UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

PLAN DE CONTINGENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

"ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA EN LA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*), UBICADO EN LA COMUNA SAN PABLO, SECTOR RÍO BASURA, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA, PROVINCIA DE ORELLANA".

Tesis Previa a la obtención del Título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

AUTORA: Lizbeth Clelia Andi Grefa.

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2015

Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE TENA.

CERTIFICA

Que el presente Trabajo de Titulación titulado "**ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA EN LA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*) UBICADO EN LA COMUNA SAN PABLO, SECTOR RÍO BASURA, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA, PROVINCIA DE ORELLANA.**" desarrollada por Lizbeth Clelia Andi Grefa ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instituciones. Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Tena, 10 de Julio del 2015

Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo **Lizbeth Clelia Andi Grefa** declaro ser autora del presente trabajo de tesis 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 tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTORA: Lizbeth Clelia Andi Grefa

FIRMA:

CÉDULA: 1500959570

FECHA: Loja, Julio de 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **Lizbeth Clelia Andi Grefa,** declaro ser autora de la Tesis Titulada: "ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA EN LA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*), UBICADO EN LA COMUNA SAN PABLO, SECTOR RÍO BASURA, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA, PROVINCIA DE ORELLANA". Como requisito para optar al Grado de: **INGENIERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE;** autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, 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 de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 23 días del mes de Julio del dos mil quince, firma la autora

AUTORA: Lizbeth Clelia Andi Grefa

FIRMA: ……

CÉDULA: 150095957-0

DIRECCIÓN: Tena (Comunidad "Chambira", Barrio Gabriel Cerda).

CORREO ELECTRÓNICO: lizbeth.alpa@hotmail.com

TELÉFONO: 062858241 **CELULAR:** 0983457406

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO:

Ing. Washington Adán Herrera Herrera., Mg. Sc.	(Presidente)
Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña., Mg. Sc.	(Miembro)
Ing. Laura Esperanza Capa Puglla.	(Miembro)

AGRADECIMIENTO

Primero y antes que nada deseo agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, por darme fuerza para seguir superándome a pesar de muchos obstáculos que me ha tocado vivir en la etapa estudiantil, además por guiarme, por estar en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

Agradecer hoy y siempre a mis padres Bertila Grefa y Nelson Andi, y familiares por el esfuerzo realizado, ya que fueron el pilar fundamental para llegar a esta meta, por brindarme todo el apoyo, tanto en la alegría como en la tristeza.

Agradecer a Mauricio y Franka Berdel quienes supieron apoyarme en todo momento, gracias a ellos he tenido la oportunidad de superarme.

A mi hijo, por estar a mi lado, ya que todo este sacrificio es para su bien, para poder ofrecerle una vida digna y saludable.

A mi esposo, quien me apoyó incondicionalmente con su ejemplo y motivación para seguir luchando hasta lograr mis metas propuestas.

A la Universidad Nacional de Loja, Área de Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, donde obtuvimos los conocimientos técnicos que han contribuido a nuestra formación profesional.

Un agradecimiento especial a los Docentes Ing. Fausto García, Ing. Adán Herrera por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad que me brindaron en todo momento en la etapa de la elaboración del proyecto de investigación.

Andi Grefa Lizbeth Clelia

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con mucho afecto a mi madre Bertila quien con su ejemplo de superación supo brindarme todo el apoyo para la culminación de mi carrera profesional; a mi esposo quien me apoyó incondicionalmente con su ejemplo a seguir luchando para lograr mis metas propuestas, a mi hijo por estar junto a mi lado ya que es mi fuerza para seguir luchando.

Andi Grefa Lizbeth Clelia

1. TÍTULO

“ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA EN LA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*), UBICADO EN LA COMUNA DE SAN PABLO, SECTOR RÍO BASURA, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA, PROVINCIA DE ORELLANA”.

2. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación, realizado en una plantación de teca (*Tectona grandis* Linn F.) ubicada en la Comuna San Pablo, tiene como finalidad evaluar el impacto socio económico y ambiental, que este tipo de proyectos genera en los habitantes, como alternativa de ingresos además de la madera, estimar el contenido de carbono en biomasa de la plantación, y proponer un Plan de Manejo Ambiental; para evaluar el impacto socio económico y ambiental se realizaron, encuestas, resultados que fueron tabulados y representados mediante figuras y cuadros estadísticos. Para la cuantificación del carbono de la biomasa se realizó un inventario forestal sistemático a una intensidad de muestreo del 1,5%, estableciendo 4 parcelas de 500m² distribuidas en 12,85 hectáreas, se determinó el volumen de madera de la plantación, para conocer la densidad, se talaron 2 árboles en las que se obtuvieron muestras; sacando probetas en base a la norma INEC 11,60; en la parte basal, central y apical del tronco, las mismas que se llevaron al laboratorio para determinar su densidad, se aplicó la ecuación alométrica que permitió calcular la biomasa de la plantación; Los resultados de este proceso indican que una plantación de teca de cuatro años en la Comuna San Pablo, presenta un volumen de 32,46m³/ha; 66,12ton/ha de biomasa aérea y 33,06ton/ha, de carbono almacenado, que constituye un gran almacenamiento significativo de carbono por lo que es recomendable el uso de la especie con fines de reforestación.

Palabras clave: Biomasa, Volumen, Densidad de la madera, Carbono almacenado.

The objective of this research, conducted in a teak plantation (*Tectona grandis* Linn F.) located in the San Pablo commune, is intended to assess the impact socio economic and environmental, this type of project generated in inhabitants, as an alternative of revenue in addition to wood, estimating the content of carbon in biomass of the plantation, and propose a Plan of environmental management; to assess the impact of socio-economic and environmental surveys were conducted, results that were tabulated and represented by figures and statistical tables. For the quantification of biomass carbon was a systematic forest inventory at an intensity of sampling of the 1,5%, setting 4 500 m² plots distributed on 12,85 acres, the volume of wood from plantation, was determined to know the density, was felled 2 trees in which were obtained samples; taking samples on the basis of the standard INEC 11.60; in the basal and apical, central part of the trunk, which is taken to the laboratory to determine its density, applied the allometric equation allowing to estimate the biomass of plantation; The results of this process indicate that a plantation of Teak from four years in the commune Saint Paul, has a volume of 32,46m³ha; 66,12tonha of aboveground biomass and 33,06tonha, of stored carbon, which constitutes a great significant carbon storage so it is recommended the use of the species for reforestation purposes.

Key words: Biomass, volume, density of wood, carbon stock.

3. INTRODUCCIÓN

El cambio climático en general y el calentamiento global en particular, se encuentran entre los problemas ambientales más serios que enfrenta la humanidad. Entre los principales gases responsables del calentamiento global, se puede mencionar al dióxido de carbono (CO2). Este gas tiene un menor potencial de calentamiento global, en relación a otros gases como el metano y el óxido nitroso. Sin embargo, debido a las altas emisiones de CO2, este gas se ha convertido en el principal responsable del calentamiento global.

Por el exceso de CO2 en la atmósfera se ha incrementado el efecto invernadero, provocando un aumento en la temperatura media de la atmósfera desde el inicio de la era industrial, lo que ha provocado cambios en los procesos medioambientales, con consecuencias negativas tanto biológicas como económicas y sociales (FAO, 2005).

Además, se prevé que la temperatura del planeta aumentará entre 1.4 y 5ºC entre 1990 y 2100. Este aumento provocará cambios en el nivel del mar (desde finales de la década de 1960 el nivel del mar a aumentado entre 0.1 y 0.2 m y aumentará entre 0.09 y 0.88 m entre 1990 y 2100), disminución de la cubierta de hielo (desde finales de la década de 1960 ha disminuido un 10%) y aumento de la temperatura media de los océanos (FAO, 2005).

Para intentar darle solución al problema del calentamiento global, se han realizado conferencias a nivel mundial sobre el clima, cuyos objetivos son los de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En 1990, se creó por parte de las Naciones Unidas, el Comité Intergubernamental de Negociación para un Convenio Marco sobre el Cambio Climático, con el fin de detener el problema del calentamiento global. Luego, en 1992 en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, 155 países firmaron el modelo del Convenio Marco sobre el Cambio Climático y en 1994 entró en vigor. Ya en 1997, se aprobó el Protocolo de Kyoto,

el cual obliga a los países industrializados que firmen el protocolo a reducir las emisiones de gases (Escoto, 2005).

El Ecuador a través del Ministerio del Ambiente y la Subsecretaria de Cambio Climático han implementado una serie de mecanismos de compensación a los dueños de los bosque, entre ellos el Programa Socio Bosque, la reforestación activa y pasiva así como también el Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca a través del programa de Incentivos Forestales viene impulsando como política pública el establecimiento de las plantaciones comerciales.

Además, por lo que existe pocos estudios sobre la estimación de biomasa para teca (*Tectona grandis* Linn F.) en las plantaciones de Ecuador, esto obliga a continuar con las investigaciones que aseguren respuestas adecuadas para quienes estén dispuestos a invertir y dedicar tierras a la reforestación. En la Amazonía ecuatoriana, especialmente la Comuna San Pablo perteneciente a la parroquia San Sebastián del Coca de la provincia de Orellana no es la excepción, debido a las numerosas actividades que realizan diariamente los habitantes de la zona, la alta demanda de vehículos que la transitan se ve afectada por un alto índice de emisiones de dióxido de carbono (CO_2), motivo por el cual lo convierte en un sitio adecuado para realizar investigaciones sobre captura de carbono en plantaciones forestales, que es una alternativa por la cual se opta en la actualidad para reducir la acumulación de gases contaminantes en la atmosfera debido a que los ecosistemas forestales pueden almacenar cantidades significativas de gases de efecto invernadero (GEI) y en particular de CO_2.

La Comuna San Pablo actualmente no cuenta con información que permita conocer la cantidad de carbono, para ello fue necesario investigar, el almacenamiento de carbono en una plantación forestal de teca *(Tectona grandis* Linn F.*)*, por ser una especie exótica y que cuenta con una gran demanda en el mercado internacional, por su alta densidad es una especie que acumula cantidades de carbono, como modelo para un desarrollo sustentable y a la vez

genere información útil para la aplicación en plantaciones similares. Los objetivos propuestos para esta investigación son las siguientes:

Objetivo General

Analizar el contenido de carbono en biomasa en la plantación de teca (*Tectona grandis*) ubicado en la Comuna San Pablo, Provincia de Orellana.

Objetivos específicos

- Definir el impacto socio económico y ambiental de las plantaciones de teca en la comuna San Pablo.

- Estimar la cantidad de biomasa y carbono de árboles de teca.

- Propuesta de Plan de Manejo Ambiental de la especie teca.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Fijación de bióxido de carbono

4.1.1. Ciclo del carbono

Según, RECAI (2005) señala que el ciclo del carbono:

"Es un circuito cerrado seguido por aquellos materiales que, en un punto dado, se presenta en estado gaseoso. El contenido del dióxido de carbono en la atmósfera, procedente de la respiración de los seres vivos, se transforma, por la fotosíntesis de las plantas verdes, en complejos orgánicos (carbohidratos), que nuevamente son degradados por la respiración metabólica de los organismos consumidores y las propias plantas" pág. 78. El ciclo del carbono a través de sus procesos acumula el CO_2 en su fuste en forma de madera contribuyendo a purificar el ambiente.

4.1.2. Dióxido de carbono

"Es un gas sin color, olor ni sabor que se encuentra presente en la atmósfera de forma natural. No es tóxico. Desempeña un importante papel en el ciclo del carbono en la naturaleza y enormes cantidades de este gas, del orden de 10^{12} toneladas, pasan por el ciclo natural del carbono, en el proceso de fotosíntesis" (Echarri Luis, 2007, pág. 2). Es un elemento que se encuentra en la atmosfera y que en cantidades normales no genera efectos negativos, sin embargo cuando este se incrementa el efecto es contrario.

4.1.3. Cambio climático

Según, Baena & Pueyo, (2006) mencionan que: "El cambio climático se define como una variación estadísticamente significativa del estado global del clima o de su variabilidad durante un largo período de tiempo (superior a una

década). El cambio climático puede deberse a procesos naturales internos o presiones antropogénicas persistentes sobre la composición de la atmósfera o el uso de la tierra. Se trata de un problema global, a largo plazo y con complejas interacciones. Además indica que las referencias actuales al cambio climático, se centran no obstante en su carácter antropogénico (pág.15).

A través de la historia ha habido varios fenómenos atribuidos a los cambios en el clima, ante lo cual los científicos han podido estudiar e identificar que en su mayor parte se atribuyen a una acción causada por el hombre.

4.1.4. Efecto invernadero

En la amazonia ecuatoriana se puede evidenciar este efecto en los cambios de temperatura que van generando grandes tornados y destruyendo extensiones importantes de bosques y cultivos.

Según, Sapiña Navarro (2006) define que:

"El efecto invernadero es un mecanismo climático natural que hace que la temperatura de la superficie de la tierra sea unos 33° C mayor de lo que cabría esperar, teniendo en cuenta la cantidad de energía que recibe del sol. Tiene su origen en la absorción de radiación infrarroja por algunos componentes de la atmósfera y este efecto ha provocado que, a lo largo de la historia del planeta, su temperatura media haya sido la idónea para el desarrollo de la vida" (pág. 31).

4.2. Biomasa

4.2.1. Concepto

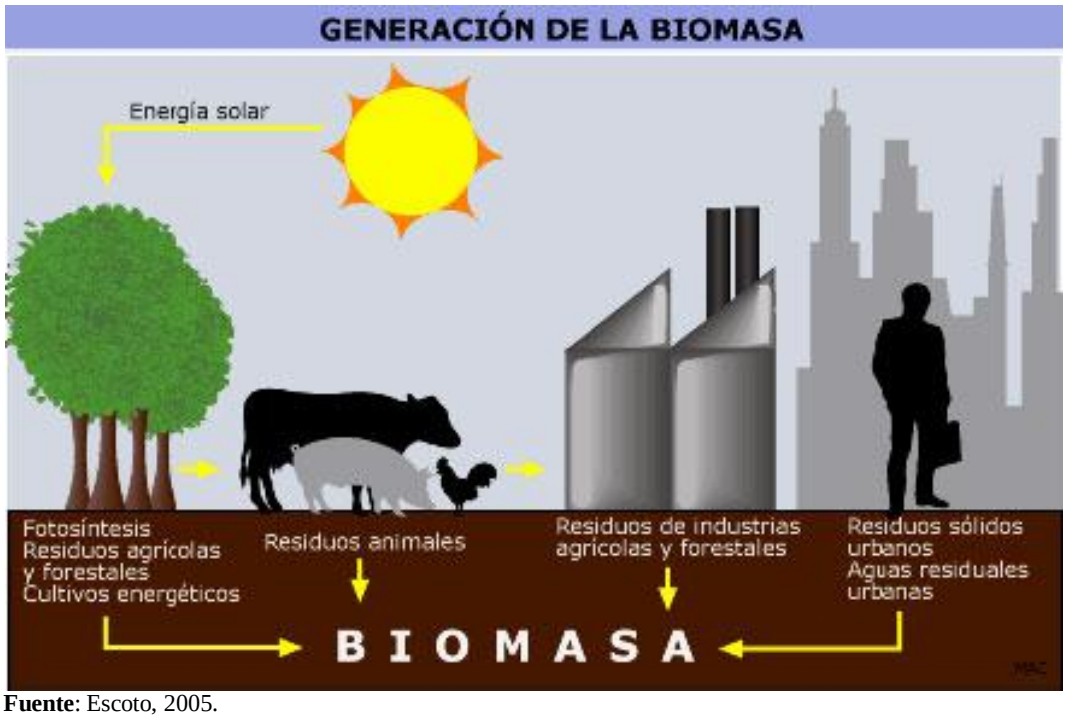
Según, Damien (2010) afirma:

"La biomasa es producida por organismos vivos, principalmente a través de la actividad fotosintética de la plantas, señala también que es producida por los

animales, insectos, microorganismos. Está compuesta esencialmente de polímeros complejos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, de azufre en baja proporción y de elementos inorgánicos" pág. 15.

El término biomasa como lo explican varios autores es el producto de acciones metabólicas de los seres vivos, generando masa en diferentes estados.

Figura 1. Generación de biomasa.



Fuente: Escoto, 2005.

4.2.2. Clasificación de biomasa

Según, Delgado Tardáguila (2008) pág. 34, menciona que los tipos de biomasa pueden clasificarse según su origen:

- **Biomasa natural:** La que se produce en ecosistemas naturales. Su explotación intensiva no es compatible con la protección del entorno.

- **Biomasa residual:** Son los residuos forestales y agrícolas, los residuos sólidos urbanos y los residuos biodegradables como efluentes ganaderos o lodos de depuradoras.

- **Cultivos energéticos:** Se realizan con el único objetivo de aprovechar la energía que contienen, ya que se producen grandes cantidades de materia viva por unidad de tiempo.

- **Excedentes agrícolas:** Están constituidos por los productos agrícolas que no emplea en hombre.

4.3. Métodos usados para estimar biomasa

Según, Mequeas Gonzáles Zárate (2008), Los métodos usados para estimar la cantidad de biomasa aérea, pueden ser: Directos e Indirectos, los cuales se detallan a continuación:

4.3.1. Método Directo

Es denominado también Método Destructivo y consiste en medir los parámetros básicos de un árbol (entre los más importantes el diámetro a la altura del pecho - DAP, altura total, diámetro de copa y área de copa); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas y follaje), (pág. 10).

4.3.2. Método Indirecto

Éste método es utilizado cuando existen árboles de grandes dimensiones y en casos en los que se requiere conocer el carbono de un bosque sin necesidad de derribar los árboles. En éste método se cubica y estima el volumen de las trozas con fórmulas dendrométricas; el volumen total del fuste o de las ramas gruesas se obtiene con la suma de estos volúmenes parciales. Se toman muestras de madera del componente del árbol y se pesan en el campo, luego se calcula en el laboratorio los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad específica verde y la gravedad específica seca o densidad básica en gramos por centímetro cúbico, (pág. 10).

4.3.3. Estimación de biomasa y carbono mediante modelos alométricos

Según, Mequeas González Zárate (2008) Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que relacionan la biomasa con variables del árbol medibles en pie, tales como el dap, altura total y diámetro de copa, principalmente. Para el desarrollo de estos modelos es necesario realizar un muestreo destructivo de árboles. El tamaño de muestra debe ser definido de manera que el error de predicción del modelo resultante esté dentro de los rangos aceptados; en general, se estima que se obtienen valores del error aceptables con tamaños de muestra mayores a 20 individuos, distribuidos sobre todos los rangos diámetros, (págs. 10-11).

Los modelos alométricos son métodos rápidos y económicos que consisten en desarrollar ecuaciones a partir de información directa de plantas extraídas o individuos cosechados en la que se establece un análisis de regresión al relacionar diferentes variables morfológicas con su peso seco, para luego, en otros individuos, aplicar estas regresiones y estimar su biomasa de forma indirecta (Bravo, 2009) citado por (Vargas, 2014, pág. 38).

4.3.4. Factor de expansión de biomasa

Según, Mequeas Gonzáles Zárate (2008); El factor de expansión de biomasa (FEB) es la relación que existe entre la biomasa del fuste y la biomasa total. El FEB es una herramienta útil cuando se quiere calcular la biomasa total del árbol y solo se conoce la biomasa del fuste. Diversos estudios han generado relaciones alométricas con FEB que varían de 1,3 hasta 2,5 dependiendo de la especie, la edad y el DAP promedio del rodal, (pág. 12).

4.3.5. Estimación de carbono aéreo

El carbono aéreo almacenado está íntimamente relacionado con el incremento de la biomasa (Lagos y Venegas), explican la importancia de conocer las proporciones de biomasa de un bosque, con el cual se estimarán los contenidos

de carbonos, apoyado de ecuaciones alométrica y de forma para obtener biomasa, con estos valores se calcula carbono almacenado (Lagos Real & Vanegas Berríos, 2005, págs. 28-29).

4.4. Plantaciones de teca

La teca es originaria del sudeste asiático (India, Laos, Myanmar y Tailandia), ha sido ampliamente establecida en regiones tropicales alrededor del mundo, especialmente desde la década de 1980, cuando la superficie de bosques naturales de teca empezó a decaer. Aunque tradicionalmente fue considerada como una madera preciosa en los países donde es originaria, durante las últimas décadas se ha convertido en una importante especie en el sector internacional de las maderas tropicales duras de buena calidad (e.g. Pandey y Brown 2000; Kollert y Cherubini 2012) citado por (Moya, 2014, pág. 40).

4.4.1. Plantaciones forestales

Una plantación forestal es el establecimiento y manejo de especies forestales en terrenos de uso agropecuario o terrenos que han perdido su vegetación forestal natural con el objetivo de producir materias primas maderables y no maderables para su industrialización y/o comercialización (Rodríguez Solano, 2014).

4.4.2. Distribución natural

Muchos autores citan que la especie es originaria del sureste asiático (Birmania, ahora Myanmar, Tailandia y de la India, Malasia, Java, Indochina, La República Democrática Popular Laos), entre los 12° y 25° latitud norte y de 73° a 104° longitud este. También se ha encontrado al sur del Ecuador en Java y en algunas pequeñas islas del Archipiélago Indonesio. Se menciona que la especie fue introducida en Java hace 400 o 600 años, donde se naturalizó, en la zona de distribución natural, los bosques son de tipo monzónico, abarcando bosque seco

tropical y bosque húmedo tropical (Guarnizo Rojas & Palacios Herrera, 2013, pág. 8).

4.4.3. Distribución Artificial

Por la calidad de la madera, teca ha sido introducida en una gran cantidad de lugares que tienen clima tropical. En el sureste de Asia, en Indonesia, Sri Lanka, Vietnam, Malasia, Islas Solaman, en algunos países africanos como Costa de Marfil, Nigeria y Togo. En América Tropical fue introducida primero en Trinidad entre 1913 y 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Burma (Myanmar). Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, Republica Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México. La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América Central y el Caribe (Guarnizo Rojas & Palacios Herrera, 2013, pág. 9).

4.5. La teca

La teca es una especie introducida en el Ecuador y es de gran importancia económica a nivel mundial, ya que posee gran demanda por la calidad sobresaliente de su madera. Su manejo como cultivo no está muy difundido en Ecuador, lo cual le resta competitividad en el mercado internacional.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de teca

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledonae
Orden	Lamiales
Familia	Verbenaceae
Género	*Tectona*
Especie	*Grandis* Linn F.

Fuente: Sub-Secretaria de Producción Forestal, MAGAP. 2013.

