



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE**

Proyecto de investigación previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible.

**TEMA**

**ACUMULACIÓN DE CARBONO Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE PINO EN EL CANTÓN OTAVALO, 2019**

**AUTOR**

**ING. FOR. GALO DANIEL HOLGUÍN ZANIPATÍN**

**DIRECTOR**

**ING. BETTY GONZALES OSORIO, PhD.**

**QUEVEDO – ECUADOR**

**2020**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE**

Proyecto de investigación previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible.

**TEMA**

ACUMULACIÓN DE CARBONO Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE PINO EN EL CANTÓN OTAVALO, 2019

**AUTOR**

ING. FOR. GALO DANIEL HOLGUÍN ZANIPATÍN

**ASESOR**

ING. BETTY GONZALES OSORIO, PhD.

**QUEVEDO – ECUADOR**

**2020**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Betty Gonzales Osorio, PhD. en calidad de Directora del proyecto de investigación, previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible.

### **CERTIFICA:**

Que el Ing. For. GALO DANIEL HOLGUÍN ZANIPATÍN, autor del perfil de investigación titulado. “ACUMULACIÓN DE CARBONO Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE PINO EN EL CANTÓN OTAVALO, 2019” ha sido revisada en todos sus componentes, la misma que está apta para la presentación y sustentación formal ante el tribunal respectivo.

Quevedo, agosto del 2020

---

Ing. Betty Gonzales Osorio, PhD.

**DIRECTOR**

## **AUTORÍA**

Los criterios, resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones expuestas en el presente trabajo de investigación son de total y exclusiva responsabilidad del autor.

---

**Ing. For. Galo Daniel Holguín Zanipatín**

## DEDICATORIA

*Esta investigación primeramente se la dedico al ser supremo que es Dios quien, con sus bendiciones y su voluntad, ha permitido poder lograr el objetivo final y las metas planteadas al inicio de este proceso;*

*A mi amada esposa Silvia Maylín Zorrilla Moreira, que siempre me apoyó y me dio la fuerza necesaria para seguir adelante;*

*A mis adorables hijos Dayling, Liz y Kyan Holguín Zorrilla, sangre de mi sangre que son la fuente de inspiración y motivación para lograr las metas y los objetivos planteados en cada proyecto a ejecutar;*

*A mi madre Elizabeth Zanipatín quien ha estado presente con su apoyo incondicional;*

*A mi padre que desde el cielo me está mirando y sé que está feliz por todos logros obtenidos hasta ahora.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al terminar con éxito la etapa correspondiente al Proyecto de Investigación, aprovecho para detallar en estas líneas mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Autoridades y Docentes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo: Dr. Eduardo Díaz, Rector; Dr. Roque, Vivas Director de la Unidad de Posgrado; Dr. Carlos Zambrano, Coordinador de la Maestría en Manejo Forestal Sostenible.

Ing. Betty Gonzales Osorio, PhD; Directora del presente proyecto de investigación.

Mgs. Héctor Reyes Morán, Técnico Docente del CIPCA-Universidad Técnica Estatal Amazónica.

Ing. Christian Brazales, Ing. Tayron Alava ; Técnicos de Apoyo.

*Al Proyecto “Acumulación de Carbono y Rendimiento Económico de Plantaciones de pino en el cantón Otavalo, 2019”*

## RESUMEN

El cambio climático en los últimos años, es uno de los temas más importantes de la asamblea internacional en componente ambiental. La agrupación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha ido en acrecentamiento de manera acelerada. El presente estudio se realizó en la comunidad “El Topo” del Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura, con la finalidad de perfeccionar el servicio técnico y Ambiental a la plantación forestal comercial establecida en la comunidad, con el objetivo de que la población pueda mejorar su calidad de vida teniendo un ingreso económico en su plantación por servicios ambientales. Se determinó la cantidad de biomasa, carbono en el suelo y aéreo por hectárea se cuantificó cuatro parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, y cuatro subparcelas de 25 m<sup>2</sup>, donde se midieron las variables dasométricas, biomasa, necromasa y suelo, se usó ecuaciones alométricas. El promedio de CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> obtenido 422,10 de carbono, encontrándose diferencias significativas en la variable para el DAP y área basal en la especie Pino, en los tratamientos la variable biomasa y contenido de carbono no presentaron diferencias significativas. El incremento medio anual en plantaciones de *Pinus pátula* en tres sitios del cantón Otavalo presento el mejor promedio el sitio topo bajo y los menores promedio fue en sitio topo alto cuya siembra se la efectuó a una altitud de 3400 – 3600. La mayor cantidad de biomasa, carbono en el suelo y materia necrosada la obtuvo el sitio topo medio, su ubicación geográfica le permite un mejor desarrollo de las plantas. El resultado, obtenido en base al rendimiento de la plantación establecida de *P. pátula* en el cantón Otavalo por hectárea, se estima que los ingresos económicos que generará la plantación forestal por la comercialización de la madera hasta el turno de corta año 2031 será de USD \$ 112.626,30 en un volumen de 8.515,94 m<sup>3</sup>. La plantación forestal se encuentra en la etapa de crecimiento, deberán transcurrir 12 años para llegar al turno de corta, para tal efecto se deberá invertir en mantenimientos, un monto aproximado de USD \$ 211.983,07. En base a los resultados, no es rentable seguir invirtiendo en la misma.

## ABSTRAC

Climate change in recent years is one of the most important issues of the international assembly in the environmental component. The group of Greenhouse Gases (GHG) has been increasing rapidly. This study was carried out in the "El Topo" community of the Otavalo Canton, Imbabura Province, with the proposal of improving the technical and environmental service to the commercial forest plantation established in the community, with the aim that the population can improve its quality of life having an economic income in your plantation for environmental services. The amount of biomass, carbon in the soil and air per area was determined, four plots of 1000 m<sup>2</sup> were quantified, and four subplots of 25 m<sup>2</sup>, where the dasometric variables, biomass, neccuzzi and soil were measured, allometric equations were used. The average CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> obtained 422.10 of carbon, finding differences found in the variable for DBH and basal area in the Pine species, in the treatments of the variable biomass and the carbon content without differences. The average annual increase in Pinus pátula plantations in three sites of the Otavalo canton presented the best average in the low topographic site and the lowest average was in the high topographic site whose planting is carried out at an altitude of 3400 - 3600. The greatest amount of biomass, Carbon in the soil and necrotized matter was obtained by the middle topographic site, its geographical location allows better plant development. The result, obtained based on the yield of the established plantation of P. patula in the Otavalo canton per hectare, it is estimated that the economic income generated by the forest plantation for the production of the wood until the short shift of 2031 will be USD \$ 112,626.30 in a volume of 8,515.94 m<sup>3</sup>. The forest plantation is in the growth stage, it could take 12 years to reach the felling shift, for this purpose a minimum amount of USD \$ 211,983.07 must be invested in maintenance. Based on the results, it is not profitable to continue investing in it.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRAC .....	ix
ÍNDICE .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I.....	xviii
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	xviii
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA .....	2
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas derivados .....	3
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.5. OBJETIVOS .....	3
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPITULO II. ....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL .....	7
2.1.1. Bosques .....	7
2.1.2. Biomasa .....	9
2.1.3. Efecto invernadero .....	9
2.1.4. Gases del efecto invernadero.....	10
2.1.5. Cambio climático.....	10
2.1.6. Carbono y biomasa .....	11
2.1.7. Dióxido de carbono.....	12
2.1.8. Fijación de carbono .....	12
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	12

2.2.1.	Descripción .....	12
2.2.2.	Clasificación botánica .....	13
2.2.3.	Distribución Natural .....	13
2.2.4.	Descripción botánica.....	13
2.2.5.	Requerimientos ambientales .....	14
2.2.6.	Requerimientos edafoclimáticas de crecimiento .....	14
2.2.7.	Semillas.....	16
2.2.8.	Plantaciones de Pinus .....	16
2.2.9.	Dinámica del carbono orgánico en los suelos.....	17
2.3.	FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	17
2.3.1.	Derechos de la Naturaleza.....	17
2.3.2.	Constitución política de la República del Ecuador .....	18
2.3.3.	Código Orgánico del Ambiente.....	19
2.3.4.	Ley de incentivos a la Forestación, Reforestación y a la Protección del Bosque 20	
	CAPÍTULO III.....	21
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
3.1.	MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN .....	22
3.1.1.	Lugar de la investigación.....	22
3.1.2.	Materiales .....	23
3.1.2.1.	Materiales de campo.....	23
3.1.2.2.	Materiales de oficina .....	24
3.1.3.	Tipo de Investigación .....	24
3.1.3.1.	Analítico.....	24
3.1.3.2.	Descriptivo .....	24
3.3.	CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.3.1.	Población y muestra.....	25
3.3.1.1.	Población .....	25
3.3.1.2.	Muestra.....	25
3.3.2.	Técnicas de Investigación .....	25
3.3.3.	Instrumentos de la Investigación.....	29
3.4.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	31
	CAPÍTULO IV .....	32
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.	RESULTADOS.....	33
4.1.	Incremento medio anual de las plantaciones de <i>Pinus pátula</i> .....	33

4.2. Cantidad de carbono presente en la biomasa de la superficie del suelo en plantaciones de <i>P. pátula</i> (Pino) .....	35
4.3. Análisis económico.....	39
4.2. Discusión.....	43
5. CONCLUSIONES.....	45
6. RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ubicación Política .....	22
<b>Tabla 2.</b> Condiciones climáticas del área de estudio .....	23
<b>Tabla 3.</b> Valoración económica del cultivo de Pinus patula .....	31
<b>Tabla 4.</b> Porcentaje de mantenimiento por estrato.....	39
<b>Tabla 5.</b> Resumen de superficie y volumen.....	40
<b>Tabla 6.</b> Cálculo del valor actual de la plantación forestal comercial.....	40
<b>Tabla 7.</b> Presupuesto de ingresos a obtener por aprovechamiento de P. patula ..	41
<b>Tabla 8.</b> Proyección de costos de mantenimiento y aprovechamiento por hectárea hasta el turno de corta de P. patula.....	41
<b>Tabla 9.</b> Proyección de costos de mantenimiento y aprovechamiento hasta el turno de corta de P. patula.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la zona de estudio .....	22
<b>Figura 2.</b> Ubicación de las parcelas, en tres sitios de la comunidad "El Topo" .....	25
<b>Figura 3.</b> Parcelas y subparcelas de muestreo .....	30
<b>Figura 4.</b> Promedios de Diámetros (DAP), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019. ....	33
<b>Figura 5.</b> Promedios de Altura Total (m), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019. ....	34
<b>Figura 6.</b> Promedios de Volumen (m <sup>3</sup> /ha) en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019. ....	34
<b>Figura 7.</b> Promedios de Área Basal (m <sup>2</sup> /ha), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019. ....	35
<b>Figura 8.</b> Promedios de biomasa (Mg ha <sup>-1</sup> ), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019. ....	36
<b>Figura 9.</b> Promedios de Carbono del suelo (Mg ha <sup>-1</sup> ), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de Pinus patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019. ....	37
<b>Figura 10.</b> Promedios de CO <sub>2</sub> eq (kg/ha), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) .....	37
<b>Figura 11.</b> Promedios de CO <sub>2</sub> _MNGF, en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) .....	38
<b>Figura 12.</b> Promedios de CAT, en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) en plantaciones de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019 .....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Parcelas y números de árboles muestreados de diferentes DAP en los tres sitios.....	55
<b>Anexo 2.</b> Parcelas y números de árboles muestreados en diferentes Alturas en los tres sitios.....	55
<b>Anexo 3.</b> Volumen obtenido en campo en los tres sitios evaluados.....	55
<b>Anexo 4.</b> Datos de densidad, mantenimiento y área basal de los tres sitios evaluados.....	56
<b>Anexo 5.</b> Datos de contenido de carbono encontrado en los tres sitios evaluados.....	56

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales contienen grandes cantidades de carbono que es almacenado en la biomasa aérea viva y muerta, así como en la textura del suelo, las regiones tropicales presentan un paso rápido de cambio de uso del suelo de estos ecosistemas forestales a tierras de pastos y cultivos. Las plantaciones acumulan cantidad de carbono en su biomasa, contribuyendo pasivamente a la vigilancia del calentamiento global del mundo (FAO, 1995)

La totalidad de las estrategias de mitigación del efecto invernadero tienen como indeterminado la reducción de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Los árboles, durante su desarrollo actúan como sumideros de carbono al cautivar el CO<sub>2</sub> y almacenar carbono en la madera, el mantenimiento de reservas de CO<sub>2</sub> en plantaciones forestales se ha convertido en un favor ambiental agradecido a escala global, el mismo que tiene un precio considerable para los países en vías de progreso (Brown & Lugo, 1992).

Los bosques son considerados como sumideros de carbono, y los propietarios de los mismos, podrían recibir un pago por la venta de bonos de carbono en base al acuerdo de los diferentes protocolos internacionales e iniciativas nacionales. Por otra parte, luego del Protocolo de Kyoto (1997), la disminución de gases de efecto invernadero ha llegado a ser una preferencia para la mayoría de los países, las actividades forestales como la forestación y reforestación, pueden ser efectuadas para mitigar el calentamiento global (Cargua *et al.*, 2014).

Los bosques juegan un papel crucial en la disminución del CO<sub>2</sub> atmosférico, debido a que fijan carbono en el proceso de la fotosíntesis. Es por esto que desde los años 90 una agrupación de países industrializados ha realizado una serie de esfuerzos para reducir el contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, y con ello, reducir el calentamiento global, previniendo los amenazantes acontecimientos que podrían generarse (aumentos en el nivel del mar, cambio en las precipitaciones, sequías e inundaciones, etc). Lo antepuesto tendría impactos negativos para la vida en el planeta tierra ya que se amenaza la disponibilidad de agua, alimentos, la

permanencia de ecosistemas, la biodiversidad, e incluso, la salud de gran parte de la población mundial (Lobos *et al.*, 2018)

La biomasa es la cantidad total de material vivo, en un momento dado, en un área determinada o en uno de sus niveles tróficos, y se expresa en gramos de carbono, o en calorías, por unidad de superficie. Los cuerpos de biomasa son muy útiles para revelar la biomasa en un nivel trófico. El crecimiento de biomasa en un período determinado recoge el nombre de producción de un sistema o de un área determinada (Martínez Romero & Leyva Galán, 2014).

