



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Forestal

**Factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en necromasa de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja**

Trabajo de Integración Curricular, previo  
a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

### **AUTOR:**

Luis Angel Quezada Vargas

### **DIRECTOR:**

Ing. For. Byron Palacios Herrera, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 24 de marzo de 2023

Ing. For. Byron Palacios Herrera. Mg. Sc.

### **DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR**

#### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en necromasa de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, de la autoría del estudiante **Luis Angel Quezada Vargas**, con cédula de identidad Nro.1105312290, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado  
digitalmente por  
BYRON GONZALO  
PALACIOS HERRERA

Ing. For. Byron Palacios Herrera, Mg. Sc.

### **DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Luis Angel Quezada Vargas** declaro ser el autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1105312290

**Fecha:** 08 de noviembre del 2023

**Correo electrónico:** luis.a.quezada@unl.edu.ec

**Teléfono:** 096 268 0464

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo, Trabajo de Integración Curricular.**

Yo **Luis Angel Quezada Vargas**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en necromasa de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

**Firma:** 

**Autor:** Luis Angel Quezada Vargas

**Cédula:** 1105312290

**Dirección:** Esteban Godoy

**Correo electrónico:** luis.a.quezada@unl.edu.ec

**Teléfono:** 096 268 0464

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Ing. For. Byron Palacios Herrera Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Este Trabajo de Integración Curricular se la dedico a los pilares fundamentales de mi vida, a mi querida madre Vargas Arrobo Amarile Rosario, a mi querido padre Quezada Valle Ismael, a mis hermanas y hermanos por haberme dado ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

*Con mucho cariño ....*

*Luis Angel Quezada Vargas*

## **Agradecimientos**

Principalmente expreso mi sincero agradecimiento a quienes contribuyeron para que este trabajo investigativo sea posible a la Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables a la Carrera de Ingeniería Forestal por haberme acogido y formado en tan prestigiada carrera universitaria.

A los Docentes y Técnicos por haberme compartido sus enseñanzas y experiencias durante mi formación profesional y personal, al señor Romeo Moreno alcalde del cantón Sozoranga por su importante colaboración al haber brindado el espacio para la realización de la presente investigación.

Así mismo, un profundo agradecimiento al Ing. For. Byron Palacios Herrera Mg. Sc. Director del Trabajo de Integración Curricular, por su dirección y asesoramiento, por haberme brindado su apoyo, amistad y confianza, quien con su experiencia me guio en el desarrollo de la presente investigación.

**Luis Angel Quezada Vargas.**

## Índice de Contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b>	vii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiii
Índice de anexos.....	xv
1. <b>Título</b> .....	1
2. <b>Resumen</b> .....	2
Abstract.....	3
3. <b>Introducción</b> .....	4
4. <b>Marco Teórico</b> .....	7
4.1.    Bosques andinos.....	7
4.2.    Inventario Forestal.....	7
4.2.1.    Tipos de inventario Forestal.....	7
4.2.2.    Clasificación de inventarios por método estadístico.....	7
4.2.3.    Clasificación de inventarios según los objetivos.....	8
4.3.    Volumen .....	9

4.3.1.	Cubicación de trozas.....	9
4.3.2.	Factor de forma.....	9
4.4.	Regeneración natural.....	10
4.4.1.	Factores asociados a la regeneración natural.....	10
4.5.	Evaluación de la regeneración natural.....	11
4.6.	Captura de carbono.....	11
4.7.	Ciclo del carbono.....	12
4.8.	Captura de carbono en bosques.....	12
4.9.	Los bosques tropicales como sumideros de carbono.....	13
4.10.	Necromasa como componente del almacenamiento de Carbono.....	13
4.11.	Descripción taxonómica de <i>J. neotropica</i> .....	14
4.11.1.	Clasificación taxonómica.....	14
4.11.2.	Descripción botánica de <i>J. neotropica</i> .....	14
4.12.	Distribución de <i>J. neotropica</i> en Ecuador.....	15
5.	<b>Metodología</b> .....	17
5.1.	Área de estudio.....	17
5.1.1.	Ubicación política.....	17
5.1.2.	Ubicación geográfica.....	17
5.1.3.	Clima.....	18
5.1.4.	Vegetación.....	18
5.1.5.	Topografía.....	19
5.1.6.	Suelos.....	19



5.2.	Metodología para determinar el factor de forma de <i>J. neotropica</i> , en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja.....	20
5.2.1.	Tipo de inventario forestal.....	20
5.2.2.	Selección y delimitación del área de estudio.....	21
5.2.3.	Toma de datos en campo.....	21
5.2.4.	Calculo de variables dasométricas.....	22
5.2.4.1.	Diámetro a la Altura del Pecho (DAP).....	22
5.2.4.2.	Altura comercial (Hc).....	22
5.2.4.3.	Altura total (Ht).....	23
5.2.4.3.	Cálculo del área basal (G).....	23
5.2.5.	Cálculo del factor de forma.....	23
5.2.5.1.	Selección de árboles de <i>J. neotropica</i> .....	23
5.2.5.2	Tipo de método.....	24
5.2.5.3	Medición de las secciones transversales.....	24
5.2.5.4.	Volumen real.....	24
5.2.5.5.	Volumen del cilindro.....	25
5.2.6.	Cálculo de variables volumétricas.....	26
5.2.6.1.	Volumen total y Volumen comercial.....	26
5.3.	Metodología para evaluar la regeneración natural de <i>J. neotropica</i> , en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja.....	28

5.4.	Metodología para cuantificar el carbono almacenado de la necromasa en una hectárea de <i>J. neotropica</i> de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja.....	30
5.4.1.	Biomasa en hojarasca, detritus y sotobosque.....	31
5.4.2.	Carbono almacenado total.....	32
6.	<b>Resultados</b> .....	33
6.1.	Variables dasométricas de <i>J. neotropica</i> .....	33
6.1.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	33
6.1.2.	Altura total y comercial de los individuos de <i>J. neotropica</i> .....	34
6.2.	Factor de forma de <i>J. neotropica</i> .....	35
6.3.	Variable volumétrica.....	36
6.3.1.	Determinación y comparación del volumen comercial utilizando el factor de forma MAE 0,7 y el obtenido en la presente investigación 0,83.....	36
6.4.	Regeneración natural de <i>J. neotropica</i> en la Reserva Natural “El Tundo”.....	38
6.5.	Carbono almacenado en la necromasa de <i>J. neotropica</i> en la Reserva Natural “El Tundo”.....	39
7.	<b>Discusión</b> .....	40
7.1.	Variables dasométricas de <i>J. neotropica</i> .....	40
7.1.1.	Variables dasométricas: DAP <sub>1,30 cm</sub> , Altura total y Área basal.....	40
7.2.	Factor de forma <i>J. neotropica</i> .....	41
7.3.	Volumen comercial de <i>J. neotropica</i> .....	42
7.4.	Regeneración natural.....	43

7.5.	Carbono almacenado en necromasa de <i>J. neotropica</i> .....	44
8.	<b>Conclusiones</b> .....	46
9.	<b>Recomendaciones</b> .....	47
10.	<b>Bibliografía</b> .....	48
11.	<b>Anexos</b> .....	54

## Índice de tablas:

Tabla 1.	Categorías de regeneración natural.....	11
Tabla 2.	Tamaño e intensidad de las parcelas de muestreo .....	11
Tabla 3.	Ubicación de puntos en WGS_1984_UTM_Zone_17S.....	17
Tabla 4.	Forma del fuste según su perfil de solido geométrico.....	26
Tabla 5.	Categorías de regeneración natural para la evaluación <i>J. neotropica</i> .....	29
Tabla 6.	Medidas de tendencia de la de las variables dasométricas: Altura total y altura comercial en la Reserva Natural “El Tundo”.....	34
Tabla 7.	Variables dasométricas y factor de forma promedio de <i>J. neotropica</i> , en una hectárea de bosque de la reserva natural “El Tundo”, cantón Sozoranga .....	36
Tabla 8.	Número de individuos/ha por categoría de regeneración natural de <i>J. neotropica</i> , en el bosque “El Tundo”, cantón Sozoranga.....	38
Tabla 9.	Contenido de biomasa y carbono almacenado en la necromasa por metro cuadrado y proyección a hectárea en la reserva natural “El Tundo”, cantón Sozoranga.....	39

## Índice de figuras:

Figura 1.	Forma del fuste de un árbol.....	9
Figura 2.	Distribución de <i>J. neotropica</i> , en América del sur.....	16
Figura 3.	Ubicación del área de estudio.....	18
Figura 4.	Delimitación de la parcela temporal de muestreo (1ha) en la Reserva Natural “El Tundo”.....	21
Figura 5.	Registro de individuos de <i>J. neotropica</i> : A) Identificación de árboles, B) Georreferenciación de los árboles.....	21
Figura 6.	Medición del DAP a 1,30 cm de los árboles de <i>J. neotropica</i> .....	22
Figura 7.	Medición de la altura comercial de los individuos de <i>J. neotropica</i> , utilizando el clinómetro digital.....	22
Figura 8.	Selección e identificación de los árboles de <i>J. neotropica</i> , con características fenotípicas sobresalientes.....	23
Figura 9.	Tipo de método “No destructivo Hohenald”.....	24
Figura 10.	Mediciones de las secciones transversales de los árboles de <i>J. neotropica</i> : A) Ascenso por el fuste del árbol con arnés y escalera, B) Medición de secciones transversales con cinta métrica.....	25
Figura 11.	Identificación y selección del árbol plus de <i>J. neotropica</i> .....	28
Figura 12.	Diseño e instalación de unidades de muestreo para la evaluación de la regeneración natural.....	28
Figura 13.	Contabilización y medición de las variables DAP y Ht de los individuos de <i>J. neotropica</i> .....	29

Figura 14.	Diseño de parcela para determinar el carbono almacenado.....	30
Figura 15.	Colecta y pesado in situ de la necromasa de <i>J. neotropica</i> .....	30
Figura 16.	Preparación de muestras de necromasa, en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la UNL, para determinar el peso seco.....	31
Figura 17.	Número de individuos de <i>J. neotropica</i> , registrados por hectárea.....	33
Figura 18.	Estructura diamétrica y Curva de tendencia exponencial de los individuos de <i>J. neotropica</i> .....	34
Figura 19.	Altura total y comercial promedio por clase diamétrica de <i>J. neotropica</i> , en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga (n=49).....	35
Figura 20.	Volumen promedio utilizando el factor de forma MAE 0,7 y de la presente investigación 0,83 de <i>J. neotropica</i> .....	37
Figura 21.	Individuos de regeneración natural de <i>J. neotropica</i> .....	38

## Índice de Anexos:

Anexo 1. Delimitación de una parcela temporal de muestreo, de una hectárea en la Reserva Natural “El Tundo”.....	54
Anexo 2. Mediciones de secciones transversales de <i>J. neotropica</i> , cada dos metros con el uso de un arnés.....	55
Anexo 3. Calculo del volumen comercial y total utilizando el factor de forma 0,83 .....	56
Anexo 4. Hoja de campo para la recolección de información de regeneración natural de la especie.....	58
Anexo 5. Instalación de unidades de muestreo y medición de individuos de regeneración natural de <i>J. neotropica</i> .....	59
Anexo 6. Valores de biomasa y carbono (Ton/C/ha) fijado en la necromasa de <i>J. neotropica</i> , en la Reserva Natural “El Tundo”.....	60
Anexo 7. Conteo de anillos de crecimiento de <i>J. neotropica</i> en una sección transversal (158 años).....	61
Anexo 8. Certificación de traducción.....	62

## **1. Título**

Factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en necromasa de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, Cantón Sozoranga  
Provincia de Loja



## 2. Resumen

El uso excesivo y la drástica reducción de su hábitat natural *J. neotropica* ha sido y sigue siendo muy aprovechada, lo que ha provocado que la especie se encuentre actualmente en peligro de extinción. Es por ello que, con el propósito de generar información sobre el factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en la necromasa de *J. neotropica*, se realizó la presente investigación en un bosque natural de Nogal, ubicado en la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja, donde se realizó un inventario forestal, siguiendo dos métodos: el primero según el método estadístico al 100 % y el segundo según el objetivo para el manejo de bosque natural. Para determinar el factor de forma se midió las secciones transversales de cada individuo en pie, cada dos metros utilizando la fórmula de Smalian. Respecto a la regeneración natural se instaló tres subparcelas, en las que se registró los brinzales (2 x 2 m), latizal bajo (5 x 5 m) y latizal alto (10 x 10 m). Para el almacenamiento de carbono se instalaron cuatro parcelas, recolectando la necromasa total y se colectó 300 g de cada componente, para determinar la relación peso seco/peso húmedo. Los resultados obtenidos en la presente investigación, mostraron que el factor de forma fue de 0,83, lo que nos indica que la especie presenta la forma de un cilindro. La regeneración natural registró la existencia de 3 individuos en la categoría de brinzal mientras que en la categoría latizal bajo y latizal alto no se registraron individuos. El carbono almacenado en la necromasa, fue de 16,97 Ton C/ha. A partir de esta información, se establecen las bases científicas para realizar posteriores investigaciones, que prioricen la necesidad de continuar realizando monitoreo, evaluaciones a mediano y largo plazo, para conocer la silvicultura de la especie.