4.5.1. Características morfológicas

Figura 2. Características morfológicas de la hoja de teca

Elaborado por: La autora

4.5.2. Descripción botánica

Según, García (2007), la descripción botánica de la teca se detalla a continuación:

Los árboles de teca son de fuste recto y elevado. En los bosques del área natural de la especie, los árboles dominantes miden entre 25 y 30 m de altura y de 55 cm. a 80 cm. de diámetro; pero se han localizado árboles de mayores dimensiones, con fustes limpios de ramas hasta una altura de 30 m y perímetros comprendidos entre 4,5 y 6 m. (pág. 16).

La corteza en su parte exterior de color castaño claro, escamosa y agrietada y en su interior de coloración blanquecina; tiene un grueso de 1 cm. a

1,5 cm. Hojas opuestas ovaladas, verticiladas en plantas jóvenes, de color verde oscuro en el haz verde claro en el envés, consistentes y ásperas al tacto; miden comúnmente entre 40 y 50 cm. de largo y 20 a 25 cm. de ancho, pero en las plantas jóvenes algunas de ellas son de mayor tamaño (pág. 16)

El follaje tierno posee un color rojizo que desaparece poco a poco. Presenta Inflorescencia en panículas terminales, erectas y ramificadas, de 40 a 50 cm de largo y más o menos igual de ancho. Las flores son de colores blanquecinos, pequeños y numerosas, el cáliz es de color gris, finamente pubescente, con 6 lóbulos en forma de campana; corola blanco-cremosa en forma de embudo, con un tubo corto y 6 lóbulos extendidos, 6 estambres insertos en el tubo de la corola; ovario tetralocular. Las flores son hermafroditas (pág. 17).

Los frutos son drupas pequeñas de color castaño claro y forma esférica, como el tamaño de una avellana, tetraloculares; están envueltos en un cáliz membranoso y persistente, semejante a una vejiguilla, plegada irregularmente; miden de 2cm a 3 cm. de diámetro. Su sistema radicular es grande y profundo, al principio crece una raíz gruesa que al madurar el árbol puede persistir o desaparecer, desarrollándose fuertes raíces laterales, lo que la hace resistente a fuertes vientos (pág.17).

4.6. Requerimientos ambientales

4.6.1. Temperatura

En el área de distribución natural, en la India, crece en lugares con temperaturas entre 13 ºC y 40 ºC, con una media de 24 ºC. Sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25 ºC, con un rango 24-30 º C.

4.6.2. Precipitación

Se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 1000 a 3750 mm/año, con una época seca bien definida de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5000 mm/año. Condiciones muy húmedas pueden conducir a mayor crecimiento y a la producción de madera de menor calidad, debido a un mayor porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad (Guarnizo & Palacios, 2007, pág.12).

4.6.3. Suelos

Se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere suelos planos, aluviales, de texturas franco-arenosas o arcillosas, profundos, fértiles, bien drenados y con Ph menores o iguales a 5.5. Es exigente de elementos como calcio. Fósforo y magnesio (González, 2009).

4.6.4. Altitud

González (2009), la teca crece desde 0 a 1000 msnm. En Centro América se ha ensayado desde 16 m hasta 600 m, (pág. 41).

4.7. Factores limitantes

Según, González (2009), los factores limitantes más importantes para el crecimiento de teca se consideran los terrenos relativamente planos, el suelo poco profundo (con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad), mal drenados, o sitios anegados, suelos compactados o arcillosos. Sitios planos con un estrato superficial de arena, suelos duros, suelos profundos secos y arenosos no son recomendables. En cuanto a las condiciones químicas, el bajo contenido de calcio, magnesio y fósforo, limitan el buen desarrollo de la especie, también el alto contenido de hierro (Fe) y de aluminio (Al) intercambiable. La especie es sensible al fósforo y las deficiencias producen bajo volumen de biomasa radicular que posiblemente afecta la producción y la salud de la planta. La restitución de

elementos como fósforo y potasio al suelo a través de la hojarasca presenta niveles bajos comparados con otros elementos como nitrógeno, calcio, magnesio (pág. 42).

4.8. Características y propiedades de la madera

La teca ha ganado gran reputación a nivel mundial debido a la alta calidad por su atractivo y durabilidad, a que posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos y, por sus excelentes características, se considera como una de las más valiosas del mundo. La albura es amarillenta blancuzca o pálida, el duramen es de color verde oliva, moreno o dorado, con vetas más oscuras, al cortarse se torna café oscuro. La madera es moderadamente dura, pesada, con mucha resistencia y presenta anillos de crecimiento. La madera adulta tiene un aceite natural antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de insectos y hongos. Su grano es recto, algunas veces ondulado, de textura gruesa, accidentada o irregular y anillo poroso. Teca presenta buenas características de cepillado, moldurado, perforación, atornillado, clavado y lijado. Posee buenas condiciones de trabajo y de fácil aplicación de acabados, fácil de encolar y recibe bien el barniz, pinturas, tintes, selladores. La densidad básica de la madera aumenta con la edad y a mayor densidad de la plantación. También aumenta el porcentaje de duramen, las propiedades mecánicas y la razón de contracción (Guarnizo & Palacios, 2007, pág.13).

4.9. Comercialización

La producción y exportación de teca desde Ecuador es todavía relativamente pequeña; sin embargo, el éxito obtenido por algunas plantaciones ha incentivado una significativa inversión en el sector.

La teca es un gran árbol que crece alto y recto con hojas contrapuestas. Los árboles de teca de 100 años o más pueden llegar a medir hasta 45 metros de altura en condiciones favorables. El corte de madera se hace a partir del año 20 una vez sembrado, y se producen procesos continuos posteriormente cada 12 a 14

años. Los suelos a los cuales se adapta la especie son los profundos, con sedimentos arenosos o suelos arcillosos fértiles, bien drenados y con pH neutro de preferencia.

Los principales mercados para la madera de teca lo constituyen Norteamérica, Europa y Japón en los que se usa esta madera para la construcción de casas sometidas a condiciones ambientales extremas, muebles lujosos, muebles de exteriores y en el recubrimiento de superficies exteriores e interior de yates. Entre los países europeos se encuentran particularmente Italia y Suecia, que importan madera aserrada de teca; estos países son muy exigentes en cuanto a la calidad y prefieren madera de duramen, sin nudos y otros defectos así como dimensiones precisas (González, 2009).

4.10. Plan de manejo ambiental

En el análisis de la literatura se encontraron una variedad de aproximaciones y definiciones de plan de manejo. Presentándose a continuación:

El Plan de Manejo Ambiental PMA, constituye el principal instrumento para la gestión ambiental, en la medida en que reúne el conjunto de criterios, estrategias, acciones y programas; necesarios para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos y potencializar los positivos. Existe una relación de correspondencia entre los impactos ambientales y las medidas incluidas en el PMA. El alcance de la medida, debe estar en relación con la magnitud e importancia del impacto ambiental en cada proyecto en particular.

4.11. Marco legal

4.11.1. De la Constitución de la República del Ecuador

Es la norma suprema de la República del Ecuador, es el fundamento y la fuente de la autoridad jurídica que sustenta la existencia del Ecuador y de su

gobierno. La supremacía de esta constitución la convierte en el texto principal dentro de la política ecuatoriana, y está por sobre cualquier otra norma jurídica.

Las disposiciones de la Constitución de la República del Ecuador, están orientadas a establecer una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza, para alcanzar el buen vivir, el Sumak Kawsay, conforme se expresa en su preámbulo.

Art. 3.- Numeral 7 determina como uno de los deberes del Estado, la protección del patrimonio natural y cultural del país.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Art. 57.- En su numeral 8, en concordancia con convenios, declaraciones e instrumentos internacionales de derechos humanos, reconoce y garantiza a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, los derechos colectivos a: conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural, para lo cual el Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad; al mismo tiempo en el numeral 12 promueve mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agro biodiversidad; sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger

los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.

Art. 66.- Numeral 27, establece el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, así como, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 73.- EI Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 83.- Numeral 6, establece como deber y responsabilidad de las ecuatorianas y los ecuatorianos, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 259.- Dispone que con la finalidad de precautelar la biodiversidad del ecosistema amazónico, el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptaran políticas de desarrollo sustentable que compensen inequidades y consoliden la soberanía.

Art. 276. Numeral 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 395.- Numeral 1, reconoce como principio ambiental que, el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad

de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Art. 404.- Determina que el patrimonio natural del Ecuador, comprende entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas, que por su importancia ambiental, científica, cultural y paisajística, deben ser protegidas, conservadas, recuperadas y promocionadas; sujetando su gestión a los principios y garantías constitucionales, de acuerdo a un ordenamiento territorial que contemple una zonificación ecológica, de conformidad con la ley.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

4.11.2. Tratados y Convenios Internacionales

- **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**

Los países internacionales se percataron de las graves consecuencias derivadas del calentamiento global y convocó a la Convención Marco de las Naciones Unida sobre el Cambio Climático. Fue aprobada el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994.

Los cambios del clima de la Tierra y sus efectos adversos son una preocupación común de toda la humanidad, preocupadas porque las actividades

humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y porque ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual dará como resultado, en promedio, un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera de la tierra y puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad, en la actualidad, la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo han tenido su origen en los países desarrollados.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en el Art. 2.- Determina que el objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Art. 4.- literal a) Se compromete a elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes.

En el Literal b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.

Y el literal d) se compromete a promover la gestión sostenible y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, inclusive la biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos.

- **Protocolo de Kioto**

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases provocadores del calentamiento global. Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en Nueva York, el 9 de mayo de 1992, dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, y es uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene los compromisos asumidos por los países industrializados de reducir sus emisiones de algunos gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global.

Para cumplir con el Protocolo de Kioto se establecieron además de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en cada país, y del comercio de emisiones, otros mecanismos como la Aplicación Conjunta (AC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), dirigido a países con compromisos de reducción de emisiones, de manera que puedan vender o compensar las emisiones equivalentes que han sido reducidas a través de proyectos realizados en otros países sin compromisos de reducción, generalmente en vías de desarrollo.

4.11.3. Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y Vida Silvestre

La competencia forestal corresponde al Ministerio del Ambiente que es la Autoridad Nacional Ambiental, responsable del desarrollo sustentable y la calidad ambiental del país y se constituye en la instancia máxima, de coordinación, emisión de políticas, normas y regulaciones de carácter nacional, cuya gestión se

enmarca en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (Ley No. 2004-017, Registro Oficial No. S-418 del 10 de Septiembre del 2004).

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y Vida Silvestre, en el Capítulo V De las Plantaciones Forestales en el Art. 13**.-** declara obligatoria y de interés público la forestación y reforestaciones de las tierras de aptitud forestal, tanto públicas como privadas, y prohíbase su utilización en otros fines.

Para el efecto, el Ministerio del Ambiente, formulará y se someterá a un plan nacional de forestación y reforestación, cuya ejecución la realizará en colaboración y coordinación con otras entidades del sector público, con las privadas que tengan interés y con los propietarios que dispongan de tierras forestales.

Art. 20.- El Ministerio del Ambiente, los organismos de desarrollo y otras entidades públicas vinculadas al sector, establecerán y mantendrán viveros forestales con el fin de suministrar las plantas que se requieran para forestación o reforestación y proporcionarán asistencia técnica, con sujeción a los planes y controles respectivos.

Igualmente, las personas naturales, jurídicas del sector privado, podrán establecer, explotar y administrar sus propios viveros, bajo la supervisión y control técnico del Ministerio del Ambiente.

Art. 40.- El Ministerio del Ambiente, establecerá con fines de protección forestal y de la vida silvestre, vedas parciales o totales de corto, mediano y largo plazo, cuando razones de orden ecológico, climático, hídrico, económico o social, lo justifiquen. En tales casos se autorizará la importación de la materia prima que requiera la industria.

4.11.4. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente

Art. 31.- Del Libro III Régimen Forestal, Título VI de las plantaciones forestales, establece que la forestación y reforestación de tierras de aptitud forestal, tanto pública como privada se someterá a un Plan Nacional de Forestación y Reforestación, formulado por el Ministerio del Ambiente o la dependencia correspondiente de éste, el que se someterá al orden de prioridades descritas por la ley.

Art. 35.- Las plantaciones mediante el sistema de participación social, en tierras del Estado o de dominio privado, se efectuarán a través de contratos entre los organismos pertinentes del sector público y las organizaciones campesinas legalmente establecidas.

En esta modalidad será obligación de las organizaciones campesinas aportar con la mano de obra para el establecimiento de la plantación, labores silvicultoras y el cuidado y mantenimiento de la misma, hasta el aprovechamiento final. Podrán también aportar con tierras de su propiedad.

Art. 36.- Cuando dichos proyectos se ejecuten en tierras del Estado, se reconocerá por mano de obra en la implantación hasta el setenta y cinco por ciento del salario mínimo vital y el veinticinco por ciento restante quedará como aporte para la plantación, con derecho al quince por ciento de los beneficios del aprovechamiento, sin perjuicio de que las organizaciones campesinas tengan mayores participaciones, según sus aportes.

4.11.5. Plan Nacional para el buen vivir (2013-2017)

Establece las siguientes Estrategias Territoriales Nacionales:

1. Propiciar y fortalecer estructura nacional poli céntrica, articulada y complementaria de asentamientos humanos.
2. Impulsar Buen Vivir en territorios rurales y soberanía alimentaria.

3. Jerarquizar y hacer eficientes la infraestructura, la movilidad, la conectividad y la energía.
4. Garantizar la sustentabilidad del patrimonio natural con uso responsable de los Recursos Naturales renovables y no renovables.
5. Potenciar diversidad y patrimonio cultural.
6. Fomentar inserción estratégica y soberana en el mundo e integración latinoamericana.
7. Consolidar modelo de gestión descentralizado y desconcentrado con base en la planificación articulada y la gestión participativa del territorio.

Los Objetivos Nacionales del Plan Nacional de Desarrollo del Milenio contemplan metas, siendo este el objetivo 7:

Objetivo 7.- Promover un medio ambiente sano y sustentable y garantizar el acceso seguro al agua, aire y suelo.

4.11.6. El Plan Nacional Forestal y Reforestación Nacional PNFRN.

El Plan Nacional Forestal y Reforestación Nacional fue creado mediante Acuerdo Ministerial Nro. 113 del 15 de septiembre del 2006, publicado en el Registro Oficial Nro. 371 del 5 de octubre del 2006, El Ministerio del Ambiente acuerda, aprobar e implementar el Plan Nacional de Forestación y Reforestación; el 1 de febrero del 2013, el Acuerdo Ministerial Nro. 010 el Ministerio del Ambiente, procede a su actualización.

El Plan Nacional de Forestación y Reforestación 2012 contiene dos programas: a) reforestación con fines productivos y b) reforestación con fines de protección y conservación. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca ejerce las competencias de gestión, promoción, fomento, planificación, y comercialización forestal productiva, a través de su Subsecretaría de Producción Forestal. Esta Subsecretaría reemplaza a la Unidad de Promoción y Desarrollo Forestal del Ecuador “PROFORESTAL”, creada en el 2008 y adscrita al

Ministerio de Agricultura para la ejecución de las mencionadas competencias, pero cuya creación fue derogada en el 2012. El modelo de gestión para el programa de incentivos para la forestación con fines comerciales fue aprobado por el Consejo Sectorial de la Producción.

4.11.7. Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN)

En el Ecuador el organismo encargado del desarrollo de la normas para la industria nacional, es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) el cual mediante subcomités técnicos, con delegados de los sectores involucrados, los mismos que en base a un borrador de trabajo se reúnen las ocasiones que sean necesarias, para discutir y elaborar una norma técnica oficial (Acosta Freire & Salazar Balladares, 2007).

Además, la dirección técnica de normalización se encarga de: planificar, organizar, dirigir, controlar y evaluar los parámetros de la calidad, inocuidad y seguridad de los productos y servicios que se comercializan en el país, a través del desarrollo de documentos normativos, relacionados con el avance tecnológico, de tal forma que estos documentos se constituyan en el punto de referencia técnico-legal que garantice orden en las actividades a desarrollarse.

Según Decreto Ejecutivo 338 del 16 de mayo del 2014 y de la resolución del Director Ejecutivo N° 2014-025 del 2 de julio del 2014; se cambia el nombre de “Instituto Ecuatoriano de Normalización” por “Servicio Ecuatoriano de Normalización”, las siglas INEN se mantienen hasta realizar el proceso de cambio.

En el catálogo de normas técnicas ecuatorianas se encuentra el NTE INEN 1160:84. Maderas. Determinación del contenido de humedad *4.

Objeto: Esta norma establece los métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad en las maderas, base principal para analizar las propiedades tecnológicas.

(*4) Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue Desregularizada, pasando de Obligatoria a Voluntaria, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

4.12. Marco conceptual

Ambiente: Es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica, sociocultural y de sus interrelaciones, en permanente modificación por la acción humana o natural que rige o condiciona la existencia o desarrollo de la vida.

Aprovechamiento forestal: Toda actividad de extracción de productos forestales o especies vegetales, efectuada en bosques de propiedad privada o de dominio del Estado, que se realice con sujeción a las Leyes y reglamentos que regulan esta actividad.

Árboles plantados: En forma aislada o dispersos que no constituyen plantaciones forestales y que generalmente se encuentran formando parte de sistemas agroforestales, pasturas, linderos, cortinas rompe vientos, barreras vivas, entre otras.

Árboles de la regeneración natural en cultivos: Aquellos árboles provenientes del manejo y fomento de la regeneración natural, incluidos árboles de pigue y balsa, que se desarrollan en: huertos, potreros, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, que no constituyen parte integrante de un bosque nativo y que no constituyen árboles relictos; y que por su tamaño, apariencia, especie y madurez fisiológica son clasificados como tales.

Biomasa: Conjunto de materia orgánica (plantas y vegetales) viva o muerta, aérea o subterránea, pero no fosilizada sobre una superficie definida, cuando se habla de la fuente de biomasa.

Biodiversidad: Es el conjunto de todas las especies de plantas, animales y microrganismos, así como, los ecosistemas y los procesos ecológicos que estas especies integran, es el conjunto de varios seres vivos que se encuentran en la naturaleza, el cuidado y protección de los mismos, garantizan el correcto equilibrio y bienestar del ecosistema.

Bosques en áreas especiales: Áreas pobladas de árboles y arbustos, localizadas en gradientes mayores del 50%, en lugares inundables, humedales tropicales, manglares, pantanos, alturas mayores a 4000 metros y relictos.

Bosques cultivados: Formación arbórea debida a la acción del hombre (plantaciones forestales).

Bosques naturales: Formaciones de árboles, arbustos y demás especies vegetales debidas a un proceso biológico espontáneo.

Bosques productores: Bosques naturales y cultivados que se destinan a la producción permanente de productos forestales.

Biomasa aérea total: Peso seco del material vegetal de los árboles, incluyendo fustes, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol.

Biomasa fustal: Biomasa que va desde la superficie del suelo donde empieza el tronco o fuste hasta la primera ramificación del árbol donde comienza la copa.

Biomasa foliar: Biomasa desde el punto más alto de la copa o dosel hasta la primera ramificación, es decir, la diferencia entre biomasa aérea total y biomasa fustal.

Corteza: Tejido celular externo de las grandes plantas que protege al cuerpo leñoso. Su espesor puede variar desde 1 mm en el abedul a 30cm en las secuoyas.
Clinómetro: Destinada a medir pendientes en grados o porcentajes.

Copa de un árbol: Conjunto de ramas vivas y ramificaciones que envuelven la parte superior del tronco.

Conservación: Actividad de protección, rehabilitación, fomento y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, de acuerdo con principios y técnicas que garanticen su uso actual y permanente.

Densidad basal: Relación entre la masa del producto seco y el volumen real en estado verde.

Espécimen: Ejemplar vivo o muerto, o una parte constitutiva de fauna o flora.

Ecosistemas: Son sistemas complejos como el bosque, el río o el lago, formados por una trama de elementos físicos y biológicos.

Forestación: Plantar árboles forestales en zonas donde no han existido los mismos.

Factores abióticos: Los que comprende todos los fenómenos físicos (presión atmosférica, lluvia, aire, suelo) y químicos (componentes de la rocas, minerales, salinidad del agua) que afectan a los organismos.

Factores bióticos: Comprende todos los seres vivos existentes en un ecosistema, y las interrelaciones que se forman entre ellos, plantas, animales (incluido el hombre) y microorganismo.

Factor de expansión de biomasa: Se define como una función que representa la relación entre biomasa aérea total de árboles y la biomasa fustal a partir de volúmenes forestales inventariados en una hectárea.

Fauna nativa: Animales propios del país o de una región.

Fitomasa: Es la totalidad de la materia viva vegetal. Ella forma junto con la zoomasa la biomasa. La fitomasa constituye normalmente alrededor de un 99% de la biomasa.

Fotosíntesis: Es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz.

Tierras forestales: Aquellas que por sus condiciones naturales, ubicación, o por no ser aptas para la explotación agropecuaria, deben ser destinadas al cultivo de especies maderables y arbustivas, a la conservación de la vegetación protectora, inclusive la herbácea y la que así se considere mediante estudios de clasificación de suelos, de conformidad con los requerimientos de interés público y de conservación del medio ambiente.

Plantaciones forestales: "Las plantaciones forestales comerciales son superficies arboladas obtenidas de forma artificial, mediante plantación o siembra. Los árboles pertenecen en general a una misma especie (ya sea nativa o introducida), tienen los mismos años de vida, presentan una separación homogénea, tienen una superficie mínima de 1 ha, una cubierta de copa de al menos el 10% de la superficie de la tierra; y pueden tener como objetivo la producción de productos madereros o no madereros". Es la masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales, diferentes de las palmas.

Reforestación: Repoblar con especies forestales sectores en donde existieron árboles y que fueron aprovechados.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

En la investigación se utilizaron los siguientes equipos y herramientas:

5.1.1. Equipos

- GPS: Marca Garmin (Posicionado).UNSPSC 52161518
- Cámara fotográfica, Sony 8x.
- Motosierra, Sthil 056. MS 650
- Clinómetro Marca Suunto. UNSPSC 41114001
- Brújula Marca Suunto. BR038

5.1.2. Herramientas

- Cinta diamétrica.
- Flexómetro de 25 m.
- Fundas plásticas.