La biomasa es importante para cuantificar la suma de nutrientes en diferentes partes de las plantas y en los estratos de la vegetación. Permite comparar distintos tipos de especies o vegetación, o comparar especies y tipo de vegetación similares en diferentes territorios. Además, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de fijación de carbono, un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Snowdon *et.al.*, 2001)

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El estudio se realizó en la comunidad El Topo, parroquia San Pablo, Cantón Otavalo, provincia de Imbabura, en el predio “El Topo” se encuentra en la vía Ibarra-Otavalo al Noroccidente de Quito.

Este predio cuenta con una Topografía muy ondulada con pendientes que varían entre 25 a 50%, con altitudes de 3400 a 3600 m.s.n.m, con una precipitación anual de 1100 hasta 1400 mm y con temperatura que varía de 8 a 9 °C.

Con decreto Ejecutivo N° 969 del 20 de marzo de 2008, publicado en el Registro Oficial N° 309 del 04 de abril de 2008, se creó la Unidad de Promoción y Desarrollo Forestal del Ecuador – PROFORESTAL-, empleada al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca; con la finalidad de implementar y ejecutar el Plan Nacional de Forestación y Reforestación.

En fecha 15 de Diciembre del 2008, se celebra el convenio entre La Unidad de Promoción y Desarrollo Forestal del Ecuador PROFORESTAL (Ahora Ex PROFORESTAL) y La comunidad El Topo, cuyo objeto fue el “Establecimiento, manejo y aprovechamiento de 172.62 ha de una plantación forestal de Pino (*P. pátula* schielde ex Schilt & Cham y *P. radiata* D. Don) y especies nativas para plantaciones de protección y sistemas agroforestales en tierras de la comunidad El Topo, parroquia San Pablo, cantón Otavalo.”

La escasa organización, la poca colaboración de los servidores en el control, cumplimiento y seguimiento a la Gestión Administrativa dentro del convenio, ha traído como consecuencia que las actividades planteadas dentro del proyecto Institucional y en el Organigrama Funcional no se cumplan dentro de los periodos y formas establecidas causando retrasos a su desarrollo y manejo dentro de la plantación establecida.

El deficiente control por parte de la Autoridad gubernamental para verificar que se cumpla con la aplicación de las Leyes, Reglamentos, Normas y Manuales que rige

el contrato ente la EXPROFORESTAL y el productor, las cuales son supervisados por la Contraloría General de Estado, ha generado retrasos en su desarrollo.

## **1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA**

La problemática ambiental que enfrentan las naciones es cada vez más compleja, debido al desequilibrio progresivo entre el crecimiento de la población y la capacidad de los recursos para sustentar el aumento en la demanda de mercados ecosistémicos. El cambio climático en los últimos años, es uno de los temas más importantes de la comunidad internacional en materia ambiental. Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha ido en aumento de forma acelerada. Este problema ha dependido, especialmente del tamaño de la población, la actividad económica, el estilo de vida, el uso de la energía, los patrones de uso del suelo, la tecnología y la política climática. Los avances de concentración representativas (RCP), utilizadas para hacer proyecciones basadas en esos factores, describen cuatro trayectorias distintas en el siglo XXI de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI), las emisiones de contaminantes atmosféricos y el uso del suelo.

En los momentos actuales del siglo 21, exige una mayor demanda de madera para cubrir el mercado, por lo que cada día se ven amenazados los bosque y reservas ecologicas que aun mantiene Ecuador, lo que contribuyen a la mitigación del CO<sub>2</sub> siendo significativo iniciar proyectos de forestación y reforestacion con fines de prestacion de servicios ambientales que ayuden a la recuperación de bosques deforestados causados por las actividades humanas, como fuente de abastecimiento de materia prima.

En Ecuador las tierras para uso agropecuario, principalmente para agronomía migratoria, ha generado importantes impactos ambientales y capitalistas económicos, lo cual se reflejó en las estadísticas registradas. A partir del año 1962 el Ecuador tenía 15,60 millones de ha de bosques, pero proporcionada la enorme amenaza por el cambio de uso de las tierras, actualmente, la extensión forestal remaneciente es de 8,8 millones de hectáreas aproximado. Debido a los servicios ambientales de las plantaciones forestales implementarse un incentivo verde, la

cual abre una nueva perspectiva de desarrollo para las comunidades en el progreso del uso de los recursos forestales y agrícolas, fomentando el manejo de bosques como servicio ambiental y fuentes de recursos. En este estudio se pretende establecer el rendimiento y la acumulación de carbono generados por plantaciones forestales de *P. pátula* (Pino) en el cantón Otavalo.

### **1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la cantidad de carbono acumulado y el rendimiento productivo que presentan las plantaciones forestales de *P. patula* en el cantón Otavalo?

#### **1.3.2. Problemas derivados**

¿Cuál es el estado actual de las plantaciones de *P. patula* en el cantón Otavalo?

¿Qué cantidad de CO<sub>2</sub> capta el cultivo de *P. patula* en el cantón Otavalo?

¿Cuál es el rendimiento económico que aporta el *P. patula* en el cantón Otavalo?

### **1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

La comunidad El Topo, parroquia San Pablo, cantón Otavalo, es un sitio estratégico que presenta condiciones agroclimáticas para la siembra de árboles y producción de madera, lo que permite ventajas competitivas en múltiples industrias que se asientan en esta provincia.

CAMPO: Ciencias forestales

ÁREA: Ambiental

LÍNEA: Desarrollo de sistemas de producción que promuevan el uso eficiente de los recursos ambientales

LUGAR: cantón Otavalo

### **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo general.**

Conocer la cantidad de carbono acumulado y el rendimiento económico que receptan las plantaciones de *P. patula* en el cantón Otavalo.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Establecer el incremento medio anual en plantaciones de *P. patula* en el cantón Otavalo.
- Determinar la cantidad de carbono presente en plantaciones de *P. patula*.
- Determinar el rendimiento económico por hectárea del *P. patula* en el cantón Otavalo.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN**

Uno de los problemas más graves que pueden derivarse de la no detección del carbono es el calentamiento global, debido a los efectos de la alta contaminación por CO<sub>2</sub> de los gases de efecto invernadero que continuamente se van acumulando y va elevando la temperatura terrenal. Ciertos estudios han justificado que ese recalentamiento durante los últimos 100 años ha sido 0,74 °C, y durante las dos próximas décadas ese proceso continuará y la temperatura media del planeta habrá aumentado en 0,2 °C más. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se relacionan con el consumo de combustibles fósiles. La misión de lograr un equilibrio razonable está en manos de los políticos y científicos.

Es importante desarrollar el estudio de impacto o evaluación de daños causados por la contaminación ambiental externo específico. Pero, aún es altamente más interesante la evaluación de las contribuciones económicas totales o beneficios netos reportados a la sociedad por la investigación en plantaciones de *Pinus pátula*.

De acuerdo a lo mostrado anteriormente nació la necesidad de estudiar acerca de la captura de carbono acumulado en las plantaciones *P. patula*, ubicadas en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura, el objetivo es conocer la acumulación de carbono que esta especie aporta, así como el rendimiento económico lo que

contribuye al desarrollo forestal sustentable en el territorio y el país, mediante el fomento de plantaciones de esta variedad.

Se pretende que el presente estudio aporte de manera significativa a la idea del total de carbono que almacena la especie estudiada en la biomasa del suelo lo cual fomentara para desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el tema en estudio. Finalmente se espera que mediante el florecimiento de la masa forestal de esta especie se puede llegar a evitar el aprovechamiento de los bosques primarios, al renovar suficiente energía a bajos precios. La cantidad de carbono retenido por los árboles dentro de un sistema agroforestal oscila normalmente entre 3 a 25 toneladas métricas (Schegel, 2001).

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

## 2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

### 2.1.1. Bosques

Los bosques, como fuentes de productos ambientales, por su sitio geográfico y a su vez por el entorno socioeconómico en el que se localizan, cada vez son más vulnerables debido a causas como los incendios forestales, tala ilegal, actividades antropogénicas para la agricultura y ganadería. En décadas pasadas la utilización y manejo del recurso se basaba en prácticas no sostenibles, se estima que en México cerca de 20 millones de personas usan leña como principal fuente activa para uso doméstico, factor importante en la producción de CO<sub>2</sub>. En Ixtlán de Juárez los bosques de Pino (*P. patula* Schl et Cham) son los de mayor extensión, se distribuyen en aproximadamente 5000 ha y es la especie de mayor importancia económica. La medición cuantitativa de aspectos relacionados con la estructura de los rodales es muy importante para entender el funcionamiento del ecosistema, lo cual puede aportar elementos de decisión para contribuir al manejo forestal (Maser *et al.*, 2001).

La combinación de la masa forestal se puede puntualizar como la forma en que los diferentes elementos del sistema se establecen en el espacio. Se puede representar mediante tres características: diversidad y mezcla de especies; distribución espacial y variaciones en las dimensiones de los árboles (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008a).

En la característica de diversidad interesan tres aspectos, el número de especies, la proporción de cada una de ellas, así como el grado de mezcla o la forma en que las especies se distribuyen en el espacio. Dentro de los elementos que componen la estructura de un ecosistema forestal, los árboles suponen el más relevante; las distintas especies presentan diferentes características morfológicas y dan lugar a diferentes estructuras. El diámetro medio, la distribución diamétrica, la altura, la densidad y la competencia entre individuos son importantes características de la estructura de la masa (Rio *et al.*, 2003).

En las áreas bajo manejo, los métodos silvícolas transforman la estructura de los bosques, es por ello que su conocimiento, asociado a la dinámica de rodales, es elemental para garantizar la sostenibilidad de estos sistemas. En este sentido, se planteó como hipótesis la existencia de diferencias significativas en la diversidad de especies arbóreas y en la composición estructural de los bosques de *P. patula*, de acuerdo a la situación silvícola en que se exhiben los rodales. Se ha definido que, en bosques manejados, la biodiversidad es un elemento clave para valorar la duración del sistema. En algunos estudios se ha concluido que la solución de la estructura disminuye las funciones del ecosistema y la complejidad estructural aumenta la productividad y biodiversidad, aunque no siempre estructuras complejas enlazan mayor diversidad, existiendo ejemplos contrarios. En México, las investigaciones sobre metodologías y evaluaciones del efecto que ocasionan los tratamientos silvícolas sobre la diversidad estructural son todavía escasos (Castellanos *et al.*, 2008b).

El Ecuador dispone de una superficie terrestre de 28'356.000 has (aproximadamente, 256.370 km<sup>2</sup>) de las cuales, se estima que 14,4 millones de hectáreas (130.002 km<sup>2</sup>) de tierra son de uso forestal, es decir, más del 50% de área nacional pertenece a plantaciones forestales. Los principales beneficios que ofrece una plantación de bosques son, la conservación de la biodiversidad, protección del agua, conservación del suelo y la captura y retención del CO<sub>2</sub>. Las externalidades positivas generadas por los bosques y que no son remuneradas, permiten que se generen de manera no adecuada un desarrollo sostenible de recursos forestales al no existir un incentivo económico que los impulse. En virtud de esto, se generan una serie de efectos dentro de los cuales se citan una desvalorización de la contribución del sector forestal al PIB (Córdova & Rodrigo, 2016).

### **2.1.2. Biomasa**

Se estima que cerca del 80% del carbono contenido en la biomasa aérea de toda la vegetación mundial y un 40% del carbono almacenado en raíces, residuos y suelos se ubica en los ecosistemas forestales (Álvarez, 1999).

Una vez que el dióxido de carbono atmosférico es asociado a los procesos metabólicos de las vegetaciones mediante la fotosíntesis, éste pasa a formar parte importante de la composición de la madera y de todos los demás tejidos necesarios para el desarrollo de la planta. Los árboles en su crecimiento renuevan permanentemente parte de sus órganos a través del desfronde de hojas, ramas, flores, frutos, corteza, etc. Esta dinámica libera carbono, una parte del cual se incorpora a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> y el resto queda fijado en el suelo en forma de humus estable. Paralelamente a este proceso, se produce anualmente un aumento de las dimensiones del árbol (crecimiento) que se realiza a partir de la acumulación de carbono como resultado de su crecimiento, y el liberado por el desprendimiento y descomposición de hojas, ramas, frutos, cortezas, etc., determina la fijación neta de carbono por el árbol. El mismo razonamiento puede hacerse cambiando el concepto de árbol por el de masa forestal, incluyendo aquí el balance neto de todas las especies vegetales que lo componen: árboles, arbustos, matorrales y herbáceas. Al intervenir silvícolamente, se extraen diferentes fracciones de la biomasa que se acumulan en el bosque: madera, piñas, leñas y otros productos, cuyo aprovechamiento genera unos residuos. Una parte de ellos pueden ser extraídos del sistema, como las leñas y la madera, y otros, como ramillas finas y hojas, son quemados inmediatamente después, o dejados en el suelo para que se descompongan e incorporen lentamente a la materia orgánica (Montero, 2006).

### **2.1.3. Efecto invernadero**

El efecto invernadero se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta; para poder profundizar en él necesitamos entender que es y como está organizada la atmósfera. La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a nuestro planeta, para darnos una idea de las escalas, la

atmósfera equivale a envolver con papel aluminio un balón de fútbol, el balón representando la Tierra, el grosor del papel aluminio al de la atmósfera. Esta delgada capa de gases que rodea al planeta, es muy importante dado que en ella residen los gases que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta, además de que la atmósfera representa un medio importante en el que reside una buena parte de la vida de la Tierra (Caballero & Lozano, 2007).