**Palabras clave:** *Juglans*, bosques montanos, regeneración natural, biomasa, carbono.

## **Abstract**

The excessive use and drastic reduction of its natural habitat *J. neotropica* has been and continues to be heavily exploited, which has caused the species to be currently in danger of extinction. That is why, in order to generate information on the form factor, natural regeneration and carbon stored in the necromass of *J. neotropica*, this research was conducted in a natural walnut forest, located in the Natural Reserve "El Tundo", canton Sozoranga, province of Loja, where a forest inventory was conducted, following two methods: the first according to the statistical method at 100 % and the second according to the objective for the management of natural forest. To determine the shape factor, the cross sections of each standing individual were measured every two meters using the Smalian formula. With respect to natural regeneration, three subplots were installed, in which the saplings (2 x 2 m), low grassland (5 x 5 m) and high grassland (10 x 10 m) were recorded. For carbon storage, four plots were installed, collecting the total necromass and 300 g of each component to determine the dry weight/wet weight ratio. The results obtained in this research showed that the shape factor was 0.83, which indicates that the species has the shape of a cylinder. The natural regeneration recorded the existence of three individuals in the sapling category, while no individuals were recorded in the low grassland and high grassland categories. The carbon stored in the necromass was 16.97 Ton C/ha. Based on this information, the scientific basis for further research is established, which prioritizes the need to continue monitoring, evaluations in the medium and long term, in order to know the silviculture of the species.

**Keywords:** *Juglans*, montane forests, natural regeneration, biomass, carbon.

### 3. Introducción

En los países Andinos cerca de 30 millones de hectáreas, desde Venezuela hasta Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Argentina son bosques montanos (Brown et al., 2006), los cuales se ubican desde los 2 400 hasta 3 000 m s.n.m. y se caracterizan porque la mayoría de sus árboles presentan fustes retorcidos, con una altura máxima del dosel de 5 a 18 m, diámetros máximos de 40 cm y los árboles están cubiertos por abundantes epifitas: helechos, musgos, orquídeas, bromelias, situación que ayuda para que la humedad atmosférica alta reinante se convierta en precipitación horizontal en el bosque (Lozano y Yaguana, 2009).

Los bosques montanos son ecosistemas naturales frágiles (Brown et al., 2006), que cumplen funciones ecosistemáticas importantes, para satisfacer las necesidades de las poblaciones humanas al proveer bienes y servicios ambientales, tales como, madera, leña fibras, frutos, regulación hídrica, entre otros, debido a su alta diversidad y endemismo que posee (Cuesta et al., 2009; Abud y Torres, 2016; Aguirre et al., 2018). Pese a su importancia en la provisión de múltiples servicios ecosistémicos, han sufrido procesos de intervención antrópica como el cambio del uso del suelo, los incendios forestales, la tala selectiva, la minería y el cambio climático que han ejercido gran influencia en la deforestación y degradación de los bosques montanos (Quintero et al., 2017).

En el Ecuador el bosque húmedo montano bajo del sur registra especies botánicas características como: *Phytolacca dioica* (Phytolaccaceae); *Zanthoxylum lepidopteriphilum* (Rutaceae); *Barnadesia arborea* (Asteraceae); *Ruagea pubescens* (Meliaceae); *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* (Podocarpaceae); *Mauria simplicifolia* (Anacardiaceae); *Oreopanax rosei* (Araliaceae); *Duranta mutisii* (Verbenaceae); *Brunellia* sp. (Brunelliaceae); *Cyathea* sp. (Cyatheaceae); *Gunnera pilosa* (Gunneraceae); *J. neotropica* (Juglandaceae); *Nectandra laurel* (Lauraceae); *Miconia* sp. (Melastomataceae); *Odontoglossum* sp., *Pleurothallis* sp. (Orchidaceae); *Passiflora punctata* (Passifloraceae); *Oreocallis grandiflora*, *Panopsis metcalfei* (Proteaceae); *Guzmania gloriosa* (Bromeliaceae) (Lozano, 2002).

*J. neotropica*, es una especie característica de los bosques montanos, históricamente presenta múltiples usos para las comunidades de la zona andina de América del Sur. Esta especie tiene alto valor comercial, siendo su madera demandada en los mercados, sus hojas y frutos en las industrias textil, de alimentos y de la medicina (Toro y Roldán, 2018). Por sus servicios

ambientales, restauración ecológica de suelos degradados, mantenimiento de la calidad del aire y del agua, *J. neotropica*, es una especie clave para la adaptación al cambio climático (Toro y Roldán, 2018). En la actualidad es una especie escasa, relativamente difícil de encontrar, con una regeneración natural limitante, debido a las condiciones morfológicas y fisiológicas de la semilla (Toro y Roldán, 2018), la misma que presenta un alto contenido graso y es por esta característica, que posee un bajo poder germinativo y una viabilidad relativamente baja (Barreto et al., 1990). Esta especie ha sido y sigue siendo muy aprovechada, tanto así que su excesivo uso y la drástica reducción de su hábitat natural, le han categorizado según la Lista Roja de la IUCN (1996) como una especie en “*peligro de extinción*”.

En el Ecuador, según el Acuerdo Ministerial 128, expendido mediante Registro Oficial 416 de 13 de diciembre del 2006, por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2014), para las especies latifoliadas provenientes de bosques andinos utiliza un factor de forma de 0,7 para el cálculo del volumen. Sin embargo, para *J. neotropica*, la normativa no se ajusta al volumen real que se obtiene, debido a que en los inventarios forestales realizados, se ha detectado que el factor de forma no toma en consideración las características propias del fuste; por lo que, es necesario realizar investigaciones, que permitan obtener el factor real para la especie (Ojeda, 1983).

Bajo este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo fundamental obtener datos más reales sobre la especie, para generar información, que permita aportar estrategias para la conservación, aprovechamiento del recurso forestal y conocer la silvicultura de la especie.

Con los antecedentes mencionados, el presente trabajo de investigación, fue realizado en la Reserva Natural “El Tundo”, en el cual se plantearon tres preguntas de investigación: i) ¿Cuál es el factor de forma de *J. neotropica* ?, ii) ¿Cuál es el estado de regeneración natural de *J. neotropica*?; y, iii) ¿Cuánto carbono almacena un bosque de *J. neotropica*?

Los objetivos planteados fueron los siguientes:

#### **Objetivo general:**

- Contribuir con conocimientos sobre el factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en necromasa de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja.

**Objetivos específicos:**

- Determinar el factor de forma de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja.
- Evaluar la regeneración natural de *Juglans neotropica* Diels, existente en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja.
- Cuantificar el carbono almacenado de la necromasa en una hectárea de *Juglans neotropica* Diels, de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Bosques andinos**

Los bosques andinos son considerados como sistemas biológicos muy complejos con alta diversidad biológica, constituyen el hábitat de numerosas especies y cumplen importantes funciones, entre éstas, la regulación hídrica y el control de la erosión (Bussmann, 2005). Se ubica a ambos lados de la cordillera de los Andes entre 1 800 a 3 000 m s.n.m. con una temperatura promedio de 12 °C y con una precipitación de 1 200 mm (Aguirre, 2018).

Esté ecosistema se distribuye a lo largo de los flancos de las vertientes externas e internas de las cordilleras en los Andes del Norte, los mismos que forman un gradiente continuo de más de 2 500 m s.n.m., delimitados por los enclaves secos de los valles interandinos (Becerra et al., 2014).

Los bosque andinos se caracterizan por tener una vegetación siempreverde con árboles grandes, retorcidos frondosos, cubiertos por abundantes epifitas como: helechos, musgos, orquídeas, bromelías y aráceas debido a la humedad (Aguirre, 2018), así mismo por la presencia frecuente de nubes o neblina que forman la precipitación horizontal (Vargas et al., 2012).

### **4.2. Inventario Forestal**

Un inventario forestal es un procedimiento útil para obtener información necesaria para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento forestal que conforman el bosque, por medio de parcelas de muestreo en una determinada área (Orozco y Brumér, 2002).

El inventario forestal debe recabar cinco tipos de información: área de bosques, localización y distribución por tipos de bosque, cantidad de recursos existentes, calidad de los recursos y cómo cambian estos en el tiempo (Orozco y Brumér, 2002).

#### ***4.2.1. Tipos de inventario Forestal***

Los inventario forestal se clasifican según: el método estadístico y según su objetivo (Orozco y Brumér, 2002).

#### ***4.2.2. Clasificación de inventarios por método estadístico***

- Inventario al 100% y muestreo al azar (estratificado y sin estratificar).
- Muestreo sistemático (estratificado y sin estratificar).

#### 4.2.3. Clasificación de inventarios según los objetivos

- **Inventario exploratorio:** Tienen como objetivo recolectar información básica para la evaluación y monitoreo de bosques a gran escala y de interés gubernamental o para estudios de factibilidad de empresas forestales. Estos inventarios son de baja a mediana intensidad de muestreo (0,1 % a 2% del área).
- **Inventario para manejo de bosques naturales:** Permite establecer las pautas de manejo a mediano y largo plazo, las cuales se incluyen en el plan general de manejo (PGM). Este inventario busca determinar los valores de los criterios silvícolas que se deben de aplicar durante el proceso de manejo, y principalmente durante las cosechas con una intensidad entre 1 y 5% del área total efectiva de manejo.
- **Inventario para aprovechamiento forestal:** Estos inventarios que se hacen sobre áreas definidas de corta anual donde se recorre el área de aprovechamiento en su totalidad al 100 %.
- **Inventario para manejo de plantaciones:** Es aquel que debe recabar información sobre las características dasométricas de cada rodal en la plantación, el mismo que debe calcular el área total, el área efectiva y el área de zonas de protección. La información requerida se dirige principalmente a identificar la necesidad de podas y raleos, y a conocer la cantidad y calidad de productos en la plantación.

#### 4.3. Volumen

El volumen de los árboles es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada, se puede determinar ya sean en pie o talados que frecuentemente se subdividen en trozas. Para conocer el volumen de un árbol o de sus partes se puede seguir distintos métodos (Yner, 2014).

- El desplazamiento de agua (Principio de Arquímedes)
- El peso (relación entre el volumen y el peso)
- La cubicación (medida de dimensiones geométricas)

#### 4.3.1. Cubicación de trozas

Las trozas se conocen también con los nombres de rollizos, es la determinación del volumen del fuste en cuestión como un todo, por medio de fórmulas. Una de la fórmula más conocida y utilizada es la de Smalian cuya fórmula es (Lojan, 2005).

$$V = L * \left(\frac{A1 + A2}{2}\right)$$

Donde:

V = Volumen de la troza

L = Largo de la troza

A1 = Área en un extremo

A2 = Área en el otro extremo

#### 4.3.2. Factor de forma

El factor de forma se lo conoce también como: coeficiente mórfico (CM), coeficiente de forma (CF). La forma del árbol sirve principalmente para los cálculos de su volumen geométrico, la forma se debe a la disminución del diámetro con el aumento de altura y para valorar, se busca la relación del volumen del árbol con el volumen de un sólido geométrico, el mismo que expresa la forma del fuste mediante un número (Ugalde, 1981), cómo son: el cilindro y el paraboloides para la parte media del fuste, el cono de lados rectos para la parte superior del fuste y el neiloide para la base (Mejía, 2013).

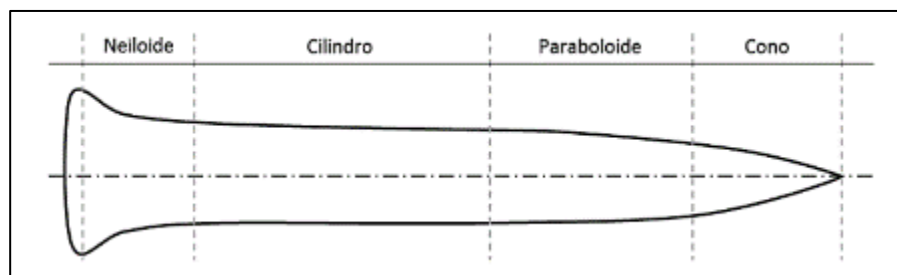


Figura 1. Forma del fuste de un árbol.



#### **4.4. Regeneración natural**

La regeneración natural es el proceso por el que en un espacio y tiempo determinado se produce la aparición de nuevas especies forestales sin intervención de la acción directa o indirecta del hombre (Serrada, 2003); además constituye el conjunto de actividades ecológicas cíclicas que depende de factores bióticos y abióticos, así como de las actividades antrópicas que ocurren dentro del bosque (Muñoz, 2017).

La regeneración natural ocurre en varias etapas como: producción y dispersión de semillas, germinación y establecimiento de las plántulas. Cada una de estas etapas representa una fase importante en la demografía de las especies, ya que los primeros estadios en el ciclo de vida de las plantas (semillas y plántulas) son los más vulnerables a presentar altos riesgos de mortalidad (Norden, 2014), además de estos procesos ecológicos depende el éxito y la dominancia de las especies arbóreas a largo plazo (Pérez et al., 2013).

Así mismo la regeneración natural permite recuperar los atributos esenciales de los ecosistemas entre ellos la composición, estructura y función, los cuales influyen en la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que este provee (Murcia y Guariguata, 2014). De forma global, la regeneración contribuye a la recuperación del capital natural del cual dependen los seres humanos y la resiliencia de los ecosistemas (Aronson et al., 2007).

##### ***4.4.1. Factores asociados a la regeneración natural***

Los factores que modulan la regeneración natural del bosque, se han descrito como bióticos y abióticos. Se entienden como factores bióticos todas interacciones bióticas que las especies vegetales pueden sostener con otras especies microbianas, vegetales o animales. Por otra parte, los factores abióticos son las condiciones ambientales, derivadas de las características propias del suelo (disponibilidad de agua, compactación, infiltración, etc.), del microclima (disponibilidad de luz, humedad, temperatura, etc.) o relacionadas con el uso del espacio, que las especies vegetales tienen que enfrentar (Pérez et al., 2013).

Así mismo para Serrada (2003) la regeneración natural se puede dar sólo cuando la especie se encuentra en condiciones favorables de los factores ecológicos que definen su estación; además la masa por regenerar deberá tener madurez y producción suficiente de semilla.

