en 16 unidades.

Cuadro 5. Estadísticos de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para todos los árboles de la muestra (n = 80)

Estadístico	Valor
Intervalo de confianza para la media al 95%	Media
	16.133
	Mediana
	16.29
	Límite inferior
	15.47
	Límite superior
	16.79
	Desviación Estándar
	2.959
	Mínimo
	9.97
	Máximo
	23.78
	Rango intercuartil
	4.28
	Percentil 25
	13.678
	Percentil 75
	17.958
	Asimetría
	0.423
	Curtosis
	-0.083

FUENTE: Elaboración propia

Sin embargo, y de acuerdo con el método de García *et al.* (1996), el análisis de los estadísticos también se realizó para los árboles que tuvieron la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap) mayor que la media de toda la muestra (Cuadro 4). En esta muestra de árboles (n=43), se encontró que la distribución de la variable, relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste (dap), es más asimétrica (Figura 13); este hallazgo hubiese permitido aceptar a la mediana como el mejor estadístico de posición (Cuadro 4) y, por lo tanto, fijar la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste (dap) en 18. Pero, es necesario considerar tres aspectos:

- Que el gráfico de caja y sesgo identificó seis valores atípicos u outliers superiores a la media (21.56, 21.70, 22.16, 22.22, 23.30 y 23.78).
- Que el límite superior del intervalo de confianza para la media (al 95% de confianza) es 18.97.
- Que mejores y permanentes condiciones de iluminación de la copa maximizan el valor de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap), de manera que los valores atípicos u outliers podrían indicar el potencial de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap); lo cual sugiere priorizar los máximos valores de los estadísticos de tendencia central (media y mediana).

De estos tres aspectos, se considera que el valor más aproximado y precautorio de la relación diámetro medio de copa - diámetro de fuste (dap), para *Cedrelinga cateniformis*, es 19; el mismo que se aproxima a 20; que fue el promedio que hallaron Dawkins (1963), Lamprecht (1990) y Wadsworth (2000) para varias especies del bosque tropical a nivel pan tropical.

Cuadro 6. Estadísticos de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para los árboles con valores superiores a la media de la muestra ($n = 43$)

Estadístico		Valor
Intervalo de confianza para la media al 95%	Media	18.353
	Mediana	17.850
	Límite inferior	17.74
	Límite superior	18.97
	Desviación Estándar	2.009
	Mínimo	1.84
	Máximo	16.910
	Rango intercuartil	18.750
	Percentil 25	1.277
	Percentil 75	0.785
	Asimetría	2.009
	Curtosis	1.84

FUENTE: Elaboración propia

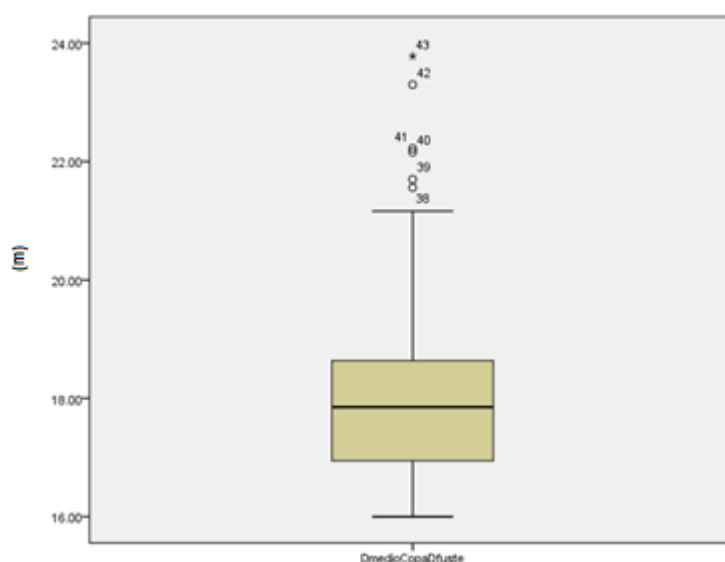


Figura 13. Gráfico de caja y sesgo (mediana y cuartiles) de la relación diámetro medio de copa-diámetro de fuste para los árboles con valores superiores a la media de la muestra ($n = 43$)

5. CONCLUSIONES

- El tipo e intensidad de la relación, entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste (dap), de *Cedrelinga cateniformis*, es directa y fuerte; respectivamente.
- La relación funcional entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste (dap), de *Cedrelinga cateniformis*, es lineal y directa.
- La relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste (dap), de *Cedrelinga cateniformis*, no varía significativamente entre las clases diamétricas de fuste.
- La relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste (dap), de *Cedrelinga cateniformis*, es 19.

6. SUGERENCIAS

- La relación diámetro de copa – diámetro de fuste se puede emplear como un método para determinar los distanciamientos mínimos que deben existir entre los árboles de *Cedrelinga cateniformis* con los árboles competidores en los bosques residuales de la Amazonia peruana.
- La relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste (dap) puede emplearse para determinar la densidad mínima, con base en el factor de competencia de copas (FCC), para plantaciones de *Cedrelinga cateniformis*.