5.2. Métodos

5.2.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la comuna San Pablo, perteneciente a la parroquia San Sebastián del Coca, en el cantón Francisco de Orellana de la Provincia de Orellana. La comuna San Pablo, se ubica a unos 10 minutos de la ciudad de Francisco de Orellana (Coca) vía a Nueva Loja (Lago Agrio), el ingreso se lo realiza por un camino secundario aproximadamente 20 minutos en vehículo. El proyecto forestal se encuentra ubicado a los dos lados de la vía que atraviesa la comuna. El Cantón La Joya de Los Sachas, tiene una superficie aproximada de 1.197,23 Km2 (0,5% del territorio nacional). Su

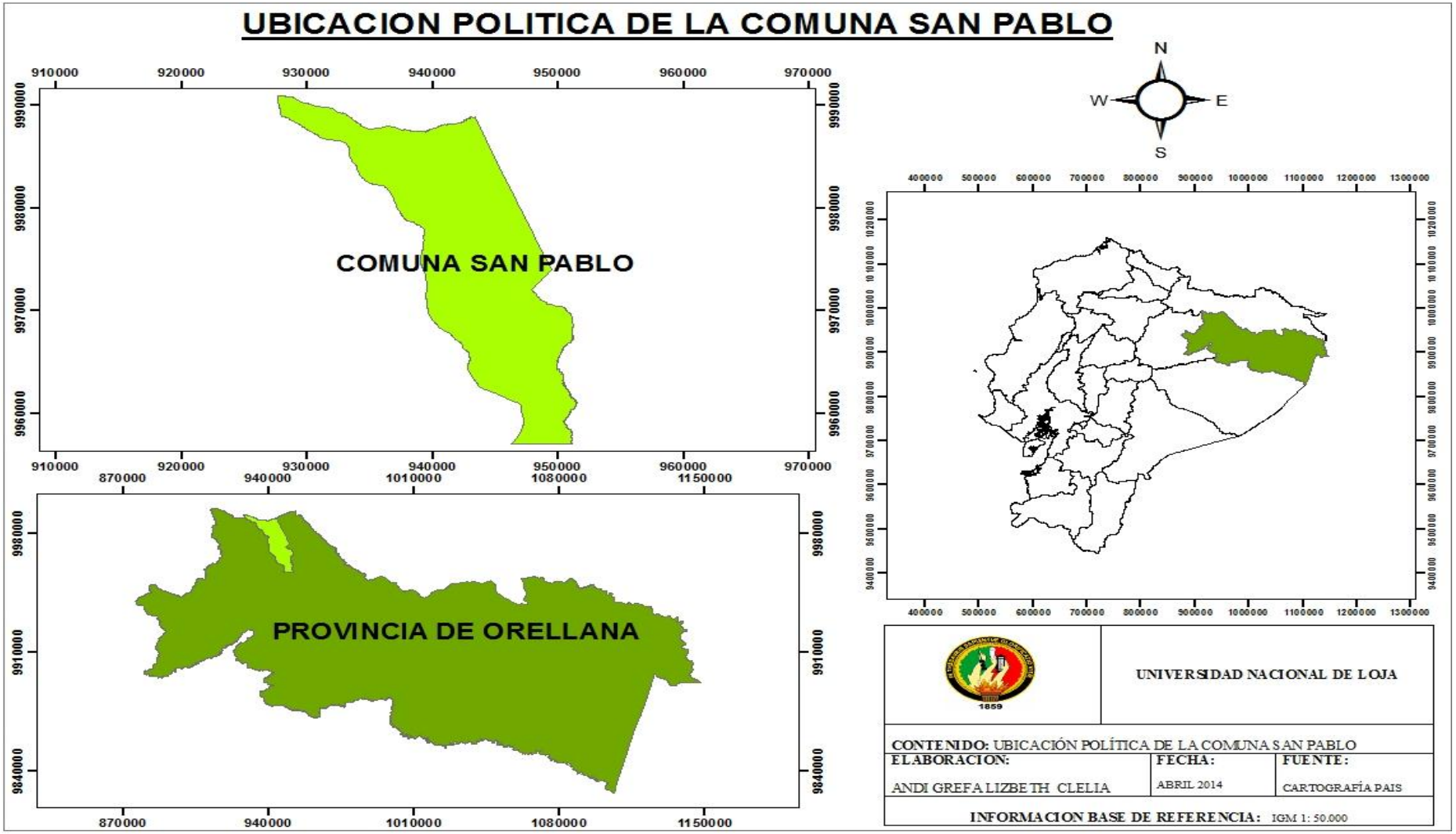
población alcanza aproximadamente a 40.512 habitantes, distribuidos mayoritariamente en el área rural (69,46%), tiene una tasa de crecimiento anual de 3,94%. La población cantonal representa el 28% del total de habitantes de la provincia de Orellana. La estructura poblacional se encuentra formada tanto por colonos provenientes de varias provincias, así como por indígenas de la región Amazónica, destacándose la nacionalidad Kichwa.

5.2.2. Ubicación Política

La parroquia San Sebastián del Coca limita: al Norte con la provincia de Sucumbíos; al Sur con las comunidades San José y Amaru Mesa del cantón Francisco de Orellana; al Este con la Parroquia de Rumipamba, Tres de Noviembre, Lago San Pedro, Joya de los Sachas y San Carlos, al Oeste con Río Coca. La parroquia de San Sebastián del Coca es parte del cantón Joya de los Sachas, en la provincia de Orellana, se ubica a 16 km. de la Cabecera del Cantonal Joya de los Sachas, cuenta con una superficie de 283.4 Km^2 (PDOT, 2012).

Además, está formado por una parroquia urbana y ocho rurales. El cantón se caracteriza por su diversidad cultural, su aporte a las ciencias y múltiples expresiones artísticas, por su artesanía y saberes ancestrales, por la majestuosa belleza natural de sus ríos y bosques y sus recursos naturales. Vive un proceso acelerado de grandes transformaciones en los ámbitos social, económico, político, tecnológico, ambiental y turístico.

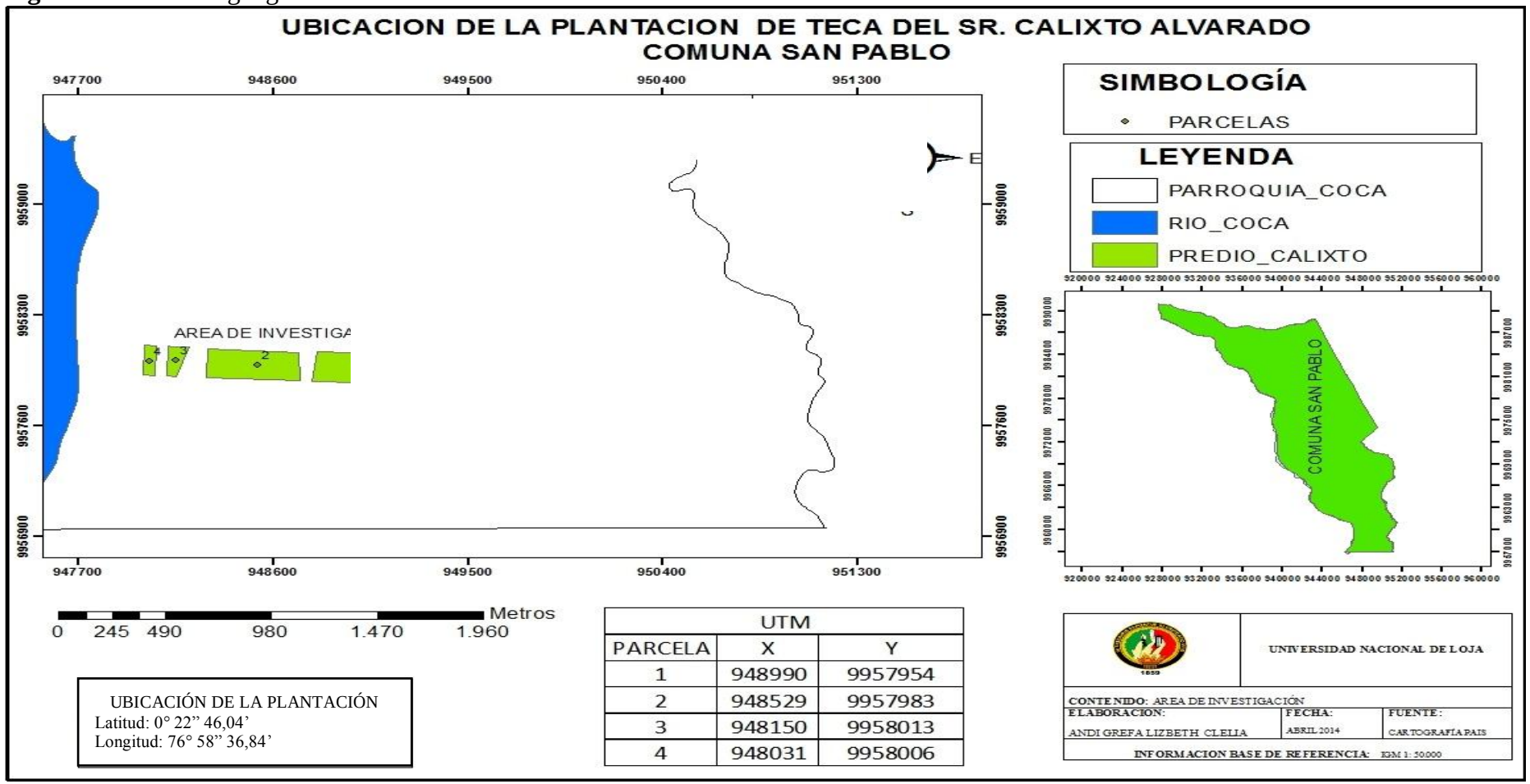
Figura 3. Ubicación política de la Comuna San Pablo



Elaborado por: La autora

5.2.3. Ubicación Geográfica

Figura 4. Ubicación geográfica de la Comuna San Pablo.



UTM		
PARCELA	X	Y
1	948990	9957954
2	948529	9957983
3	948150	9958013
4	948031	9958006

Elaborado por: La autora

5.3. Aspectos biofísicos y climáticos

5.3.1. Aspectos biofísicos

a. Medio Abiótico

- **Recurso agua**

El sistema de drenajes naturales de la Parroquia tiene como principales elementos varios ríos que nacen en el territorio de San Sebastián del Coca y luego se desarrollan con dirección sur este, para poder incorporar caudales y formar ríos como el Yanuyacu, Jivino Rojo, Río Salvador, además se aporta caudal al Rio Coca al oeste de la Parroquia en el límite con la parroquia de San José de Guayusa, Al Río Eno, al norte de la Parroquia. Los drenajes principales son utilizados como límites entre parroquias, es así que el límite este está definido por el Río Coca, el límite norte lo define el Río Eno, el límite este aproximadamente el 50%, lo define el Río Yanuyacu (Río que nace al interior del Territorio Parroquial), mientras que el límite sur lo determina una línea recta correspondiente a una coordenada norte cerrada (PDOT, 2012, pág. 22)

- **Recurso suelo**

El suelo como medio en donde se desarrolla la vida, tiene como función sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad de agua y aire y sostener la salud humana. La degradación de la calidad del suelo afecta directamente el funcionamiento de los ecosistemas y la supervivencia de los mismos (PDOT, 2012, pág. 26).

b. Medio Biótico

- **Flora**

Cuenta con una vegetación abundante, posee gran variedad de especies forestales como el árbol de balsa, sangre de drago con propiedades

medicinales, la tagua usada para elaborar artesanías. La agricultura es escasa en la provincia y los principales cultivos son: maíz, café, yuca. Además se dedican a la ganadería, especialmente es de tipo bovino.

- **Fauna**

Podemos mencionar que en la fauna se destacan las: dantas, jaguares, tigrillos armadillo, guanta y otros. Entre sus riquezas se encuentra el petróleo y la madera que son las fuentes más importantes de ingresos a nivel de la Provincia (Montero, 2012, pág. 30).

5.3.2. Aspectos climáticos

La Región Amazónica Ecuatoriana se caracteriza por tener una red meteorológica muy poco densa y prácticamente inexistente a nivel parroquial y cantonal. Su clima es húmedo y tropical, y la altitud: oscila entre 380 y 260 metros sobre el nivel del mar (PDOT, 2012).

Cuadro 2. Ubicación de la estación meteorológica.

Código	Nombre	Latitud	Longitud
M0007	F. Orellana	0° 55’ 0’’S	75° 25’ 0’’W

Fuente: INAMHI, 2014.
Elaborado por: La autora.

Precipitación: Las precipitaciones en el Cantón Joya de los Sachas presenta un promedio anual 3100 mm (INIAP, 2014).

Humedad: La humedad oscila entre un mínimo de 284ºC y un máximo de 298ºC, promedio mensual es de 290ºC (INIAP, 2014).

Temperatura: La temperatura oscila entre un mínimo de 22ºC y un máximo registrado de 40ºC, con un promedio de 25,5ºC (INIAP, 2014).

5.4. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental, de carácter descriptivo, de campo y bibliográfico, en función a los objetivos planteados con sus respectivas variables. Se basó fundamentalmente en la observación y descripción de las variables tal como se presenta en la realidad, para conocer la cantidad de biomasa y carbono almacenado en dicha plantación de teca. Por medio de la observación directa y por medio de encuestas y/o entrevistas se recolecto la información en el lugar donde se encuentran los actores y las plantaciones de teca. Se realizó en libros, enciclopedias, bibliotecas, revistas, en donde se encontraron textos adecuados al tema, que condujeron a un conocimiento más profundo de la investigación.

5.5. Definir el impacto socio económico y ambiental de las plantaciones de teca en la Comuna San Pablo:

Con el fin de obtener información de fuente primaria se realizó una encuesta socio económico y ambiental, la misma que está estructurado de la siguiente manera:

1. Aspectos generales del propietario.
2. Componente Social.
3. Componente Económico.
4. Componente Forestal.
5. Componente Ambiental

De esta manera, fue necesario construir el cuestionario respectivo que incluyen preguntas abiertas y cerradas sobre la fundamentación teórica, metodológica y técnica que orienta a la ejecución de los proyectos forestales y la captura de carbono (Ver anexo 1).

Para demostrar la expresión cualitativa y cuantitativa de los indicadores previstos en las hipótesis de investigación, los nexos generales y la estructura de los objetos y procesos que se estudiaron. Además, permitió presentar los datos

obtenidos, como resultado de la investigación, en cuadros, gráficos y tablas, de modo que facilitó la comprensión, análisis e interpretación.

5.6. Estimar de la cantidad de biomasa y carbono de los árboles de teca.

5.6.1. Inventario forestal

Para el cálculo de la biomasa de los árboles de teca fue necesario realizar el inventario forestal, el mismo que se planificó a una intensidad de muestreo del 1,5% del área total de la plantación.

Para la ubicación de las parcelas se aplicó la metodología establecida por el MAGAP definida como método para evaluación de plantaciones a través de la generación de grillas en Arc Gis 10.1, el cual permitió determinar la ubicación de las parcelas.

En base al diseño del inventario se instaló 4 parcelas de 500 m². Se procedió a medir cada uno de los árboles que se encontraron dentro del área de la parcela, además se utilizó una ficha para el levantamiento del inventario (Ver anexo 3).

DAP: Diámetro a la altura del pecho: Para la medición del diámetro a la altura del pecho del árbol se midió con cinta diamétrica a 1,30 m de altura del suelo en la parcela establecida.

AC: Altura comercial: Mediante el uso del clinómetro se realizó la medición y estimación de la altura comercial del árbol, tomando como altura comercial el inicio de la primera rama para el inicio de la copa.

AT: Altura total: Mediante el uso del clinómetro se realizó la medición y estimación de la altura total del árbol.

5.6.2. Tabulación del inventario forestal

De la información de campo recolectada se procedió a la tabulación de la información aplicando las siguientes ecuaciones:

Los datos fueron obtenidos mediante las siguientes formulas propuestas por Campbell (1986) y Cerón (1999); y se aplicó las fórmulas para el cálculo del volumen que constan en la normativa forestal del MAE 2014.

Fórmula: $AB = \pi \, dap^2/4$

Donde:

AB = Área Basal
π = Constante pi
DAP = Diámetro del árbol a la altura del pecho (1,30 m)

Área basal: El área basal de un árbol se define como el área del DAP en corte trasversal del fuste o tronco del individuo. El área basal de una especie determinada en un transepto o superficie es la suma de las áreas basales de todos los individuos.

Fórmula: $V = AB * h * f$

Donde:

V = Volumen del árbol
AB = Área Basal
h = Altura del árbol
f = Factor de forma (0,65)

Volumen: El volumen de un árbol se define por el área basal multiplicado por la altura total y multiplicada por el factor de forma de la especie.

Recolectada la información dasométrica, se procedió al procesamiento de los datos, para lo cual fue necesario la ejecución de las siguientes actividades:

Una vez obtenido los datos de campo correspondientes se procedió a realizar la estadística descriptiva para cuantificar la frecuencia de los datos y obtener los porcentajes de cada uno de los indicadores y/o sub indicadores investigados.

5.6.3. Cálculo de la Biomasa de la plantación.

A partir de los datos tomados en las parcelas, se usó el siguiente método de estimación de biomasa: se procedió al cálculo de biomasa del fuste y un factor de expansión de biomasa para las ramas y las hojas.

La biomasa en esta investigación se expresa como peso seco. No se consideró la biomasa de la raíz.

Para el cálculo de la biomasa del fuste se aplicó la siguiente ecuación:

Fórmula: $Bf = V*DB$

Donde:

Bf = Biomasa del fuste de cada árbol (ton).

V = Volumen en m^3/ha

DB = Densidad específica (g/cm^3)

5.6.4. Determinación de la densidad de la madera

La Densidad específica (DB) se la obtuvo del cálculo generado del peso en verde con el peso seco en un laboratorio.

Para ello se aprovechó 2 árboles para sacar 5 probetas por cada árbol, de diferentes cortes, los que se llevó al laboratorio donde se determinó la densidad

actual de la madera, la misma que permitió calcular la Biomasa de los árboles. A continuación se describe el procedimiento.

- **Selección de los árboles:** De todo el rodal se seleccionaron 2 árboles, con base en los siguientes criterios: árboles sanos, troncos rectos, lo más cilíndrico posible y representativos de cada estrato de la plantación forestal en relación al diámetro. El número de árboles seleccionados se hizo tomando en cuenta que es un rodal homogéneo la cual permitirá una precisión exacta para la toma de datos en la presente investigación.

- **Corte de árboles, corte de bloques y codificación:** Una vez seleccionado los árboles se procedió a sacrificarlos, se marcaron trozas de 2,40 m de largo y se extrajo 2 trozas a partir de la base del árbol. Posteriormente, cada una de ellas fue aserrada con una motosierra, marca Sthil 056. MS 650.

- Las piezas obtenidas (bloques) se marcaron con un código, en el que se indica el número de árbol y el orden de la troza para su fácil identificación. Para el dimensionamiento de los bloques se tomaron en cuenta la Norma INEN 1160.

- **Tratamiento de bloques y transporte:** Para poder transportar las muestras, primeramente se sellaron los extremos con fundas plásticas, para evitar la pérdida la deshidratación y no sufran defectos producto de la pérdida del contenido de humedad (tensión) de las 6 trozas y se procedió al transporte inmediatamente al aserradero.

- **Preparación, selección de viguetas y probetas:** En el aserradero se preparó las trozas, se realizó cortes paralelos obteniéndose piezas con un espesor de 0,08 m incluida la médula y una longitud del total de la troza de 2,40 m, luego se procedió a realizar tres tipos de corte: tangencial, radial y oblicuo. De las viguetas obtenidas se seleccionaron para la preparación de

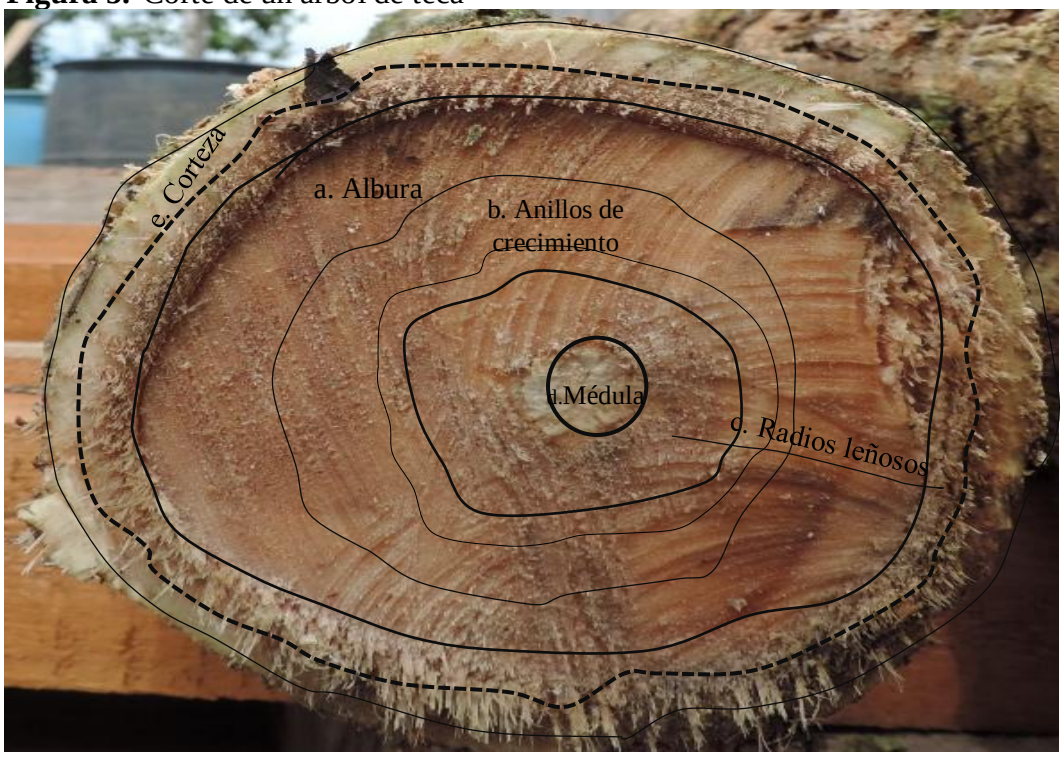
las probetas para realizar los ensayos correspondientes. Cada probeta se codificó para su fácil identificación de la siguiente forma:

Fórmula para codificar probetas: 2 P 3 – A

Donde:

2 = número del árbol
P = especie (*Tectona grandis*)
3 = número de troza en cada árbol
A = Orden de la Probeta