#### **2.1.4. Gases del efecto invernadero**

La composición química de la atmósfera (que gases la forman y en que proporciones) incluye mayoritariamente a solo dos gases, Nitrógeno (N), en un 79% y Oxígeno (O<sub>2</sub>) en un 20%. El 1% restante está formado por diversos gases entre los que los más abundantes son el Argón (Ar) en un 0.9% y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en aproximadamente un 0.03%. Dado que los gases de la atmósfera están sujetos a la atracción gravitacional de la Tierra, la mayor densidad de gases se concentra cerca de la superficie terrestre, en los primeros 50 km, en donde podemos distinguir dos capas. La Tropósfera, que tiene unos 10 km en promedio de espesor y que tiene más o menos el 75% del total de la masa de la atmósfera; y la Estratósfera, que llega hasta los 50 km de altura y tiene un 24% de la masa total de la atmósfera (juntos Tropósfera y Estratósfera concentran el 99% de la masa total de la atmósfera). La Estratósfera es una capa importante porque en ella reside la capa de ozono que filtra la luz ultravioleta (Caballero & Lozano, 2007).

#### **2.1.5. Cambio climático**

El cambio climático constituye hoy día un tema de primera magnitud tanto en la agenda política como en la opinión pública, el análisis sociológico no puede permanecer ajeno a todo ello, existe un creciente interés hacia este fenómeno fuera del mundo de las Ciencias naturales, y sin embargo gran parte de los textos que abundan en las librerías son de carácter divulgativo o tertuliano antes que partir de datos rigurosos y ofrecer un análisis serio. Al creciente número de libros y artículos científicos de este corte, pertenece La política del cambio climático de Anthony Giddens, un texto importante que combina reflexión e información para dar lugar a

un diagnóstico alejado de la típica torre de marfil académica, con proposiciones políticas para la lucha contra el cambio climático. (GiDDens, 2010).

#### **2.1.6. Carbono y biomasa**

La biomasa se define como la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en los momentos determinados y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen. Los estudios de biomasa son importantes para entender el ecosistema forestal, ya que explican la distribución de la materia orgánica en el sistema y permiten valorar los efectos de una intervención, respecto a su equilibrio en el ecosistema.

Los sistemas de plantación acorde van aumentando su edad a través del tiempo, son más vigorosos, por lo tanto, se produce mayor recolección de biomasa; es decir, los sistemas con mayor desarrollo e incremento de la biomasa presentan valores más altos de reserva de carbono (VALDIZÁN, 2014).

De acuerdo con el IPCC, la biomasa es considerada como la aglomeración total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los desperdicios de cubierta vegetal que han muerto últimamente (biomasa muerta). Por otra parte, la FAO considera que la biomasa es un integrante principal para determinar el total de carbono almacenado en el bosque. La biomasa forestal permite elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre el cambio climático.

Además, una porción de la población humana que vive en las zonas rurales de los países en desarrollo, la biomasa es una partida primordial de combustible para cocinar y para calefacción. La biomasa es el seudónimo dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que se derive de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, tal como tarugo de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o de animales.

### **2.1.7. Dióxido de carbono**

El dióxido de carbono gaseoso está formado por la mezcla de dos elementos: carbono y oxígeno. Se forma por la combustión de carbón o hidrocarburos, la fermentación de materia orgánica, y por la inhalación de hombres y animales. Se encuentran en bajas concentraciones en la atmósfera, y es asimilado por las plantas, que en su lugar producen oxígeno. El gas CO<sub>2</sub> tiene un liviano olor irritante, es incoloro y es más pesado que el aire (Lema, M., & Vera, P., 2017).

### **2.1.8. Fijación de carbono**

La fijación de carbono se genera en el transcurso de la fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes del manto vegetal, que capturan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera produciendo carbohidratos, las cuales liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles. En este sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales y las prácticas agroforestales, y en general, son aquellas actividades que llevan la ampliación de una cobertura vegetal permanente, las cuales pueden cumplir la función de “sumideros de carbono” (Lema & Vera, 2017).

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1. Descripción**

*Pinus patula* Schl. et Cham. es una especie forestal nativa de México de importancia económica en la región oriental del país por su velocidad de crecimiento. En el mundo, *P. patula* también se ha empleado con éxito en áreas subtropicales para producir material celulósico y madera en rollo. Existe el interés en iniciar programas de selección genética para aumentar su productividad y calidad de la madera, características bajo un control genético adecuado en *Pinus patula*, por lo que se pueden seleccionar. Sin embargo, no se conocen las correlaciones genéticas entre esas dos características en esta especie y la información de otras especies forestales es contradictoria (Valencia & Vargas, 2001).

### 2.2.2. Clasificación botánica

Reino:	Plantae
División:	Pinophyta;
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales;
Familia:	Pinaceae;
Género:	Pinus
Especie:	<i>P. patula</i>
Nombre científico:	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham

### 2.2.3. Distribución Natural

Pinus es el género más significativo, ecológica y económicamente, de las coníferas, México es el centro de diversidad de este género, Por su rápido crecimiento y calidad de madera, *Pinus patula* Schiede ex Schlecht. & Cham. var., es una de las especies más utilizadas para la reforestación en México. En el extranjero existen cerca de un millón de hectáreas establecidas con *P. patula* en más de 20 países, destinadas a la producción de madera, para pulpa y papel (Aparicio *et al.*, 2014).

### 2.2.4. Descripción botánica

*Pinus patula* Schl. et Cham. es un árbol de 10-25 m de altura (en el Valle de México se ven ejemplares de 30 a 40 m); son de corteza escamosa y roja, la cual se evidencia en la parte superior del tronco; tiene ramas colocadas irregularmente; ramillas rojizas y escamosas, con ligero tinte blanquecino en sus partes más sensibles, las hojas están en grupos de tres, a veces cuatro o rara vez cinco en algunos fascículos; mide alrededor de 20 cm pero la cifra varía entre 15 y 30; son delgadas y colgantes o algo extendidas; con bordes finamente aserrados y los dientecillos muy finos, vainas persistentes, fuertes de 10 a 15 mm, las yemas son amarillentas, largas y erguidas, los conillos son largos y laterales, pedunculados, algo atenuados en ambas extremidades, escamas extendidas y provistas de una punta fina y caediza. La semilla es casi triangular, aguda, de color negro, incluida hasta la mitad en un ala de 13 mm de largo, poco engrosada en la base, de color café claro, con estrías oscuras, la madera es suave, débil, de color claro,

ligeramente amarillenta, con vetas negro pálido es fácil para trabajar y poco resinosa. Se emplea para la fabricación de cajas (Cruz, 2007).

### **2.2.5. Requerimientos ambientales**

En el área de su distribución natural, *Pinus patula* requiere de un clima moderadamente cálido, con temperaturas de 12 a 18 °C (la temperatura absoluta no debe ser menor a -10 °C). La precipitación media anual varía entre los 1000 y 2000 mm, distribuidos preferentemente entre los meses de mayo y octubre. La especie *P. patula* se desempeña bien en las regiones tropicales y subtropicales, con lluvias de verano o monzónica. Se desarrolla principalmente en zonas templadas con exposiciones norte y aquellas que reciben una gran cantidad de niebla durante el año, es posible encontrarla en lugares donde llegan los vientos húmedos del Golfo de México, aunque también pueden crecer donde no exista humedad relativa alta. Se menciona que la regeneración natural de *Pinus patula* se presenta con mayor frecuencia al pie de arbustos de *Baccharis conferta*, supuestamente debido a la protección mecánica que reciben las plántulas contra el pastoreo (Vizcaíno & Pupiales, 2010).

### **2.2.6. Requerimientos edafoclimáticas de crecimiento**

La eficiencia del uso del agua es el rendimiento que tiene un ecosistema vegetal por unidad de agua evapotranspirada. En estudios forestales el rendimiento se expresa como la cantidad de carbono fijado o el incremento del volumen maderable o el incremento del volumen fustal de un bosque (FAO, 1993).

Publicaciones recientes valoran el hecho de que la eficiencia del uso del agua se exprese como su valor recíproco, llamado tasa de transpiración. Ella indica la cantidad de agua evapotranspirada (m<sup>3</sup>) para producir una unidad de volumen (m<sup>3</sup>) de materia seca o maderable o fustal (Brown & Lugo, 1992).

De esta manera, la tasa de transpiración de una plantación forestal indica la cantidad de agua que fue extraída del suelo por evapotranspiración neta (Kanninem & Mery, 2002) para producir 1 m<sup>3</sup> de incremento fustal.

La evapotranspiración neta está regulada por las características del suelo, de la cubierta vegetal y de las condiciones climáticas. Entre las climáticas sobresalen la radiación solar, las precipitaciones, la temperatura y la humedad del aire (Derek *et.al*, 2000).

Mientras que en las edáficas destacan, entre otras, la capacidad de retención de agua útil del suelo y la velocidad de infiltración. Estas dos últimas características determinan la cantidad y el tiempo que el agua del suelo está disponible para la vegetación. La evapotranspiración neta también está influida por la extensión y eficiencia del sistema radicular de la cubierta vegetal, la superficie foliar, la disposición y estructura de las hojas y el comportamiento de las estomas (Huber & Trecaman, 2004a).

El incremento volumétrico fustal de una plantación forestal está regulado por las condiciones del sitio, características genéticas de los árboles, del bosque y de la vegetación asociada. El raleo de una plantación forestal afecta su desarrollo porque modifica las condiciones micrometeorológicas (Masera *et.al.*, 2001). Aumenta la cantidad de agua que llega al suelo e incrementa la evaporación. Consecuencia de esto último, la evaporación adquiere una mayor participación en la evapotranspiración neta, lo que disminuye la eficiencia de uso del agua (Kanninem & Mery, 2002).

En general, el raleo aumenta la tasa de transpiración, porque reduce el incremento volumétrico del rodal, mientras que la evapotranspiración neta no lo hace con la misma magnitud (Masera *et.al.*, 2001).

En Chile hay más de 1.600.000 hectáreas forestadas con *Pinus pátula* (D. Don), distribuidas entre los 32 y 41º latitud sur. Esta zona posee condiciones edáficas y climáticas muy diferentes que inciden en el desarrollo de las plantaciones. Es importante conocer la relación que existe entre el consumo de agua de las plantaciones y el correspondiente incremento volumétrico y establecer la influencia que tienen las características edafoclimáticas y el manejo silvícola sobre estos resultados. (Huber & Trecaman, 2004b)

### **2.2.7. Semillas**

La semilla como estructura de reproducción sexual de las plantas y en particular de los árboles presenta una gran variación, no solo dentro de la especie, sino entre poblaciones de la misma y entre frutos de una misma población que es el resultado de la diferencia que guardan estas características dentro de individuos que provienen de un mismo árbol madre. El tamaño de las semillas representa en términos proporcionales la cantidad de reservas almacenadas y potencialmente el vigor o el tiempo que un embrión puede sostenerse antes de ser autosuficiente por su actividad fotosintética y por lo tanto estas características influyen en rangos de variación sobre los mecanismos de latencia y dormancia. La especie *P. pátula* tiene una distribución natural que oscila de los 1400 hasta los 3100 m.s.n.m (Hernández et al., 2006)

### **2.2.8. Plantaciones de Pinus**

Conocidos comúnmente como pinos, es un género de plantas vasculares pertenecientes al grupo de las coníferas y dentro de éste, a la familia de las pináceas. Es uno de los más importantes géneros, desde el punto de vista forestal, tanto por la cantidad de especies como por el valor que tienen muchas de ellas, tanto en sus países de origen como también introducidas históricamente se han notado grandes variaciones.

Las emisiones correspondientes al cambio de uso de la tierra deforestación e incremento del pastoreo y de las tierras cultivadas- fueron cerca de 140 Pg entre 1850 y 1990 (de 0,4 Pg/año en 1850 a 1,7 Pg/año en 1990), con una liberación neta hacia la atmósfera de 25 Pg de carbono. De acuerdo con IPCC (2000), la pérdida histórica de los suelos agrícolas fue de 50 Pg de carbono en el último medio siglo, lo cual representa un tercio de la pérdida total del suelo y la vegetación. En el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, pero hoy día, los mayores contribuyentes son la combustión de los combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte (6,5 Pg/año). Un hecho importante, es que mientras la deforestación de muchas áreas tropicales produce emisiones de carbono estimadas en 1,5 Pg/año,

al mismo tiempo se produce una acumulación en los ecosistemas terrestres de 1,8 a 2 Pg/año. Esto representa lo que es conocido como el carbono faltante en el ciclo: un sumidero que podría estar situado principalmente en la parte norte del hemisferio norte (FAO, 2002)

### **2.2.9. Dinámica del carbono orgánico en los suelos**

La materia orgánica del suelo tiene una composición muy compleja y heterogénea y está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo. Se han desarrollado un gran número de métodos de separación para identificar los distintos constituyentes de la materia orgánica del suelo, grupos cinéticos. La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del sitio, tanto en sus funciones agrícolas como en sus funciones ambientales, entre ellas captura de carbono y calidad del aire. Los bosques cubren el 29 por ciento de las tierras y contienen el 60 por ciento del carbono de la vegetación terrestre, el carbono acumulado en los suelos forestales representa el 36 por ciento del total del carbono del suelo que no tienen especies forestales, recientemente fue llevado a cabo un balance completo de los bosques de Francia, la media total del carbono del ecosistema fue de 137 t C/ha; de este total, el suelo representa el 51 por ciento (71 t), los restos vegetales superficiales 6 por ciento y las raíces 6 por ciento. Estos datos son muy cercanos a los proporcionados en el último informe del (IPCC 2000). También se proporcionan datos para los bosques tropicales cerca de Manaus (Brasil), el total de carbono en el sistema es mayor (447 t/ha) y así como el depósito de suelo orgánico (162 t, 36 % del total) (FAO, 2002)

## **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

### **2.3.1. Derechos de la Naturaleza**

Este derecho se encuentra consagrado en el artículo 71 de la Constitución del Ecuador, el cual establece que la naturaleza posee derecho a que se respete íntegramente su vida y el mantenimiento, regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. La concepción de la naturaleza como objeto de la relación jurídica tiene su fundamento en la teoría antropocéntrica, la cual sigue la posición tradicional jurídica romanista. Por esta razón, el derecho ambiental ha concebido al ser humano como el centro del universo y a la naturaleza

como un ente que le es útil para satisfacer sus necesidades y solamente por este motivo la protege; en consecuencia, el ser humano es sujeto de derechos y el ambiente objeto.