7. BIBLIOGRAFIA

- Arias D. 2005. Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales, Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 2(5), disponible en: http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior5/pdf/Articulo%203.pdf. Consultado el 20 de noviembre del 2012.
- Alder, D; Synnott, J. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forests. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute. 124p. (Tropical Forestry Papers no.25).
- Cailliez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. FAO. Roma, Italia 57-59 p.
- Camacho, AM. 1998. Aspectos conceptuales y prácticos sobre el crecimiento de árboles y rodales naturales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 (4) p.
- Cámara, L.; Snook, L. 2005. Producción de semillas de caoba en México: patrones de variación e implicaciones para la sostenibilidad. Recursos Naturales y Ambiente 44 (1): 60-67 p.
- Campos, L. 2009. Dendrocronología en árboles de Tornillo, *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú. Tesis M. Sc. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 129 p.
- Claussi, A; Marmillod, D; Blaser, J. 1992. Descripción silvicultural de las plantaciones forestales de Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos (Perú): Centro de Investigaciones Jenaro Herrera. 334 p.
- Consorcio Forestal Amazónico (CFA). 2006. Plan General de Manejo Forestal. 98 p.
- Corvalán, P; Hernández, J. 2006. Medición de copas y raíces. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 32 p.
- Daniel, T; Helms, J; Backer, F. 1982. Principios de silvicultura, 2 ed., en Inglés (1 ed., en español), Naucalpan de Juárez – México. 492 p.

- Daniel, W. 2004. Bioestadística. 4 ed., en español, México, D.F. – México. 755 p.
- Dawkins, C. 1961. Estimating total volumes of some Caribbean trees. Caribbean Forester 22(3-4):62-63 p.
- Dawkins, C. 1963. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees. Commonwealth Forestry Review 42(2):318-333 p.
- Diéguez, U; Barrio, M; Castedo, F; Balboa, M. 2003. Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. 12(2): 131-139 p.
- FAO, 2001. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Roma, Italia, FAO. Documento forestal. 140 p.
- Flores, Y. 2004. Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el bosque Alexander Von Humboldt, Amazonia Peruana. Recursos Naturales y Ambiente. Comunicación Técnica. 111p–121 p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDO/A0210E/A0210E.PDF>. 10 de Octubre del 2012.
- Flores, Y. 1997. Comportamiento fenológico de 88 especies forestales de la Amazonia Peruana. INIA, Lima, Perú. 22-23 P.
- Foli, G; Alder, D; Miller, G; Swaine, M. 2003. Modelling growing space requirements for some tropical forest tree species. Forest Ecology and Management 173(1-3):79-88 p.
- Galván, O. 2003. Efecto de la iluminación de la copa sobre el crecimiento de *Pentaclethra macroloba* y *Goethalsia meiantha* e implicaciones para la silvicultura de los bosques tropicales húmedos. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 67 p.
- Galloway, G. 2004. Dinámica de rodales. CATIE. Turrialba-Costarica. Pg. 1-3 p.
- Gajardo, P. 2005. Silvicultura de plantaciones. Universidad de Concepción, Chile. 113 p.

- García, X; Parraquirre, C; Ramírez, H. 1996. Guía de densidad para manejo de plantaciones de *Swietenia macrophylla* King (Caoba). Ciencia Forestal en México 21(80):79-95 p.
- Guardia, S. 2004. Dinámica y efectos de un tratamiento silvicultural en el bosque secundario “Floresncia”, San Carlos, Costa Rica. Tesis Msc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, CR. 108 p.
- Hemery, E; Savill, S; Pryor, N. 2005. Applications of the crown diameter-stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. Forest Ecology and Management 215(1-3):285-294 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). 2006. Plan Nacional de Reforestación: Perú 2005-2024. Lima, Perú, INRENA. 88 p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. A Castillo. Alemania, GTZ. 335p.
- Malleux, J. 1975. Mapa forestal del Perú: memoria explicativa. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 161 p.
- Mayhew, J; Newton, F. 1998. Silviculture of mahogany. New York, USA; CABI. 367p.
- Montgomery, D; Runger, G. 2009. Probabilidad y Estadística aplicada a la Ingeniería. 2 ed. Grupo Limusa Wiley. 948p.
- Morataya, R; Galloway, G. 1998. Relaciones entre follaje y albura en *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*: aplicación de la Teoría del Modelo Vascular e implicaciones de manejo. Revista Forestal Centroamericana N°.22:21-28 p.
- Municipalidad Provincial de Atalaya (MPA). 2007– Plan De Desarrollo Concertado Provincial 2007-2015. Atalaya, Ucayali, Perú. 50p.
- Organización Internacional de Maderas tropicales (OIMT). 2006. Estado de la ordenación de los bosques tropicales: 2005. Yokohama, Japón, OIMT. 35 p.
- Quirós, D. 2001. Tratamientos silviculturales. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. eds. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis