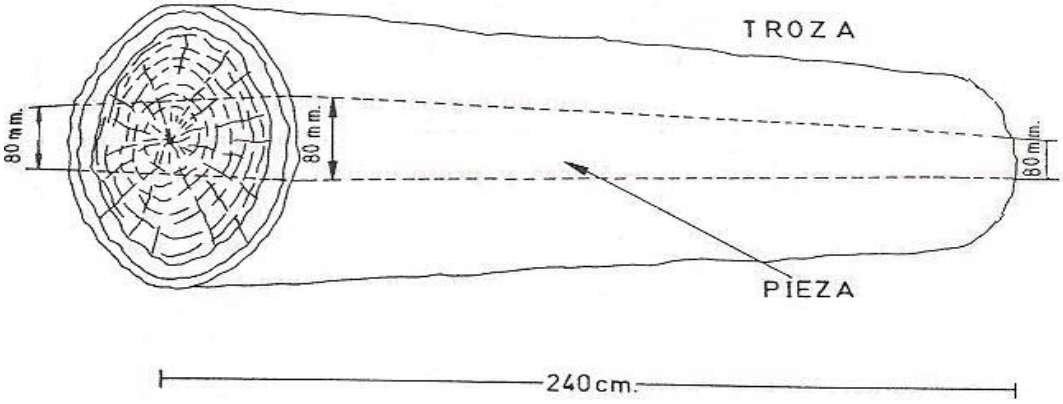
Figura 5. Corte de un árbol de teca

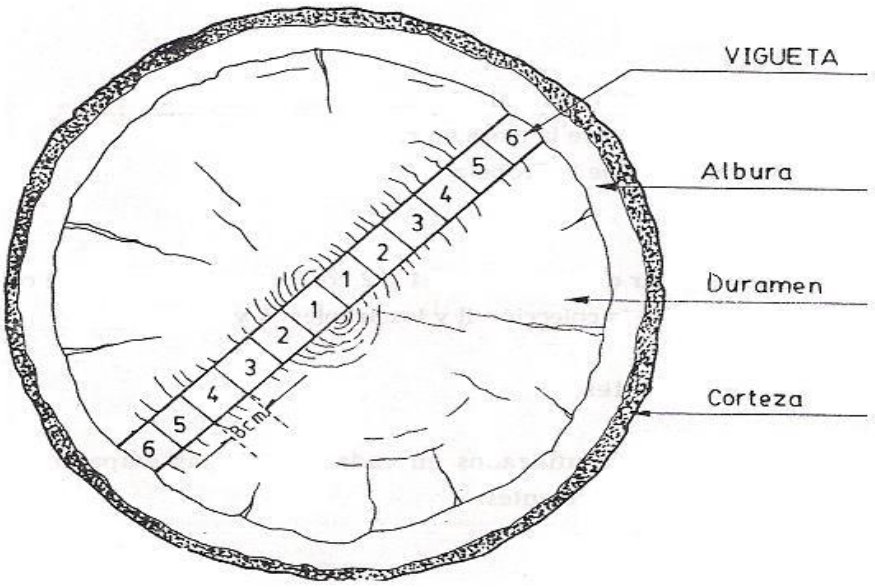


Elaborado por: La autora

a. Albura
b. Anillos de crecimiento
c. Radios leñosos
d. Médula
e. Corteza

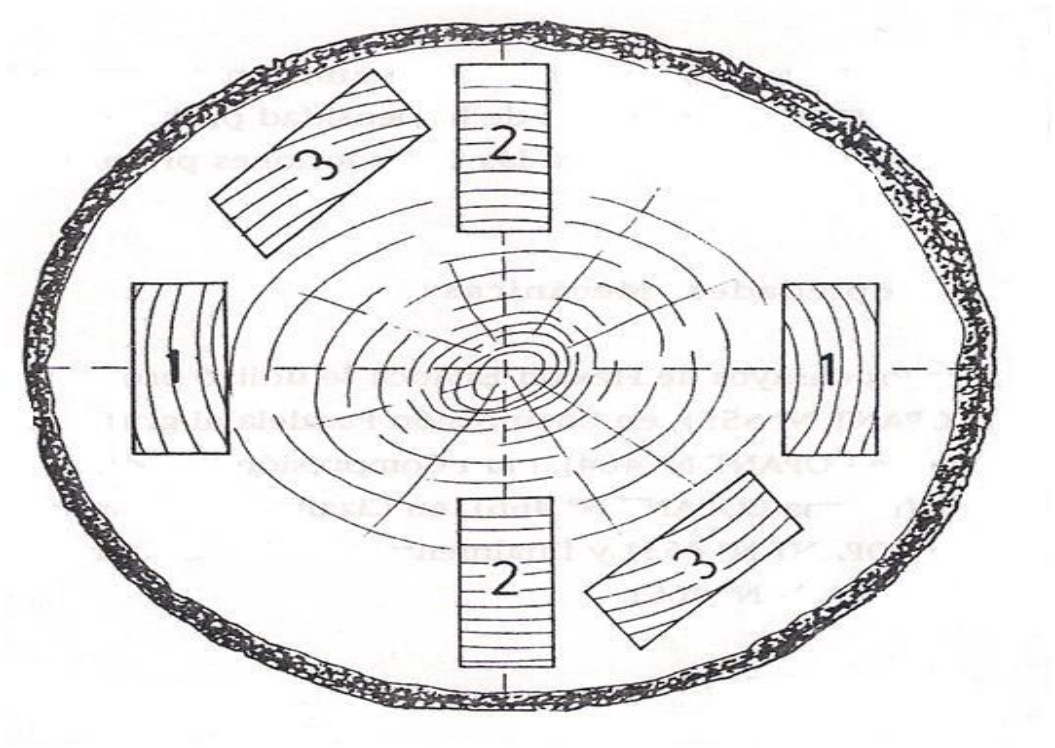
Figura 6. Preparación, selección de viguetas y probetas





Fuente: Normas INEN, 2012.

Figura 7. Tipo de corte en la troza para la obtención de probetas



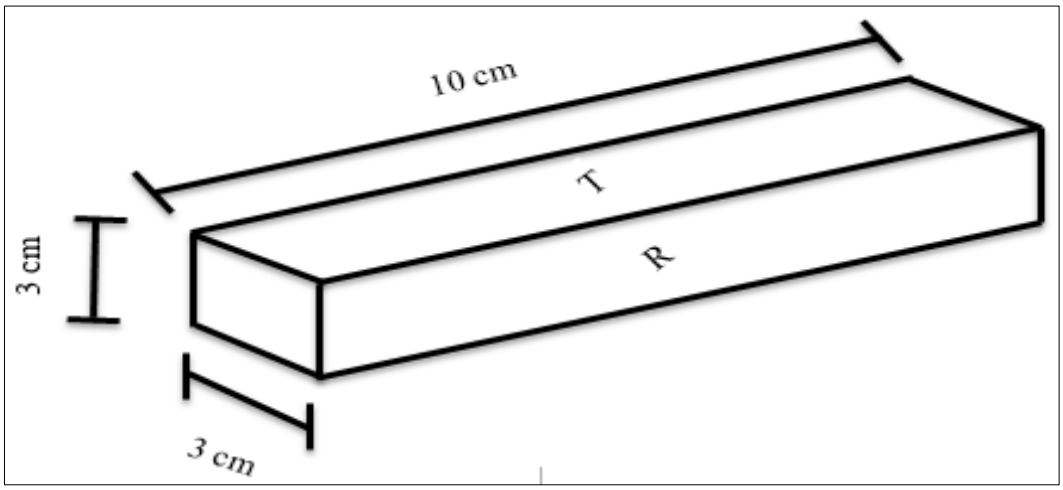
Fuente: Herrera e Hidalgo, 2012.

1. Corte Tangencial.
2. Corte Radial.
3. Corte Oblicuo.

- **Contenido de humedad:** Para determinar el contenido (CH) se utilizó cinco probetas libre de defectos para cada uno de los árboles muestreados (10 probetas en total). Esta propiedad se determinó según los estándares de la Norma INEN 1160, (Ver anexo 8).

- **Dimensión de Probetas:** Para este ensayo se utilizó probetas con las siguientes dimensiones: 10 cm de longitud y de 3 cm x 3 cm de sección trasversal, orientadas de tal forma que se distingan dos caras radiales y dos caras tangenciales, (Ver figura 8).

Figura 8. Dimensión de probeta para determinar propiedades físicas



Fuente: Norma COPANT 460, 2008.
Elaborado por: La autora

- **Procedimiento del ensayo:** Para determinar el contenido de humedad (CH) se realizó en función del peso, las probetas fueron pesadas en condición verde (peso húmedo). Luego se determinó el peso en estado anhidro; se colocaron las probetas en estado verde y al ambiente por el tiempo de 12 horas, luego en el cuarto climatizado por 24 horas a una temperatura de 20ºC y una humedad relativa del 65%, posteriormente se colocaron en una estufa eléctrica provista de termo regulador a una temperatura inicial de 40ºC durante 6 horas; luego se elevó a 70ºC durante 18 horas. Se retiró las probetas a las 24 horas tras permanecer a una temperatura de 102 +/- 3ºC, obteniéndose así el peso en estado anhidro.

La Biomasa total del fuste (Btf) por hectárea (ha) para cada uno de los sitios se obtuvo por la suma de todos los valores Bf de los árboles encontrados en la parcela; este valor total se multiplicó por 10.000 m² y se dividió para el área de la parcela (A) en m².

Fórmula: $Btf = \sum^{n} Bf_i \times (10.000/A)$

Donde

I = 1

La biomasa aérea total (BT) se obtiene al multiplicar la Btf por el factor de expansión de biomasa (Feb), (Dauber *et al.*, 2000), citado por FAO, 2009.

Fórmula: BT= Btf x feb

Fef es el factor de multiplicación que aumenta la madera en pie o el volumen comercial, para tener en cuenta componentes de biomasa no medidos, como ramas, follajes y arboles no comerciales (IPCC, 2003). El factor de expansión de biomasa se define como el cociente entre la biomasa aérea total y la biomasa de los fustes (Dauber et al., 2001) citado por (CNI ITTO, 2012).

Para plantaciones donde el Btf sea menor a 190 tn/ha el valor del (Feb) se obtuvo a partir de la ecuación de Brown et al (1997) citado por (CNI ITTO, 2012).

Fórmula: Feb= Exp {3.213-0.506* Ln (Btf)}

5.6.5. Carbono fijado

Según, CNI ITTO (2012), el cálculo de carbono se realiza en base a la biomasa calculada y multiplicada por el factor 0,5.

Fórmula:

C = BT x F

Donde:

C = carbono almacenado (ton/ha)
BT = Biomasa Total (ton/ha)
F = 0,5

5.7. Propuesta de plan de manejo ambiental para la especie teca

Una vez realizado el análisis de los impactos socio económico, ambiental y la estimación de biomasa, almacenamiento de carbono, se diseñó el Plan de Manejo Integral para la especie teca, con el fin de presentar como una propuesta al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Parroquial San Sebastián del Coca, Cantón Joya de los Sachas, para que sea ejecutado en beneficio de la parroquia y preservar el ambiente.

El Plan diseñado contiene la siguiente estructura:

1. Introducción
2. Objetivos
3. Alcance
4. Plan de Manejo Ambiental
   4.1. Programa de Capacitación
   4.2. Programa de Cobertura Vegetal
   4.3. Programa de Monitoreo y Seguimiento
   4.4. Costo estimado para la ejecución del Plan

6. RESULTADOS

6.1. Definir el impacto socio económico y ambiental de las plantaciones de teca en la Comuna San Pablo:

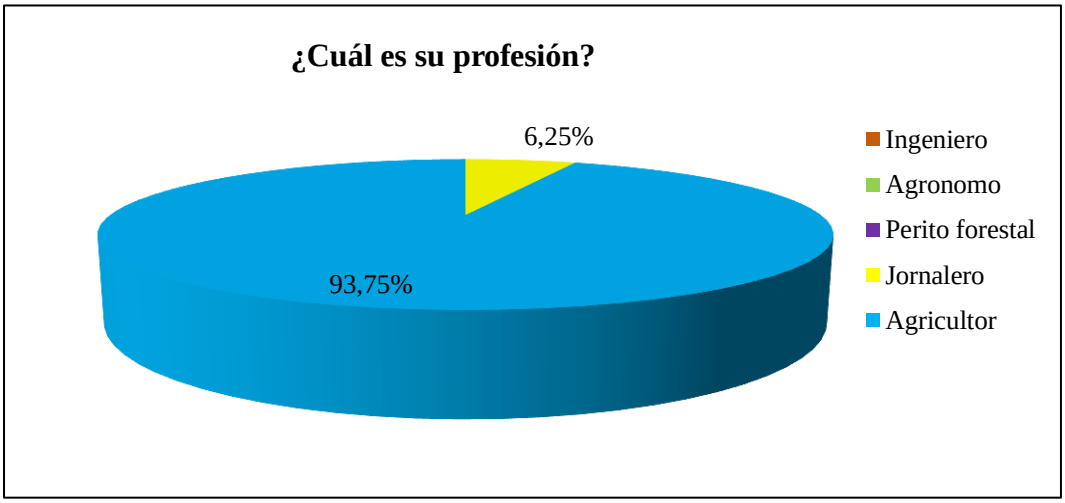
6.1.1. Componente social

Tabla 1. ¿Cuál es su profesión?

Profesión	N°	%
Ingeniero	0	0,00
Agrónomo	0	0,00
Perito forestal	0	0,00
Jornalero	1	6,25
Agricultor	15	93,75
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 1.



Elaborado por: La autora

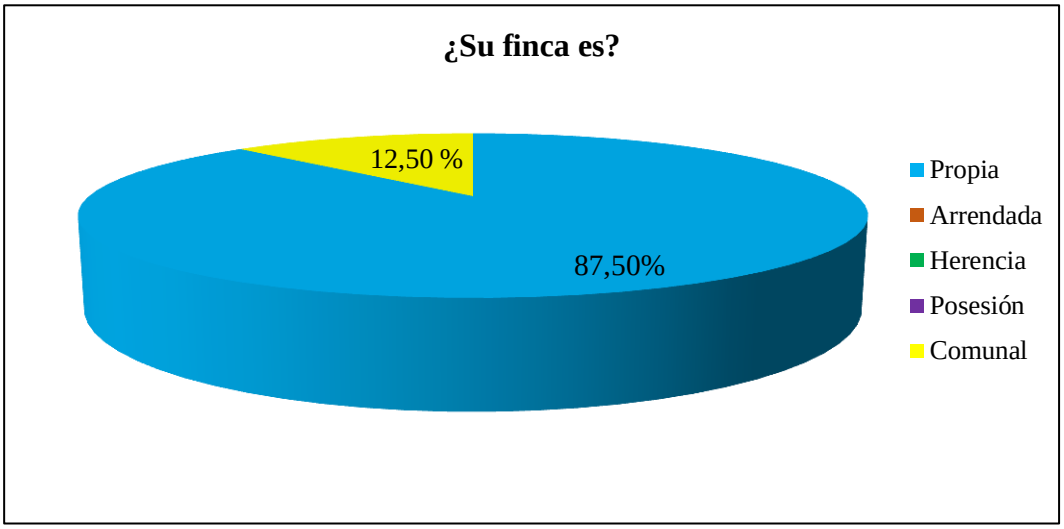
Interpretación: El 93,75% de los encuestados respondieron que son agricultores, y el 6,25% son jornaleros, determinándose que en la Comuna San Pablo, no existen profesionales con formación académica superior.

Tabla 2. ¿Su finca es?

Finca	N°	%
Propia	14	87,50
Arrendada	0	0,00
Herencia	0	0,00
Posesión	0	0,00
Comunal	2	12,50
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 2.



Elaborado por: La autora

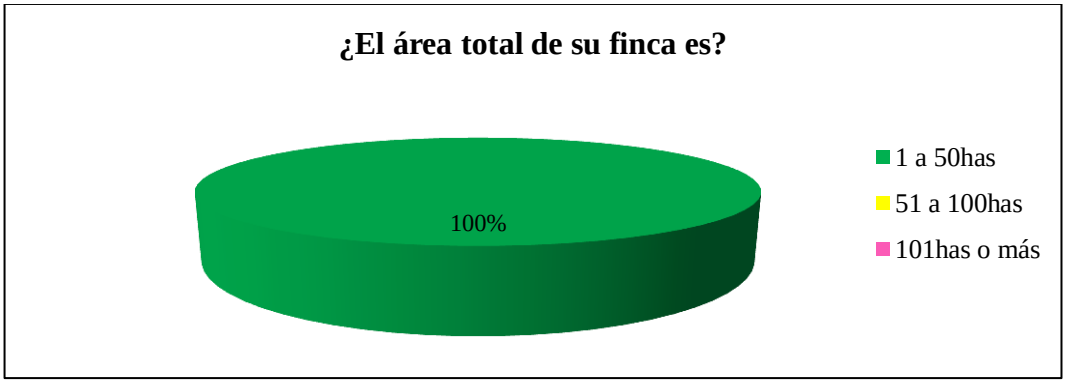
Interpretación: El 87,50% son propietarios de sus fincas y el 12,50%, respondieron que la propiedad (terreno) es comunal, significa que los propietarios conservan los terrenos para sus hijos.

Tabla 3. ¿El área total de su finca es de?

Ha	N°	%
1 a 50 has	16	100
51 a 100 has	0	0,00
101 has o más	0	0,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 3.



Elaborado por: La autora

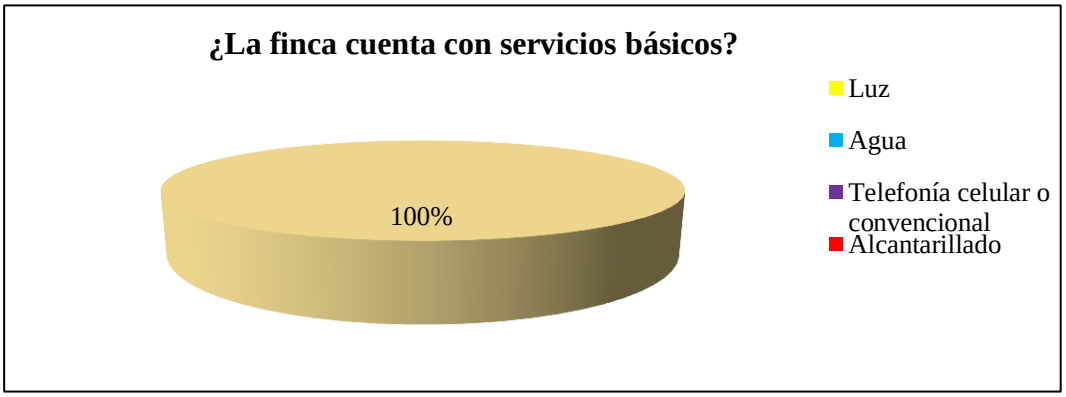
Interpretación: El 100% de los propietarios encuestados, respondieron que en su totalidad las fincas tienen una superficie entre 1 a 50 has, en el sector de la Comuna San Pablo.

Tabla 4. ¿La finca cuenta con servicios básicos?

Servicios Básicos	N°	%
Luz	0	0,00
Agua	0	0,00
Telefonía celular o convencional	0	0,00
Alcantarillado	0	0,00
Acceso (vías)	16	100,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 4.



Elaborado por: La autora

Interpretación: El 100% de los encuestados, manifestaron que tienen acceso a vías de segundo orden, pero no disponen de los siguientes servicios básicos como son; luz, agua, alcantarillado, teléfono.

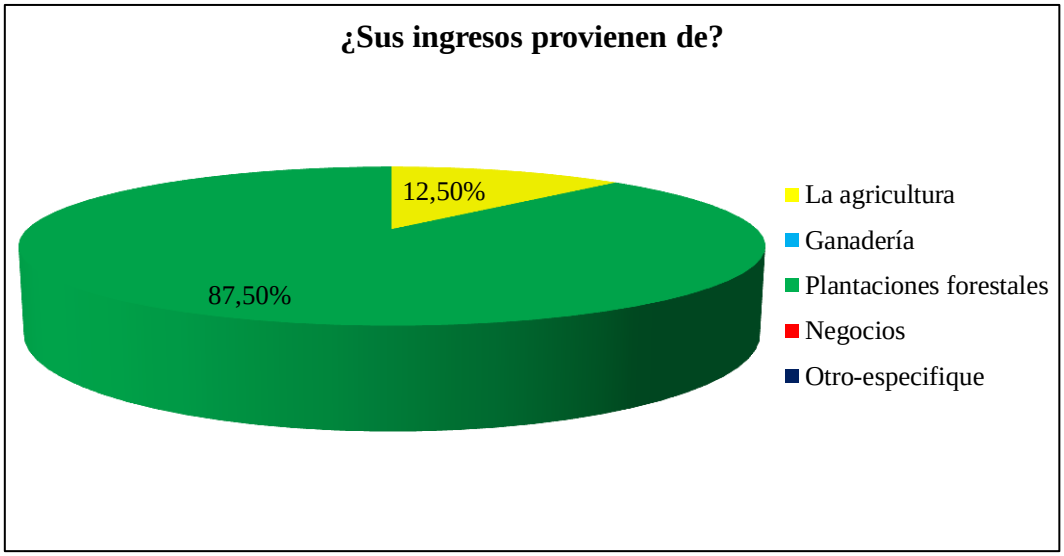
6.1.2. Componente económico

Tabla 5. ¿Sus ingresos provienen de?

Ingresos	N°	%
La agricultura	2	12,50
Ganadería	0	0,00
Plantaciones forestales	14	87,50
Negocios	0	0,00
Otro-especifique	0	0,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 5.



Elaborado por: La autora

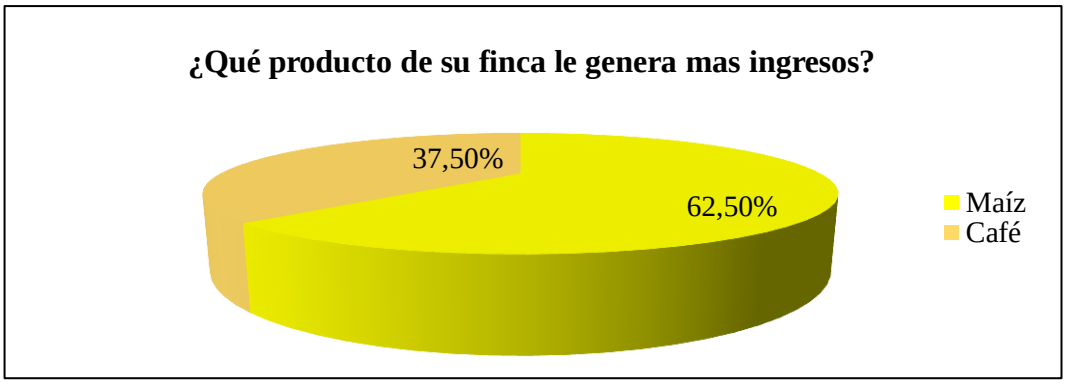
Interpretación: El 87,50%, respondieron que sus ingresos provienen de las plantaciones forestales y el 12,50% proviene de la agricultura, las mismas que son permanentes, la población solo se dedica a estas dos actividades para su sustento familiar.