Es importante entender adecuadamente este derecho para no suponer inadecuadamente que el otorgamiento de derechos a la naturaleza puede afectar la vida cotidiana impidiendo la utilización de los recursos naturales necesarios para satisfacer las necesidades personales. (Acosta, 2010) manifiesta que estos derechos no defienden una naturaleza intocada, que nos lleve, por ejemplo, a dejar de tener cultivos, pesca o ganadería. Estos derechos defienden el mantenimiento de los sistemas de vida y los conjuntos de vida. Su atención se fija en los ecosistemas, en las colectividades, no en los individuos. Se puede comer carne, pescado y granos, por ejemplo, mientras se asegure que quedan ecosistemas funcionando con sus especies nativas.

En definitiva, este derecho lo que busca es la protección integral de los ecosistemas, es decir que estos permanezcan íntegros, lo cual no implica que no se puede utilizar componentes determinados de la naturaleza para satisfacer las necesidades de las personas, sino que únicamente hay que cuidar que la utilización o consumo de ciertos recursos no afecte a la conservación integral de la naturaleza como un todo. Así se ha consagrado en la propia Constitución, la cual, en su artículo 74 establece que los individuos y colectividades pueden beneficiarse de los recursos de la naturaleza para su buen vivir (Garzón, 2016).

### **2.3.2. Constitución política de la República del Ecuador**

Publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008. En el Título II, Capítulo segundo Derechos del Buen vivir, sección segunda Ambiente sano, Art. 14: Se reconoce el derecho a la población de vivir en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. 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 perjuicio ambiental y la recuperación de las zonas naturales degradadas.

En el Título II, Capítulo segundo Derechos del Buen vivir, sección sexta Hábitat y Vivienda, Art 30 establece que: las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Art 31.-Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos bajo principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

### **2.3.3. Código Orgánico del Ambiente**

Esta norma constituye en la actualidad la norma más importante del país en materia ambiental, pues en esta se regulan aquellos temas necesarios para una gestión ambiental adecuada. El COA aborda temas como cambio climático, áreas protegidas, vida silvestre, patrimonio forestal, calidad ambiental, gestión de residuos, incentivos ambientales, zona marino costera, manglares, acceso a recursos genéticos, bioseguridad, biocomercio, entre otros, si bien el Código Orgánico Ambiental fue aprobado en abril del 2017, el mismo entro en vigencia el 13 de abril del 2018 el cual fue promulgado hace un año, mediante registro oficial suplementado No. 983 de 12 de abril de 2017.

A través de este código se garantiza el derecho de las personas a un ambiente sano y equilibrado, así como se garantiza los derechos de la naturaleza reconocidos en la Constitución. Establece como principio ambiental fundamental el de la responsabilidad integral que será responsable quien promueva una actividad que genere o pueda generar impacto sobre el ambiente. La responsabilidad incluye todas las fases de dicha actividad, el ciclo de vida del producto y la gestión del desecho o residuo, desde la generación hasta el momento en que se lo dispone en condiciones de inocuidad para la salud humana y el ambiente.

Recoge expresamente el principio de “el que contamina paga”. Quien contamine estará obligado a la reparación integral y la indemnización a los perjudicados, adoptando medidas de compensación a las poblaciones afectadas y el pago de las sanciones que corresponda.

Incorpora el principio, *In dubio pro natura*”. Cuando exista falta o vacío legal, contradicción de normas o duda, se aplicará la norma que más favorezca al ambiente y a la naturaleza.

Ratifica el concepto de que toda persona natural o jurídica que cause daño ambiental tendrá “responsabilidad objetiva”.

#### **2.3.4. Ley de incentivos a la Forestación, Reforestación y a la Protección del Bosque**

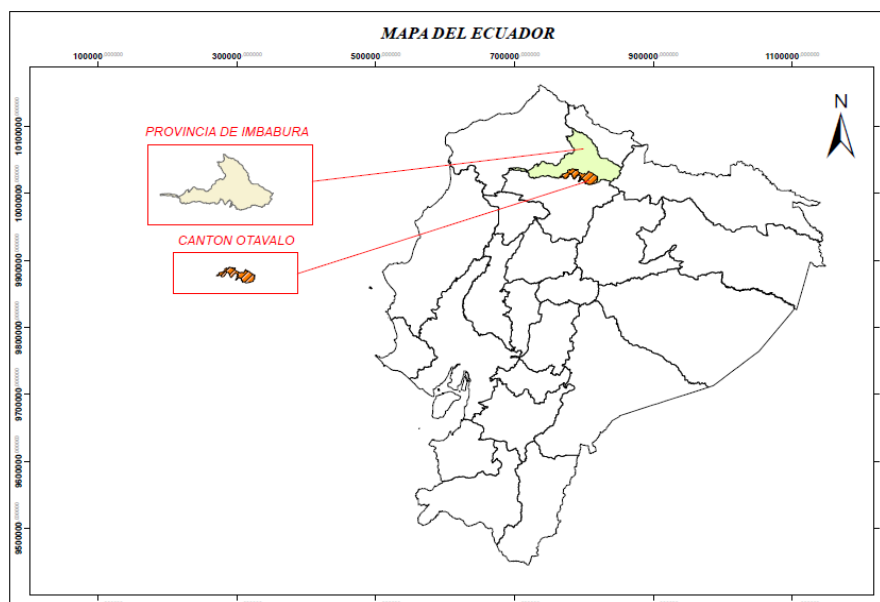
La Ley tiene como objetivo general establecer incentivos para promover la incorporación del sector privado en la ejecución de actividades de forestación reforestación y de protección de los bosques, con el propósito de lograr su más amplia participación en la reversión del proceso de deforestación que sufre el país, en el adecuado manejo de los bosques naturales y en el establecimiento de plantaciones forestales.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. Lugar de la investigación

El estudio se realizó en la comunidad El Topo, parroquia San Pablo, cantón Otavalo, provincia de Imbabura, en el predio denominado “El Topo”. El mismo que se encuentra en la vía Ibarra- Otavalo al Noroccidente de Quito (Figura 1 y Tabla 1) y las condiciones climáticas se presentan en la (Tabla 2).



**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio

**Tabla 1.** Ubicación Política

<b>Provincia</b>	Imbabura	<b>Cantón</b>	Ibarra	<b>Parroquia</b>	San pablo
<b>Comunidad</b>	El Topo			<b>Nombre del proyecto</b>	“Plantaciones de pino y su efecto en la acumulación de carbono y rendimiento económico en el cantón Otavalo, 2018”
<b>Objetivo del Proyecto</b>	(…) Determinar la cantidad de carbono acumulado y el rendimiento económico que reciben las plantaciones de <i>Pinus pátula</i> en el cantón Otavalo (...)				
<b>Sector</b>	<b>Parroquia</b>		<b>Cantón</b>	<b>Provincia</b>	
El topo	San pablo		Ibarra	Imbabura	

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Ganadería - Subsecretaría de Producción Forestal (Año, 2019)

En la siguiente tabla se detallan las características ecológicas y condiciones climáticas del sitio evaluado:

**Tabla 2.** *Condiciones climáticas del área de estudio*

<b>Parámetros</b>	<b>Imbabura</b>
Temperatura	8 – 9 °C
Precipitación	1100 – 1400 mm
Ubicación geográfica	817753 – 10025645
Altitud	3400 – 3600 m.s.n.m
Pendiente	25 – 50 %
Humedad relativa	66%
Zona ecológica	Páramo

**Fuente:** Proyecto Mapa de Vegetación-SPN-MAE, Proyecto mapa de vegetación SPN-MAE y mapa Geopedológico (Año, 2018)

### **3.1.2. Materiales**

#### **3.1.2.1. Materiales de campo**

Para la construcción del presente proyecto de investigación se manipuló los siguientes materiales.

Equipo - GPS

Un Machete

Cinta métrica (cm)

Hipsómetro de Su unto

Botas de caucho

Libreta de mano

Lápiz - HB

Balanza graduada

Calculadora de mano

Fundas plásticas de basura

Cámara fotográfica – marca Sony

Cinta engomada blanca

### **3.1.2.2. Materiales de oficina**

Flash memory - USB

Ordenador PC

Impresora - Panasonic

Softwares - (Word, excel, power point, plataforma ArcGis versión 10.3, PASW Statistics)

Libros virtuales

Artículos científicos

Documentos electrónicos - impresos

### **3.1.3. Tipo de Investigación**

El estudio se realizó en una plantación de *P. patula* (*Pino*), de nueve años de edad, registrando las variables evaluadas en una sola fase, el estudio contó con cuatro parcelas de 1 ha. Por cada sitio, en cada parcela se realizó cuatro sub-parcelas de 500 m<sup>2</sup>.

Para este estudio se manejaron las siguientes técnicas de investigación.

#### **3.1.3.1. Analítico**

Se aplicó la investigación analítica, porque nos permitió conocer más del estudio, lo cual se puede exponer, crear analogías e incorporación de nuevas teorías y conceptos para la observación de los resultados, incluso de ahondar los resultados que se obtuvieron mediante muestreo y cálculos matemáticos en el presente.

#### **3.1.3.2. Descriptivo**

El propósito de esta investigación, fue para determinar la cantidad de carbono que se encuentra acumulado en las plantaciones de *P. patula* establecidas en la comunidad el topo-Ibarra, descubriendo las necesidades, como en el contenido de carbono en el suelo y en la biomasa.



### **3.3.2.1. Incremento medio anual de plantaciones de *Pinus pátula* en el cantón Otavalo**

Se aplicó un diseño de muestreo probabilístico aleatorio simple, lo que permitió analizar los resultados obtenidos a través de las muestras representativas de la población. Para el efecto se aplicó la metodología de (Otzen & Manterola, 2017). Para medir la cantidad de carbono almacenado en las plantaciones se utilizó el método de ecuaciones alométricas descrita por (Márquez, 1997).

En cada parcela implementada se establecieron las siguientes variables dasométricas: Diámetro a 1,30 m (DAP) en centímetros, Altura Comercial (HC) en metros, Altura Total (AT) en metros, Volumen Comercial (VC) en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y Volumen Total (VT) en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Estas variables son necesarias para determinar el carbono orgánico activo de la biomasa aérea, como muestran estudios realizado en proyectos forestales (Alpizar, 1997). Se estableció cuatro parcelas (unidades de muestreos), el tamaño y forma de cada parcela de muestreo fue rectangular de 20 x 25 m (500 m<sup>2</sup>), en cada una de las cuales se evaluó los árboles, registrando datos de DAP, AT y AC, para determinar el número de árboles por ha y los arboles representativos. Se estableció la biomasa orgánica e inorgánica, según la metodología descrita por (Schelegel, 2001).

La variable cuantitativa se registró de modo directo con la ayuda de las herramientas de medidas (cinta diamétrica, pistola Haga). Estas variables evalúan el carácter morfológico de cada uno de los árboles en el interior de las de las sub-parcelas de muestreo.

- **Diámetro**

El diámetro se lo obtuvo a 1,30 m desde la base del árbol, para esto se trabajó con una cinta diamétrica, registrando en la hoja de campo los datos al momento de establecer las unidades de muestreo.

- **Altura total**

La altura se la evaluó en metros para lo cual se utilizó una pistola Haga, aquí se consideró una distancia de 15 m para poder medir registrando las alturas tomadas en la hoja de campo.

- **Área basal**

Una vez conseguido los datos del diámetro se procedió a calcular el área basal (m<sup>2</sup>) de cada uno de los árboles mediante la (ecuación 1):

$$AB = \pi * (D)^2/4 \quad (1)$$

**Dónde:**

AB = Área basal en m<sup>2</sup>

π = 3,1416

DAP<sup>2</sup> = Diámetro al cuadrado en (cm)

- **Volumen**

Se manejó los datos del área basal y de altura total para obtener el volumen (m<sup>3</sup>) de cada individuo aplicando la (ecuación 2).

$$V = (AB * h * f) \quad (2)$$

**Donde:**

V= volumen (m<sup>3</sup>)

AB = Área basal (m<sup>2</sup>)

h = altura del fuste (m)

f = factor de forma (0,6)

- **Incremento medio anual (IMA)**

Se manejó los datos del volumen por árbol y se los dividió para la edad de la plantación, utilizando la (ecuación 3).

$$\text{IMA} = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Edad}} \quad (3)$$

### 3.3.2.2. Determinación de la cantidad de carbono presente en la biomasa en plantaciones de *Pinus pátula*

Para evaluar las variables necromasa en la superficie del suelo se utilizó la metodología descrita por (Scott *et al.*, 1992).

En la cuantificación de la necromasa fina y gruesa se aplicó la metodología replicada por (Saldarriaga, 1994). Para determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo, se realizó la recolección de biomasa en el centro de cada parcela a un 1 m<sup>2</sup>. El análisis del contenido de carbono en laboratorio se realizó mediante la metodología descrita por (Alemán & Paniagua, 2016)

La fracción y contenido de carbono en la biomasa aérea y subterránea se basó en metodología aplicada por (Cubero & Rojas, 1999).