- en América Central. Turrialba, CR, CATIE. (Serie Técnica. Manual Técnico N°. 46). 131-153 p.
- Rodríguez, R; Valencia, S; Meza, J; Capó, M; Reynoso, A. 2008. Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus gregii* engelm En Nuevo León-Veracruz-México. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Fitotec. Mex. Vol. 31 (1): 19–26 p.
 - Rondeux, J. 2010. Medición de Árboles y Masas Forestales. 1ed. Grupo Mundi-Prensa. Madrid. España. 63-72 p.
 - Synnott, J. 1981. Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Trad. J Valerio. CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 103 p.
 - Vargas, C; Rojas, E; Castillo, D; Espinoza, V; Calderón, A; Giudice, R; Granados; Málaga, N. 2014. Protocolo de Clasificación de Pérdida de Cobertura en los Bosques Húmedos Amazónicos entre los años 2000-2011. Ministerio del Ambiente y Ministerio de Agricultura y Riego. Lima-Perú. 119 p.
 - Vidaurre, H. 1997. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga catenaeformis* Ducke en la región de Pucallpa, Amazonia Peruana. Documento Técnico N° 25. Iquitos - Perú, IIAP. 97 p.
 - Wadsworth, F. 2000. Producción forestal para América tropical. Manual de Agricultura 710-S. Washington, US, USDA. 603 p.
 - Wadsworth, F. 1997. Aspectos críticos para la práctica silvicultural en los bosques naturales de América tropical. In Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical. (1996, Pucallpa, Perú). Actas. Sabogal, C; Camacho, M; Guariguata, M. Turrialba, CR, CIFOR, CATIE, INIA. p.75-82.

8. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza con DCA del coeficiente de correlación por clase diamétrica

Fuentes de variación	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamientos	6	0.345	0.058	1.911	0.0902
Error	71	2.137	0.030		

Anexo 2. Prueba de kruskal-Wallis del coeficiente de correlación por clase diamétrica del fuste

H	Grados de libertad	(p) Kruskal-Wallis
11.822	6	0.066

Anexo 3. Diagnóstico de Colinealidad

Dimensión	Índice de condición
1	1.000
2	5.505

Anexo 4. Análisis de varianza de la regresión

Fuentes de variación	GL	SQ	QM	F	p-valor
Regresión	1	651.759	651.759	319.649	0.000
Error	78	159.041	2.039		
Total	79	810.799			
Intercepto (a)					0.4102
Coef. De Regresión (b)					0.0000

Anexo 5. Prueba de valores extremos modelo de Rosner

	Col. 1	Col. 1	Col. 1	Col. 1	Col. 1
Valor(es)	23.780	23.300	22.220	22.160	21.700
N	80	79	78	77	76
Media	16.133	16.036	15.943	15.861	15.778
Desviación Estándar	2.959	2.847	2.742	2.663	2.579
p - valor	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Matriz de correlación

Problema	Objetivo	Variables	Tipo	Nivel	Diseño	Población y Muestra	Diseño estadístico
Problema General: ¿Cómo es la relación entre el diámetro de copa y del fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali?	Obj. General: Determinar la relación entre el diámetro de copa y del fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali?	V. Independientes: Diámetro de fuste (dap)	Básico El presente estudio es de tipo aplicado debido a que ya se cuenta con los aportes de la investigación básica y sustantiva (Carrasco <i>et al.</i> 2006).	Exploratorio Corresponde a una investigación descriptivo, correlacional y experimental ya que de esta manera nos proporcionara un mayor sentido de entendimiento de los fenómenos a estudiar (Hernández 2006).	No experimental •Tomando dentro del diseño no experimental al Diseño transversal descriptivo.	Población: • Todos los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, con diámetros de fuste mayores o iguales a 10 cm y con iluminación de copas uno o dos, de la parcela de corta anual 03 del bosque de terraza alta de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico.	Estadística descriptiva • Análisis de varianza, regresión lineal simple y correlación
Problema Específico: •¿Cuál es la naturaleza (tipo e intensidad) de la relación entre el diámetro de copa y del fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali?? ¿Cuál es la relación funcional entre el diámetro de copa y del fuste de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, en la zona de Atalaya, región Ucayali??	Objetivo Específico: - Determinar los distanciamientos necesarios para plantaciones industriales de <i>Cedrelinga cateniformis</i> en sus diferentes estados de desarrollo, para la óptima planificación de raleos. - Determinar las implicaciones que tengan estos efectos para la planificación y ejecución de tratamientos de liberación.	V. Dependientes Diámetro medio de copa				Muestra: •Los 80 árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke con diámetros de fuste mayores o iguales a 10 cm y con iluminación de copas uno o dos, de la parcela de corta anual 03; ubicada en un sector del bosque de terraza alta de la concesión forestal con fines maderables del Consorcio Forestal Amazónico.	