#### 4.5. Evaluación de la regeneración natural

Orozco y Brumér (2002) mencionan que el conocimiento y la metodología para muestrear la regeneración natural determinan la sostenibilidad a largo plazo de la producción maderera cuando se habla de explotación en bosques nativos. Es por eso que dichos autores contabilizan a los individuos de la especie en tres categorías de regeneración (brinzales, latizales bajos y latizales altos) (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías de regeneración natural

<b>Categorías de regeneración</b>	<b>Dimensión</b>
Brinzal	0,30 m - <1,5 m altura
Latizal bajo	$\geq 1,5$ m - 4,9 cm dap
Latizal alto	$\geq 5$ cm - 9,9 cm dap

Fuente: Orozco y Brumér (2002)

Para cada categoría de regeneración por inventariar se utiliza una unidad de registro de tamaño diferente, de manera que a medida que el tamaño de la regeneración aumenta, aumenta también el tamaño de la parcela de muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. Tamaño e intensidad de las parcelas de muestreo.

<b>Categoría de regeneración</b>	<b>Tamaño de unidad de registro</b>
Brinzal	2 m x 2 m
Latizal bajo	5 m x 5 m
Latizal alto	10 m x 10 m

Fuente: Orozco y Brumér (2002)

La selección del área se puede hacer de manera aleatoria o sistemática. Si se utiliza el muestreo sistemático, se deben determinar previamente las direcciones y distancias para la instalación de las parcelas. Usualmente se prefiere realizar un muestreo sistemático, ya que da mayor facilidad de acceso y agiliza las labores de campo (Orozco y Brumér, 2002).

#### 4.6. Captura de carbono

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. Este problema se acentúa por el rápido incremento actual en las emisiones de gases de efecto invernadero "GEI" (Benjamín y Masera, 2001).

Según Patiño et al., (2018) los sistemas de uso de la tierra que incluyen leñosas perennes, tal como como bosques, plantaciones forestales y sistemas agroforestales mitigan el cambio climático al fijar carbono en biomasa, necromasa y suelos, donde permanece un largo tiempo secuestrado (Manchabajoy et al., 2022).

#### **4.7. Ciclo de carbono**

El carbono existente en la atmosfera es absorbido por las plantas, las cuales con la ayuda del agua y la energía solar realizan la fotosíntesis; con lo cual forman azúcares que la planta utiliza para cumplir con sus funciones fisiológicas, entre una de las funciones que realizan está la del crecimiento (Pérez, 2003).

Esto con lleva a la formación de biomasa y al almacenamiento de carbono, al morir la especie vegetal o al desprenderse alguna parte de esta, el material vegetal toma en contacto con el suelo y entra en el proceso de descomposición y el carbono almacenado se desprende del material y es incorporado en el suelo (FAO, 2003), el intercambio de carbono se lo realiza de cinco formas según Martín (2010):

- La generación de compuestos de bases de carbono en las plantas a través del proceso de la fotosíntesis.
- De las plantas a los animales mediante las cadenas alimenticias.
- Mediante la respiración de todos los seres vivos hacia la atmósfera.
- Un ser vivo al morir o alguna parte que tenga contacto con el suelo y de la atmósfera a cuerpos de agua a través de la disolución.

#### **4.8. Captura de carbono en bosques**

Los ecosistemas forestales contienen grandes cantidades de Carbono almacenado en biomasa sobre el suelo (vegetación), materia muerta (necromasa) y en el suelo (sistema radicular) (Ordóñez y Masera, 2001). La vegetación es la encargada de incorporar el Carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis la misma que varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Schulze et al., 2000).

Durante el último siglo, aproximadamente 150 Pg de C han sido liberadas a la atmósfera, como consecuencia de los cambios en el uso del suelo. Esto equivale a casi 30 años de emisiones

de combustible fósil, la mayoría de los sumideros de Carbono en la vegetación están localizados en bosques (tropicales) de baja latitud (62%), mientras que la mayoría del C del suelo está localizado en los bosques de alta latitud (boreal) (54%) (FAO, 2003).

#### **4.9. Los bosques tropicales como sumideros de carbono**

Los bosques tropicales, tienen la capacidad de fijar y almacenar carbono en grandes cantidades que influyen en el ciclo global del carbono, el mismo que se acumula en las especies de los bosques a través de la fotosíntesis, lo que los convierte en “sumideros de carbono” (Lugo y Brow, 19890).

El carbono puede ser capturado mediante el crecimiento de los bosques, la reforestación y la restauración, así como en los sistemas agroforestales y silvopastoriles, el mismo que garantiza que las reservas de carbono de los bosques se mantengan a largo plazo evitando su degradación. En los trópicos, el C que está en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 ton C/ha en bosques primarios, y entre 25 y 190 ton C/ha en bosques secundarios. En bosques tropicales, los sumideros de C en el suelo varían entre 60 y 115 ton C/ha. En otros sistemas de uso del suelo, tales como los agrícolas o ganaderos, los sumideros de C en el suelo son con gran tamaño (FAO, 2003).

#### **4.10. Necromasa como componente del almacenamiento de Carbono**

La vegetación es importante para el almacenamiento de CO<sup>2</sup> en el suelo, debido a que el CO<sup>2</sup> absorbido se almacena en el suelo por medio de las raíces de las plantas, además por la descomposición de la materia orgánica. La necromasa es la materia vegetal muerta en distintos estados de descomposición y es un importante reservorio de C en los bosques tropicales (Martínez et al., 2005).

Es así que la dinámica del carbono en el suelo, se da por la materia orgánica fresca (hojarasca) y los restos orgánicos en forma de necromasa que se encuentran en la superficie del suelo, formando el primer reservorio llamado mantillo Sánchez (2016), la misma que es descompuesta por la biota edáfica (principalmente bacterias, hongos e invertebrados) hasta su degradación total, donde su C y nutrientes pasan a la atmósfera principalmente como CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, a la materia orgánica y nutrientes del suelo, o a la biota edáfica (Fragoso et al., 2001).

Finalmente, la necromasa está en continua transformación, razón por la cual existe emisión de CO<sup>2</sup> a la atmosfera, que se suma a la respiración total del suelo (respiración de raíces y del suelo humificado) (Martínez et al., 2005).

#### **4.11. Descripción taxonómica de *J. neotropica***

##### **4.11.1. Clasificación taxonómica**

El nombre del género deriva del latín iuglans, nombre romano del nogal y de la nuez, que es una abreviatura de lovis glans; bellota de Júpiter, a su vez versión latina del griego Diós bálanos, nombre de la nuez y de la castaña, que significaba literalmente: bellota o castaña de Zeus (Luna, 2015).

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fagales

**Familia:** Juglandaceae

**Género:** *Juglans*

**Especie:** *neotropica*

**Nombre Científico:** *J. neotropica*

**Nombre común:** Nogal

##### **4.11.2. Descripción botánica de *J. neotropica***

El nogal es un árbol de hasta 35 m de altura y diámetros a veces de hasta más de 1 m. Tronco recto, cilíndrico, libre de ramas hasta un 50% de altura, corteza gruesa, grisácea, áspera, fisurada longitudinalmente. Copa globosa irregular, amplia y extendida, rala, con ramificación casi horizontal, follaje caducifolio y verde amarillento (Minga y Verdugo, 2016).

Su Sistema radicular es muy desarrollado formado por una raíz principal pivotante y un sistema secundario de raíces someras y robustas bien profundas y ramificadas (CVC – FUNAGUA, 2011).

Las Hojas son compuestas caducifolias, con 5 a 9 pares de folíolos de forma ovalado-lanceolada, de colores verde oscuro y aromáticas al frotarlas (Minga y Verdugo, 2016).

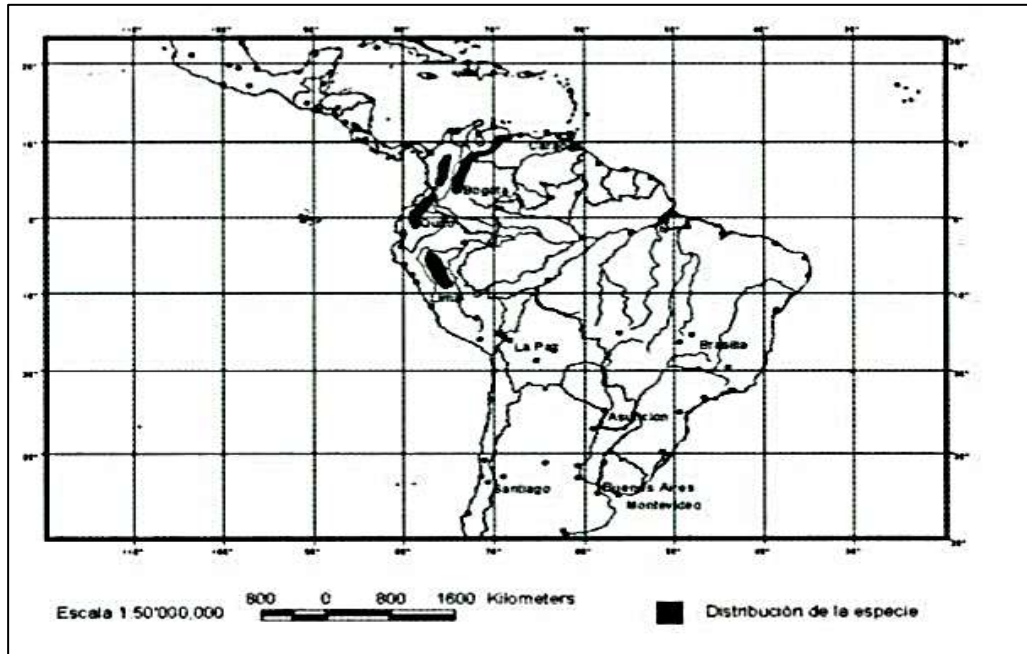
Las Flores es una especie monoica con flores unisexuales, las masculinas agrupadas en amentos pendulares de hasta 20 cm de largo, provistas de numerosos estambres, con anteras dehiscentes longitudinalmente. Flores femeninas reunidas en inflorescencias de 6 cm de largo, sostenidas por una bráctea, con 4 sépalos fusionados al ovario (Minga y Verdugo, 2016).

El Fruto es una Drupa redonda de 4 a 6 cm de diámetro con una semilla de embrión ovoide y cotiledones corrugados, epicarpio y mesocarpo carnosos, endocarpo duro, leñoso (Minga y Verdugo, 2016).

Las semillas son recalcitrantes tipo nuez, cerebroide, profundamente fisurada, leñosa, oleaginosa en su interior tiene una almendra blanca que ocupa casi toda la cavidad de la semilla (Minga y Verdugo, 2016).

#### **4.12. Distribución de *J. neotropica* en Ecuador**

El Nogal se distribuye en los Andes sudamericanos en una variación altitudinal que va desde los 1 000 a 3 000 m s.n.m. especialmente en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Barreto et al., 1990) (Figura 2). En Ecuador se encuentra en la región interandina, en los valles y estribaciones de la cordillera de Los Andes entre los 1 400 y 3 500 m s.n.m. en las provincias de Azuay, Bolívar, Chimborazo, Loja (zonas de Loja, Sozoranga y Celica), Napo, Pichincha y Tungurahua (Ecuador Forestal, 2010), siendo la mejor zona de crecimiento y desarrollo natural desde 1 800 a 2 800 m s.n.m. (Toro y Roldán, 2018).



Fuente: Ospina et al. (2003)

Figura 2. Distribución de *J. neotropica*, en América del sur.

## 5. Metodología

### 5.1. Área de estudio

#### 5.1.1. Ubicación política

La presente investigación, se desarrolló en la Reserva Natural “El Tundo” la misma que se encuentra ubicada en la Región de Endemismo Tumbesino, dentro del área del Bosque Protector Jatumpamba, localizado en la zona sur del Ecuador, al occidente de la provincia de Loja, cantón Sozoranga, provincia de Loja (Figura 3). Posee una superficie total de 150 ha de bosque, a una elevación entre los 1 800 – 2 400 m s.n.m. (Klitgaard et al., 1999).

#### 5.1.2. Ubicación geográfica

El bosque protector “El Tundo” se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas UTM: Norte: 632 767 y Sur: 9 523 280 (Moncada, 2012). El bosque protector es parte de la microcuenca “Tundo-Papayal” la cual forma parte de la subcuenca del río Macará y esta a su vez con la cuenca binacional Catamayo-Chira, compartiendo territorio entre los cantones Sozoranga y Macará (Desarrollo Forestal Campesino [DFC], 1998).

Para desarrollar la presente investigación, se estableció un total de cuatro puntos para delimitar el área de estudio, los mismos se muestran en la Tabla 3 y Figura 3, tomando como referencia el sistema de coordenadas UTM.