La biomasa global de cada tipo se obtuvo mediante la suma de la biomasa de los distintos componentes del árbol. Una vez obtenida la biomasa total de los árboles muestreados se determinó mediante técnicas estadísticas, relaciones directas entre la biomasa universal del árbol y las variables del mismo medidas en pie. Para el cálculo de biomasa viva, con base en ecuaciones alométricas, se aplicó un muestreo estadísticamente representativo, en el que se analizan las variables independientes en función a la dependiente. Los datos finales pueden ser presentados por clase diamétrica (Vallejo *et al.*, 2007; Watzlawick *et al.*, 2001) ecuaciones que permitieron establecer la biomasa total, aplicando:

$$\beta_0 \times DAP \times \beta_1$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_1 * DAP^2$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_3 (DAP^2 + h)$$

$$BT = \beta_1 + \beta_2 * DAP + \beta_3 * DAP^2 + \beta_4 (DAP^2 * h)$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 + \beta_2 (DAP^2 * h)$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_1 * h$$

$$BT = \beta_0 * dap + \beta_1 * hc$$

**Dónde:**

$BT$  = Biomasa total

$\beta_i$  = i-ésimo parámetro de regresión del modelo

$DAP$  = diámetro a la altura del pecho

$h$  = altura del árbol

$hc$  = altura comercial

**3.3.2.3. Determinación del rendimiento económico por hectárea del *Pinus pátula* en el cantón Otavalo**

Para establecer el rendimiento económico por hectárea se cuantificó los costos e ingresos de las plantaciones, utilizando para el efecto la estructura de costos fijos y variables y para la rentabilidad la relación beneficio costo mediante la (ecuación 4).

$$RBC = \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Costo Total}} \quad (4)$$

**3.3.3. Instrumentos de la Investigación**

Las variables dasométricas cuantitativas en esta investigación ( $DAP$ ,  $AT$ ,  $AC$ ), se calcularon para determinar el volumen, número de árboles/ha. Se empleó la media aritmética, desviación estándar y varianza. Este valor se comprobó, al relacionar el número de árboles por unidad de muestreo y por hectárea, (Ecuación 5).

$$N = \frac{(n * 1Ha)}{Ap} \quad (5)$$

**Dónde:**

- N = Número de árboles/ha
- n = Número de árboles de las unidades de muestreo
- 1ha = 10000 m<sup>2</sup>
- Ap = Área de la parcela (500 m<sup>2</sup>)

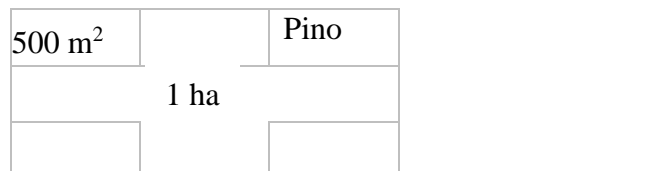
**Calculo de la media aritmética**

Los promedios de las variables se calcularon con la ecuación 6 y su cálculo en las parcelas, subparcelas y diagrama en la figura 2.

$$(\bar{x}) = \frac{\sum Xi}{n} \quad (6)$$

**Dónde:**

- $\bar{x}$  = Media
- n = El número de unidades en la muestra
- $\sum_n x_1$  = La suma de todas las unidades de cada variable



**Figura 3.** Parcelas y subparcelas de muestreo

Para el rendimiento económico se utilizará el siguiente esquema (Tabla 3)

**Tabla 3.** Valoración económica del cultivo de Pinus patula

Precio referencial del volumen en pie USD/m <sup>3</sup>	Volumen a extraer m <sup>3</sup> /ha	Superficie neta plantada	Total USD
8,50	250,00	99,517	211,475

### 3.3.4. Análisis económico

Se determinó los costos por hectárea, así como el rendimiento por hectárea en metros cúbicos, luego se obtuvo los ingresos y para medir la rentabilidad se evaluó mediante la metodología de la relación beneficio costo, mediante la ecuación 7.

$$\text{Relación Beneficio Costo} = \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Costo Total}} \quad (7)$$

### 3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Recolectando la información en campo, se procedió a su análisis e interpretación de los resultados a través de tablas y gráficos generados en Excel, en conjunto con análisis estadístico, lo que permitirá cuantificar y calificar la información mediante las herramientas que brinda este programa, en base a esos resultados obtenidos, se genera un análisis concreto para obtener las conclusiones y elaborar las respectivas recomendaciones mediante tablas y gráficos secuenciales, considerando los objetivos específicos planteados en la investigación.

**CAPÍTULO IV**

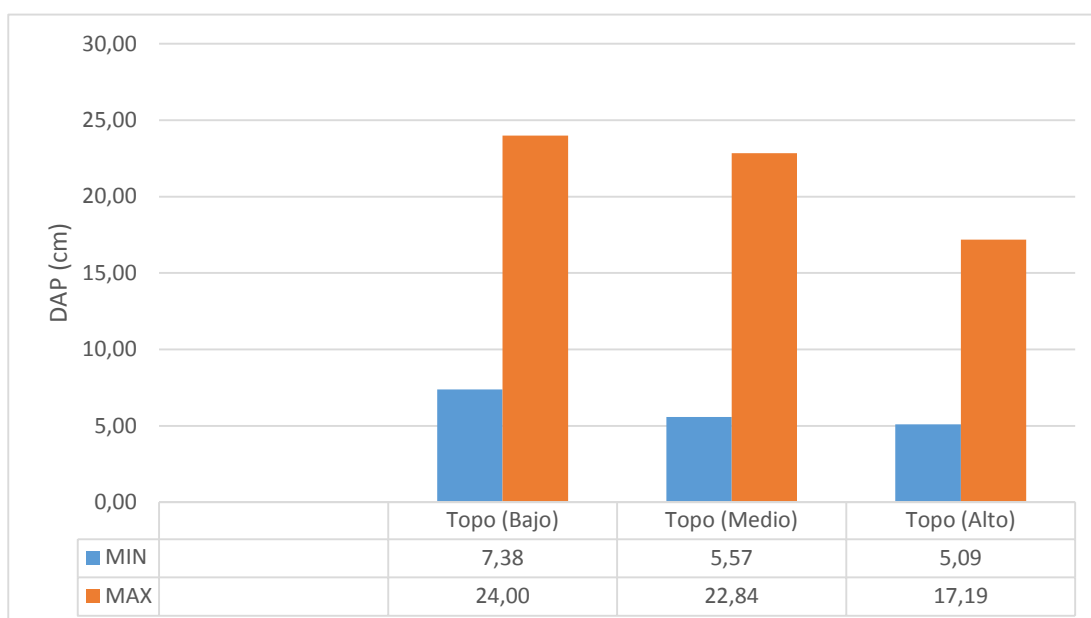
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Incremento medio anual de las plantaciones de *Pinus pátula*

#### 4.1.1. Diámetro a la altura del pecho DAP (cm)

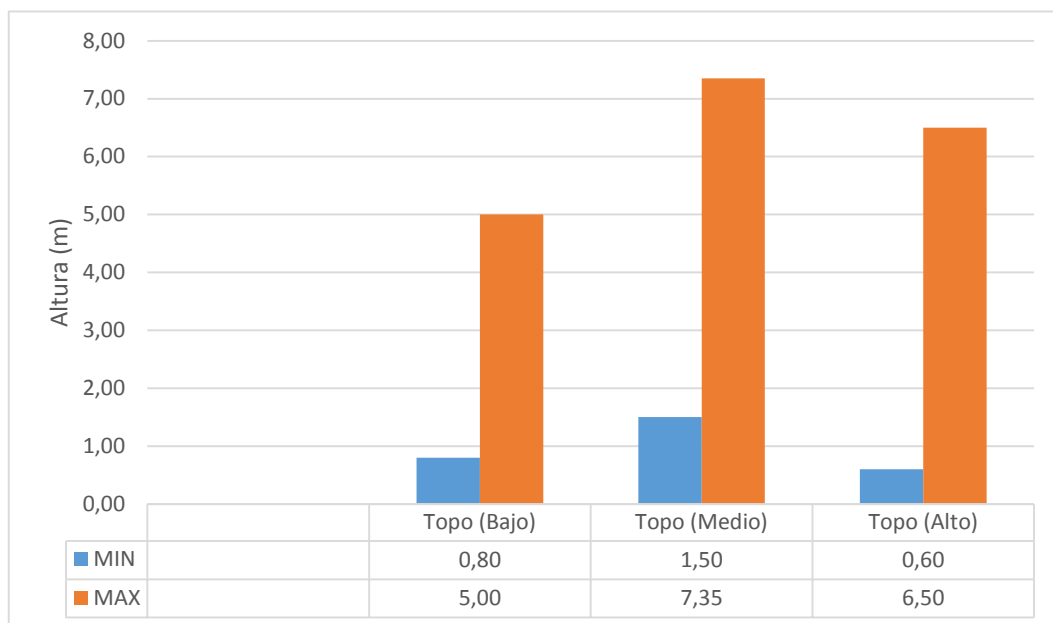
En el sitio Topo (Bajo), se obtuvo el mayor promedio de 7,38 y 24 DAP entre (mínimos y máximos), que en los dos sitios muestreados Topo (Medio) y Topo (Alto). siendo así el lote establecido en Topo (Alto) a una altitud de (3400 – 3600 m.s.n.m) la que obtuvo menor promedio con 5,09 y 17,19 DAP. (Figura 4).



**Figura 4.** Promedios de Diámetros (DAP), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de *P. patula* (Pino) en el cantón Otavalo, 2019.

#### 4.1.2. Altura total (AT)

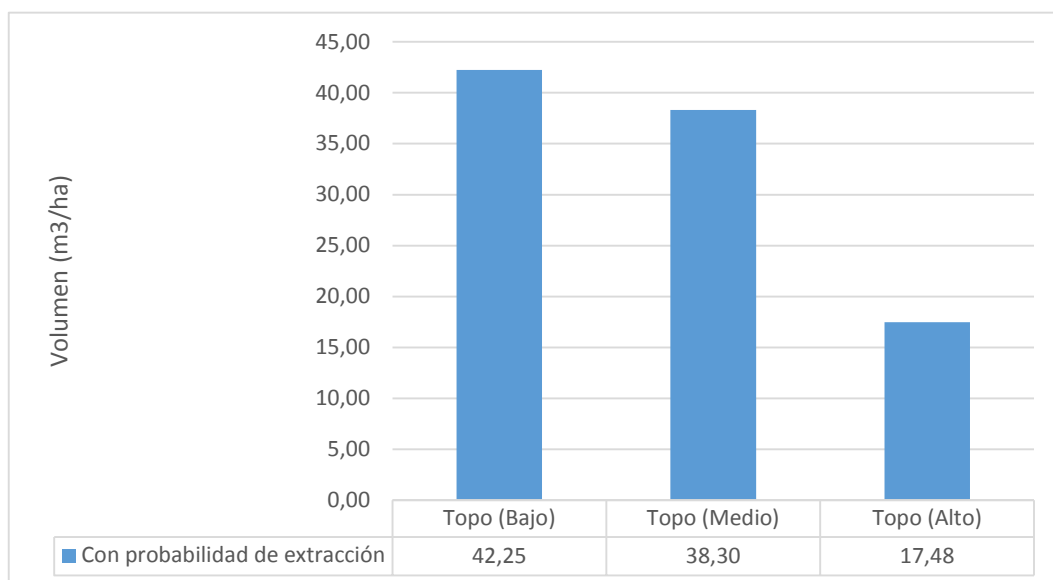
El mayor promedio 1,50 y 7,35 en altura total (AT) entre (mínimos y máximos) se obtuvo en el sitio Topo (Medio) que en los sitios Topo (Alto) y Topo (Bajo)., siendo el sitio Topo (Bajo) con el menor promedio 0,80 y 5 m (Figura 5).



**Figura 5.** Promedios de Altura Total (m), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019.

#### 4.1.3. Volumen (m<sup>3</sup>/ha)

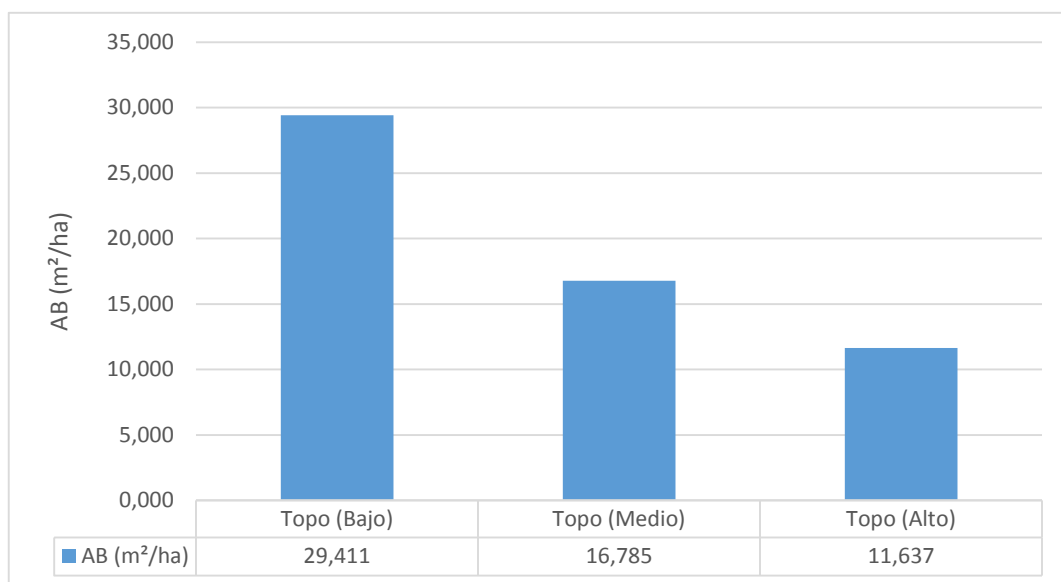
El mayor promedio de volumen que se obtuvo, fue en el sitio Topo (Bajo) con 42,25 m<sup>3</sup>; mientras que en el sitio Topo (Alto), se obtuvo el menor promedio 17,48 m<sup>3</sup> (Figura 6).



**Figura 6.** Promedios de Volumen (m<sup>3</sup>/ha) en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de P. patula (Pino) en el cantón Otavalo, 2019.

#### 4.1.4. Área basal (m<sup>2</sup>)

El área basal (AB) de la plantación *P. patula* (Pino) presentó diferencias significativas entre los sitios evaluados. En el sitio Topo (Bajo) obtuvo el mayor promedio con 29,411 m<sup>2</sup> de área basal que el sitio Topo (Medio) con 16,785 m<sup>2</sup> y Topo (Alto) con 11,637 m<sup>2</sup> (Figura 7).