Tabla 6. ¿Qué producto de su finca le genera ingresos económicos?

Actividades	N°	%
Maíz	10	62,50
Café	6	37,50
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 6.



Elaborado por: La autora

Interpretación: En el gráfico 6, el producto que más ingreso económico genera es el maíz con 62,50%, seguido del café con el 37,50%, a pesar de haber establecido plantaciones de teca, cultivan otros productos como sustento para sus familias.

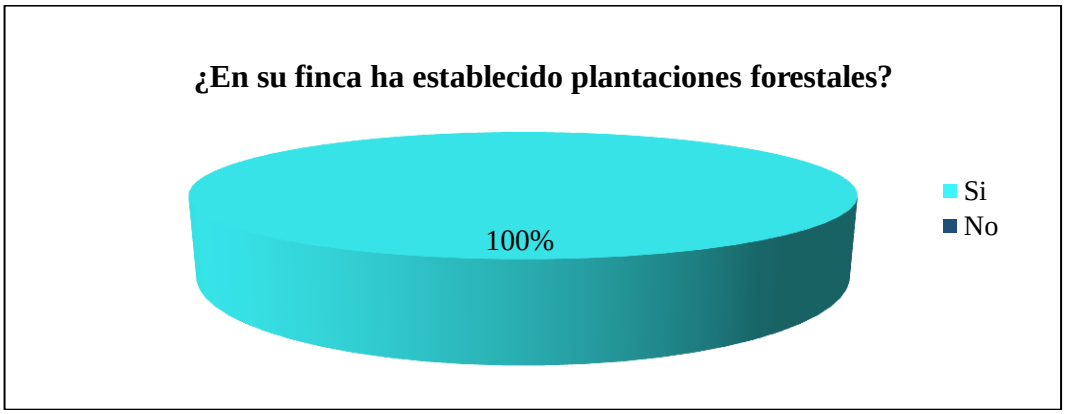
6.1.3. Componente forestal

Tabla 7. ¿En su finca ha establecido plantaciones forestales?

Plantaciones	N°	%
Si	16	100,00
No	0	0,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 7.



Elaborado por: La autora

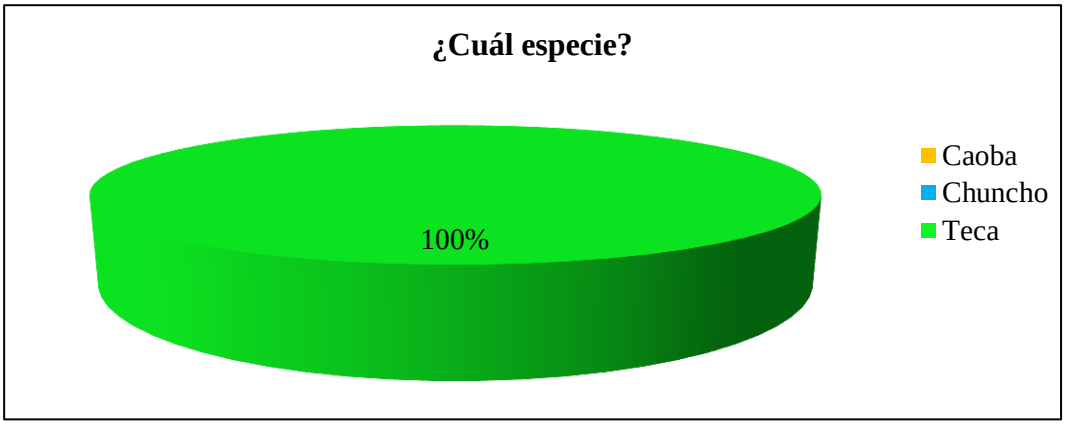
Interpretación: El 100% de los encuestados respondieron que si han establecido plantaciones forestales, es una alternativa para cuidar el medio ambiente, recuperar las áreas deforestadas.

Tabla 8. ¿Cuál especie?

Especie	N°	%
Caoba	0	0,00
Chuncho	0	0,00
Teca	16	100,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 8.



Elaborado por: La autora

Interpretación: El 100% de los propietarios encuestados, respondieron que han establecido plantaciones de teca, por el valor económico y ambiental que tiene esta especie.

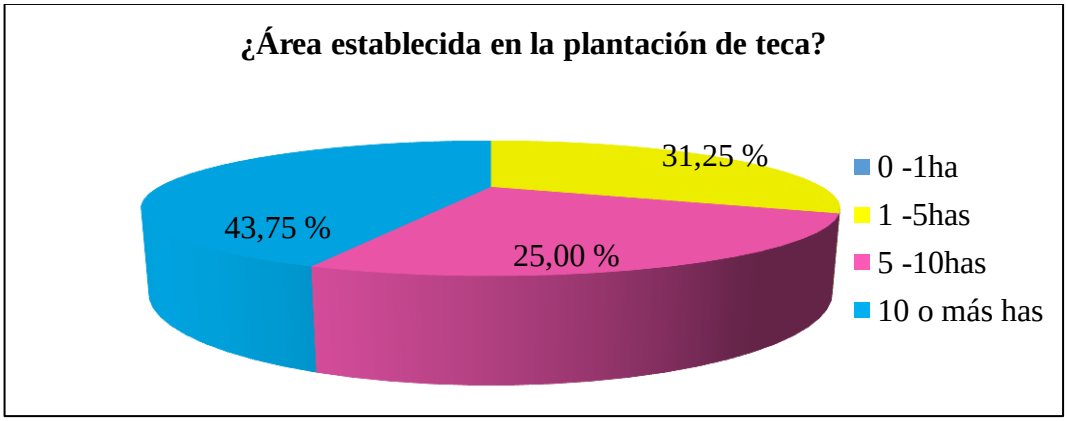
.

Tabla 9. ¿Cuál es el área establecida en la plantación de teca?

Área establecida	N°	%
0 -1 ha	0	0,00
1 – 5has	5	31,25
5 - 10has	4	25,00
10 o más has	7	43,75
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 9.



Elaborado por: La autora

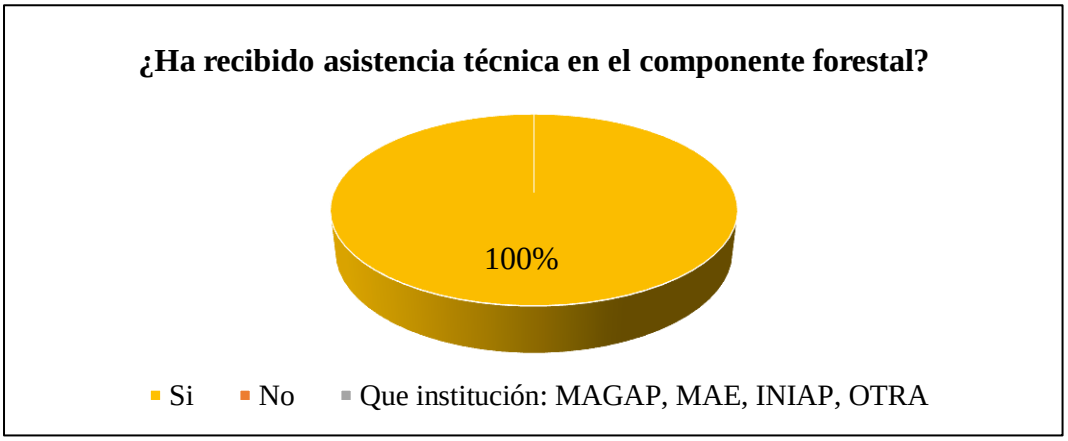
Interpretación: El 43,75% de los propietarios, han establecido de 10 o más has de la especie teca, el 31,25% tienen de 1 a 5 has, y el 25 % de 5 a 10 has respectivamente, significa que otras aéreas lo utilizan para otros cultivos de ciclo corto.

Tabla 10. ¿Ha recibido asistencia técnica en el componente forestal?

Asistencia Técnica	N°	%
Si	16	100,00
No	0	0,00
Sumatoria		100,00%

Elaborado por: La autora

Gráfico 10.



Elaborado por: La autora

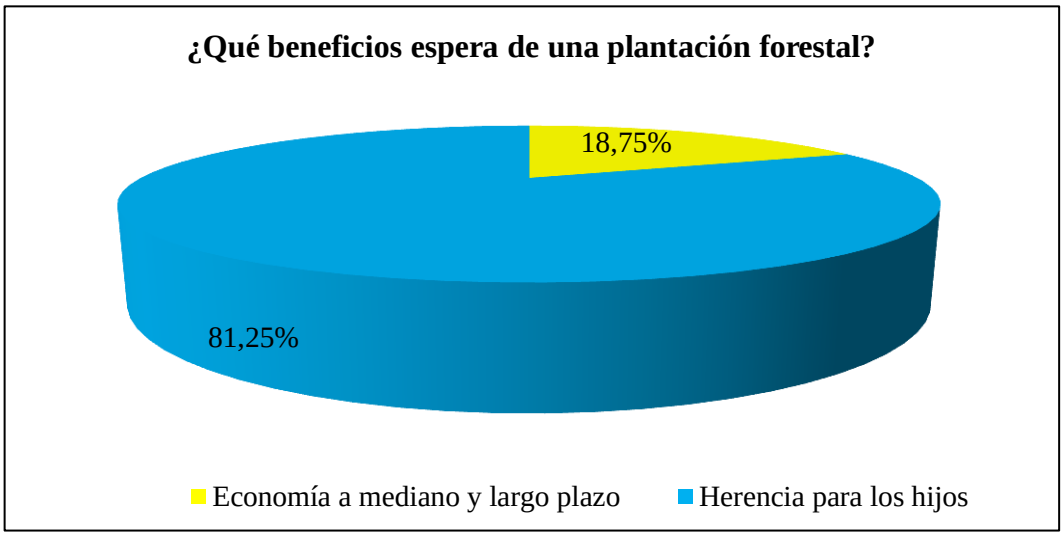
Interpretación: El 100% de los propietarios encuestados respondieron que han recibido capacitaciones en este ámbito por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 11. ¿Qué beneficios espera de una plantación forestal?

Beneficios de plantación forestal	N°	%
Economía a mediano y largo plazo	3	18,75
Herencia para los hijos	13	81,25
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 11.



Elaborado por: La autora

Interpretación: En el gráfico 11, el 85,25% los propietarios encuestados respondieron que el beneficio que esperan de la plantación es obtener economía a mediano y largo plazo, y el 81,25% corresponde a herencias y aporte para mitigar el cambio climático con el almacenamiento de carbono.

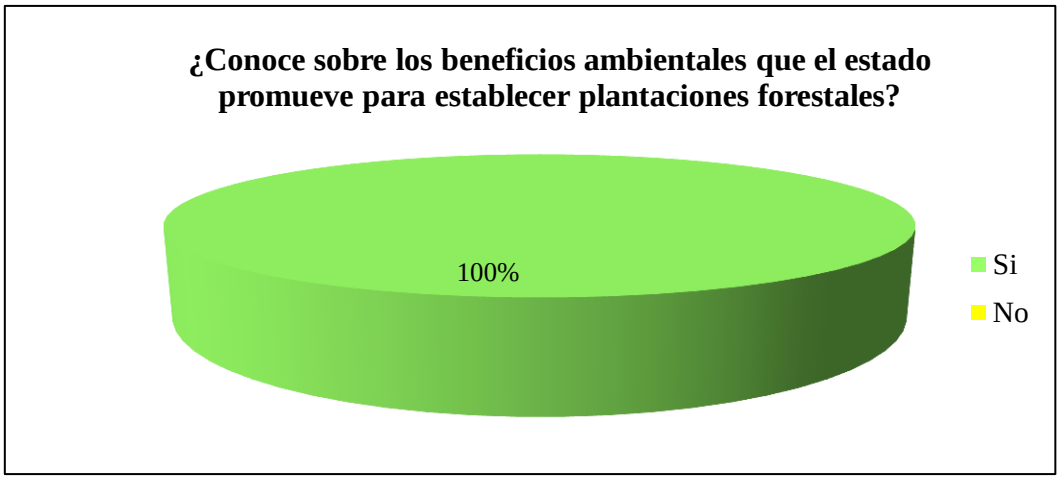
6.1.4. Componente ambiental

Tabla 12. ¿Conoce sobre los beneficios que el estado promueve para establecer plantaciones forestales?

Beneficios	N°	%
Si	16	100,00
No	0	0,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 12.



Elaborado por: La autora

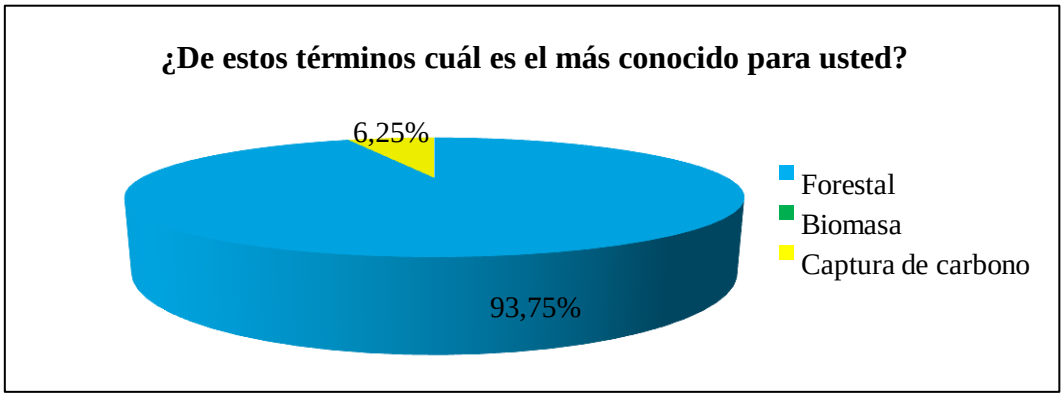
Interpretación: El 100% de los encuestados conocen sobre los beneficios ambientales que el estado promueve a través de las plantaciones forestales a nivel nacional, de esta manera aportar al cuidado del medio ambiente.

Tabla 13. ¿De estos términos cual es el más conocido para usted?

Términos	N°	%
Forestal	15	93,75
Biomasa	0	0,00
Captura de carbono	1	6,25
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 13.



Elaborado por: La autora

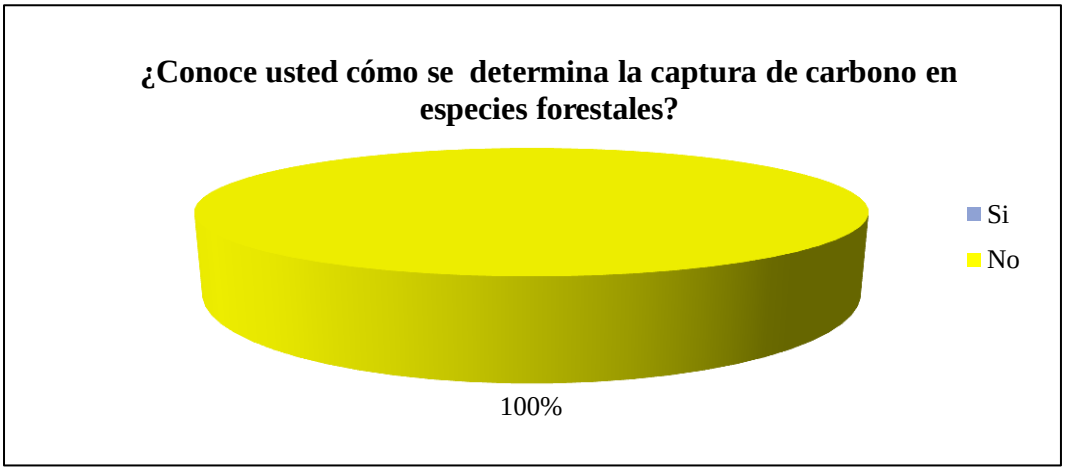
Interpretación: El 93,75% de los propietarios conocen el término forestal y el 6,25% han escuchado el término captura de carbono, debido a que han establecido plantaciones de teca en la comuna San Pablo.

Tabla 14. ¿Conoce usted cómo se determina la captura de carbono en especies forestales?

Determinación de la captura de carbono	N°	%
Si	0	0,00
No	16	100,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 14.



Elaborado por: La autora

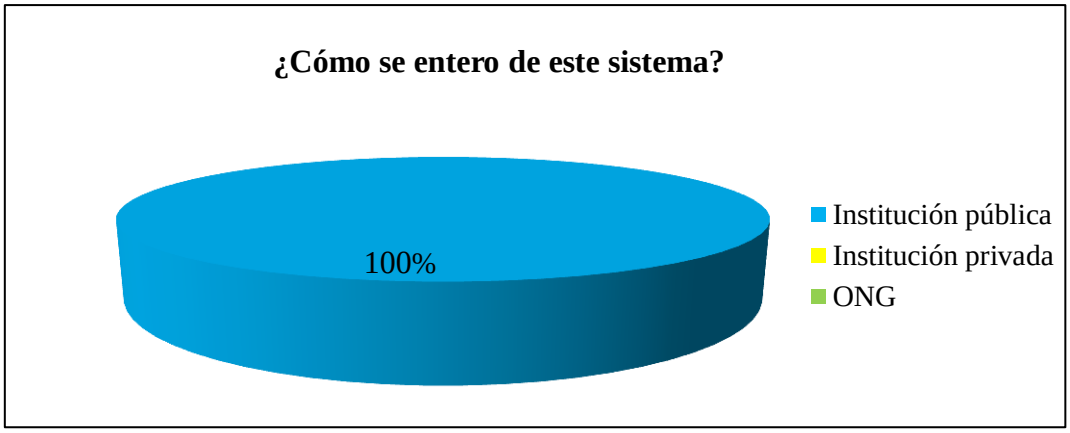
Interpretación: El 100% de los encuestados manifestaron, no tener conocimiento sobre captura de carbono en especies forestales, significa que es la primera vez que tienen este tipo de plantaciones en la comuna.

Tabla 15. ¿Cómo se enteró se este sistema?

Instituciones	N°	%
Institución pública	16	100,00
Institución privada	0	0,00
ONG	0	0,00
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 15.



Elaborado por: La autora

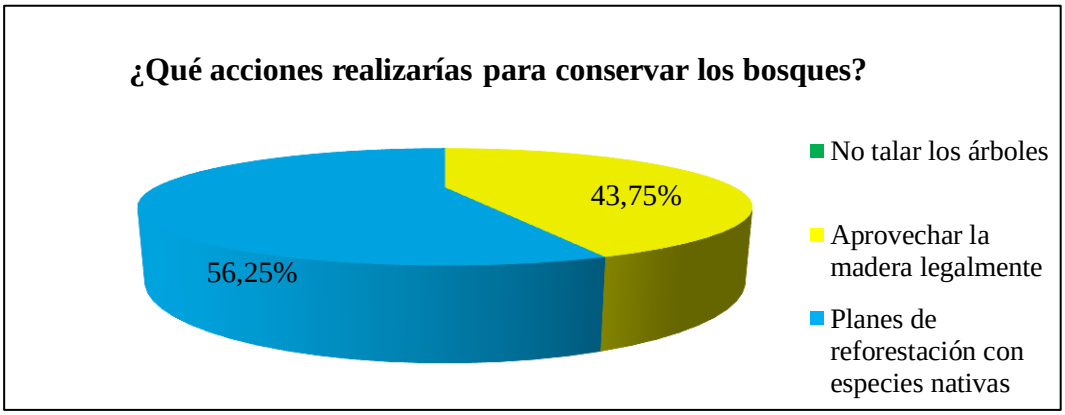
Interpretación: En el gráfico 15, el 100% de los encuestados se enteraron sobre los proyectos forestales que el estado promueve a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 16. ¿Qué acciones realizarías para conservar los bosques?

Acciones	N°	%
No talar los árboles	0	0,00
Aprovechar la madera legalmente	7	43,75
Planes de reforestación con especies nativas	9	56,25
Sumatoria		**100,00%**

Elaborado por: La autora

Gráfico 16.



Elaborado por: La autora

Interpretación: El 56,25% de los encuestados respondieron, realizar planes reforestación con especies nativas, propios del lugar y el 43,75% aprovechar la manera legalmente, como lo dispone el Ministerio del Ambiente.

6.2. Estimar la cantidad de biomasa y carbono de los árboles de teca.

Inventario forestal

6.2.1. Clase diamétrica

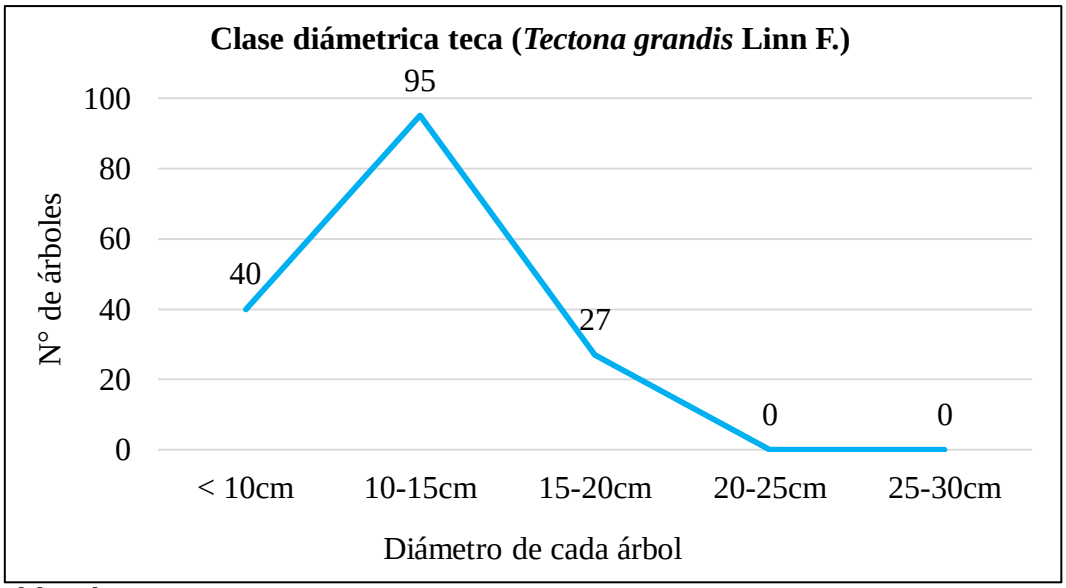
La producción forestal también se expresa por clase diamétrica, de tal manera que se realizó el conteo de cada uno de los árboles y se le asignó una clase diamétrica de acuerdo a un diámetro determinado obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 17. Clase diamétrica teca (*Tectona grandis* Linn F.)