Tabla 3. Ubicación de puntos en WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S

Código de puntos	N° de puntos	Localización UTM	
		Este	Norte
P_1	1	0631363	9522246
P_2	2	0631273	9522235
P_3	3	0631268	9522146
P_4	4	0631369	9522147



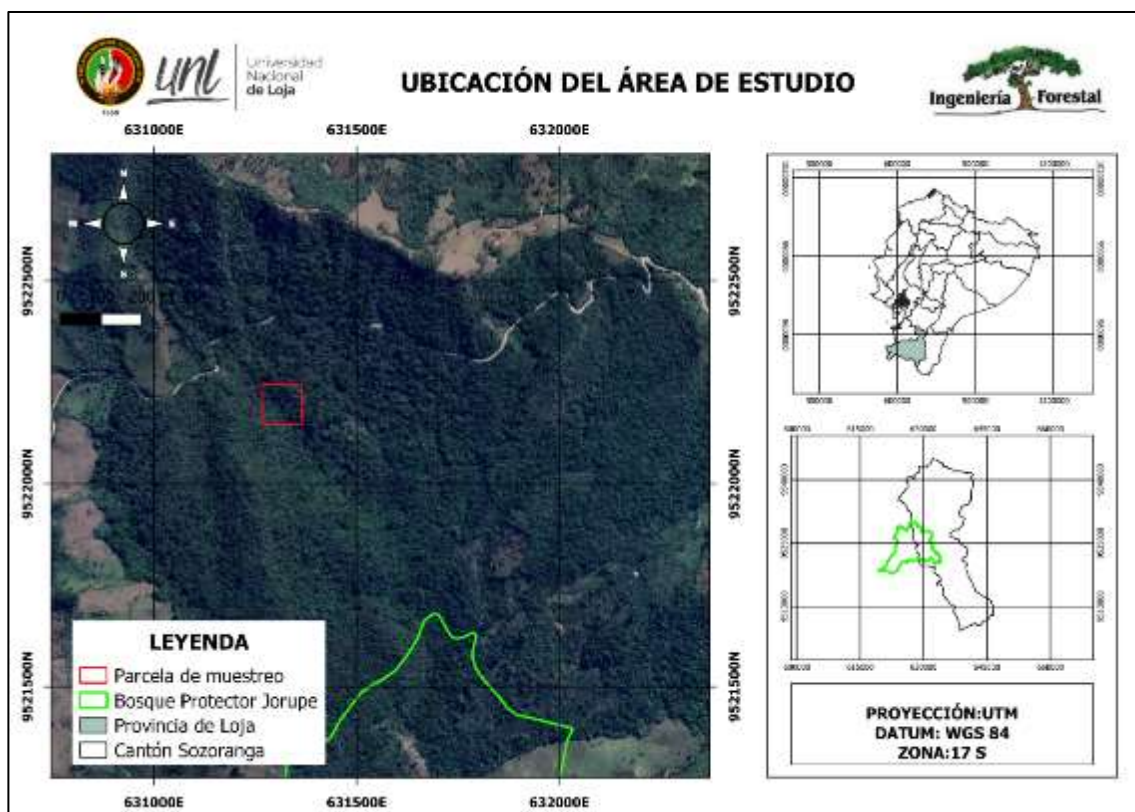


Figura 3. Ubicación del área de estudio.

### 5.1.3. Clima

El bosque protector “El Tundo” se encuentra dentro de la zona de vida Bosque húmedo montano bajo (bh-MB). La temperatura varía por la altitud que va desde 22 °C en la parte baja, a 14 °C en la parte alta. La precipitación, está influenciada por factores de orden oceanográfico y es de aproximadamente de 1 000 mm anuales, distribuidos entre los meses de enero a mayo, con un régimen tipo Costa (DFC, 1998).

### 5.1.4. Vegetación

La cubierta vegetal (150 ha) está conformada de remanentes de bosque seco tropical en un buen estado de conservación, en conjunto con remanentes de bosque de neblina montano, matorrales en regeneración y áreas cultivadas (BirdLife, 2014); de las cuales, el 30 % corresponde a bosque nativo, otro 30 % a pastos cultivados y el restante 40 % a cultivos. En el bosque nativo, parcialmente intervenido, predominan el Nogal (*J. neotropica*), Changue (*Cupania* sp.), Saquillo (*Myrcianthes* sp) y Canelo (*Nectandra* sp) (DFC, 1998).

### ***5.1.5. Topografía***

El bosque se ubica en terrenos con pendientes de hasta un 70 %, la topografía es irregular debido a que el área forestal se ubica en la parte media y alta de la microcuenca hidrológica Tundo-Papayal (Klitgaard et al., 1999).

### ***5.1.6. Suelos***

Los suelos pertenecen al orden entisol degradado, ustropets, con un pH neutro, poco profundos de coloración blanco, amarillo y gris y textura arcillo-arenoso (Cañadas, 1983).

## 5.2. Metodología para determinar el factor de forma de *J. neotropica*, en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja.

### 5.2.1. Tipo de inventario forestal

Para el establecimiento de la parcela temporal de muestreo (PTM) dentro del bosque, se realizó un inventario forestal exhaustivo, empleando dos métodos distintos (Orozco y Brumér, 2002):

1. Método estadístico: Se realizó un inventario del 100 % con muestreo al azar, y el segundo.
2. Método basado en objetivos: Se realizó, un inventario para el manejo de bosques naturales, el mismo que tiene un rango de intensidad de muestreo entre el 1 a 5% de la superficie total.

Para determinar la fiabilidad y representatividad de la zona muestreada, se aplicó la fórmula de intensidad de muestreo (I).

$$I = \frac{\text{Superficie de la muestra}}{\text{Superficie de la poblacion}} \times 100$$

Donde:

I: Intensidad de muestreo

Sm: Superficie de la muestra

Sp: Superficie de la población

100: Constante

### 5.2.2. Selección y delimitación del área de estudio

Como se muestra en la figura 4, se delimito una PTM de una hectárea con la ayuda de una brújula y GPS Garmin Montana 650, en la ubicación central dentro del bosque con el objetivo de evitar el efecto de borde (Anexo 1).



Figura 4. Delimitación de la parcela temporal de muestreo (1ha) en la Reserva Natural “El Tundo”.

### 5.2.3. Toma de datos en campo

Se georreferenciaron los individuos con un diámetro a la altura del pecho ( $DAP_{1,30\text{ m}} \geq 10$  cm) utilizando un dispositivo GPS Garmin Montana 650. Una vez finalizado el inventario y la georreferenciación los individuos existentes de *J. neotropica*, se evaluaron las siguientes variables dasométricas: diámetro a la altura del pecho ( $DAP_{1,30\text{ m}}$ ) en cm, altura comercial (HC) y altura total (HT) en m (Figura 5). A continuación, los datos de DAP de los individuos inventariados se organizaron en clases diamétricas de 10 cm de amplitud, siguiendo el protocolo establecido por Lamprecht (1990).



Figura 5. Registro de individuos de *J. neotropica* A) Identificación de árboles, B) Georreferenciación de los árboles.



#### 5.2.4. Cálculo de variables dasométricas

Las variables dasométricas de los árboles se midieron en el bosque de la siguiente forma:

##### 5.2.4.1. Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Para la medición de diámetros (DAP) de los individuos de *J. neotropica*, en pie se lo realizó con la cinta diamétrica, la misma que fue tomada a una altura estandarizada de 1,30 metros sobre el nivel del suelo, con diámetros  $\geq$  a 10 cm (Figura 6).



Figura 6. Medición del DAP a 1,30 m de los árboles de *J. neotropica*.

##### 5.2.4.2. Altura comercial (Hc)

La altura comercial de cada árbol en pie, se midió utilizando el instrumento de medición “Clinómetro digital” expresada en metros, tomando en consideración los siguientes criterios técnicos: la presencia de ramificaciones sobresalientes, bifurcaciones, torceduras del fuste (Figura 7).

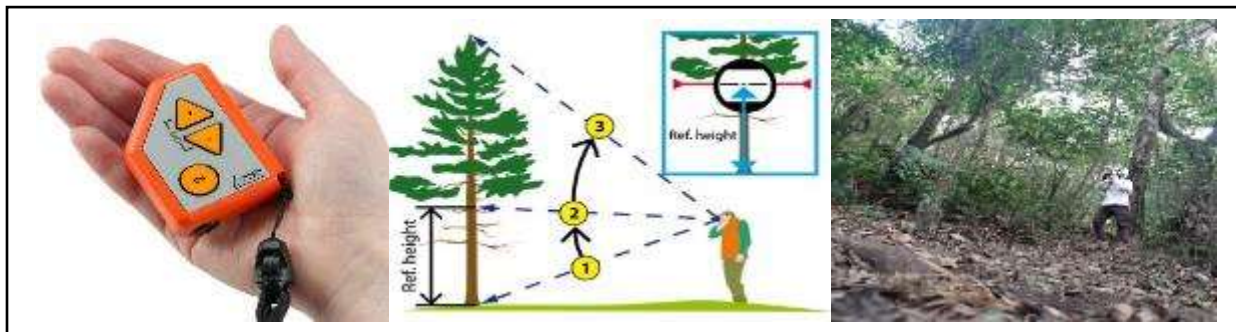


Figura 7. Medición de la altura comercial de los árboles de *J. neotropica*, utilizando el clinómetro digital.

### 5.2.4.3. Altura total (Ht)

La altura total se realizó al igual que la altura comercial, utilizando el clinómetro digital, la diferencia entre la altura comercial y total, esta última no considera los criterios técnicos tomados en cuenta en la altura comercial.

### 5.2.4.4. Cálculo del área basal (G)

El área basal permite determinar el espacio que ocupa el o los árboles en m<sup>2</sup>, dentro de un área y tiempo determinado, para ello se aplicó la fórmula propuesta por Ugalde (1981).

$$G = DAP^2 * 0.7854$$

Dónde:

G: Área basal (m<sup>2</sup>)

DAP: Sección transversal medida a 1,30 m sobre el nivel del suelo (m)

0,7854: Constante adimensional  $\pi/4$

### 5.2.5. Cálculo del factor de forma

#### 5.2.5.1. Selección de árboles de *J. neotropica*

Para la selección de los árboles, se utilizó el inventario forestal, en donde se seleccionaron 42 árboles con atributos superiores; es decir, aquellos o con las mejores características fenotípicas sobresalientes, tales como: fuste recto y limpio, sin deformaciones, sin bifurcaciones, con una intensidad de muestreo del 85 % (Figura 8).



Figura 8. Selección e identificación de los árboles de *J. neotropica*, con características fenotípicas sobresalientes.

### 5.2.5.2. Tipo de método

Como se muestra en la Figura 9, para determinar el factor de forma, no se procedió al apeo de los árboles de *J. neotropica*, por tratarse de una especie catalogada en peligro de extinción y de aprovechamiento condicionado según la (IUCN, 1996 ; MAE, 2014). Por esta razón se utilizó el método “No destructivo Hohenald” que consiste en la división relativa de la longitud vertical de la sección del árbol en pie cada dos metros, propuesto por Lima (2010).



Figura 9. Tipo de método “No destructivo Hohenald”.

### 5.2.5.3. Medición de las secciones transversales

### 5.2.5.4. Volumen real

Para la medición de las secciones transversales de los árboles en pie, se empleó escaleras y un equipo para trepar árboles como: arnés, eslinga y polea, como se puede observar en la Figura 10. Posteriormente, se dividió la altura comercial (HC) del árbol, en secciones transversales cada dos metros, para la medición del diámetro inicial ( $S_0$ ) y diámetro final ( $S_1$ ) considerando la metodología propuesta por (Ugalde,1981) (Anexo 2).





Figura 10. Mediciones de las secciones transversales de los árboles de *J. neotropica*: A) Ascenso por el fuste del árbol con arnés y escalera y medición de secciones transversales con cinta métrica.

Con la información obtenida de cada troza, se calculó el volumen real de los árboles individuales aplicando la fórmula de Smalian.

$$V_s = \left( \frac{S_0 + S_1}{2} \right) * L$$

Dónde:

Vs: Volumen de la troza por la fórmula de Smalian (m<sup>3</sup>)

L: Longitud del fuste o troza (m)

S<sub>0</sub> y S<sub>1</sub>: Áreas de las secciones transversales extremas del fuste o troza (m<sup>2</sup>).

$$V_{Real} = Troza\ 1 + Troza\ 2 + Troza\ 3 \dots \dots \dots n$$

$$V_{Real} = \Sigma\ de\ Vol.\ Ind.\ por\ trozas$$

**5.2.5.5. Volumen del cilindro**

Con la información obtenida de las variables dasométricas, se calculó el volumen del cilindro aplicando la siguiente fórmula (Ugalde,1981).

$$V_c = G * H_c$$

Dónde:

Vs: Volumen del cilindro (m<sup>3</sup>)

G: Área basal del árbol (m<sup>2</sup>)

Hc: Altura comercial del individuo (m)



Finalmente, con los datos obtenidos del volumen real y volumen del cilindro se determinó el factor de forma de *J. neotropica*, utilizando la fórmula propuesta por Ugalde (1981).

$$F = \frac{V_r}{V_c}$$

Dónde:

F: Factor de forma

V<sub>r</sub>: Volumen real del árbol

V<sub>c</sub>: Volumen del cilindro

Para determinar el tipo de forma del fuste *J. neotropica*, se utilizó la metodología propuesta por Ugalde (1981), el mismo que no se expresa bajo ninguna unidad de medida.

Tabla 4. Forma del fuste según su perfil de solido geométrico.

Forma del fuste	Factor de forma
Cilindro	0,83 a 1
Paraboloide	0,70 a 0,82
Cónico	0,50 a 0,69
Neiloide	0,35 a 0,49

Fuente: Ugalde, L. (1981)

### 5.2.6. Cálculo de variables volumétricas

Se realizó el cálculo de las variables volumétricas de los individuos en pie de *J. neotropica*, aplicando la siguiente fórmula propuesta por Ugalde (1981).

#### 5.2.6.1. Volumen total y Volumen comercial

El Volumen se determinó en base a la siguiente fórmula propuesta por Ugalde (1981). (Anexo 3).

$$V = G * H_t / H_c * F$$

Dónde:

V: Volumen de la madera (m<sup>3</sup>)

G: Área basal (m<sup>2</sup>)

H<sub>t</sub>/H<sub>c</sub>: Altura total / Altura comercial (m)

F: Factor de forma (obtenido en la presente investigación)

### 5.3. Metodología para evaluar la regeneración natural de *J. neotropica* en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja.

Para la evaluación de la regeneración natural de la especie, se aplicó la metodología propuesta por Ordoñez et al. (2001); la cual consistió en identificar el árbol con atributos superiores, es decir aquel con las mejores características fenotípicas, dasonómicas y morfológicas sobresalientes (Figura 11 ).



Figura 11. Identificación y selección del árbol plus de *J. neotropica*.

Después de identificar el árbol plus, se procedió a instalar tres subparcelas temporales de 2 m x 2 m para brinzal, de 5 m x 5 m para latizal bajo y 10 m x 10 m para latizal alto de forma anidada según lo recomendado por Ortiz y Quirós (2002), (Figura 12) (Anexo 4).