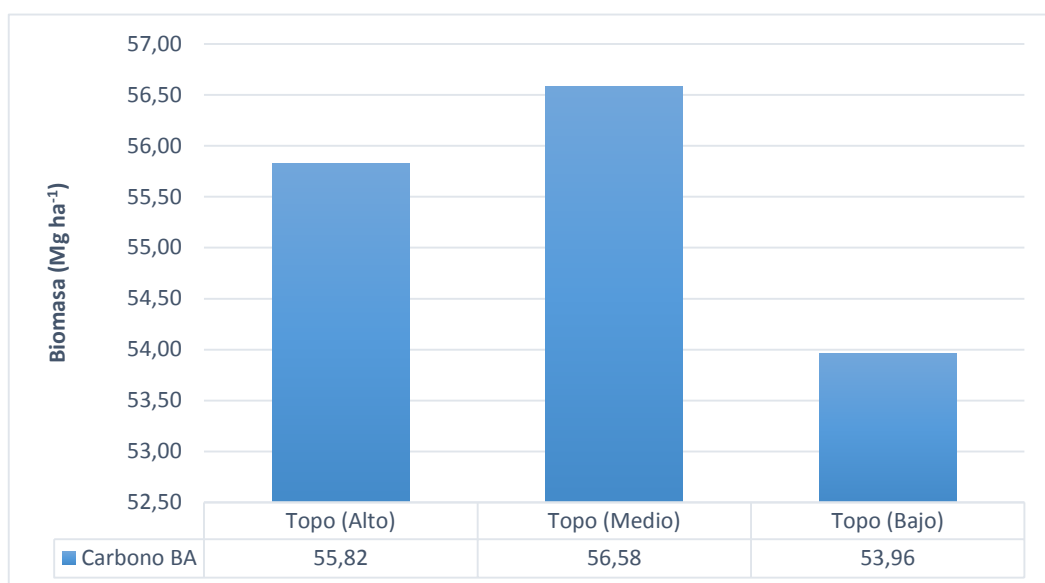
**Figura 7.** Promedios de Área Basal (m<sup>2</sup>/ha), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de *P. patula* (Pino) en el cantón Otavalo, 2019.

Las variables evaluadas como Diámetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT) y volumen total (VT) en los tres sitios del Topo (Alto; Medio y Bajo) de la plantación de *P. patula* (Pino) establecidas en la comunidad, presentaron diferencias significativas.

#### 4.2. Cantidad de carbono presente en la biomasa de la superficie del suelo en plantaciones de *P. patula* (Pino)

##### 4.2.1. Contenido de biomasa aérea

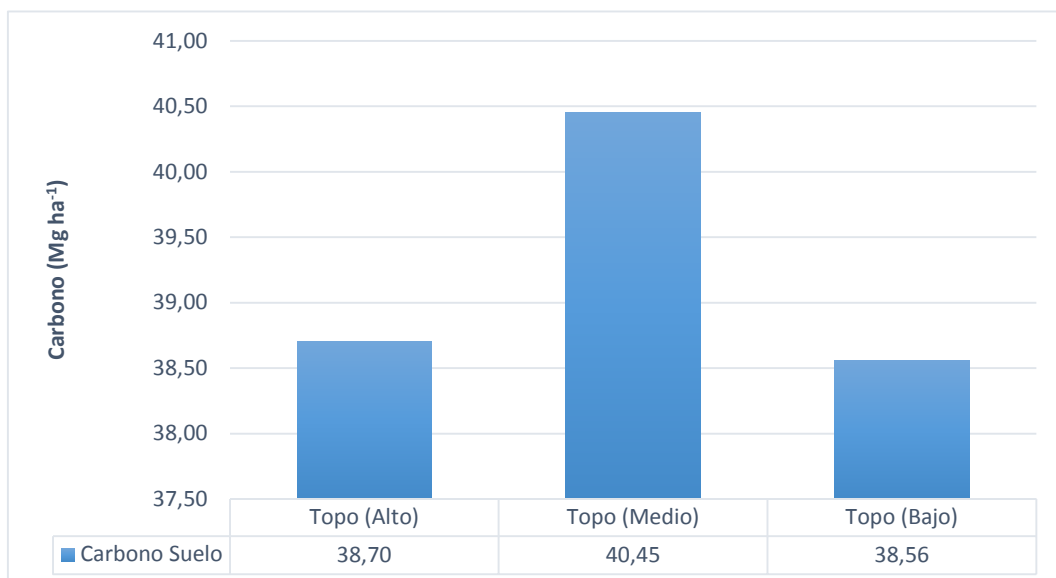
Los mayores promedios de biomasa, a los nueve años de la plantación de *P. patula* (Pino), que se obtuvieron de los sitios evaluados a diferentes pisos altitudinales como: Topo (Alto) 3400 m.s.n.m; Topo (Medio) 3200 m.s.n.m y Topo (Bajo) 2800 m.s.n.m; el sitio con mayor contenido de biomasa fue Topo (Medio) con 56,58 MgC/ha, siendo así el sitio Topo (Bajo) con 53,96 MgC/ha, el que obtuvo el menor promedio de los tres sitios evaluados. (Figura 8).



**Figura 8.** Promedios de biomasa ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de *P. patula* (Pino) en el cantón Otavalo, 2019.

#### 4.2.2. Carbono del suelo

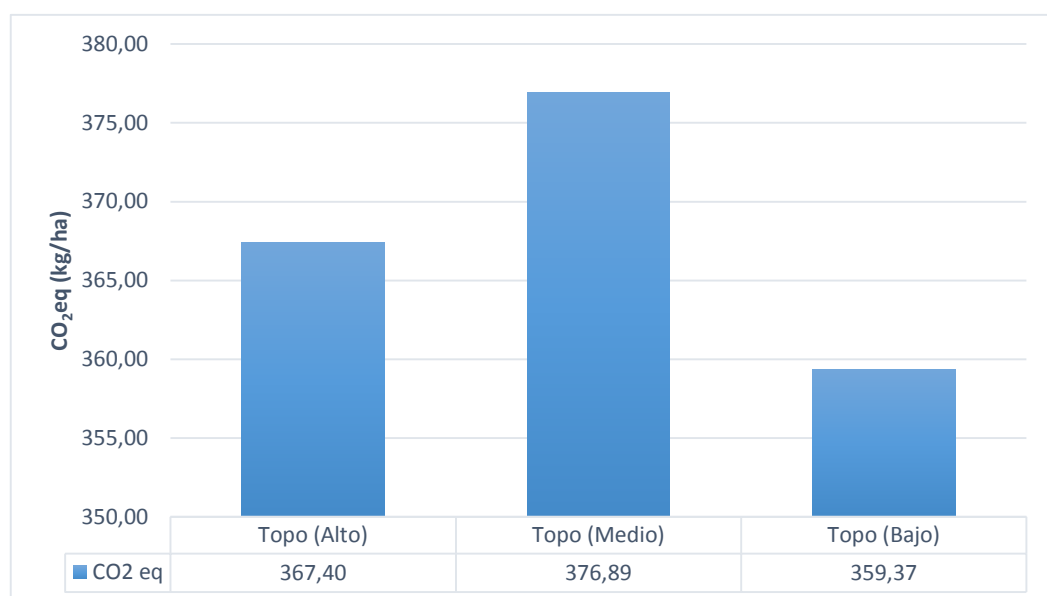
Los mayores promedios de carbono del suelo, se lo obtuvo en los sitios Topo (Alto) con  $38,70 \text{ Mg ha}^{-1}$  y Topo (Medio) con  $40,45 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; pero el sitio con mayor promedio de estos dos, fue Topo (Medio), siendo así el sitio Topo (Bajo) con  $38,56 \text{ Mg ha}^{-1}$  la que obtuvo menor promedio de los tres sitios evaluados. (Figura 9).



**Figura 9.** Promedios de Carbono del suelo (Mg ha<sup>-1</sup>), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) plantación de *Pinus patula* (Pino) en el cantón Otavalo, 2019.

#### 4.2.3. Promedio equivalente de dióxido de carbono

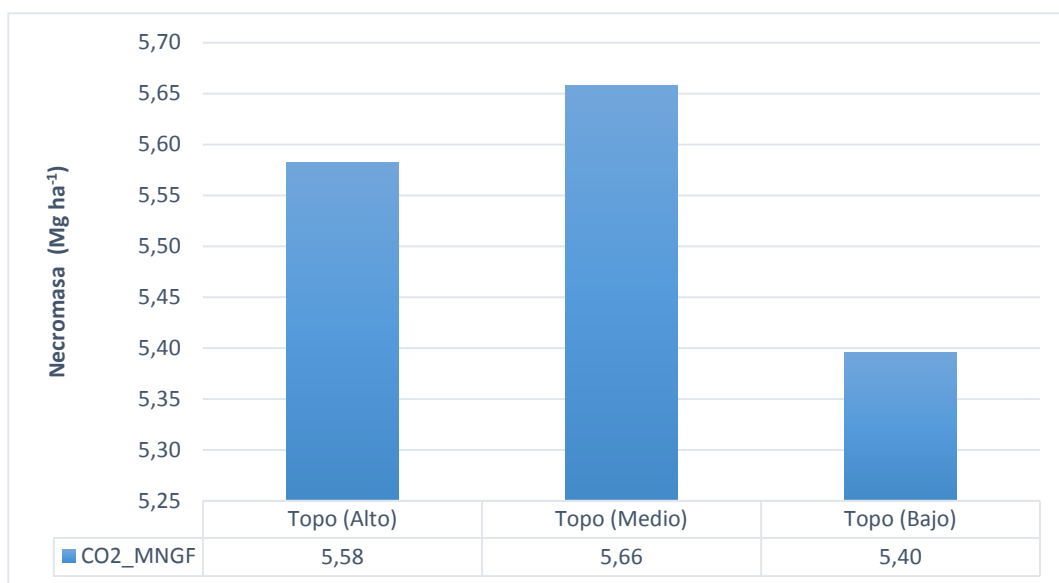
Los mayores promedios equivalente de dióxido de carbono, se lo obtuvo en los sitios Topo (Alto) con 367,40 kg/ha y Topo (Medio) con 376,89 kg/ha; pero el sitio con mayor promedio de estos dos fue Topo (Medio); siendo así el sitio Topo (Bajo) con 359,37 kg/ha que obtuvo menor promedio de los tres sitios evaluados. (Figura 10).



**Figura 10.** Promedios de CO<sub>2</sub>eq (kg/ha), en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto)

#### 4.2.4. Promedio en materia de Necromasa

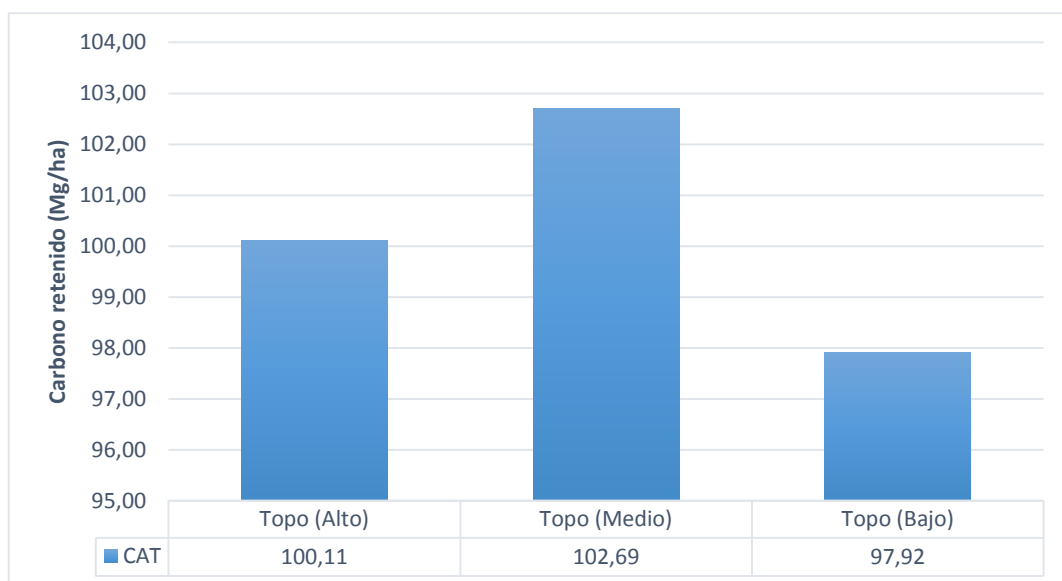
Los mayores promedios en materia de Necromasa; se lo obtuvo en los sitios Topo (Alto) con 5,58 Mg ha<sup>-1</sup> y Topo (Medio) con 5,66 Mg ha<sup>-1</sup> pero el sitio con mayor promedio de estos dos fue Topo (Medio); siendo así el sitio Topo (Bajo) con 5,40 Mg ha<sup>-1</sup> el que obtuvo menor promedio de los tres sitios evaluados (Figura 11).



**Figura 11.** Promedios de CO2\_MNGF, en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto)

#### 4.2.5. Carbono total retenido

Los mayores promedios de carbono retenido, se lo obtuvieron en los sitios Topo (Alto) con 100,11 Mg/ha y Topo (Medio) con 102,69 Mg/ha, pero el sitio con mayor promedio de estos dos, fue Topo (Medio); siendo así el sitio Topo (Bajo) con el 97,92 Mg/ha el que obtuvo menor promedio de los tres sitios evaluados (Figura 12).



**Figura 12.** Promedios de CAT, en tres sitios del Topo (Bajo, Medio y Alto) en plantaciones de *P. patula* (Pino) en el cantón Otavalo, 2019

### 4.3. Análisis económico

#### 4.3.1. Estado de mantenimiento

En la Tabla 4, se presenta que el estado del mantenimiento en cuanto a presencia de maleza es regular (100%). Debido a que las acículas de los árboles de pino forman un colchón en el suelo que inhibe el crecimiento de malezas y de vegetación arbustiva.

**Tabla 4.** Porcentaje de mantenimiento por estrato

LOTE	Mantenimiento		
	Muy buena	Buena	Regular
1			100
2			100

#### 4.3.2. Valoración actual de la plantación de *Pinus patula*

En base al inventario realizado dentro de la plantación de *P. patula* (Pino) en “El Topo”. Determinó que la superficie neta de la plantación y el volumen estimado en pie es el siguiente:

**Tabla 5.** Resumen de superficie y volumen

<b>Especie</b>	<b>Volumen total en pie (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Superficie Total (ha)</b>
Pino ( <i>P. patula</i> )	2741,55	99,51783
<b>TOTAL</b>	<b>2.741,55</b>	<b>99,51783</b>

Tomando como referencia la Tabla 5, se estimó que el volumen total en pie de la plantación forestal comercial es de 2.741,55 m<sup>3</sup>. Cabe recalcar que por la madurez fisiológica de la plantación (aproximadamente 9 años de edad) este volumen no es comercial, considerando que, en la actualidad no hay mercado para una plantación con estas características. El resultado de este inventario, revela que el destino de la plantación de *P. patula* (Pino), al turno de aprovechamiento estaría orientado al mercado de astillas (chip de madera), materia prima que se utiliza como insumo para la elaboración de tableros, pasta para celulosa, entre otros.