Parcelas	Diámetro					Total
	< 10cm	10-15cm	15-20cm	20-25cm	25-30cm	
1	19	7	1	0	0	27
2	7	35	4	0	0	46
3	3	24	19	0	0	46
4	11	29	3	0	0	43
Total	40	95	27	0	0	162

Elaborado por: La Autora

Gráfico 17.



Elaborado por: La autora

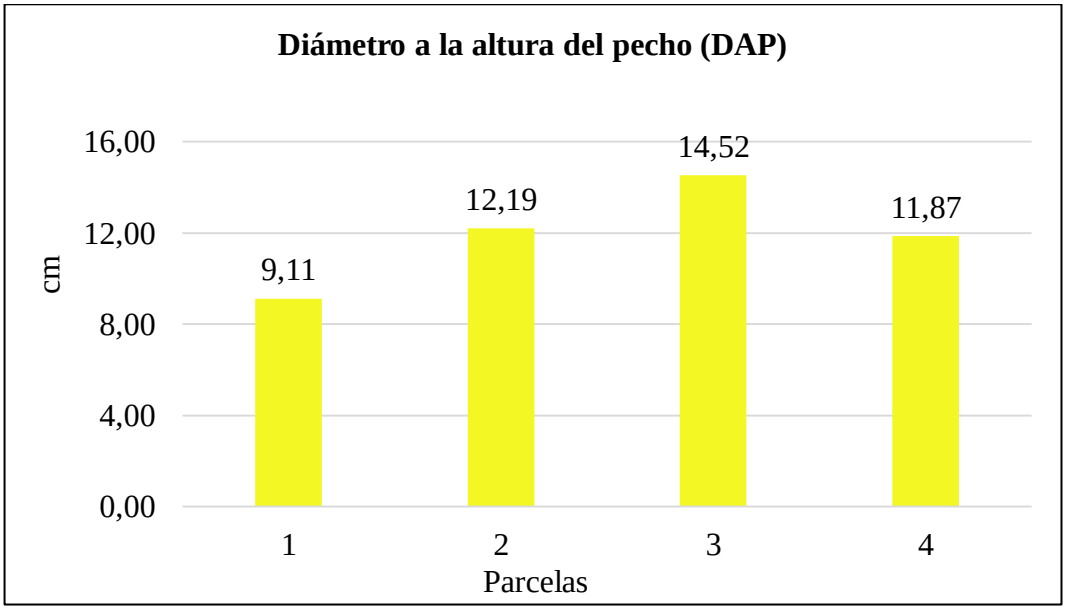
Interpretación: En el gráfico 17, se observa el número de árboles existentes en cada clase diamétrica siendo el diámetro de 10-15cm el que mayor número de árboles presenta con un total de 95 unidades, seguido tenemos el diámetro de

<10cm con 40 unidades, el diámetro de 15-20cm presenta 27 unidades, esto quiere decir que existe variabilidad de crecimiento en áreas de la plantación.

6.2.2. Diámetro a la altura del pecho

El Diámetro a la altura del pecho promedio es 11,92cm con un incremento medio anual de 2,98cm/año, el diámetro a la altura del pecho promedio se determinó en base a una media aritmética realizada con los datos obtenidos de cada uno de los arboles medidos en el trabajo de campo y el incremento medio anual se obtuvo de la relación entre el diámetro promedio para la edad de la plantación.

Gráfico 18.



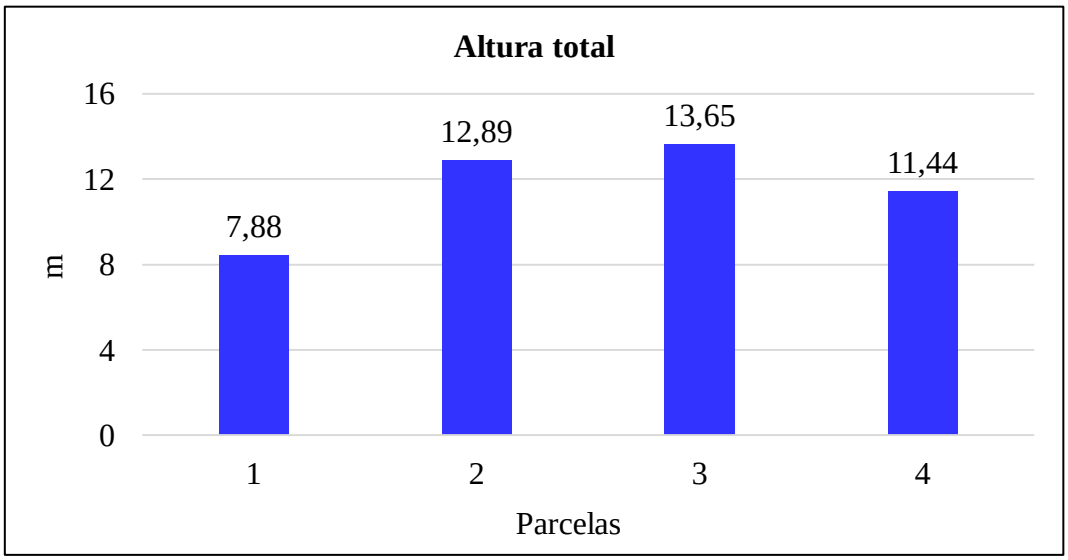
Elaborado por: La Autora

Interpretación: En el Grafico 18, se puede apreciar el diámetro a la altura del pecho promedio para cada una de las unidades de muestreo, en el cual se identificó que la parcela 3 presenta el diámetro más elevado con 14,52cm mientras tanto la parcela 1 tiene el menor promedio con una dimensión de 9,11cm. Se debe considerar que es una plantación joven, significa que la plantación se encuentra en buenas condiciones de acuerdo a las características del lugar.

6.2.3. Altura total

La altura total promedio es de 11,46m con un incremento medio anual de 2,86m/año. La altura total promedio se determinó en base a una media aritmética realizado con los datos obtenidos de cada uno de los arboles medidos en el trabajo de campo y el incremento medio anual se obtuvo de la relación entre el diámetro promedio para la edad de la plantación.

Gráfico 19.



Elaborado por: La Autora

Interpretación: El Grafico 19, muestra los resultados obtenidos en cuanto al promedio por altura para cada unidad de muestreo, en el cual se puede identificar que la parcela con mayor promedio de altura es la número 3 con un valor de 13,65m y la parcela número 1 es la que menor promedio presentó 7,88m. Se puede identificar además que la parcela 3 presento mejor rendimiento tanto en altura y diámetro a la altura del pecho, significa que esta parcela se encuentra ubicada en buenas condiciones topográficas del lugar.

6.2.4. Área basal

Parcela 1

Formula: $AB = \frac{\pi * dap^2}{4}$

Datos:

AB = ¿?

π = 3,1416

DAP = 10,50 cm

Reemplazando datos del primer árbol tenemos:

$$AB = \frac{3{,}1416 * (10{,}50\ cm)^2}{40000}$$

AB = 0,009 m^2

Parcela 2

Formula: $$AB = \frac{\pi * dap^2}{4}$$

Datos:

AB = ¿?

π = 3,1416

DAP = 14,32 cm

Reemplazando datos del primer árbol tenemos:

$$AB = \frac{3{,}1416 *(14.32)^2}{40000}$$

AB = 0,016 m^2

Parcela 3

Formula: $$AB = \frac{\pi * dap^2}{4}$$

Datos:

AB = ¿?

π = 3,1416

DAP = 9,23 cm

Reemplazando datos del primer árbol tenemos:

$$AB = \frac{3{,}1416 *(9.23\ cm)^2}{40000}$$

AB = 0,007 m^2

Parcela 4

Formula: $AB = \frac{\pi * dap^2}{4}$

Datos:

AB = ¿?

π = 3,1416

DAP = 13,69 cm

Reemplazando datos del primer árbol tenemos:

$AB = \frac{3,1416 * (13.69)^2}{40000}$.

AB = 0,0147 m^2

6.2.5. Volumen

Parcela 1

Fórmula: **V = AB *hc*f**

Datos

V = ¿?

AB = 0.009 m^2

hc = 7 m

f = 0,65

Reemplazando datos del primer árbol tenemos

V = (0.009 m^2 * 7 m * 0,65)

V = 0,039 $m^{3.}$

Parcela 2

Fórmula: **V = AB *hc*f**

Datos

V = ¿?

AB = 0,016 m^2

hc = 12 m

f = 0,65

Reemplazando datos del primer árbol tenemos:

V = (0,016 m^2 * 12 m * 0,65)

V = 0,126 $m^{3.}$

Parcela 3

Fórmula: **V = AB *hc*f**

Datos

V = ¿?

AB = 0.007 m^2

hc = 5 m

f = 0,65

Reemplazando datos del primer árbol tenemos

V = (0,007 m^2 * 5 m * 0,65)

V = 0,022 $m^{3.}$

Parcela 4

Fórmula: **V = AB *hc*f**

Datos

V = ¿?

AB = 0.0147 m^2

hc = 11 m

f = 0,65

Reemplazando datos del primer árbol tenemos:

V = (0,0147 m^2 * 11 m * 0,65)

V = 0,105 $m^{3.}$

Tabla 18. Resultados del inventario forestal de la plantación de teca

N° Parcelas	N° (Arb)	DAP (cm)	A-C (m)	A-T (m)	AB (m^2)	V (m^3)	AB/ha m^2	V/ha m^3	IMA(m^3) (ha/año)
1	27	9,11	5,44	7,88	0,006	0,027	1,65	7,29	1,82
2	46	12,19	9,89	12,89	0,012	0,080	5,52	36,98	9,25
3	46	14,52	10,65	13,65	0,017	0,120	7,83	55,13	13,78
4	43	11,87	8,44	11,44	0,012	0,071	5,02	30,44	7,61
Total	162	47,69	34,43	45,86	0,047	0,298	20,02	129,84	32,46
M	40,50	11,92	8,61	11,47	0,012	0,075	5,005	32,46	8,12

Elaborado por: La autora

DAP (cm)
Altura Comercial (AC) m
Altura Total (AT) m
Área Basal (AB) m2
Volumen (V) m3
Incremento medio anual metros cúbicos por hectárea por año (IMA $m^{3/}$ha/año)
Media (M)

6.2.6. Densidad de la madera

Del análisis obtenido en el laboratorio (INIAP), Estación Experimental Central de la Amazonia en la Provincia de Orellana, se determinó que la madera de teca en peso seco tiene una densidad de 470 kg/m³.

Tabla 19. Densidad de la madera

N° R.	Peso Verde				Peso Seco				Densidad (gr/ml)	
	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 1		Muestra 2			
	P. V. (gr)	V. V. (ml)	P. V. (gr)	V. V. (ml)	P. S. (gr)	V. S. (ml)	P. S. (gr)	V. S. (ml)	M 1	M2
1	214,48	190	233,14	200	108,71	150	97,99	154	0,57	0,49
2	226,44	200	213,31	202,2	88,91	140	96,39	170	0,44	0,48
3	226,49	204,2	221,27	203	96,95	154	90,45	160	0,47	0,45
4	242,64	215,4	226,4	204,2	89,48	104,4	86,29	173,1	0,42	0,42
5	233,09	202	226,06	206	100,96	140	101,44	154,4	0,50	0,49
Total	1143,14	1011,6	1120,18	1015,4	485,01	688,4	472,56	811,5	2,41	2,33
Media	228,63	202,32	224,036	203,08	97,002	137,68	94,512	162,3	0,48	0,47
Total densidad peso seco									0,47	

Elaborado por: La Autora

6.2.7. Biomasa del fuste

En base al resultado de la densidad básica de la madera, se procedió a calcular la biomasa total del fuste para cada uno de los árboles de la superficie muestreada, presentando los siguientes resultados:

Fórmula: Bf = V*DB

Parcela 1

Datos:

Bf = ¿?

V = 0,039 m^3

DB = 470 kg/m^3

Desarrollo

BF = 0,039 m^3 x 470 kg/m^3

BF = 18,33 ton/ha

Parcela 2

Datos:

Bf = ¿?

V = 0,126 m^3

DB = 470 kg/m^3

Desarrollo

BF = 0,126 m^3 x 470 kg/m^3

BF = 59,22 tn/ha

Parcela 3

Datos

Bf = ¿?

V = 0,022 m^3

DB = 470 kg/m^3

Desarrollo

BF = 0,022 m^3 x 470 kg/m^3

BF = 10,34 tn/ha

Parcela 4

Datos

Bf = ¿?

V = 0,105 m^3

DB = 470 kg/m^3

Desarrollo

BF = 0,105 m^3 x 470 kg/m^3

BF = 49,35 tn/ha

Para el cálculo del factor de expansión se aplicó la siguiente fórmula

Formula: FEB = Exp. {3.213-0,506* Ln (∑W)}

Desarrollo

FEB = Exp. {3.213-0,506* Ln (137,24)} = 2,06

6.2.8. Biomasa total

Se presentó el valor de la biomasa total para lo cual se expandió la biomasa de los fustes para tomar en cuenta la biomasa de los otros componentes (ramas y follaje), con el siguiente proceso:

Fórmula: BT = Btf x feb

Parcela 1

Datos

BT = ¿?

Btf = 18,33 ton/ha

Feb = 2,06

Desarrollo

Btf = 9,47 * 2,06

Btf = 19,51 ton/ha.

Parcela 2

Datos

BT = ¿?

Btf = 59,22 ton/ha

Feb = 2,06

Desarrollo

Btf = 59,22 ton/ha * 2,06

Btf = 121,99 ton/ha.

Parcela 3

Datos

BT = ¿?

Btf = 10,34 ton/ha

Feb = 2,06

Desarrollo

Btf = 10,34 * 2,06

Btf = 21,30 ton/ha.

Parcela 4

Datos

BT = ¿?

Btf = 49,35 ton/ha

Feb = 2,06

Desarrollo

Btf = 49,35 * 2,06

Btf = 101,66 ton/ha.

Para obtener el valor promedio de Biomasa total por hectárea se realizó la suma de las cuatro parcelas y se calculó el promedio de la biomasa por hectárea obteniendo los siguientes resultados:

Fórmula

$B/_{ha} = \sum WBA / Nparcelas$

Desarrollo

$B/_{ha} = \sum WBA: (19,51 + 121,99 + 21,30 + 101,66)/4$

$B/_{ha} = 66,12$ tn/ha.

Tabla 20. Resultados de la biomasa del fuste, biomasa total

N° Parcelas	VOLUMEN (m3/ha)	Densidad Kg/m3	Biomasa Fuste ton/ha	Biomasa Total /ton/has	Factor de expansión
1	7,29	470	18,33	19,51	
2	36,98	470	59,22	121,99	
3	55,13	470	10,34	21,30	
4	30,44	470	49,35	101,66	2,06
Total	129,84		137,24	264,46	
M	32,46		34,31	66,12	

Elaborado por: La autora

Para calcular el total de la biomasa aérea se procede a multiplicar el valor calculado por hectárea y multiplicarlo por el total de la superficie de la plantación obteniendo el siguiente resultado:

Este valor se multiplico por el área total de la plantación que es de 12,85 has para obtener la biomasa aérea total que presenta la plantación, de la siguiente manera:

$B/_{Plantación} = 66,12$ ton/~~ha~~ * 12,85~~ha~~ = 849,64 ton

Resultado Biomasa aérea total = 849,64 toneladas en la plantación.

6.2.9. Carbono fijado

Para obtener el cálculo del carbono se realizó en base a la biomasa calculada y multiplicada por el factor 0,5.

Fórmula: C = BT x F

Desarrollo

C = 66,12 *0,5

C = 33,06 ton/ha.

6.3. Propuesta de plan de manejo ambiental para la especie teca

1. Introducción

Analizado los impactos socio económico, ambiental, la estimación de biomasa y carbono, propone el Plan de Manejo Integral, el mismo que contempla programas que están dirigidos a promover un desarrollo social, económico, ambiental de la comuna San Pablo, garantizando la oferta de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de los habitantes, a través del manejo y conservación de los recursos naturales del área de estudio.

2. Objetivo

General

Proponer un Plan de manejo integral para la comuna San Pablo con propósito de conservar, proteger las plantaciones forestales.

3. Alcance

El presente Plan plantea medidas tendientes a prevenir y mitigar la deforestación, el avance de la frontera agrícola, con el fin de contribuir con el equilibrio y la sustentabilidad del medio ambiente. Los principales programas que desarrollará esta propuesta son los siguientes:

- Programa de Capacitación
- Programa de Cobertura Vegetal
- Programa de Monitoreo y Seguimiento

4. Plan de Manejo Ambiental

4.1. Programa de Capacitación

Este programa consiste en capacitar a la comuna San Pablo, sobre mal uso de los recursos naturales, uso de productos químicos en los cultivos, tala indiscriminada de árboles y las posibles soluciones para mitigar estos problemas ambientales.

a. Objetivo

Establecer charlas y compañas de sensibilización y educación ambiental a la comunidad con el fin de fortalecer el conocimiento sobre la importancia de no contaminar el medio ambiente.

b. Actividades

Las medidas a tomar en cuenta para la capacitación a la comuna son las siguientes:

- Establecer charlas y compañas de sensibilización, a la comuna San Pablo, a para generar cambio de actitud en cuanto al uso y preservación de los recursos naturales.
- Talleres de capacitación sobre educación ambiental y buenas prácticas ambientales.
- Elaborar una campaña de comunicación sobre los beneficios de las plantaciones bajo sistemas agroforestales.

En la Tabla 21 se indica el presupuesto estimado para la ejecución del programa capacitación.

Tabla 21. Presupuesto del Programa Capacitación

Actividad	Responsable	Valor estimado (USD)
Charlas y campañas de sensibilización para generar cambio de actitud en cuanto al uso y preservación de los recursos naturales (6 Talleres)	Técnicos del GADP "SAN SEBASTIÁN DEL COCA", MAGAP y MAE	600,00
Talleres de capacitación sobre educación ambiental y buenas prácticas (4 Talleres).	Técnico del GADP "SAN SEBASTIÁN DEL COCA", MAGAP y MAE	400,00
Total		**1.000,00**

Elaborado por: La autora

4.2. Programa de cobertura vegetal

El Programa de Cobertura Vegetal de la comuna San Pablo, contiene un conjunto de medidas y acciones enfocadas al cumplimiento de la Normativa Ambiental vigente.

Objetivo

Reforestar las áreas perdidas, con especies nativas o exóticas, para recuperar la cobertura vegetal.

Actividades

Las medidas que se tomará en cuenta para reforestar las áreas pérdidas son las siguientes:

- Solicitar al Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAE plantas acorde a la zona, capacitación en cuanto a la siembra y cuidado de la misma. Con el aporte de técnicos del MAGAP y MAE, capacitación a productores de la comuna en técnicas de reforestación.
- Plantar especies en las áreas deforestadas.
- Para determinar el prendimiento de las plantas sembradas y sobrevivencia de las mismas, realizar los respectivos controles y manejo de cada especie reforestada.
- Proponer sistemas agroforestales para mejorar las condiciones de vida de los productores de este sector, como también aportar a la conservación.

Tabla 22. Presupuesto para el Programa de Cobertura Vegetal

Actividad	Responsable	Valor estimado (USD)
Solicitar al Ministerio de Agricultura y Ganadería, plantas para el plan de reforestación (10.000 Plántulas varias especies)	Técnicos del GADP "San Sebastián del Coca", MAGAP y MAE	4.000,00
Asistencia Técnica MAGAP/MAE en sistemas agroforestales/ 10 visitas)	Técnicos del GADP "San Sebastián del Coca", MAGAP y MAE	600,00
Total		**4.600,00**

Elaborado por: La autora

4.3. Programa de Monitoreo y Seguimiento

El presente programa de monitoreo y seguimiento tiene como propósito supervisar las actividades programadas en el Plan.

a. Objetivo

Seguimientos a las actividades del presente Plan, con el propósito de que se cumplan los objetivos y acciones.

b. Actividades:

- Control y seguimiento de las áreas reforestadas en la comuna San Pablo con especies del sistema agroforestal establecido.
- Evaluación final de las acciones propuestas en el Plan.

Presupuesto estimado para el Programa de Monitoreo y Seguimiento.

Tabla 23. Presupuesto para el Programa de Monitoreo y Seguimiento

Actividades	Desarrollo	Responsable	Valor estimado (USD)
Convenio Comuna MAGAP/MAE. Visitas de seguimiento y control de las áreas reforestadas. (4 visitas anuales/3 años)	Convenio Visitas	Comuna San Pablo, Técnico del MAGAP/MAE	600,00
Taller final de cumplimiento de acciones y compromisos mutuos	Taller	Comuna San Pablo, Técnico del MAGAP/MAE	150,00
Total			**750,00**

Elaborado por: La autora

4.4. Costo estimado para la ejecución del Plan

Tabla 24. Presupuesto para la ejecución del Plan de Manejo Ambiental

Programas	Presupuesto USD	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Programa Capacitación Ambiental.	1.000,00												
Programa de Cobertura Vegetal.	4.600,00												
Programa de Monitoreo y Seguimiento.	750,00												
Total	**5.750,00 USD**												

Elaborado por: La Autora

7. DISCUSIÓN

7.1. Definir el impacto socio económico y ambiental de una plantación de teca en la Comuna San Pablo.

Espinoza (2014), en su estudio: "Importancia e Impacto Económico en Balzar en la Exportación de Teca", señala que el ciclo de vida de la teca es largo, da excelentes ganancias las cuales triplican la inversión realizada desde un comienzo, por lo tanto, la influencia de la teca producida en Balzar por su extenso ciclo de vida ha generado un mejor estilo de vida.

En la parte Social, los proyectos desarrollados por las empresas petroleras, las ONGs, y el estado han generado la necesidad en las comunidades a organizarse y capacitarse como una medida de defensa y desarrollo para los habitantes. Sin embargo hoy en día la Constitución de la República del Ecuador, genera una inter relación entre la naturaleza y el ser humano, que permite coexistir de manera armónica, por otra parte el Plan Nacional del Buen Vivir (2013-2017) en sus objetivos 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global, 10: Impulsar la transformación de la matriz productiva, y 11: Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica, cuales permitirán generar un desarrollo social enfocado al buen vivir de la población.