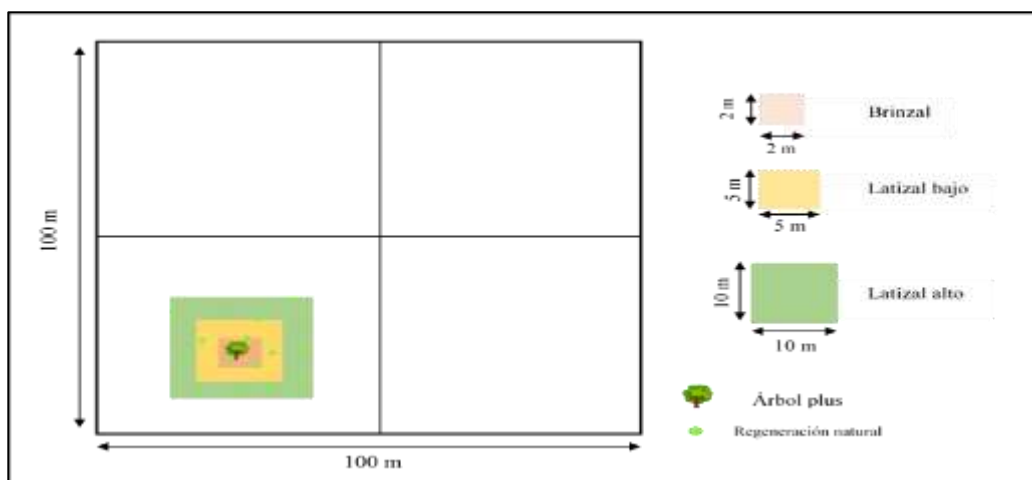


Figura 12. Diseño e instalación de unidades de muestreo para la evaluación de la regeneración natural.

Finalmente se contabilizó los individuos de la especie arbórea existentes en cada subparcela siguiendo la metodología propuesta por Orozco y Brumér (2002) quienes contabilizan a los individuos en tres categorías: Brinzal, Latizal bajo, Latizal alto (Tabla 5), además las variables que se registraron fueron: diámetro ( DAP) m, se utilizó una cinta diamétrica a 1,30 m sobre el nivel del suelo, y altura total se utilizó una cinta métrica, desde la base, hasta el ápice de cada individuo (Figura 13) (Anexo 5).

Tabla 5. Categorías de regeneración natural para la evaluación *J. neotropica*.

<b>Categorías de regeneración</b>	<b>Dimensión</b>
Brinzal	0,30 m - <1,5 m altura
Latizal bajo	$\geq 1,5$ m - 4,9 cm dap
Latizal alto	$\geq 5$ cm - 9,9 cm dap

Fuente: Orozco y Brumér (2002)



Figura 13. Contabilización y medición de las variables DAP y Ht de los individuos de *J. neotropica*.

#### 5.4. Metodología para cuantificar el carbono almacenado de la necromasa en una hectárea de *J. neotropica* de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga provincia de Loja.

Dentro de la PTM de una hectárea, fue dividida en cuatro cuadrantes de 50 m x 50 m, donde se instaló cuatro subparcelas de 1 x 1 m (1 m<sup>2</sup>) al pie de los árboles de *J. neotropica* identificados al azar, siguiendo la metodología propuesta por Schlegel et al., (2001) en base al Manual de Procedimientos para Inventario de Carbono en Ecosistemas Forestales (Figura 14).

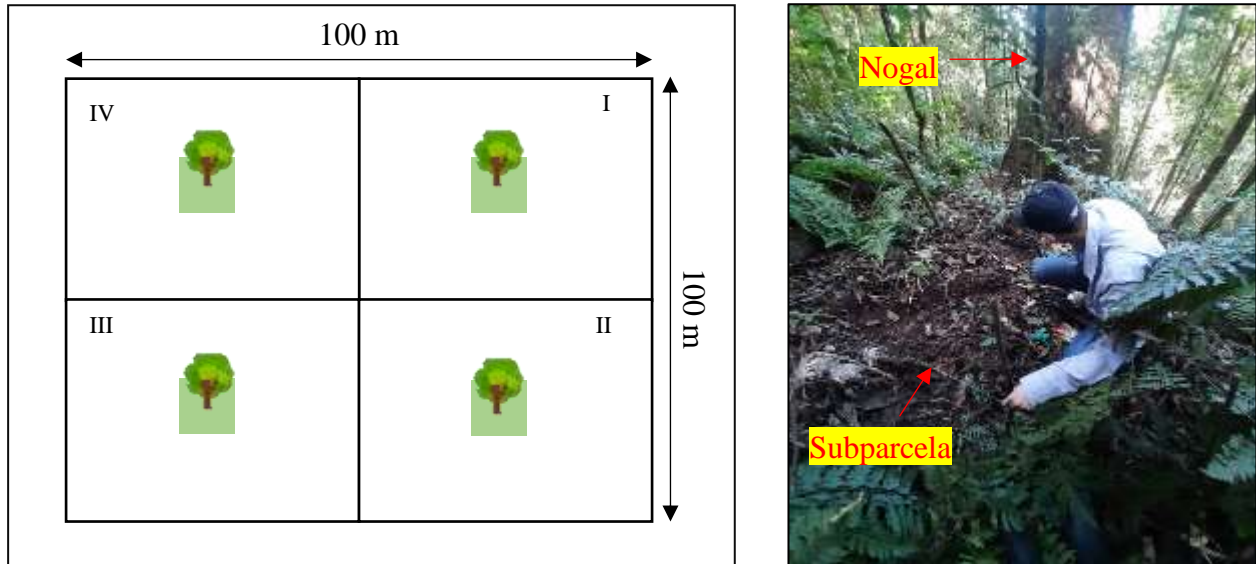


Figura 14. Diseño de parcela para determinar el carbono almacenado.

Después de instaladas las subparcelas, se recolectó todo el material vegetal considerado necromasa (hojarasca, mantillo y detritos de madera), mismos que fueron pesados *in situ* con el propósito de obtener su peso húmedo total (en campo) de cada subparcela (Figura 15).



Figura 15. Colecta y pesado *in situ* de la necromasa de *J. neotropica*.



Finalmente, obtenido todo el material vegetal de capa subparcela se obtuvo una submuestra (300 g) que fue guardada, identificada y trasladada al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Loja, para el secado en una en estufa por 72 horas, a 100 °C, hasta obtener un peso seco constante, que se usó para determinar la relación peso seco/peso húmedo (Figura 16).



Figura 16. Preparación de muestras de necromasa, en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la UNL, para determinar el peso seco.

#### 5.4.1. Biomasa en hojarasca, detritus y sotobosque

Una vez finalizado la fase campo y laboratorio, se determinó la biomasa en relación peso seco/peso húmedo siguiendo la metodología propuesta por (IPCC, 2006).

$$B = ps * \left( \frac{pf}{psl} \right)$$

Dónde:

Bt: Biomasa (Kg)

ps: peso seco de la submuestra (kg)

pf: Peso fresco total muestra obtenida en parcelas (Kg)

psl: peso fresco de la submuestra (Kg)

#### **5.4.2. Carbono almacenado total**

Para determinar el carbono almacenado total, se obtuvo a partir de todos los datos de necromasa total de cada subparcela, multiplicado por la fracción de carbono 0,47 propuesto por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el mismo que sugiere para determinar la fracción de carbono a partir de la biomasa seca, utilizando la fórmula propuesta por (IPCC, 2006).

$$**Cat = Nt * Fc**$$

Donde:

Cat: Carbono almacenado total (Ton C/ha)

Nt: Necromasa total (kg)

Fc= Fracción de carbono (0,47)

## 6. Resultados

### 6.1. Variables dasométricas de *J. neotropica*

#### 6.1.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Como se muestra en la Figura 17, en la Reserva Natural “El Tundo” a partir del muestreo realizado en una hectárea de bosque de *J. neotropica*, presenta una abundancia de 49 Ind/ha y un área basal de 12,91 m<sup>2</sup>, con un promedio de DAP de 48,92 cm, las cuales se agrupan en 10 clases diamétricas, la misma que concentra mayor abundancia, en la segunda clase diamétrica comprendida entre 20,1–30,0 cm con un total de 11 individuos, que corresponde al 22,45% respectivamente, lo que indica que la especie presenta un patrón de clase diamétrica discontinua o errática, por la ausencia de individuos en la clase diamétrica 60,1 – 70 cm (Figura 18).



Figura 17. Número de individuos de *J. neotropica*, registrados por hectárea.





Figura 18. Estructura diamétrica y Curva de tendencia exponencial de los individuos de *J. neotropica*.

### 6.1.2. Altura total y comercial de los individuos de *J. neotropica*

*J. neotropica*, no todo su fuste es madera debido a que en el área de investigación algunos de sus árboles presentan muchas torceduras y bifurcaciones por naturaleza, como se observa en la Figura 19. Por esta razón, la altura total del componente arbóreo alcanzo 33,70 m como máximo, media de 19,72 m y mínima de 7 m. Así mismo, su altura comercial alcanzo 11 m como máximo, media de 7,04 m y mínima de 2 m, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Medidas de tendencia de la de las variables dasométricas: Altura total y altura comercial en la Reserva Natural “El Tundo”.

Variables Dasométricas		
Medidas	Altura total m	Altura comercial m
<b>Max.</b>	33,70	11
<b>Med.</b>	19,72	7,04
<b>Min.</b>	7	2

**Max:** Valor máximo  
**Med:** Valor medio  
**Min:** Valor mínimo

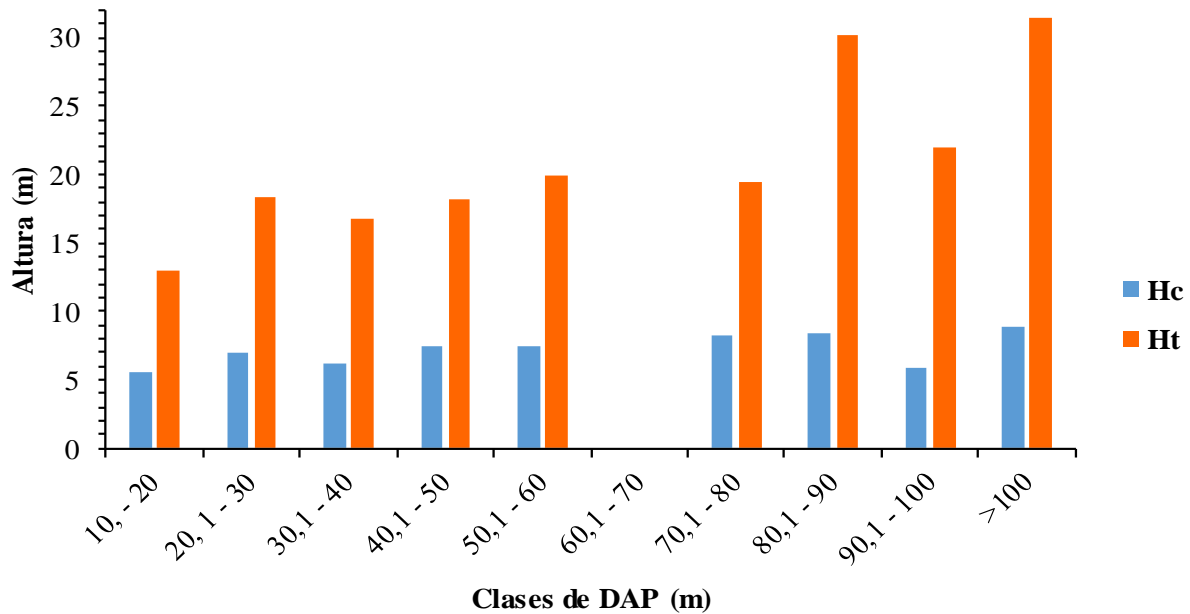


Figura 19. Altura total y comercial promedio por clase diamétrica de *J. neotropica*, en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga (n=49).

## 6.2. Factor de forma de *J. neotropica*

Como se puede observar los resultados en la Tabla 7 para los 42 árboles seleccionados en una hectárea de bosque natural la especie *J. neotropica*, los valores en DAP ( $1,30$  m) variaron de 11,46 cm a 102,50 cm, con un promedio de 44,10 cm, así mismo la altura comercial vario de 2 m a 11 m, con un promedio de 6,88 m.

Por otra parte, el factor de forma obtenido para *J. neotropica*, mediante la fórmula de Smalian fue de 0,83 en promedio. Además, se puede evidenciar que a medida que el DAP aumenta, la forma del árbol va adquiriendo mayor aproximación a la forma del cilindro perfecto y viceversa.

Tabla 7. Variables dasométricas y factor de forma promedio de *J. neotropica*. en una hectárea de bosque de la Reserva Natural “El Tundo”, en el cantón Sozoranga.

<b>Valores de las variables dasométricas de los 42 árboles</b>	<b>Dap (cm)</b>	<b>Hc (m)</b>	<b>Volumen real (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen cilindro (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Factor de forma</b>
<b>MAX</b>	102,50	11,00	5,42	7,43	1
<b>PROM</b>	44,10	6,88	1,23	1,53	0,83
<b>MIN</b>	11,46	2,00	0,04	0,05	0,7

**MAX:** Valor máximo de las variables dasométricas.  
**MIN:** Valor mínimo las variables dasométricas.  
**PROM:** Valor promedio las variables dasométricas.

### 6.3. Variable volumétrica

#### 6.3.1. Determinación y comparación del volumen comercial, utilizando el factor de forma MAE 0,7 y el obtenido en la presente investigación 0,83

La diferencia en los valores del volumen comercial en este caso *J. neotropica*, entre el factor de forma propuesto en el MAE en el Acuerdo Ministerial 125 (0,7) y el obtenido en la presente investigación (0,83), es de 13,05 m<sup>3</sup>, los valores obtenidos fueron de 70,29 m<sup>3</sup>/ha y 83,34 m<sup>3</sup>/ha respectivamente. Esta diferencia indica que existe una subestimación en el volumen comercial con el factor de forma obtenido en la presente investigación en un mayor volumen comercial con el factor de forma estipulado por el MAE. Además, se observa que el mayor volumen se encuentra en las últimas clases diamétricas, específicamente en el rango de 80,1 a >100 cm, como se muestra en la Figura 20.