Con el propósito de establecer el precio aproximado de comercialización de la plantación forestal comercial, se realizó (encuestas verbales) a ejecutores de Programas de Aprovechamiento Forestal, determinándose que el precio referencial de comercialización es de USD \$ 8,5 dólares por metro cúbico para el mercado de astillas (chips de madera), este puede fluctuar dependiendo de la demanda del mercado y de las condiciones logísticas de la plantación forestal (labores de aprovechamiento, topografía, acceso a la plantación y cercanía al mercado).

**Tabla 6.** Cálculo del valor actual de la plantación forestal comercial

<b>Precio referencial del metro cúbico en pie (USD/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen a extraer en pie en toda la plantación (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valor comercial referencial en pie de la plantación forestal (USD)</b>
USD 8,5	2.741,55	USD \$23.303,18

#### **4.3.3. Valoración proyectada de la plantación de *Pinus patula***

La plantación forestal comercial de *P. patula* de la comunidad “El Topo”, se encuentra en fase de crecimiento, dicho crecimiento, ha sido afectado en el desarrollo de alturas y diámetros de los individuos por la calidad del suelo, topografía, altitud, y genética de la planta. Con el objetivo de determinar la viabilidad

económica de la plantación forestal hasta el turno de aprovechamiento, se estableció una proyección de ingresos y costos a turno final.

Se estimó ingresos que generaría la plantación forestal por la venta de madera de *P. patula* (Pino) por concepto de raleo en el año 10, y por el aprovechamiento de madera al turno final en el periodo año 20. En el siguiente cuadro se detalla los resultados de los valores obtenidos por la venta del raleo y el aprovechamiento al turno de corta de la plantación forestal.

**Tabla 7.** Presupuesto de ingresos a obtener por aprovechamiento de *P. patula*

Detalle	Volumen	Precio m3	Año Raleo 2020	Año Corta Final 2031	Sub-Total
Venta de madera por concepto de raleo	1199,43 m3	\$8,50 *	\$11.651,59	\$0,00	\$10.195,14
Venta de madera en pie al turno de aprovechamiento	7.316,51 m3	\$14,00**	\$0,00	\$102.431,16	\$102.431,16
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>\$112.626,30</b>

#### 4.3.4. Costos proyectados hasta el turno final

Los costos de mantenimiento y aprovechamiento de las 99,51783 hectáreas de la plantación forestal comercial se detallan en los siguientes cuadros:

**Tabla 8.** Proyección de costos de mantenimiento y aprovechamiento por hectárea hasta el turno de corta de *P. patula*

Rubro/años	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Superficie (por hectárea)	TOTAL
<b>MANTENIMIENTO</b>					
<b>a. Mano de obra</b>					
PRESUPUESTO PARA MANTENIMIENTO Y APROVECHAMIENTO FORESTAL	Jornal	6	25,22	1,00000	151,34
Fajas cortafuegos (21,982 m <sup>2</sup> )	Jornal	2	25,22	1,00000	605,38
<b>SUBTOTAL MANTENIMIENTO</b>					<b>756,72</b>
<b>PODAS</b>					

<b>a. Mano de obra</b>					
Poda (año 10)	Jornal	9	25,22	1,00000	227,02
<b>SUBTOTAL PODAS</b>					<b>227,02</b>
<b>RALEOS</b>					
<b>a. Mano de obra</b>					
Tumba (marcación+motosierra) (año 10)	Jornal	5	40	1,00000	200,00
Troceado (motosierra)	Jornal	3	40	1,00000	120,00
Apilado	Jornal	3	25,22	1,00000	75,67
<b>SUBTOTAL RALEOS</b>					<b>395,67</b>
<b>APROVECHAMIENTO FORESTAL</b>					
<b>a. Mano de obra</b>					
Tumba (motosierra) (año 20)	Jornal	5	40	1,00000	200,00
Troceado (motosierra)	Jornal	3	40	1,00000	120,00
Apilado	Jornal	3	25,22	1,00000	75,67
<b>SUBTOTAL APROVECHAMIENTO FORESTAL</b>					<b>395,67</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>1.775,08</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
a. Operador Forestal	%	20			355,02
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>355,02</b>
<b>TOTAL EGRESOS (MANTENIMIENTO, PODAS, RALEOS, APROVECHAMIENTO Y COSTOS INDIRECTOS)</b>					<b>2.130,10</b>

**Tabla 9.** Proyección de costos de mantenimiento y aprovechamiento hasta el turno de corta de *P. patula*

RUBROS	COSTOS	Superficie total	Costo total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
<b>SUBTOTAL MANTENIMIENTO</b>	756,72	99,51783	75.307,43
<b>SUBTOTAL PODAS</b>	227,02	99,51783	22.592,23
<b>SUBTOTAL RALEOS</b>	395,67	99,51783	39.376,45
<b>SUBTOTAL APROVECHAMIENTO FORESTAL</b>	395,67	99,51783	39.376,45
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>	<b>1.775,08</b>		<b>176.652,56</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
OPERADOR FORESTAL	355,02	99,51783	35.330,51
SEGURO FORESTAL	0,00	99,51783	0,00
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>355,02</b>		<b>35.330,51</b>
<b>TOTAL EGRESOS (MANTENIMIENTO, PODAS, RALEOS, APROVECHAMIENTO Y COSTOS INDIRECTOS)</b>			<b>211.983,07</b>

## 4.2. Discusión

A los nueve años de edad el mayor promedio para el DAP de la especie *P. patula* (Pino) en los tres sitios evaluados fue para el sitio Topo (Bajo) con 24 cm. Los promedios de Diámetro registrado en este estudio, fueron superiores a los reportados por (Arias & Vinicio, 2017) en un estudio realizado en plantaciones de ocho años, alcanzado el mayor promedio para el DAP de 20 cm, esto se debe a que las plantaciones establecidas dentro de la comunidad “El Topo” los comuneros del sector reciben charlas, capacitaciones y asesorías técnica de manejo por parte de funcionarios con experiencia en plantaciones forestales que portan sus servicios dentro del Ministerio de agricultura y Ganadería. Otros factores que involucra a tener mayor incremento de DAP en una plantación de Pino es la procedencia de la semilla, las condiciones climáticas y calidad de sitio donde esta sea establecida.

En lo que respecta a la altura total de la especie *P. patula* (Pino) obtenida en el sitio Topo (Medio) con 7.35 m., fue superior en comparación con otro estudio realizado por (Melgar & Nieto, 2017), donde se demuestra que el crecimiento del *Pinus patula* en plantaciones puras es superior a los establecidos en sistemas de rodales asociados con otros cultivos, así como cuando se encuentra establecidos a bajas densidades. Este hecho se explica porque los árboles al estar asociados con cultivos agrícolas y silvopastoriles, se benefician de la fertilización, disponibilidad de agua y manejo del cultivo. Además, se disminuye la competitividad por luz, agua y nutrientes del suelo al reducir el número de árboles por unidad de área, lo cual favorece su crecimiento.

El promedio del volumen ( $m^3/ha$ ) obtenido en la plantación de *P. patula* (Pino) a los nueve años de edad, en el sitio Topo (Bajo) con 42,25  $m^3$ ; fue superior a los reportados por (Uranga *et al.*, 2015) en una plantación procedentes de bosques naturales, en Zacualtipán, Hidalgo e Ixtlán, Oaxaca.

En lo que respecta al área basal encontrada en la plantación de la especie evaluada *P. patula* (Pino) de nueve años, en base a los resultados obtenidos se pudo evidenciar que el sitio Topo (Bajo) con 29,411  $m^2/ha$ ; tuvo mayor incremento que los otros dos sitios evaluados. Siendo el promedio del área basal obtenido en este

estudio, superior a los reportados por (García *et al.*, 2015) en una plantación de la misma edad establecida en Hidalgo, México.

La biomasa/ha de *P. patula* a los nueve años difiere entre los tres sitios evaluados Topo (Alto); Topo (Bajo) y Topo (Medio). El promedio de biomasa/ha registrado en este estudio, fueron superiores a los reportados por (Díaz *et al.*, 2007) en una plantación Ejido Mariano de Matamoros, ubicado al Noroeste de la población El Rosario, municipio de Tlaxco.

En base a los resultados obtenidos en lo que se refiere al contenido de carbono encontrado en la plantación en estudio, esta difiere entre los tres sitios evaluados Topo (Alto); Topo (Bajo) y Topo (Medio) en cuanto el carbono almacenado está en proporción directa con la cantidad de biomasa de las plantaciones. El mayor contenido de carbono se registró en el sitio Topo (Medio), mientras que el menor obtenido fue en el sitio Topo (Bajo). Sin embargo el promedio de contenido de carbono encontrado en un estudio realizado por (Arias & Vinicio, 2017), manifestó que el potencial de carbono de las plantaciones de *Pinus patula* del sector, para la edad que está comprendida entre los 8 a 18 años en promedio tiene una producción de  $3,253 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

El promedio de carbono/ha de *P. patula* (Pino), a los nueve años encontrado en este estudio en el sitio Topo (Medio) fue mayor al promedio obtenido en Topo (Alto) y Topo (Bajo). Los promedios de carbono almacenado y carbono equivalente, registrados en este estudio, fueron superiores a los reportados por (Oliva *et al.*, 2017) en una plantación de *P. patula* de 8 a 10 años de edad localizada en Amazonas, Perú; encontrándose valores de 92,13 t/ha de carbono almacenado y 337,20 t/ha de carbono equivalente. (Álvarez, 2016) estimó el carbono en cada clase de edad de *P. patula*; a la edad de 15 años capturan en promedio aproximadamente 54.03 t C/ha.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- a. La plantación no presentó buenas condiciones de manejo silvicultural (podas y raleos) sumado la falta de mantenimiento y topografía irregular, lo que provocaría dificultad al momento del aprovechamiento.
- b. El incremento medio anual en plantaciones de *P. pátula* en tres sitios del cantón Otavalo presento el mejor promedio el sitio topo bajo y los menores promedio fue en sitio topo alto cuya siembra se la efectúa a una altitud de 3400 – 3600.
- c. La mayor cantidad de biomasa, carbono en el suelo y materia necrosada la obtuvo el sitio topo medio, su ubicación geográfica le permite un mejor desarrollo de las plantas.
- d. El resultado, obtenido en base al rendimiento de la plantación establecida de *P. pátula* en el cantón Otavalo por hectárea, se estima que los ingresos económicos que generará la plantación forestal por la comercialización de la madera hasta el turno de corta año 2031 será de USD \$ 112.626,30 en un volumen de 8.515,94 m<sup>3</sup>.
- e. La plantación forestal se encuentra en la etapa de crecimiento, deberán transcurrir 12 años para llegar al turno de corta, para tal efecto se deberá invertir en mantenimientos, un monto aproximado de USD \$ 211.983,07. En base a los resultados, no es rentable seguir invirtiendo en la misma.
- f. Se obtuvo una relación beneficio costo, lo que indica que la inversión no es rentable en la plantación, para realizar inversión hasta el turno final.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos y a las conclusiones expuestas, se recomienda:

- a. Para conocer la cantidad de carbono que una plantación forestal comercial pueda captar, se sugiere que se orienten futuras investigaciones en estos sistemas, con el fin de conocer el nivel de aporte de los individuos a nivel de familia y especies considerando además el rango altitudinal del bosque.

- b. Implementar varios métodos de reconocimiento por servicios ambientales en plantaciones comerciales con diferentes especies forestales que puede proveer el bosque.
- c. Se recomienda a las autoridades de los GAD's Municipales del sector, implementar proyectos de reforestación en áreas urbanas y sub-urbanas con especies arbóreas comerciales que se adapten al sitio, esto con el fin de que el CO2 generado por la contaminación vehicular, y otros tipos de contaminaciones que genera el ser humano, se convierta en oxígeno a través del proceso fotosintético de los árboles.
- d. Realizar estudios de captura de carbono a nivel de otras familias y especies forestales con mayor valor comercial, esto con fines de enfocar esfuerzos a implementar métodos de reconocimiento por servicios ambientales que puede proveer el bosque.
- e. Motivar a los pequeños y grandes productores relacionados en la actividad forestal comercial, a buscar mercados de carbono proponiendo el valor que se podría obtener de sus plantaciones en la obtención del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, A. (2010). *Hacia la Declaración Universal de los Derechos de la Naturaleza*.
2. Alemán Vásquez, I. M., & Guido Paniagua, F. P. (2016). *Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en le LAFQA Departamento de Química, UNAN-Managua, Septiembre-Diciembre, 2015* [PhD Thesis]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
3. Álvarez, F. H. (1999). *El calentamiento global en España: Un análisis de sus efectos económicos y ambientales*. Editorial CSIC - CSIC Press.
4. Alvarez, M. (2016). *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FORESTALES* [PhD Thesis]. UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
5. Anthony GiDDens. (2010). *La politica del cambio climatico* (Alianza Editorial).
6. Aparicio-Rentería, A., Juárez-Cerrillo, S. F., & Sánchez-Velásquez, L. R. (2014). Propagación por enraizamiento de estacas y conservación de árboles plus extintos de *Pinus patula* procedentes del norte de Veracruz, México. *Madera y bosques*, 20(1), 85-96.
7. Arias, M., & Vinicio, M. (2017). *Determinación de la captura de carbono aéreo y la influencia del manejo en plantaciones de Pinus patula Schl. Et Cham., en Lasso, provincia de Cotopaxi, Ecuador*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7547>
8. Bedón-Garzón, R. P. (2016). *Contenido y aplicación de los derechos de la Naturaleza*. <http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/1099>
9. Brown, S., & Lugo, A. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian amazon. *Interciencia*, 17, 8-18.