En lo económico, a nivel comunitario en la zona no se han desarrollado proyectos forestales con especies exóticas como es la teca. Sin embargo se puede citar a las plantaciones de las empresas aceiteras (Palmar del Río) que han generado fuentes de empleo; el proyecto forestal de la comuna san Pablo ha generado fuentes de trabajo para los habitantes y se proyecta obtener ingresos por la venta de la madera a mediano y largo plazo. En la provincia de Sucumbíos actualmente según los datos de la Oficina Técnica de Nueva loja del MAGAP se viene aprovechando alrededor de 1000 m^3 de téca el cual está siendo comercializada en la provincia de Pichincha y en la costa ecuatoriana.

En el tema ambiental, la deforestación y el cambio de uso del suelo en la Amazonía según fuentes del Ministerio del Ambiente están causando efectos negativos en el ambiente. Por lo que una de las alternativas que se viene implementando a través de los ministerios es la reforestación con fines de restauración (activa y pasiva) y productiva.

7.2. Estimar la cantidad de biomasa y carbono de los árboles de teca.

Según (García, 2007) Estudiante de la "Escuela Superior Politécnica del Litoral" Durante el desarrollo del estudio denominado "Identificación de la calidad de sitio, utilizando el incremento medio anual en un cultivo de rebrote de teca en la hacienda Tecal Robusta." Manifiesta que se obtuvieron los siguientes resultados: Para la estación seca se obtuvo en promedio: dap de 0,01 m., área basal 0,023 m^2. altura total 17,31 m. y volumen 0,29 m^3. Para la estación lluviosa un dap de 0,02 m., área basal de 0,03 m^2, una altura de 18,44 m., y un volumen 0,31 m^3. Comparando ambas tomas se observa que existió un incremento en estas variables y son: 0,01 m., para el dap, 0,007 m^2 para el área basal, 1,13 m para la altura y 0,02 m^3 para el volumen. Significa que a los cuatro años de edad en el estudio realizado, no existe mucha diferencia en los valores obtenidos en comparación con el estudio de la costa, por lo tanto, se encuentra en buenas condiciones climatológicas, y es recomendable establecer plantaciones forestales con dicha especie en la comuna San Pablo.

Según (Ariel Bailarín Mecha, 2011), en su tesis denominado "Comportamiento y manejo de *Tectona grandis* L. f. y Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken en Zamorano, Honduras" detalla que la plantación de teca con 27 años presenta una densidad de 511 árboles/ha, el dap promedio es de 25,6 cm, la altura total varía entre 12 m y 16 m y la altura comercial entre 4m y 8 m. La variable dasométrica indica que la plantación está estancada en crecimiento de dap y altura. Tal situación presenta bajos rendimientos volumétricos, en la teca 259 m^3/ha de volumen total y 105 m^3/ha de volumen comercial; en la teca el IMA en dap es de 0,95 cm/año y el IMA en altura es de 0,56 m/año. De los resultados del inventario forestal, se observó que la plantación de teca (*Tectona grandis* Linn F.) alcanzó un diámetro a la altura del pecho promedio de 11,92cm, altura promedio

de 11,46m, área basal promedio de 5,005m²/ha y volumen promedio de 32,46m³/ha, a los 4 años de edad con un incremento medio anual de 8,12m³/ha/año.

Por lo tanto, el estudio realizado en la comuna San Pablo, a pesar de su corta edad, los valores obtenidos son moderados en comparación con el estudio de la costa, y el estudio en Honduras a los 27 años la especie tiene un bajo rendimiento, se refiere que en las condiciones donde se encuentra ubicada no son aptas para esta especie.

Según, E. Jiménez, A. Landeta (2012), quien realizó la investigación sobre "Producción de biomasa y fijación de carbono en las plantaciones de teca (*Tectona grandis Linnf F.*) Campus Prosperina - ESPOL" en la costa y determinó que la cantidad de biomasa total para (*Tectona grandis)* está en un rango de 27,68 tn/ha a 66,12 tn/ha. La biomasa área representa en promedio el 62%, las raíces el 22%, la hojarasca el 12% y la necromasa leñosa el 4%. Las dos investigaciones tienen una diferencia de 4 años de edad para esta especie. Cuyos valores reflejan que no existe diferencia marcada en relación a la biomasa y carbono almacenado.

Jiménez al determinar estos parámetros en Ecuador, Brasil y Costa Rica determinó que la procedencia que presentó mayor almacenamiento de carbono en teca, fue de Ecuador con 33,06 tnC/ha.

Investigaciones realizadas por Profafors (2011)" Diseño de un proyecto REDD + en comunas Kichwas de la Amazonía ecuatoriana" en la provincia de Orellana en el Cantón Loreto aproximadamente a 50 minutos de la plantación de la comuna San Pablo, determinó que la cantidad de biomasa que fija un bosque nativo fue de 462 ton/ha; en la que existen varias especies y diferentes edades, sin embargo esto nos permite corregir que una plantación con madera de alta densidad en un corto periodo de tiempo puede fijar una gran cantidad de biomasa, resultados que se afirma Mogrovejo (2012); en la que menciona que la cantidad de carbono fijado en comparación con los volúmenes obtenidos en la zona de Loreto para bosque nativo es de 137,00 ton /ha, lo que corresponde a cinco veces más alto en referencia a los datos obtenidos en la plantación de teca.

Según los autores mencionados podemos determinar que en cuatro años de edad, teca produce una densidad de 470,00kg/m³, la biomasa obtenida es de 66,12ton/ha, y el carbono almacenado es de 33,06ton/ha, por lo que no existe mucha diferencia, las plantación se encuentra en buenas condiciones geográficas y ambientales, estos factores son primordiales para un potencial crecimiento de la especie.

7.3. Propuesta de plan de manejo ambiental para la especie teca.

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es un instrumento de gestión, la finalidad es servir como guía de programas, procedimientos, prácticas y acciones, orientados a prevenir, minimizar, mitigar y controlar los impactos y riesgos ambientales, que son generados por las actividades antrópicas, contiene: Programa de Capacitación, Programa de Cobertura Vegetal, Programa de Monitoreo y Seguimiento, según Bustos, (2013) el Plan de manejo ambiental, garantiza la protección del medio ambiente a través del cumplimiento de cada una de las medidas de protección contenidas en el Plan de Manejo Ambiental.

8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de la presente investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones.

- Los impactos causados por la intervención de un proyecto forestal, en lo social positivo, debido a que se han apropiado del proyecto y ha generado lasos familiares; en lo económico ha generado fuentes de trabajos e ingresos económicos para los propietarios; referente al tema ambiental, las fincas al mantener la cobertura vegetal están fijando biomasa y carbono lo que contribuye a mitigar el cambio climático.

- La plantación de teca (*Tectona grandis* Linn F.) que cuenta con una superficie de 12,85ha, presenta un volumen de 32,46m^3/ha,. Su área basal es de 5,005m^2/ha. Significa que la plantación se encuentra en condiciones aceptables en comparación con otros estudios similares sobre la especie.

- En las condiciones de ubicación geográfica y ambiental, la biomasa aérea de una plantación de teca de cuatros años de edad de la comuna San Pablo, generó 66,12ton/ha, la cantidad de carbono almacenado produjo un valor de 33,06ton/ha., que nos da una idea de que la plantación no es homogénea y su producción es mejor.

- El análisis de los datos de la densidad básica de la madera se determinó un valor de 470kg/m^3, lo cual que permite determinar que las condiciones de la madera son buenas.

- En necesidad a la problemática investigada se propone el Plan de Manejo Ambiental, instrumento técnico donde se establece una serie de actividades y medidas que se debe tomar en consideración para prevenir y preservar el medio ambiente, cumpliendo con la normativa ambiental vigente de nuestro País, para garantizar el bienestar de las familias, y salvaguardar el entorno natural.

9. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones llegadas se recomienda lo siguiente.

- Capacitar a la comunidad en los proyectos forestales, que el gobierno promueve para mejorar las condiciones de vida y aportar al medio ambiente en almacenamiento de carbono.

- Realizar seguimiento y monitoreo del crecimiento de la plantación para compararlo con las plantaciones de la costa, considerando una alternativa factible de desarrollo para las comunidades en la Amazonía Ecuatoriana.

- Realizar estudios comparativos de teca y replicar este tipo de investigación con el afán de establecer redes de monitoreo que alimenten bases de datos a nivel nacional.

- Considerar el Plan de Manejo Ambiental, en la comuna San Pablo, realizado en el presente estudio, con la finalidad de mejorar las áreas deforestadas, contribuir al manejo adecuado de los recursos naturales, y así aportar al desarrollo sostenible, conjuntamente con las autoridades y funcionarios del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

10. BIBLIOGRAFÍA

Ariel Bailarín Mecha, J. M. (Noviembre de 2011). *Zamorano.* Obtenido de Comportamiento y manejo de Tectona grandis L. f. y Cordia Alliodora (Ruiz & Pav.) Oken en Zamorano, Honduras: http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/451/1/T3213.pdf

Baena, A., & Pueyo, A. (2006). *Competitividad y Cambio Climático.* (E. Lizarralde, Ed.)

CNI ITTO. (05 de Julio de 2012). Obtenido de Estimación del carbono almacenado en la biomasa del bosque de la comunidad nativa Ese'Esja de Infierno-Made de Dios, Perú: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2944/Technical/ESTIMACI%C3%93N%20DE%20CARBONO%20CNI.pdf

Damien, A. (2010). *LA BIOMASA: Fundamentos, Tecnologías y A plicaciones* (Primera Edición ed.). (A. M. Cenzano, J. Madrid Cenzano, L. Antonio , & A. Madrid Vicente, Trads.) Paris: MUNDI-PRENSA.

Delgado Tardáguila, R. (2008). *Energías y Cambio Climático* (Primera ed.). España: Universidad de Salamanca.

Escoto, N. R. (2005). Obtenido de Fijación de carbono en la biomasa y en el suelo de especies forestales nativas del Trópico Húmedo .

FAO. (2005). *Informe Nacional Complementario Argentina. Proyectos Fijación de Carbono.*

Gallegos R, A., García R, A., Parada S, B., Benavides, J., Hernández A, E., & Gómez Aguilar , J. (26 de Noviembre de 2010). Obtenido de CUANTIFICACIÓN DE AGUA Y CARBONO EN PLANTACIONES DE TECA (Tectona grandis, L.E) EN BAHíA DE BANDERAS, NAYARIT, MÉXICO.: http://biblioteca1.infor.cl:81/DATAFILES/25102.pdf

García, E. A. (2007). Obtenido de "Identificación de la calidad de sitio, utilizando el incremento medio anual en un cultivo de rebrote de teca en la hacienda Tecal Robusta": http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-37014.pdf

González Zárate , M. (12 de Diciembre de 2008). *Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de Pinus maximinoi H. E. Moore, Pinus oocarpa var. ochoterenai Mtz. y Quercus sp. en el norte del Estado de Chiapas, México.* Obtenido de http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2922E/A2922E.PDF

González, A. D. (17 de Agosto de 2009). *Producción de biomasa y fijación de carbono en las plantaciones (Tectona grandis Linn F.) en la Espol Campus "Ing. Gustavo Galindo".* Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10314/1/D-42166.pdf

GUARNIZO ROJAS, J. M., & PALACIOS HERRERA, B. G. (24 de Agosto de 2013). *"Respuesta inicial de una plantación de Tectona grandis L.f a la fertilización con N-P-K; N-P Y Muriato de Potasio en los predios de la Empresa Fideicomiso Palmar del Río Cantón Coca Provincia de Orellana.* Obtenido de http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5888/1/RESPUESTA%20INICIAL%20DE%20UNA%20PLANTACI%C3%93N%20DE%20Tectona%20grandis%20L.f%20A%20LA%20FERTILIZACI%C3%93N.pdf

INIAP. (2014). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Estación Experimental Central de la Amazonía - Joya de los Sachas.

Jiménez, E., & Landeta, A. (12 de Mayo de 2009). Obtenido de "Producción de biomas y fijación de carbono en las plantaciones de teca (Tectona grandis LinnF.) Campus Porsperina - ESPOL": https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5131/1/8507.pdf

Lagos Real, B. O., & Vanegas Berríos, B. S. (2005). *Impacto del Aprovechamiento Forestal en la Biomasa y Carbono de Bosques Naturales de Nueva Quezada, Río San Juan.* Managua, Nicaragua.

Luis, E. (11 de Noviembre de 2007). *Universidad de Navarra.* Obtenido de http://www.unav.edu/

Metodología FAO. (20 de Agosto de 2009). Obtenido de file:///C:/Users/LIZBETH/Downloads/Metodolog%C3%ADa%20FAO%202008.pdf

Ministerio del Ambiente. (28 de Mayo de 2014). Obtenido de Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Húmedos (Acuerdo Ministerial N° 125): http://ecuadorforestal.org/legislacion-forestal/

Montero, V. A. (06 de Septiembre de 2012). Obtenido de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial:
http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1560001590001/PDyOT/15022013_144030_PDYOT%20GADMCJS.pdf

Moya, J. F. (2014). Obtenido de Gestión de la fertilidad de suelos y la nutrición de plantaciones de teca (Tectona grandis L.f) en América Central:
http://oa.upm.es/30870/1/JESUS_FERNANDEZ_MOYA.pdf

PDOT. (06 de Julio de 2012). Obtenido de "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de San Sebastián del Coca":
http://sansebastiandelcoca.gob.ec/index.php/la-parroquia/85-aspectos-generales

RECAI. (2005). *Diccionario Ambiental.* Ecuador.

Rodríguez Solano, M. A. (2014). Obtenido de Escuela de Ingeniería Forestal, Tesis "Potencial de producción de biomasa forestal residual dentro de un área de 20 kilómetros de radio desde la empresa Biomass Internacional de Costa Rica, Abangares, Guanacaste, Costa Rica":
http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3934/potencial_forestal_empresa_biomass.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sapiña Navarro, F. (2006). *¿Un futuro Sostenible? El cambio global visto por un científico preocuapdo.* (M. Simón, Ed.) Valencia, España.

Vargas, A. M. (2014). Obtenido de Modelos alométricos para estimar biomasaaérea del Frailejón (Espeletia hartwegiana Cuatrecasas) del parámo de Anaime, Cajamarca, Tolima, Colombia:
http://repository.ut.edu.co/jspui/bitstream/001/1175/1/RIUT-AAA-spa-2014Modelos%20alom%C3%A9tricos%20para%20estimar%20biomasa%20a%C3%A9rea%20del%20frailej%C3%B3n%20del%20p%C3%A1ramo%20de%20Anaime,%20Cajamarca,%20Tolima.pdf

11. ANEXOS

Anexo 1.Encuesta

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Encuesta socio-económica / ambiental sobre:

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA EN LA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*) UBICADO EN LA COMUNA SAN PABLO, SECTOR RÍO BASURA, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS PROVINCIA DE ORELLANA.

Objetivo.

La presente encuesta tiene por objetivo identificar el impacto socio-económico y ambiental de las plantaciones de Teca en la Comuna San Pablo, Parroquia San Sebastián del Coca, Cantón Joya de los Sachas.

Agradecemos su gentileza al responder esta encuesta:

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Nombre del propietario: _____
1.2. Nombre de la finca: _____
1.3. Localización:
1.3.1. Comunidad: _____
1.3.2. Parroquia: _____
1.3.3. Cantón: _____
1.3.4. Provincia: _____
1.3.5. Fecha: _____

2. COMPONENTE SOCIAL

2.1. ¿Cuál es su profesión?

2.1.1. Ingeniero ( )
2.1.2. Agrónomo ( )
2.1.3. Perito forestal ( )
2.1.4. Jornalero ( )
2.1.5. Agricultor ( )

2.2. Su finca es:

2.2.1. Propio ( )
2.2.2. Arrendada ( )
2.2.3. Herencia ( )
2.2.4. Posesión ( )
2.2.5. Comunal ( )

2.3. El Área total de su finca en de:

2.3.1. 1 a 50 Ha ( )
2.3.2. 51 a 100 Ha ( )
2.3.3. 101 Ha o más ( )

2.4. ¿La finca cuenta con servicios básicos?

2.4.1. Luz ( )
2.4.2. Agua ( )
2.4.3. Telefonía Celular o convencional ( )
2.4.4. Alcantarillado ( )
2.4.5. Acceso (vías) ( )
2.4.6. Otro – Especifique ( )

2.5. De cuantos está conformado su núcleo familiar.

2.5.1. Hijas ( )
2.5.2. Hijos ( )

3. COMPONENTE ECONOMICO

3.1. Sus ingresos provienen de:

3.1.1. La agricultura ( )

3.1.2. Ganadería ( )
3.1.3. Plantaciones forestales ( )
3.1.4. Negocios ( )
3.1.5. Otro-Especifique ----------

3.2. Que actividades de la finca le genera más ingresos

3.2.1. ----------

4. COMPONENTE FORESTAL

4.1. ¿En su finca ha establecidos plantaciones forestales?

Si ( ) No ( )

4.2. Cual especie:

Caoba ( )
Chuncho ( )
Teca ( )

4.3. Área establecida especifique la especie …….

4.3.1. 0-1 Ha ( )
3.3.2. 1-5 Ha ( )
3.3.3. 5-10 Ha ( )
3.3.4 10 o más Ha ( )

4.4. ¿Ha recibido asistencia técnica en el componente forestal?

Si ( ) No ( )

Que Institución: MAGAP ( ) MAE ( ) INIAP ( )

OTRA ( ) Especifique _____

4.5. Que beneficios espera de una plantación forestal:

4.5.1. Económicos a mediano y largo plazo ( )
4.5.2. Herencia para los hijos ( )

5. COMPONENTE AMBIENTAL

5.1. ¿Conoce sobre los beneficios que el estado promueve para establecer plantaciones forestales?

Si ( ) No ( )

5.2. ¿De estos términos cual es el más conocido para usted?

Forestal ( )
Biomasa ( )
Captura de carbono ( )

5.3. ¿Conoce usted como se determina la captura de carbono en especies forestales?

Si ( ) No ( )

5.4. ¿Cómo se enteró de este sistema?

Institución Pública ( )
Institución Privada ( )
ONG ( )

5.5. ¿Qué acciones realizaría para conservar los bosques?

5.5.1. No talar los bosques ( )
5.5.2. Aprovechar la madera legalmente ( )
5.5.3. Planes de reforestación con especies nativas ( )

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN Y SU TIEMPO

Anexo 2. Encuesta a las familias beneficiadas del proyecto

Foto 1.

Encuestas a una de las propietarias de la plantación.

Foto 2.

Encuesta a los propietarios de la plantación de teca en la comuna San Pablo.

Anexo 3. Ficha para el levantamiento del inventario forestal

INVENTARIO FORESTAL							
No. Parcela							
Altitud:							
COORDENADAS:	**X**						
	Y						
Área de Parcela:							
Fecha de muestreo:							
Responsables:							
Propietario:							
No.	**Nombre común**	**DAP m.**	**Altura Total m.**	**Altura comercial m.**	**AB m^2**	**Vol m^3**	**OBSERVACIONES**
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

Elaborado por: La autora

Anexo 4. Trabajo de campo, Comuna San Pablo

Foto 1.

Medición del DAP del árbol de teca

Foto 2.

Madera de teca en la que se observa el duramen y la albura del tronco.