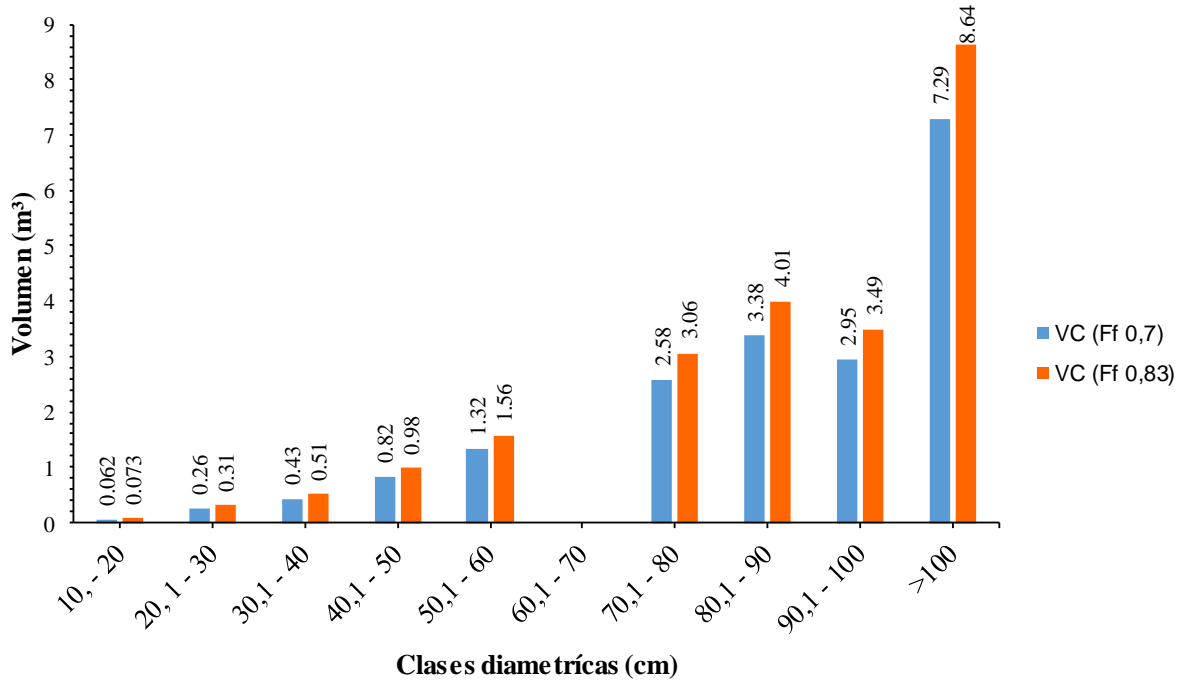


Figura 20. Volumen promedio utilizando el factor de forma MAE 0,7 y de la presente investigación 0,83 de *J. neotropica*.

#### 6.4. Regeneración natural de *J. neotropica* en la Reserva Natural “El Tundo”

En la subparcela de regeneración natural, se registró un total de 3 individuos de *J. neotropica*, distribuidas en la categoría de brinzal, mientras que, las categorías latizal bajo y latizal alto no se contabilizó individuos, respectivamente (Figura 21).

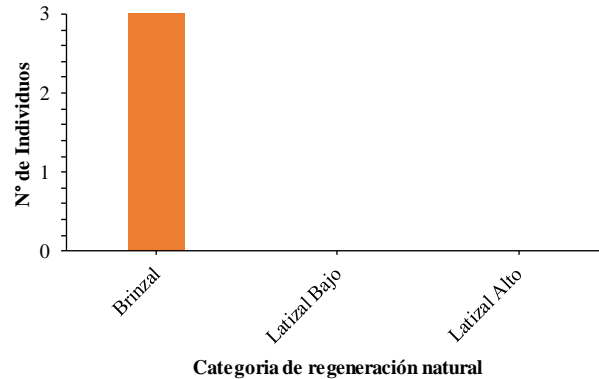


Figura 21. Individuos de regeneración natural de *J. neotropica*.

A partir de la regeneración natural registrada en 129 m<sup>2</sup>, se estimó el número de individuos por hectárea para cada categoría. Siendo la categoría brinzal, la única que presento un total de 7 500 Ind/ha; seguido por la categoría latizal bajo y latizal alto con 0 Ind/ha respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Número de individuos/ha por categoría de regeneración natural de *J. neotropica* en el bosque “El Tundo”, cantón Sozoranga.

<b>Regeneración natural</b>			
<b>Categorías</b>	<b>Muestra</b>	<b>Densidad</b>	<b>Ind/ha</b>
<b>Brinzal</b>	4 m <sup>2</sup>	3	7 500
<b>Latizal bajo</b>	25 m <sup>2</sup>	0	0
<b>Latizal alto</b>	100 m <sup>2</sup>	0	0
<b>Total</b>			<b>7 500</b>

## 6.5. Carbono almacenado en la necromasa de *J. neotropica* en la Reserva Natural “El Tundo”

Según los datos proporcionados sobre el carbono almacenado en la necromasa de *J. neotropica*, se obtuvo que en los 4 m<sup>2</sup> muestreados se encontró un total de 13,58 kg/m<sup>2</sup> de biomasa y una acumulación de 6,79 Ton C/ha. Además, en una hectárea se produjo un total de 33,94 kg/m<sup>2</sup> de biomasa, de las cuales 16,97 Ton C/ha corresponden a la cantidad de carbono acumulado, por otro parte la Reserva Natural “El Tundo”, posee una superficie de 150 ha, misma que almacena un total de 2 545,72 Ton C/ha, mismos que están respaldados por la información presentada en la Tabla 8 (Anexo 6).

Tabla 9. Contenido de biomasa y carbono almacenado en la necromasa por metro cuadrado y proyección a hectárea en la Reserva Natural “El Tundo”, cantón Sozoranga.

Necromasa de <i>J. neotropica</i>		
Área	Biomasa/m <sup>2</sup>	Carbono/m <sup>2</sup>
4 m <sup>2</sup>	13,58 kg	6,79 Ton/C/ m <sup>2</sup>
10 000 m <sup>2</sup>	33,94 kg	16,97 Ton/C/ha

## 7. Discusión

### 7.1. Variables dasométricas de *J. neotropica*

Las variables dasométricas son importantes para comprender la composición y la dinámica de los ecosistemas forestales; así como para evaluar y monitorear la productividad y el crecimiento de los árboles. En el caso de la Reserva Natural “El Tundo” *J. neotropica*, presenta una abundancia de 49 Ind/ha, estos resultados son iguales a los registrados por Palacios-Herrera et al. (2023) quien registro un total de 57, 56, 29, en el sector La merced, El Tundo, La Victoria, así mismo Carbajal (2019) registro un total de 66 en la Comunidad Nativa Palomar. Por otro lado, estos valores son menores a los registrados por Vaca (2022) y Palacios-Herrera et al. (2023) 125 Ind/ha en el Zañe y 125 Ind/ha en El Tibio y El Zañe. En lo que respecta a la abundancia de *J. neotropica*, se pudo evidenciar que existe variaciones en el número de individuos por hectárea en las diferentes localidades. Estas diferencias pueden atribuirse, que, en la actualidad, la especie se ve seriamente amenazada por actividades ganaderas y agrícolas que generan amplias zonas deforestadas, que suponen una grave amenaza ejerciendo una presión significativa sobre la supervivencia de la especie.

#### 7.1.1. Variables dasométricas: $DAP_{1,30\text{ m}}$ , *Altura total* y *Área basal*

Respecto a las variables dasométricas los resultados obtenidos en altura máxima de 33,7 m y DAP máximo 1,03 m son semejantes a los registrados por Barreto et al. (1990), Ecuador Forestal (2010), Toro y Roldán (2018), Vaca (2022) y Palacios-Herrera et al. (2023) quienes registraron que la especie alcanza alturas entre 14 y 40 m y DAP de 1,03 m, lo cual puede ser influenciado por las características climáticas y suelo entre las áreas de estudio, pese a estar situadas en lugares diferentes. Por otra parte, Toro y Roldán (2018), indican que el rango altitudinal óptimo para crecimiento y desarrollo de la especie es entre 1 800 a 2 800 m s.n.m., lo cual se comprueba en la Reserva Natural “El Tundo”, en donde la especie se desarrolla desde los 1 800 a 2 400 m s.n.m. Además en cuanto al desarrollo de la especie en plantaciones forestales, se registra que a los 50 años alcanza alturas máximas de 26 m y DAP de 0,57 m Palacios et al. (2018); y a los 20 años se registran alturas promedios de 6,18 m y DAP de 0,12 m Ramírez et al. (2019) comprendidos en los rangos altitudinales de 1 000 a 3 000 . m s.n.m.

En lo referente a la distribución por clase diamétrica, primera, segunda y tercera clase (10-40 cm) agrupa la mayor frecuencia de individuos (51,03%), resultados semejantes a los registrados por Vaca (2022) quien mostro que el 92,17 % se encuentran en categorías pequeñas de 10 - 50 cm, sin embargo en la Reserva Natural “El Tundo” *J. neotropica*, muestra una clase distribución discontinua o errática debido a la ausencia de individuos en una de sus clases diamétricas comprendida entre 60,1-70 cm, resultados iguales a los registrados por Palacios-Herrera et al. (2023) quien presento ausentismo en la clase diamétrica comprendida entre 80 – 89,9; por el contrario Vaca (2022) registro individuos jóvenes de *J. neotropica*, en proceso de recuperación y un crecimiento según su estructura de tipo J invertida. Esta divergencia se debe a que la especie no presenta una población bien estructurada con todos los estadios de desarrollo, situación que evidencia los inconvenientes que presenta la especie *J. neotropica* (Botina y Meneses, 2011) y además, Aguirre et al. (2001) manifiesta que los bosques presentan diferencias tanto en aspectos florísticos y estructurales, siendo su estructura la más evidente ya que la densidad de la vegetación varía de un lugar a otro.

La reserva natural El Tundo *J. neotropica*, presenta y un área basal de 12,91 m<sup>2</sup>/ha, estos resultados son mayores a los obtenidos por Vaca (2022) en su estudio realizado en la Hacienda La Florencia donde registro 9,17 m<sup>2</sup>/ha, Woll et al. (2023) registro 4,74 m<sup>2</sup>/ha en el valle Chanchamayo, Perú y Pizarro et al. (2018) 0,16 m<sup>2</sup>/ha en Bellamaría, cantón Santa Rosa. La diferencia del área basal se debe a que en este bosque existen individuos con diámetros máximos 138,78 cm de DAP y hasta de 33,70 m de altura. Esta divergencia de valores se debe a la diferencia estructural de los escenarios de investigación, son muy perturbados acompañada por la fragmentación y degradación de sus hábitats naturales, especialmente a causa de la ampliación de la frontera agropecuaria (Botina y Meneses, 2011).

## **7.2.Factor de forma *J. neotropica***

El factor de forma es una característica que tiene cada especie entre la disminución de su diámetro con respecto a la altura conocida como *ahusamiento*. En el Ecuador el Ministerio del Ambiente (MAE, 2014), conforme a lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 125, recomienda utilizar un factor de forma 0,7 para las especies latifoliadas, valor que es ligeramente inferior al encontrado en la Reserva Natural “El Tundo”*J. neotropica*, siendo un valor mayor de 0,83; el mismo que es próximo al determinado por Palacios et al. (2018) de 0,86; estas diferencias se deben



a que existe diferencias estadísticas significativas, entre los factores de forma encontrados en diferentes familias arbóreas como: Leguminosae, Lecythydaceae, Moraceae según Ojeda (1983), además Sánchez (2012), demostró que el factor de forma determinado en diferentes especies forestales latifoliadas como: *Cedrelinga cateniformes*, *Cordia alliodora*, *Otoba* sp., *Ceiba samauma* y *Nectandra* sp, en la provincia de Orellana no concuerdan con el factor de forma recomendado por el MAE, esto se debe a que el ahusamiento del fuste varía ampliamente, dependiendo de la especie, la ubicación regional y el sitio, posición relativa del fuste y la copa dentro del dosel, como también de los tratamientos silviculturales aplicados en el rodal (Yner, 2014). Es por esto, que existe limitante confiabilidad en la obtención del volumen propio del árbol, esto se debe a que el factor de forma utilizado por el MAE, es generalizado para todas las especies arbóreas latifoliadas, así como para diferentes sitios, por lo que Chilicahua (2013), y Palacios et al. (2018), recomiendan utilizar el factor de forma con respecto a un solo índice de sitio determinado, y a una sola especie y así poder minimizar el margen de error en los inventarios forestales, así como ocurre en la presente investigación cuyos datos obedecen a un solo sitio en la Reserva Natural “El Tundo” y especie en específico *J. neotropica*.

### **7.3. Volumen comercial de *J. neotropica***

Los cálculos del volumen de trozas de madera son motivo de diversas conjeturas, por ser utilizados inadecuadamente en el estimado o subestimado del volumen de madera, en tal sentido, surge la necesidad de evaluar el potencial volumétrico con mayor precisión por especie (Chilicahua, 2013). En lo que respecta al volumen de la especie *J. neotropica*, en la Reserva Natural “El Tundo”, se puede asegurar que el volumen comercial está por debajo de la mitad del volumen total; siendo 83,35 m<sup>3</sup> de volumen comercial y 268,44 m<sup>3</sup> el volumen total del sitio de estudio, valor mayor al registrado por Vaca (2022) siendo 76,22 m<sup>3</sup>/ha de volumen comercial y 141,17 m<sup>3</sup>/ha de volumen total en La Hacienda la Florencia, esto principalmente es debido a que el árbol presenta muchas bifurcaciones, torceduras por naturaleza debido a un crecimiento normal de la especie (Palacios et al., 2018).