10. Caballero, M., & Lozano, S. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, 11.
11. Cargua, F. E., Rodríguez, M. V., Recalde, C. G., & Vinueza, L. M. (2014). Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información tecnológica*, 25(3), 83-92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300011>
12. Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008a). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y bosques*, 14(2), 51-63.
13. Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008b). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y bosques*, 14(2), 51-63.
14. Córdova, T., & Rodrigo, H. (2016). *Valoración Económica de una Plantación de Pinus Pátula (Pino), en la Hacienda El Cristal del cantón y provincia de Loja*. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14442>
15. Cruz, H. (2007). *INSTITUTO DE GENÉTICA FORESTAL*.
16. Díaz-Franco, R., Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., Buendía-Rodríguez, E., Flores-Ayala, E., & Etchevers-Barra, J. D. (2007). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. Et Cham. *Madera y bosques*, 13(1), 25–34.

17. FAO. (1995). *Forest resources assessment 1990—Tropical countries*.  
<http://www.fao.org/3/t0830e/t0830e00.htm>
18. FAO. (2002). *CAPÍTULO 1. TENDENCIA GENERAL DE LA CAPTURA DE CARBONO EN EL SUELO*. <http://www.fao.org/3/Y2779S/y2779s05.htm> Full Text PDF. (s. f.). Recuperado 24 de noviembre de 2019, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7547/1/PG%20547%20TESIS.pdf>
19. Hernández, L. del C. M., Landa, J. A., & Callejas, M. I. C. (2006). Variación de semillas de *Pinus patula* Schl. Et Cham. Con respecto a su posición en el fruto. *Foresta Veracruzana*, 8(1), 13–16.
20. Huber J, A., & Trecaman V, R. (2004a). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 25(3), 33-43.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-92002004000300004>
21. Huber J, A., & Trecaman V, R. (2004b). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 25(3), 33-43.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-92002004000300004>
22. Lema, M., & Vera, P., (2017). *DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN*: 67.
23. Lobos, G., Vallejos B, O., Caroca J, C., & Marchant C, C. (2018). El Mercado de los Bonos de Carbono («bonos verdes»): Una revisión. *RIAT: Revista Interamericana de Medioambiente y Turismo*, ISSN 0718-235X, Vol. 1, N°. 1, 2005, pags. 42-53.
24. Martínez Romero, A., & Leyva Galán, A. (2014). La biomasa de los cultivos en el oecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos Tropicales*, 35(1), 11-20.
25. Melgar Ramírez, K. I., & Nieto Marroquín, M. J. (2017). *Almacenamiento de carbono en sistemas con diferentes usos de suelos en el municipio de Comalapa*,

*Chalatenango, El Salvador*. [Bachelor, Universidad de El Salvador].  
<http://ri.ues.edu.sv/14877/>

26. Montero, G. (2006). *Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
27. Oliva, M., Culqui Mirano, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H. V., & Maicelo Quintana, J. L. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149–157.
28. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 35(1), 227–232.
29. Rio, M., Tubio, F., & Cañellas, I. (2003). Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, ISSN 1131-7965, Vol. 12, N° 1, 2003, pags. 159-176, 12.
30. Santiago-García, W., De los Santos-Posadas, H. M., Ángeles-Pérez, G., Valdez-Lazalde, J. R., Corral-Rivas, J. J., Rodríguez-Ortiz, G., & Santiago-García, E. (2015). Modelos de crecimiento y rendimiento de totalidad del rodal para *Pinus patula*. *Madera y bosques*, 21(3), 95-110.
31. Uranga-Valencia, L. P., De los Santos-Posadas, H. M., Valdez-Lazalde, J. R., López-Upton, J., & Navarro-Garza, H. (2015). Volumen total y ahusamiento para *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. Et Cham. En tres condiciones de bosque. *Agrociencia*, 49(7), 787-801.
32. VALDIZÁN, D. D. H. (2014). *CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA AÉREA POR GRADIENTE*.

33. Valencia Manzo, S., & Vargas Hernández, J. (2001). Correlaciones genéticas y selección simultánea del crecimiento y densidad de la madera en *Pinus patula*. *Agrociencia*, 35(1). <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=30235110>
34. Vizcaíno Pantoja, M. I., & Pupiales Alvarado, J. C. (2010). *Evaluación del comportamiento de procedencias de Pinus patula Schlect. Et Cham en dos sitios en las provincias de Imbabura y Pichincha* [B.S. thesis].

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Áreas de conservación:** Son agrupaciones de áreas naturales protegidas y los territorios que les sirven denexo, estos espacios mantienen una relación directa entre ellos, llegando a constituir un sistema independiente e integral desde el punto de vista cultural, geográfico, hidrológico o ecológico.

**Aprovechamiento de Madera:** Comporta las operaciones de corta (o apeo), la elaboración in situ o en el cargadero, la saca y el transporte de árboles, trozas y otras partes de éstos.

**Bosques:** Son ecosistemas imprescindibles para la vida, formados predominantemente por árboles. Son el hábitat de multitud de seres vivos, regulan el agua, conservan el suelo, la atmósfera y suministran una gran diversidad de productos útiles para satisfacer las necesidades humanas.

**Bosque en Sucesión:** Es un proceso conocido como la formación natural de un bosque, desde un terreno sin ninguna vegetación (por el efecto de degradación, erosión y el uso intensivo de suelo) hasta llegar a formar un bosque.

**Control Fitosanitario:** Son métodos y técnicas para la prevención, control y eliminación o curación de las enfermedades de las plantas, procurando la estabilidad y bienestar de tu cultivo o agroecosistema.

**Especies Nativas:** Es una especie, subespecie o taxón inferior que se manifiesta dentro de su área de repartición natural (pasada o presente) o área de dispersión potencial (es decir dentro del área que naturalmente ocupa o podría ocupar sin una introducción o intervención directa o indirecta del hombre).

**Hongo:** Son organismos que tienen células con núcleo (eucariontes) y que requieren de otros seres vivos para obtener su alimento (son heterótrofos).

**Inventario Forestal:** Está destinado a las personas involucradas o interesadas en la recopilación sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada.

**Índice de Mortalidad:** Valor numérico que expresa la relación entre el número de muertes que se producen en un período de tiempo y el número total de individuos de una población.

**Maleza:** Son plantas que crecen en forma agresiva, impidiendo el desarrollo normal de otras especies. En términos generales, una maleza es una planta en un lugar indeseado.

**Materia prima:** Sustancia natural o artificial que se transforma industrialmente para crear un producto. Cosa que potencialmente sirve para crear algo.

**Origen:** Lugar de procedencia de una Persona o Cosa.

**Población:** Es un conjunto de seres vivos de una especie que habita en un determinado lugar.

**Plantaciones:** Se denomina plantación a la acción de plantar y al conjunto de todo lo plantado. Es un sistema agrario latifundista desarrollado principalmente en la zona intertropical durante la época colonial, tanto en América como en África y en Asia.

**Propagación:** Es el conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas del transmisor al receptor.

**Siembra:** Es una de las principales tareas agrícolas. Consiste en situar las semillas sobre el suelo o subsuelo para que, a partir de ellas, se desarrollen las nuevas plantas.

**Volumen:** Es el espacio que ocupa un cuerpo y su unidad en el sistema internacional de unidades es el metro cúbico ( $m^3$ ).

# ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA  
ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

Quevedo 28 de julio del 2020

**Ing. Roque Vivas Moreira**  
**DECANO UNIDAD DE POSGRADO**  
**Presente. -**

**INFORME DE CULMINACION DE TESIS MAESTRÍA EN MANEJO FORESTAL  
SOSTENIBLE**

Adjunto al presente sírvase encontrar el documento final del proyecto de Investigación titulado: **ACUMULACIÓN DE CARBONO Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE PINO EN EL CANTÓN OTAVALO, 2019**, de autoría del Ing. **ING. FOR. GALO DANIEL HOLGUÍN ZANIPATÍN**, previo a la obtención del título del Magister en Manejo Forestal Sostenible la misma que cumple con los componentes que exige el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo incluye el informe de URKUND; el cual, avala los niveles de originalidad en un 98% y de copia 2% de la investigación.

Cordialmente

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Betty González O." with a stylized flourish.

**PhD. Betty González O.**

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS FINAL DE GALO H..pdf (D77257977)  
Submitted: 7/28/2020 5:24:00 PM  
Submitted By: bgonzalez@uteq.edu.ec  
Significance: 2 %

### Sources included in the report:

DEFENSA\_TESIS\_CORREGIDO.docx (D47838231)  
Proyecto Santiago Almeida-Urkund.docx (D53963618)  
tesis urkund lema.docx (D27214262)  
<http://www.fao.org/3/Y2779S/y2779s05.htm>

### Instances where selected sources appear:

4

Cordialmente

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Betty González O." with a stylized flourish above the name.

**PhD. Betty González O.**

**Documento** [TESIS FINAL DE GALO H..pdf \(D77257977\)](#)

**Presentado** 2020-07-28 10:24 (-05:00)

**Presentado por** bgonzalez@uteq.edu.ec

**Recibido** bgonzalez.uteq@analysis.orkund.com

**Mensaje** ACUMULACIÓN DE CARBONO Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE PINO EN EL CANTÓN OTAVALO, 2019 [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

Cordialmente



**PhD. Betty González O.**

## Anexos

**Anexo 1.** Parcelas y números de árboles muestreados de diferentes DAP en los tres sitios.

LOTE	Nro. Parcelas	Nro. Árboles muestreados	DAP	
			MIN	MAX
<b>Topo (Bajo)</b>	6	222	7.38	24.00
<b>TOTAL</b>			7.38	24.00
<b>Topo (Medio)</b>	36	1357	5.09	21.17
	12	361	6.05	24.51
<b>TOTAL</b>			5.57	22.84
<b>Topo (Alto)</b>	23	831	5.09	17.19
<b>TOTAL</b>			5.09	17.19

**Anexo 2.** Parcelas y números de árboles muestreados en diferentes Alturas en los tres sitios.

LOTE	Nro. Parcelas	Nro. Árboles muestreados	Altura comercial	
			MIN	MAX
<b>Topo (Bajo)</b>	6	222	0.80	5.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.80</b>	<b>5.00</b>
<b>Topo (Medio)</b>	36	1357	1.00	7.50
	12	361	2.00	7.20
<b>TOTAL</b>			<b>1.50</b>	<b>7.35</b>
<b>Topo (Alto)</b>	23	831	0.60	6.50
<b>TOTAL</b>			<b>0.60</b>	<b>6.50</b>

**Anexo 3.** Volumen obtenido en campo en los tres sitios evaluados.

Lote	Especie	Volumen total en Pie (m <sup>3</sup> )		Superficie (ha)	Volumen por hectárea en Pie (m <sup>3</sup> /ha)	
		Con probabilidad de extracción	Sin valor comercial		Con probabilidad de extracción	Sin valor comercial
<b>Topo (Bajo)</b>	<i>Pinus patula</i>	397.56	39.37	9.40860	42.25	4.18
<b>TOTAL</b>					42.25	4.18
<b>Topo (Medio)</b>	<i>Pinus patula</i>	1,230.95	9.71	45.25227	27.20	0.21
	<i>Pinus radiata</i>	508.90	38.25	10.30104	49.40	3.71
<b>TOTAL</b>					38.30	1.96
<b>Topo (Alto)</b>	<i>Pinus patula</i>	604.15	29.25	34.55592	17.48	0.85
<b>TOTAL</b>					17.48	0.85

**Anexo 4.** Datos de densidad, mantenimiento y área basal de los tres sitios evaluados.

LOTE	Densidad promedio y Mortalidad				Mantenimiento			Área basal-AB (m <sup>2</sup> )	
	Vivas	Muertas	Densidad (Árb/ha)	% Mortalidad	Muy buena	Buena	Mala	AB Total	AB (m <sup>3</sup> /ha)
Topo (Bajo)	1,480	180	1,660	10.85%	0.00%	100.00%	0.00%	276.715	29.411
<b>TOTAL</b>								276.715	<b>29.411</b>
Topo (Medio)	1,508	233	1,741	12.88%	0.00%	100.00%	0.00%	615.065	13.592
	1,203	347	1,550	22.37%	0.00%	100.00%	0.00%	205.795	19.978
<b>TOTAL</b>								410.430	<b>16.785</b>
Topo (Alto)	1,445	301	1,746	17.54%	0.00%	100.00%	0.00%	402.125	11.637
<b>TOTAL</b>								402.125	<b>11.637</b>

**Anexo 5.** Datos de contenido de carbono encontrado en los tres sitios evaluados.

Lote	Parcelas	Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )	Necromasa (Mg ha <sup>-1</sup> )	Biomosa (Mg ha <sup>-1</sup> )	Carbono retenido (Mg/ha)	CO <sub>2</sub> eq (kg/ha)
Topo (Alto)	1	36.42	5.53	55.35	97.30	357.08
	2	31.44	6.83	68.29	106.55	391.05
	3	41.30	5.25	52.49	99.04	363.46
	4	45.66	4.72	47.17	97.55	358.00
	<b>TOTAL</b>	<b>38.70</b>	<b>5.58</b>	<b>55.82</b>	<b>100.11</b>	<b>367.40</b>
Topo (Medio)	1	49.70	5.43	54.35	109.48	401.79
	2	32.17	5.32	53.17	90.66	332.72
	3	45.86	6.48	64.82	117.16	429.98
	4	34.10	5.40	53.99	93.48	343.07
	<b>TOTAL</b>	<b>40.45</b>	<b>5.66</b>	<b>56.58</b>	<b>102.69</b>	<b>376.89</b>
Topo (Bajo)	1	41.09	5.05	50.51	96.66	354.73
	2	49.53	4.05	40.46	94.04	345.12
	3	35.46	6.64	66.36	108.46	398.05
	4	28.16	5.85	58.51	92.52	339.56
	<b>TOTAL</b>	<b>38.56</b>	<b>5.40</b>	<b>53.96</b>	<b>97.92</b>	<b>359.37</b>

Fotografías del predio donde se realizó la investigación, Plantación de *P. patula* (Pino)



**Delimitación de las parcelas 500 m<sup>2</sup>, en la plantación de *P. patula* (Pino)**



**Marcación y medición de las parcelas, Plantación de *P. patula* (Pino)**



Toma de DAP y Alturas, Plantación de *P. patula* (Pino)



**Establecimiento de parcelas 1 m<sup>2</sup>, Plantación de *P. patula* (Pino)**



**Selección de Biomasa, Necromasa en Plantación de *P. patula* (Pino)**



Peso de las muestras de Biomasa y Necromasa