Anexo 5. Inventario forestal de la plantación teca

Parcela 1

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
1	10,50	7	10	0,009	0,039
2	12,10	5	8	0,011	0,037
3	8,59	7	10	0,006	0,026
4	11,14	5	8	0,010	0,032
5	8,59	4,5	7,5	0,006	0,017
6	7,96	2	5	0,005	0,006
7	8,59	4	7	0,006	0,015
8	10,66	4	7	0,009	0,023
9	7,00	5	8	0,004	0,013
10	9,55	4,5	7,5	0,007	0,021
11	7,64	5	8	0,005	0,015
12	11,62	8	11	0,011	0,055
13	9,87	6	9	0,008	0,030
14	15,28	11	14	0,018	0,131
15	10,82	5	8	0,009	0,030
16	8,44	2	5	0,006	0,007
17	6,68	2	5	0,004	0,005
18	7,16	4	7	0,004	0,010
19	7,32	0	3	0,004	0,000
20	9,87	9	12	0,008	0,045
21	10,03	7	10	0,008	0,036
22	6,05	7	10	0,003	0,013
23	9,71	8	11	0,007	0,038
24	7,00	5	8	0,004	0,013
25	7,32	7	10	0,004	0,019
26	7,00	4	7	0,004	0,010
27	9,55	9	12	0,007	0,042
Total	246,05	147	210	0,165	0,729
Promedio parcela	9,11	5,44	7,78	0,006	0,027
Tota hectárea				1,65	7,29

Parcela 2

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
1	14,32	12	15	0,016	0,126
2	14,64	12	15	0,017	0,131
3	14,64	14	17	0,017	0,153
4	12,73	11	14	0,013	0,091
5	13,05	13	16	0,013	0,113
6	12,41	12	15	0,012	0,094
7	11,14	7	10	0,010	0,044
8	9,23	11	14	0,007	0,048
9	9,55	7	10	0,007	0,033
10	13,37	10	13	0,014	0,091
11	10,82	13	16	0,009	0,078
12	11,78	13	16	0,011	0,092
13	11,78	14	17	0,011	0,099
14	15,92	14	17	0,020	0,181
15	12,10	15	18	0,011	0,112
16	16,23	13	16	0,021	0,175
17	7,96	10	13	0,005	0,032
18	8,28	4	7	0,005	0,014
19	12,73	13	16	0,013	0,108
20	13,37	11	14	0,014	0,100
21	13,37	13	16	0,014	0,119
22	16,87	13	16	0,022	0,189
23	9,55	9	12	0,007	0,042
24	11,78	12	15	0,011	0,085
25	9,87	5	8	0,008	0,025
26	11,14	10	13	0,010	0,063
27	12,41	12	15	0,012	0,094
28	12,41	7	10	0,012	0,055
29	11,78	7	10	0,011	0,050
30	13,37	9	12	0,014	0,082
31	11,14	5	8	0,010	0,032
32	12,41	7	10	0,012	0,055
33	11,46	8	11	0,010	0,054
34	11,14	10	13	0,010	0,063
35	11,46	9	12	0,010	0,060
36	11,14	11	14	0,010	0,070
37	11,14	9	12	0,010	0,057
38	14,96	10	13	0,018	0,114
39	16,23	8	11	0,021	0,108
40	11,46	6	9	0,010	0,040
41	13,37	6	9	0,014	0,055

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
42	12,10	9	12	0,011	0,067
43	11,14	7	10	0,010	0,044
44	8,59	7	10	0,006	0,026
45	12,73	11	14	0,013	0,091
46	11,78	6	9	0,011	0,042
Total	560,86	455	593	0,552	3,698
Promedio parcela	12,19	9,89	12,89	0,012	0,080
Total hectárea				5,52	36,98

Parcela 3

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
1	9,23	5	8	0,007	0,022
2	13,85	11	14	0,015	0,108
3	12,89	12	15	0,013	0,102
4	16,87	11,5	14,5	0,022	0,167
5	16,39	13	16	0,021	0,178
6	11,46	11	14	0,010	0,074
7	12,25	9	12	0,012	0,069
8	14,96	11	14	0,018	0,126
9	15,92	10,5	13,5	0,020	0,136
10	13,05	8	11	0,013	0,070
11	12,25	11	14	0,012	0,084
12	14,96	10	13	0,018	0,114
13	15,28	9	12	0,018	0,107
14	8,28	6	9	0,005	0,021
15	12,10	12	15	0,011	0,090
16	15,44	12	15	0,019	0,146
17	16,87	13	16	0,022	0,189
18	14,64	11	14	0,017	0,120
19	14,01	12	15	0,015	0,120
20	12,10	11	14	0,011	0,082
21	14,01	12	15	0,015	0,120
22	19,10	12	15	0,029	0,223
23	13,21	10	13	0,014	0,089
24	16,55	12	15	0,022	0,168
25	17,83	13	16	0,025	0,211
26	14,01	11	14	0,015	0,110
27	14,96	7	10	0,018	0,080
28	14,16	10	13	0,016	0,102

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
29	16,07	13	16	0,020	0,171
30	16,87	13	16	0,022	0,189
31	8,91	4	7	0,006	0,016
32	16,71	10	13	0,022	0,143
33	13,69	11,5	14,5	0,015	0,110
34	14,64	12	15	0,017	0,131
35	13,21	13	16	0,014	0,116
36	13,05	11	14	0,013	0,096
37	18,46	12	15	0,027	0,209
38	17,98	11,5	14,5	0,025	0,190
39	15,76	12	15	0,019	0,152
40	15,92	9	12	0,020	0,116
41	14,64	10	13	0,017	0,109
42	15,92	10	13	0,020	0,129
43	17,35	12	15	0,024	0,184
44	12,41	9	12	0,012	0,071
45	13,05	11	14	0,013	0,096
46	16,87	10	13	0,022	0,145
Total	668,13	490	628	0,783	5,513
Promedio parcela	14,52	10,65	13,65	0,017	0,120
Total hectárea				7,83	55,13

Parcela 4

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
1	13,69	11	14	0,0147	0,105
2	14,16	11	14	0,016	0,113
3	11,14	12	15	0,010	0,076
4	10,50	10	13	0,009	0,056
5	13,69	12	15	0,015	0,115
6	12,10	10	13	0,011	0,075
7	12,73	10	13	0,013	0,083
8	11,46	8	11	0,010	0,054
9	9,55	5	8	0,007	0,023
10	8,91	3	6	0,006	0,012
11	11,78	6	9	0,011	0,042
12	11,46	5	8	0,010	0,034
13	8,59	6	9	0,006	0,023
14	9,87	7	10	0,008	0,035
15	10,82	7	10	0,009	0,042

N° ARBOL	DAP	ALTURA-C	A. TOTAL	G(m2)	Vol.(m3)
16	5,73	2	5	0,003	0,003
17	14,32	6	9	0,016	0,063
18	14,48	9	12	0,016	0,096
19	15,92	9	12	0,020	0,116
20	14,64	11	14	0,017	0,120
21	12,25	10	13	0,012	0,077
22	14,96	13	16	0,018	0,149
23	13,37	12	15	0,014	0,109
24	13,69	11	14	0,015	0,105
25	14,32	11	14	0,016	0,115
26	14,32	8	11	0,016	0,084
27	9,23	5	8	0,007	0,022
28	18,30	12	15	0,026	0,205
29	14,96	11	14	0,018	0,126
30	14,32	10	13	0,016	0,105
31	17,67	11	14	0,025	0,175
32	6,21	5	8	0,003	0,010
33	10,50	4	7	0,009	0,023
34	8,91	8	11	0,006	0,032
35	7,64	8	11	0,005	0,024
36	8,44	6	9	0,006	0,022
37	10,19	11	14	0,008	0,058
38	10,82	11	14	0,009	0,066
39	11,94	9	12	0,011	0,065
40	11,46	6	9	0,010	0,040
41	11,94	6	9	0,011	0,044
42	8,44	7	10	0,006	0,025
43	10,82	8	11	0,009	0,048
Total	510,25	363	492	0,502	3,044
Promedio parcela	11,87	8,44	11,44	0,012	0,071
Total hectárea				5,02	30,44

Anexo 6. Proceso de Aserrado para obtener muestras de teca

Foto 1.

Realizando las mediciones, para obtener de las muestras de teca.

Foto 2.

Muestras de teca, codificadas y guardadas en las fundas herméticas para que no pierdan la humedad.

Anexo 7. Muestras de teca en peso húmedo y peso seco.

Foto 1.

Toma de datos de cada una de las muestras de teca (peso húmedo).

Foto 2.

Muestras de teca colocadas en la parrillada forrada.

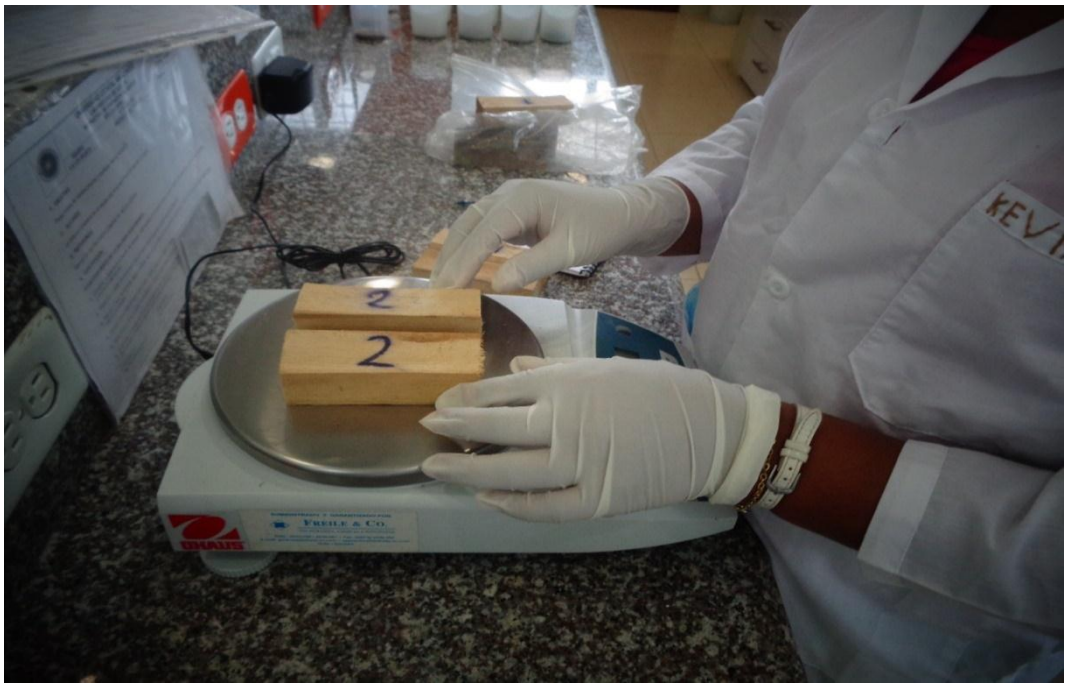
Foto 3.

Proceso de secado de las muestras de teca por 48 horas.

Foto 4.

Obtención de muestras de teca después de 48 horas.

Foto 5.



Después de 48 horas, se determina el peso seco de las muestras de teca.

Foto 6.

Toma de datos de las muestras del volumen en peso seco.

Anexo 8. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1160:1983.

Instituto Ecuatoriano de Normalización

Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN1160:1983

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2012-11-20

MADERAS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Primera edición

WOODS. MOISTURE CONTENT DETERMINATION

First edition

DESCRIPTORES: Madera, humedad, método de ensayo, propiedades.

AG 05.01 – 302
CDU: 674: 620. 1: 543.71
ICS: 58.060

CDU: 674: 620. 1: 543.71
ICS: 58.060

Norma Técnica Ecuatoriana	MADERAS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	NTE INEN 1160 1983 – 12

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad en las maderas, base principal para analizar las propiedades tecnológicas.

2. TERMINOLOGÍA

2.1 Contenido de humedad promedio. Es el valor promedio de los contenidos de humedad en una pieza de madera.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Preparación de la Muestra

3.1.1 Las probetas que se tomen deben ser representativas del lote, en lo posible, de una sección transversal completa, uniforme, y no menores de 25 mm a lo largo del grano; en general, el volumen de la probeta debe ser mínimo de 33 cm3 . Para el corte deben utilizarse herramientas que generen el menor calor posible.

3.1.2 Las partículas adheridas a la probeta deben eliminarse antes de pesarla.

3.1.3 Pesar las probetas inmediatamente o, en su defecto, colocarlas en recipientes herméticos hasta su pesaje.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Utilizar el método de secado en estufa cuando la madera contenga una pequeña cantidad de sustancias Volátiles hasta 1 %.

4.2 Utilizar el método de extracción con disolventes cuando la madera contenga sustancias volátiles en una cantidad mayor al 1 %, en base a masa seca.

4.3 El método eléctrico se empleará en maderas con o sin sustancias volátiles, pero no es confiable sobre todo en determinaciones del contenido de humedad superior al 25%.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Madera, humedad, método de ensayo, propiedades.

5. METODO DE SECADO EN ESPUMA

5.1 Instrumental.
5.1.1 Balanza, que permita determinar la masa con una exactitud hasta de 0,1 g.
5.1.2 Estufa eléctrica. Provista de termo-regulador, que permita operar a una temperatura de 103 ± 3°C.
5.1.3 Desecador de laboratorio. Provisto de sustancia higroscópica adecuada.
5.2 Procedimiento. Pesar las muestras y colocarlas en la estufa, aplicar un calentamiento gradual hasta alcanzar los 103 ± 3ºC; las muestras a esta temperatura deben permanecer por lo menos 20 horas; luego de sacarlas de la estufa, enfriarlas en el desecador y pesarlas hasta obtener la constante de masa.
5.3 Cálculos. El contenido de humedad se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$CH = \frac{P - Psh}{Psh} x\,100$$

Siendo:
CH = contenido de humedad, en porcentaje.
P = masa original de la muestra, en gramos.
Psh = masa de la muestra anhidra, en gramos.

6. METODO DE EXTRACION CON DISOLVENTES

6.1 Instrumental. Consistente en un aparato con uniones esmeriladas, indicado en la figura 1, y constituido por los elementos siguientes :

6.1.1 Recipiente de destilación. Un galón de vidrio termorresistente, con capacidad de 250 cm3.
6.1.2 Tubo colector. De vidrio termorresistente, con o sin robinete.
6.1.3 Refrigerador a reflujo. De vidrio de bajo coeficiente de dilatación.
6.1.4 Plancha de calentamiento.
6.2 Reactivos.
6.2.1 Disolvente. De grado reactivo analítico (tolueno, bencina, xileno).

6.3 Procedimiento.

6.3.1 Astillar la muestra y pesarla, luego introducir las astillas en el recipiente de destilación, mezclándolas con 100 cm3 de disolvente.
6.3.2 Armar el aparato y colocar sobre la plancha de calentamiento, regulando el calor en forma tal, que el destilado que va condensándose en el refrigerante caiga dentro del tubo graduado de la trampa.
6.3.3 Continuar la destilación disminuyendo el calentamiento a medida que progrese el ensayo, hasta que no se perciban gotas de agua en el tubo refrigerante ni en el tubo acodado de la trampa. Al final del ensayo, si se observan gotas persistentemente adheridas a las paredes del tubo interior del refrigerante, imprimir mayor velocidad de destilación incrementando por unos minutos el calentamiento. Enfriar el colector a la temperatura ambiente y registrar el volumen de agua acumulada.

6.3.4 Se considera satisfactorio el ensayo cuando las determinaciones por duplicado no difieren entre sí un 3 % del valor hallado.

6.4 Cálculos. El contenido de humedad se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$CH = \frac{V}{P - V} \times 100$$

Siendo:

CH = contenido de humedad, en porcentaje.

P = masa original de la muestra, en gramos.

V = volumen de agua colectado, en centímetros cúbicos.

7. METODO ELECTRICO

7.1 Instrumental

7.1.1 Xilohigrómetro. Constituido por un circuito de resistencia eléctrica variable, tipo Siemens o similar, que contenga escala de humedad entre 0 y 100 %.

7.1.2 Tabla de corrección del aparato por temperatura.

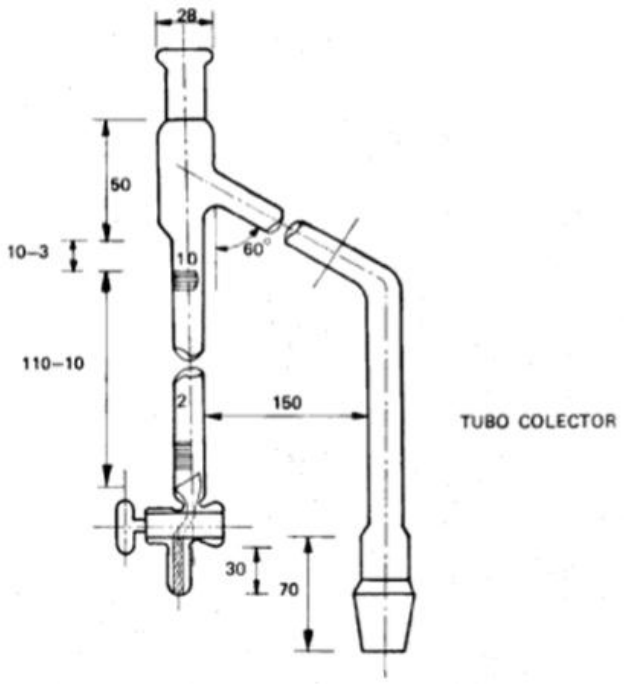
7.2 Procedimiento. Este método es el más sencillo; sin embargo, no es recomendable utilizarlo en determinaciones de contenido de humedad que requieran exactitud.

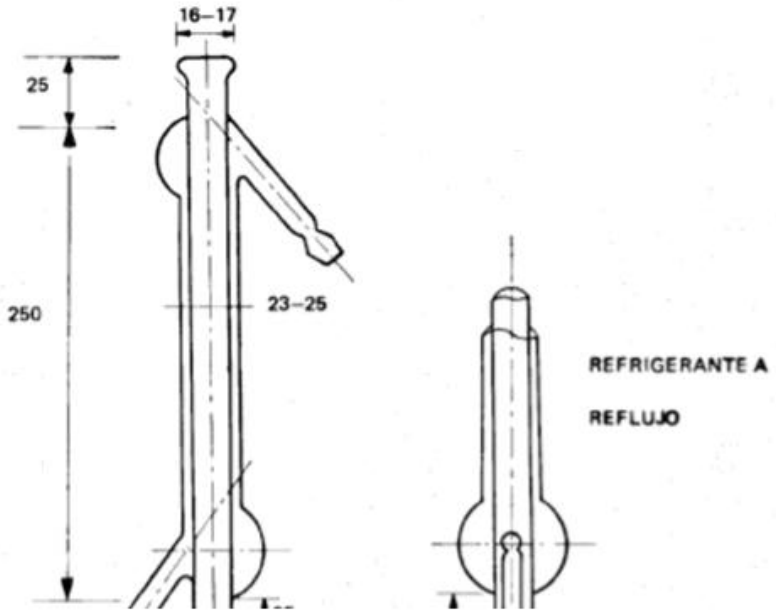
7.2.1 Calibrar el Xilohigrómetro, previamente a su uso.

7.2.2 Aplicar los electrodos a las piezas y leer el valor correspondiente en la escala porcentual del Xilohigrómetro.

7.2.3 Para determinar el contenido de humedad en piezas de madera aserrada hasta de 50 mm de espesor, se deben hacer varias lecturas en diferentes sitios.

FIGURA 1. Aparato para extracción con disolventes





(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma BS 913 Wood preservation by means of pressure creosoting. British Standards Institution. Londres, 1973.

Norma COPANT 460. Maderas. Método de determinación de la humedad. Comisión Panamericana de Normas Técnicas. Buenos Aires, 1972.

Designación ASTM D 3016-65. Moisture content of wood. American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1970.

Norma ICONTEC 206. Determinación del contenido de humedad de la madera. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1966.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1160	TÍTULO: MADERAS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	Código: AG 05.01-302

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1975-06-30	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No publicado en el Registro Oficial No.

Fechas de consulta pública: 1975-11-24 a 1976-01-12

La Dirección General del INEN dispuso la elaboración de esta norma de especial importancia en el campo de la industria maderera, habiéndose iniciado el estudio en 1975-06-30

Subcomité Técnico: AG 05.01 Maderas
Fecha de iniciación: Fecha de aprobación:1982-07-01
Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**
Arq. Carlos Freile	COLEGIO DE ARQUITECTOS
Ing. Temístocles Terán	EDIMCA
Sr. Catón Arteta	MADEROTECNICA
Ing. Raúl Quiñónez	EDESA
Ing. Mario Vásconez	ENDESA
Ing. Manuel Durini	ENDESA
Ing. Franklin Arboleda	MINISTERIO DE AGRICULTURA
Ing. Hugo Bautista	INEN

Otros trámites: ♦4 Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA,** pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

Esta NTE INEN 1160:1984, ha sido confirmada en 2012-11-20.

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1983-12-15

Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 190 del 1984-03-21
Oficial No. 724 del 1984-04-13

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail:direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail:normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail:certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail:verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail:inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail:inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail:inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen

CONTENIDO **PÁG.**

CERTIFICACIÓN ii

AUTORÍA iii

CARTA DE AUTORIZACIÓN iv

AGRADECIMIENTO v

DEDICATORIA vi

1. TÍTULO 1

2. RESUMEN 2

ABSTRACT 3

3. INTRODUCCIÓN 4

4. REVISIÓN DE LITERATURA 7

4.1. Fijación de bióxido de carbono 7

4.1.1. Ciclo del carbono 7

4.1.2. Dióxido de carbono 7

4.1.3. Cambio climático 7

4.1.4. Efecto invernadero 8

4.2. Biomasa 8

4.2.1. Concepto 8

4.2.2. Clasificación de biomasa 9

4.3. Métodos usados para estimar biomasa 10

4.3.1. Método Directo 10

4.3.2. Método Indirecto 10

4.3.3. Estimación de biomasa y carbono mediante modelos alométricos 11

4.3.4. Factor de expansión de biomasa 11
4.3.5. Estimación de carbono aéreo 11
4.4. Plantaciones de teca..... 12
4.4.1. Plantaciones forestales..... 12
4.4.2. Distribución natural..... 12
4.4.3. Distribución Artificial 13
4.5. La teca 13
4.5.1. Características morfológicas..... 14
4.5.2. Descripción botánica 14
4.6. Requerimientos ambientales 15
4.6.1. Temperatura 15
4.6.2. Precipitación 16
4.6.3. Suelos 16
4.6.4. Altitud..... 16
4.7. Factores limitantes..... 16
4.8. Características y propiedades de la madera 17
4.9. Comercialización..... 17
4.10. Plan de manejo ambiental..... 18
4.11. Marco legal 18
4.11.1. De la Constitución de la República del Ecuador..... 18
4.11.2. Tratados y Convenios Internacionales 21
4.11.3. Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y Vida Silvestre..... 23
4.11.4. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente 25
4.11.5. Plan Nacional para el buen vivir (2013-2017)..... 25
4.11.6. El Plan Nacional Forestal y Reforestación Nacional PNFRN. 26
4.11.7. Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) 27
4.12. Marco conceptual 28

5. MATERIALES Y MÉTODOS 32
5.1. Materiales 32
5.1.1. Equipos 32
5.1.2. Herramientas 32
5.2. Métodos 32
5.2.1. Ubicación del área de estudio 32
5.2.2. Ubicación Política 33
5.2.3. Ubicación Geográfica 35
5.3. Aspectos biofísicos y climáticos 36
5.3.1. Aspectos biofísicos 36
5.3.2. Aspectos climáticos 37
5.4. Tipo de investigación 38
5.5. Definir el impacto socio económico y ambiental de las plantaciones de teca en la Comuna San Pablo: 38
5.6. Estimar de la cantidad de biomasa y carbono de los árboles de teca. 39
5.6.1. Inventario forestal 39
5.6.2. Tabulación del inventario forestal 40
5.6.3. Cálculo de la Biomasa de la plantación. 41
5.6.4. Determinación de la densidad de la madera 41
5.6.5. Carbono fijado 47
5.7. Propuesta de plan de manejo ambiental para la especie teca 48
6. RESULTADOS 49
6.1. Definir el impacto socio económico y ambiental de las plantaciones de teca en la Comuna San Pablo: 49
6.1.1. Componente social 49
6.1.2. Componente económico 52
6.1.3. Componente forestal 53
6.1.4. Componente ambiental 56

6.2. Estimar la cantidad de biomasa y carbono de los árboles de teca. 60
6.2.1. Clase diamétrica 60
6.2.2. Diámetro a la altura del pecho 61
6.2.3. Altura total 62
6.2.4. Área basal 62
6.2.5. Volumen 64
6.2.6. Densidad de la madera 66
6.2.7. Biomasa del fuste 67
6.2.8. Biomasa total 68
6.2.9. Carbono fijado 71
6.3. Propuesta de plan de manejo ambiental para la especie teca 71
7. DISCUSIÓN 76
7.1. Definir el impacto socio económico y ambiental de una plantación de teca en la Comuna San Pablo. 76
7.2. Estimar la cantidad de biomasa y carbono de los árboles de teca. 77
7.3. Propuesta de plan de manejo ambiental para la especie teca. 79
8. CONCLUSIONES 80
9. RECOMENDACIONES 81
10. BIBLIOGRAFÍA 82
11. ANEXOS 85