Así mismo, Palacios et al. (2018) determino el volumen comercial de 95 m<sup>3</sup>/ha, resultados que son mayores a los obtenidos en la presente investigación con 83,25 m<sup>3</sup>/ha, las diferencias entre los valores puede ser debido a que la especie ha recibido manejo silvicultural en la plantación, así como también al número de individuos, clases diamétricas y factor de forma utilizados, lo que

concuerta con Vaca (2022), quien menciona que un bosque natural de *J. neotropica*, tiene una producción importante de madera en pie considerable respecto a una plantación de la misma especie.

Por otro parte, Sánchez (2012) y Chilicahua (2013), manifiestan que existe una diferencia considerable entre el volumen comercial calculado con el factor de forma obtenido en su estudio con el propuesto en la normativa, lo que concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde el volumen comercial obtenido con el factor de forma 0,83; fueron superiores al volumen comercial calculado con el factor de forma establecido por el Ministerio del Ambiente con 83,35 m<sup>3</sup>/ha y 70,29 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente, por lo tanto, se prioriza la importancia del factor de forma para obtener resultados confiables con respecto al volumen del fuste, que es la base de los resultados que ofrece un inventario forestal (Ojeda, 1983).

#### **7.4.Regeneración natural**

La regeneración natural juega un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad florística de los bosques tropicales. Es por esto que la regeneración natural de *J. neotropica*, en la zona de estudio es relativamente escasa, donde se registró 7 500 plántulas/ha en la categoría de brinzal, resultado considerablemente mayor al reportado por Vaca (2022) quien registro un total de 850 Ind/ha distribuidos en tres categorías (brinzal, latizal bajo y latizal alto) siendo la categoría latizal bajo mayor número de individuos (700 individuos), esto se debe a que las plántulas son los más vulnerables a los agentes biótico y abióticos y por ende los individuos están sujetos a altos riesgos de mortalidad (Muñoz, 2017). Por otra parte, García (2002), menciona que, la regeneración de la especie es muy baja, con presencia menor de 150 plántulas/ha; debido a que la regeneración de esta especie está ligada a la acción de agentes externos como luz, factores edáficos, temperatura, la humedad, disponibilidad de agua, oxígeno, nutrientes y tipo de suelo.

Así mismo, los resultados de la investigación coinciden con los registrados por Ecuador Forestal (2010), Toro y Roldán (2018) quienes manifiestan que la regeneración de *J. neotropica*, es escasa, debido al sobre aprovechamiento que se le da a la especie y a la poca existencia de rodales puros, con individuos muy dispersos, por lo que la mayoría de las especies del género *Juglans* poseen latencia fisiológica llevando consigo a un aislamiento poblacional, además. Así mismo, se evidencio que el fruto presenta el ataque de plagas tanto en el árbol como en el suelo de la llamada mosca de la fruta (*Anastrepha manizalensis*), misma que se alimenta del mesocarpo e

induce a la pudrición acelerada del fruto, por lo tanto, disminuye su capacidad germinativa y aumenta su grado de mortalidad haciendo que la regeneración escasee, situación que es corroborada por Barreto et al.(1990), Loewe y González (2001), Acosta-Hernández et al. (2019), y Vaca (2022), quienes evidenciaron semillas lanchadas e infectadas por esta mosca, como también al ataque de una plaga barrenador (*Gretchena garai Miller*) que se caracteriza por la muerte y caída progresiva de las hojas, causando el debilitamiento y muerte definitiva de las plántulas.

*J. neotropica*, en la Reserva Natural “El Tundo” presenta una alta mortalidad, esto se debe a que la mayoría de sus plántulas se encuentran expuestas a un total sombrío y a una alta humedad presente en el sitio, todas estas manifestaciones coinciden con lo reportado por Stone et al. (2009) y Vaca (2022) quienes mencionan situaciones similares en sus áreas de estudio.

### **7.5. Carbono almacenado en necromasa de *J. neotropica***

Son escasos los estudios desarrollados sobre esta especie, las investigaciones se centran en su propagación (Barreto et al., 1990; Loewe y González, 2001; Azas, 2016; Toro y Roldán, 2018; Ramos et al., 2019) y en las propiedades medicinales y nutricionales de sus frutos (Ospina et al., 2003; Toro y Roldán, 2018) , las características estructurales (Carbajal, 2019; Vaca, 2022) por lo que se desconoce el aporte ecosistémico que *J. neotropica* genera a los bosques donde habita, al ser una especie caducifolia su aporte de biomasa al suelo es grande y probablemente sustenta la movilización de nutrientes en el bosque (Rave-Oviedo et al., 2013).

*J. neotropica*, almacena un total de 16,97 Ton C/ha, datos menores a los registrados por Ramírez et al. (2019), en la parroquia de Pimampiro, cantón San Pedro de Pimampiro, provincia de Imbabura quienes registraron 13,19 T C/ha demuestran una menor tasa de secuestro de Carbono, la diferencia en los resultados, posiblemente se debe al estado de madurez fisiológica de la especie, como también la extensión y al número de individuos encontrados por hectárea, que difieren notablemente entre las investigaciones.

Una situación diferente se observa al carbono secuestrado en necromasa de *J. neotropica*, con 26,64 Ton/C/ha registrados por Zhang et al. (2017), en una plantación de *neotropica*, de 13 años en el suroeste de China. Estos valores son mayores si se compara con los 16,97 Ton/C/ha que muestra una menor tasa de secuestro de carbono, la diferencia puede explicarse por el limitado crecimiento de la especie producto del déficit hídrico en el bosque.

Por otra parte, en estudios realizados en bosques andinos de Huancayo, Perú, Eyzaguirre (2015) determino 15 T C/ha y Cuesta et al. (2009) entre 15 y 40 T C/ha valores que concuerdan con los resultados de esta investigación, esto puede ser debido a que los sitios de estudio presentan las mismas características climáticas y un rango altitudinal similar, lo que los convierte en un importante sumidero, tanto a escala global como a nivel de micrositio (Ayres et al., 2009).

## 8. Conclusiones

- El factor de forma obtenido de 0,83 de *J. neotropica*, en la Reserva Natural “El Tundo”, es una aproximación más exacta que el factor de forma empleado por el MAATE 0,7; ya que se ha calculado a partir de una muestra de un bosque natural por presentarse en un estado maduro, con más de 158 años de edad.
- *J. neotropica*, en la Reserva Natural “El Tundo” alcanza una regeneración natural escasa de 7 500 Ind/ha, misma que no garantiza un incremento poblacional y estabilidad de la especie en el tiempo, por lo tanto, pone en peligro de extinción a la misma.
- *J. neotropica*, registra un total de 16,97 Ton C/ha mismo que representa valores altos por el gran contenido de sus elementos (frutos y hojas) y su dinámica juega un rol muy importante en el funcionamiento del bosque, convirtiéndola en una especie clave en la adaptación ante el cambio climático y en la recuperación ecológica de suelos degradados.

## 9. Recomendaciones

- El factor de forma establecido por la normativa dispuesta por el MAATE es tendencioso en la estimación del volumen de madera, lo que se sugiere para estudios posteriores, determinar el factor de forma para cada especie forestal.
- La regeneración de natural de *J. neotropica*, constituye la sostenibilidad del recurso florístico a través del tiempo, por tanto, es necesario continuar con el monitoreo y evaluación periódica a mediano y largo plazo, ya que es considerada como un indicador de salud en el estado futuro de la dinámica del bosque.
- Para evaluar la capacidad de captura de carbono, es fundamental llevar a cabo un muestreo exhaustivo en una mayor número de parcelas. Esto permitirá profundizar los conocimientos, sobre el almacenamiento de carbono de *J. neotropica*, en los distintos componentes de almacenamiento.

## 10. Bibliografía

- Acosta-Hernández, C., Ortiz-Muñoz, E., Cornú-García, J., Perusquía-Chavez, J., & Linares-Márquez, P. (2019). *Biología y silvicultura del cedro-nogal (Juglans pyriformis) para su conservación en México* (Vol. 15). Asociación Chelonia.
- Aguirre, Z. (2018). *Especies Vegetales del Bosque Andino*  
[https://www.researchgate.net/publication/328466302\\_ESPECIES\\_VEGETALES\\_DEL\\_BOSQUE\\_ANDINO](https://www.researchgate.net/publication/328466302_ESPECIES_VEGETALES_DEL_BOSQUE_ANDINO)
- Aronson, J., Milton, S., & Blignaut, J. (2007). *Restoring Natural Capital: Definitions and rationale* (Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice).
- Ayres, E., Steltzer, H., Simmons, B., Simpson, R., Steinweg, J., & Wallenstein, M. (2009). Home-field advantage accelerates leaf litter decomposition in forest. *Soil Biology and Biochemistry*, *41*, 606-610.
- Azas, R. (2016). *Evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de nogal (Juglans neotrópica Diels) en el recinto Pumín provincia de Bolívar* [Tesis de Ingeniería Agropecuario]. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Barreto, G., Herrera, D., & Trujillo, E. (1990). *Juglans neotropica*. Ministerio de Agricultura Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente.
- Becerra, M. T., Baez, S., Cuesta, F., Bustamante, M., & Osinaga, O. (2014). *La Red de Bosques Andinos: Una plataforma regional para promover el monitoreo de biodiversidad y el diálogo entre investigadores, técnicos y tomadores de decisión en la región*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30701.54240>
- Benjamín, J., & Masera, O. (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, *7*(1), 3-12.
- BirdLife. (2014). *Bosque Protector Jatumpamba-Jorupe*.  
<http://www.birdlife.org/datazone/sitefactsheet.php?id=14649>
- Botina, J., & Meneses, O. (Eds.). (2011). *Juglans neotropica* Diels. En *Planes de manejo para la conservación de 22 especies focales de plantas en departamento del Valle del Cauca. Cali, Colombia*. (pp. 176-186).
- Brown, A., Pacheco, S., Lomáscolo, T., & Malizia, L. (2006). *Situación Ambiental en los Bosques Andinos Yungueños* (pp. 53-61).

- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203-216. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2394>
- Cañadas, L. (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador* (PRONAREG). M.A.G.
- Carbajal, H. (2019). *Estructura horizontal de especies comerciales del bosque tropical, Comunidad Nativa Palomar, sector Pomporito-Satipo* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Chilicahua, C. D. A. (2013). *Ecuaciones volumétricas para especies forestales aprovechadas de un Bosque Húmedo Tropical de la comunidad nativa Santa Mercedes, rio putumayo, Perú, 2013* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Cuesta, F., Peralvo, M., & Valarezo, N. (2009). *Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático*.
- CVC – FUNAGUA. (2011). *Planes de manejo para la conservación de 22 especies focales de plantas en departamento del Valle del Cauca* (Primera).
- Desarrollo Forestal Campesino [DFC]. (1998). *Hacia un manejo sostenido del Bosque Nativo de Nogal* (p. 58).
- Ecuador Forestal. (2010). *Fichas Técnicas de Especies Forestales: Ficha Técnica de Nogal*. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/NOGAL.pdf>.
- Eyzaguirre, I. (2015). Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú, 2013. *Revista ECIPerú*, 11(2), 11.
- FAO. (2003). *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina II*. <https://www.fao.org/3/y4435s/y4435s00.htm#Contents>
- Fragoso, C., Reyes, P., & Rojas, P. (2001). *La importancia de la biota edáfica en México. 1*, 1-10.
- García, C. (2002). *Estudio ecológico, silvícola y de utilización del nogal (Juglans olanchana Standl. & L.O. Williams) en bosque latifoliados de Honduras*.
- IPCC. (2006). Agriculture, forestry and other land uses. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme* (Vol. 4).
- IUCN. (1996). *Americas Regional Workshop Juglans neotropica (Conservation & Sustainable Management of Trees, Costa Rica, November 1996). The IUCN Red List of Threatened*



- Species*1998: E.T32078A9672729.  
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32078A9672729.en>.
- Klitgaard, B., Lozano, P., Aguirre, Z., Merino, B., Aguirre, N., Delgado, T., & Elizalde, F. (1999). Análisis Florístico y Estructural del Bosque El Tundo Sozoranga, Loja, Ecuador. *Herbario Loja*, 3, 1-24.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades para un aprovechamiento sostenido*. GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Lima, J. (2010). *Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM)* [Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais, – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus]. <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4963>
- Loewe, V., & González, M. (2001). *Nogal común (Juglans regia)*.
- Lojan, L. (2005). *Dasometría*. CATIE.
- Lozano, D., & Yaguana, C. (2009). *Composición florística, estructura y endemismo del bosque nublado de las reservas naturales: Tapichalaca y Numbala, cantón Palanda, Zamora Chinchipe* [Tesis de Ingeniería Forestal]. Universidad Nacional de Loja.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador. En *Botánica Austroecuatorial: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe* (Abya Yala, pp. 29-50). In Z. Aguirre, M. Madsen, E. Cotton, & H. Balslev.
- Lozano, P., Armas, A., Gualán, M., & Gualpa, M. (2018). Diversidad y composición florística del Bosque Los Búhos ubicado en la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(3), 12-28.
- Lugo, A., & Brow, L. (1989). Concesiones para aprovechamiento-Los bosques tropicales: ¿Fuentes o sumideros de carbono atmosférico? *Revista internacional de silvicultura y productos forestales*, 32. <https://www.fao.org/3/n9800s/n9800s02.htm>
- Luna, C. (2015). *Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal*. Universidad Nacional del Callao.
- Manchabajoy, J., Andrade, D., & Castillo, Á. (2022). Evaluación de captura de carbono en sistemas productivos de café en el departamento de Nariño. *Ciencia y Agricultura*, 19(1), 28-44.

- Martín, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: La perspectiva geológica. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 18(1), 33-46. <https://doi.org/10.1/200083-267667-1-PB.pdf>
- Martinez, J., Bremauntz, J., & Osnaya, P. (2005). *Cambio climático: Una visión desde México* (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.).
- Mejia, M. (2013). *Determinación del factor de forma de Gmelina (gmelina arborea roxb) en plantaciones de uno, dos y tres años de edad en la hacienda El Vergel cantón Valencia provincia de Los Ríos*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Minga, D., & Verdugo, A. (2016). *Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca. Serie Textos Apoyo a la Docencia Universidad del Azuay*. Imprenta Don Bosco.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador[MAE]. (2014). *Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Nativos Húmedos*.
- Moncada, Y. (2012). *Propuesta de Senderos y Señalética para el fomento del turismo en la Reserva Natural el Tundo del Cantón Sozoranga Provincia de Loja*. [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20218>
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), Article 2.
- Murcia, C., & Guariguata, M. (2014). La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades. En *Documentos Ocasionales 107*. CIFOR.
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247-261. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>
- Ojeda, W. (1983). Factor de forma preliminar para seis familias de especies forestales tropicales. *Revista Forestal del Perú*, 11(1-2), 1-6.
- Ordóñez, J., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3-12.
- Ordoñez, L., Aguirre, N., & Hofstede, R. (2001). *Sitios de recolección de semillas forestales andinas del Ecuador* (Primera).
- Orozco, L., & Brumér, C. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central* (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Ospina, C., Hernández, R., Aristizabal, F., Patiño, J., & Salazar, J. (2003). El cedro negro: Una especie promisoriosa en la zona cafetera. *Cenicafe*, 41.

- Palacios, B., Aguirre, Z., Pucha Cofrep, D., & Feijoo Feijoo, C. E. (2018). *Form Factor and productivity of a plantation of Juglans neotropica Diels, established in the pregods of the National University of Loja. 1*, 77-86.
- Palacios-Herrera, B., Pereira-Lorenzo, S., & Pucha-Cofrep, D. (2023). Natural and Artificial Occurrence, Structure, and Abundance of *Juglans neotropica* Diels in Southern Ecuador. *Agronomy*, 13(10), 2531. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102531>
- Patiño, S., Andrade, H., Suárez, L., & Segura, M. (2018). Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-guayabal, Tolima, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. <https://doi.org/10.22490/21456453.2312>
- Pérez, G. (2003). *Ciclo del carbono*. [https://www.ciclodelcarbono.com/carbono\\_en\\_la\\_atmosfera](https://www.ciclodelcarbono.com/carbono_en_la_atmosfera)
- Pérez, P., López, F., García, O., Cuevas-Reyes, P., & González-Rodríguez, A. (2013). Vista de Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: Factores facilitadores y limitantes. *Biológicas*, 1, 18-24.
- Pizarro, J., Quevedo-Alvarado, A., Romero, H., & Alex, D. (2018). Estructura y composición florística de un remanente de bosque en parroquia Bellamaría- cantón Santa Rosa. *UTMACH*, 2(1), Article 1. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/318>
- Quintero, E., Benavides, A., Moreno, N., & Gonzales-Caro, S. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia*. (1.<sup>a</sup> ed.).
- Ramírez, J., Oyos, E., & Chagna, E. (2019). Almacenamiento de carbono en plantaciones de *Juglans neotropica* Diels, con y sin asocio de *Coffea arabica* L. *Ciencias Ambientales/Environment Sciences*, 12(2), 73-80. <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.330>
- Ramos, R., Murillo, O., & Gallo, L. (2019). *Potencial de mejoramiento genético en Juglans neotropica Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo*.
- Rave-Oviedo, S., Montenegro-Ríos, M., & Molina-Rico, L. (2013). Caída y descomposición de hojarasca de *Juglans neotropica* Diels (1906) (Juglandaceae) en un bosque montano andino, Pijao (Quindío), Colombia. *SciELO*, 35(98), 1-11.
- Sánchez, D. (2016). *Evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la Península de Osa, Costa rica* [Tesis de Licenciatura en Ciencias Forestales]. Universidad Nacional.

- Sánchez, Y. (2012). *Elaboración de tablas de volúmenes y determinación de factores de forma de las especies forestales: Chuncho (Cedrelinga cateniformes), Laurel (Cordia alliodora), Sangre de Gallina (Otoba sp.), Ceibo (Ceiba samauma) y Canelo (Nectandra sp.), en la Provincia de Orellana* [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2001). *Manual de Procedimientos para Inventarios de Carbono en Ecosistemas Forestales* (Proyecto FONDEF D98I1076). Universidad Austral de Chile.
- Schulze, D., Wirth, C., & Heimann, M. (2000). Managing forest after Kyoto. *Science*, 289(5487), 2058-2059.
- Serrada, R. (2003). Regeneración natural: Situaciones, concepto, factores y evaluación. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 15, 11-16.
- Stone, D., Tripp, E., Ríos, G., & Manos, P. (2009). Natural history, distribution, phylogenetic relationships, and conservation of Central American black walnuts (*Juglans* sect. *Rhysocaryon*). *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 1-25.
- Toro, E., & Roldán, I. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y bosques*, 24(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Ugalde, L. (1981). *Conceptos Básicos de Dasimetría* (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Vaca, J. (2022). *Estructura, productividad de madera y regeneración natural de Juglans neotropica* Diels en la Hacienda la Florencia del cantón y provincia de Loja [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Loja.
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S., & Gómez-Ruiz, P. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*.
- Yner, F. (2014). *DASOMETRÍA Apuntes de clase y guía de actividades prácticas* (Primera).

## 11. Anexos

Anexo 1. Delimitación de una parcela temporal de muestreo, de una hectárea en la Reserva Natural “El Tundo”





Anexo 2. Mediciones de secciones transversales de *J. neotropica*, cada dos metros con el uso de un arnés.



Anexo 3. Calculo del volumen comercial y total utilizando el factor de forma 0,83.

N°	X	Y	CAP cm	DAP cm	DAP m	HC m	HT m	Área basal (G) cm <sup>2</sup>	Área basal (G) m <sup>2</sup>	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	Volumen Total (m <sup>3</sup> )
1	631336	9522150	289	91.99	0.920	7.76	24	6646.37	0.66	4.28	13.24
2	631340	9522160	154	49.02	0.490	7.20	19.5	1887.25	0.19	1.13	3.05
3	631352	9522148	72.3	23.01	0.230	8.00	18.5	415.97	0.04	0.28	0.64
4	631360	9522157	37	11.78	0.118	5.00	15	108.94	0.01	0.05	0.14
5	631362	9522154	72	22.92	0.229	4.75	20.1	412.53	0.04	0.16	0.69
6	631345	9522161	174	55.39	0.554	5.00	21.8	2409.28	0.24	1.00	4.36
7	631334	9522174	149	47.43	0.474	7.00	21.2	1766.70	0.18	1.03	3.11
8	631319	9522190	322	102.50	1.025	9.00	27.4	8250.89	0.83	6.16	18.76
9	631345	9522197	383	121.91	1.219	8.09	33.7	11673.11	1.17	7.84	32.65
10	631313	9522205	126	40.11	0.401	6.00	19.4	1263.37	0.13	0.63	2.03
11	631327	9522216	106	33.74	0.337	7.20	26	894.13	0.09	0.53	1.93
12	631322	9522202	62	19.74	0.197	8.50	20.8	305.90	0.03	0.22	0.53
13	631342	9522205	87	27.69	0.277	7.00	18	602.32	0.06	0.35	0.90
14	631334	9522222	436	138.78	1.388	9.50	33.1	15127.32	1.51	11.93	41.56
15	631306	9522227	176	56.02	0.560	7.30	23.8	2464.99	0.25	1.49	4.87
16	631300	9522220	253	80.53	0.805	9.30	25.8	5093.66	0.51	3.93	10.91
17	631298	9522241	176	56.02	0.560	9.70	27.4	2464.99	0.25	1.98	5.61
18	631291	9522236	236	75.12	0.751	7.40	15.6	4432.14	0.44	2.72	5.74
19	631297	9522240	36	11.46	0.115	4.70	11.1	103.13	0.01	0.04	0.10
20	631302	9522232	46	14.64	0.146	4.00	14.8	168.39	0.02	0.06	0.21
21	631307	9522245	80	25.46	0.255	6.84	22.8	509.29	0.05	0.29	0.96
22	631316	9522227	278	88.49	0.885	10.00	32.8	6150.05	0.62	5.10	16.74
23	631318	9522234	275	87.54	0.875	7.60	32.2	6018.03	0.60	3.80	16.08
24	631334	9522235	305	97.08	0.971	4.75	23.5	7402.68	0.74	2.92	14.44
25	631374	9522218	91	28.97	0.290	7.30	15.5	658.98	0.07	0.40	0.85
26	631358	9522241	267	84.99	0.850	6.78	30	5672.99	0.57	3.19	14.13
27	631352	9522237	92	29.28	0.293	7.67	25.3	673.54	0.07	0.43	1.41

N°	X	Y	CAP cm	DAP cm	DAP m	HC m	HT m	Área basal (G) cm <sup>2</sup>	Área basal (G) m <sup>2</sup>	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	Volumen Total (m <sup>3</sup> )
28	631353	9522239	82	26.10	0.261	8.00	14.3	535.08	0.05	0.36	0.64
29	631363	9522243	74.6	74.60	0.746	11.00	25	4370.88	0.44	3.99	9.07
30	631341	9522155	107	34.06	0.341	2.00	7	911.08	0.09	0.15	0.53
31	631325	9522171	171	54.43	0.544	6.00	13	2326.92	0.23	1.16	2.51
32	631319	9522162	108	34.38	0.344	9.00	13.6	928.19	0.09	0.69	1.05
33	631306	9522167	306	97.40	0.974	5.30	18.5	7451.30	0.75	3.28	11.44
34	631325	9522184	93	29.60	0.296	10.00	14	688.26	0.07	0.57	0.80
35	631315	9522172	126	40.11	0.401	6.30	17	1263.37	0.13	0.66	1.78
36	631317	9522186	178	56.66	0.567	7.00	14	2521.33	0.25	1.46	2.93
37	631285	9522168	123.00	39.15	0.392	7.43	20	1203.92	0.12	0.74	2.00
38	631306	9522177	104	33.10	0.331	5.60	16	860.71	0.09	0.40	1.14
39	631294	9522190	37	11.78	0.118	5.30	9.8	108.94	0.01	0.05	0.09
40	631309	9522183	36	11.46	0.115	4.65	9	103.13	0.01	0.04	0.08
41	631298	9522192	40	12.73	0.127	6.40	10.5	127.32	0.01	0.07	0.11
42	631306	9522202	76	24.19	0.242	3.20	17.3	459.64	0.05	0.12	0.66
43	631320	9522193	141	44.88	0.449	11.00	20	1582.08	0.16	1.44	2.63
44	631300	9522199	185	58.89	0.589	10.00	20	2723.53	0.27	2.26	4.52
45	631294	9522221	109	34.70	0.347	4.50	12.5	945.46	0.09	0.35	0.98
46	631277	9522230	239	76.08	0.761	6.50	18	4545.53	0.45	2.45	6.79
47	631281	9522198	67	21.33	0.213	7.20	19	357.22	0.04	0.21	0.56
48	631282	9522229	115	36.61	0.366	8.00	22	1052.41	0.11	0.70	1.92
49	631278	9522205	73	23.24	0.232	7	16.5	424.07	0.04	0.25	0.58
<b>Total</b>										83.35	268.44



Anexo 4. Hoja de campo para la recolección de información de regeneración natural de la especie.

<b>BRINZAL (0,30 m - &lt;1,50 m de altura)</b>			
<b>N°</b>	<b>CAP cm</b>	<b>ALTURA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
n			
<b>LATIZAL BAJO <math>\geq 1,50</math> m - 4,9 cm DAP</b>			
<b>N°</b>	<b>CAP cm</b>	<b>ALTURA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
n			
<b>LATIZAL ALTO <math>\geq 5,0</math> cm DAP- 9,9 cm de dap</b>			
<b>N°</b>	<b>CAP cm</b>	<b>ALTURA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
n			

Anexo 5. Instalación de unidades de muestreo y medición de individuos de regeneración natural de *J. neotropica*.



Anexo 6. Valores de biomasa y carbono (Ton/C/ha) fijado en la necromasa de *J. neotropica*, en la Reserva Natural “El Tundo”.

<b>BASE DE DATOS DE ESTIMACIÓN DE CARBONO EN NECROMASA</b>									
				<b>BIOMASA</b>			<b>CARBONO</b>		
<b>Parcela</b>	<b>P verde total (kg)</b>	<b>P verde (kg)</b>	<b>P seco (kg)</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/ha</b>	<b>Ton/ha</b>	<b>Kg/c/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/c/ha</b>	<b>Ton/c/ha</b>
1	9.25	0.3	0.1975	6.09	15223.96	15.22	3.04	7611.98	7.61
2	6.15	0.3	0.1605	3.29	8225.63	8.23	1.65	4112.81	4.11
3	6.35	0.3	0.1479	3.13	7826.38	7.83	1.57	3913.19	3.91
4	1.85	0.3	0.173	1.07	2667.08	2.67	0.53	1333.54	1.33
<b>TOTAL</b>				13.58	33943.04	33.94	6.79	16971.52	16.97

Anexo 7. Conteo de anillos de crecimiento de *J. neotropica*, en una sección transversal (158 años).



Anexo 8. Certificación de traducción.

Loja, 23 de junio de 2023

Jhessica Alexandra Jumbo Obaco con número de cédula 110512565-0, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Inglés, con registro de la SENESCYT número 1031-2019-2063585

**CERTIFICA:**

Haber realizado la traducción textual del documento adjunto, con fecha 20/06/2023, correspondiente al resumen del trabajo de titulación denominado "**Factor de forma, regeneración natural y carbono almacenado en necromasa de *Juglans neotropica* Diels, en una hectárea de bosque de la reserva natural El Tundo, cantón Sozoranga provincia de Loja**", elaborado por **Luis Angel Quezada Vargas**, con número de Cédula: 1105312290.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.



---

Lcda. Jhessica Alexandra Jumbo Obaco

Cedula: 110512565-0

E-mail: jessijumbo@hotmail.com