

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Determinación de la biomasa y captura de carbono de la especie
Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito
de San Ramon-Selva Central en el año 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Francesca Margherita SORIANO AYLAS

Asesor:

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Determinación de la biomasa y captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Vilar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALITA SÁNCHEZ
MIEMBRO

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 023-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

“Determinación de la biomasa y captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023”

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. SORIANO AYLAS Francesca Margherita

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. PÉREZ JUZCAMAYTA Edgar Walter

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

25%

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 29 de enero del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Vilaf Reguis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A DIOS: Por ser la fuente de mi vida y haberme dado la capacidad, voluntad, e inteligencia para hacer que mi vida tenga sentido de existencia.

A MI MADRE: MARLENY por haberme dado el fundamento de superación, animarme y apoyarme en todo momento para lograr mi meta, siendo ella quien motivaba mis estudios con su fortaleza de madre, maestra y amiga.

A MI PADRE: ARMANDO porque con su ejemplo en silencio fue el motor de mi superación, guiándome por el camino del bien y la fortaleza que necesite para lograr mi objetivo.

A MI HERMANA Y HERMANO: LISSETH Y SHAMIR Por ser los que me daban animo en todo momento con sus graciosidades y ánimos por seguir adelante.

A MI HIJA Y ESPOSO: ALESHKA Y JHORDAN A mi hija por ser la niña que con sus palabras me alienta a nunca rendirme y mi esposo por acompañarme en este proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a Dios, por guiar mi camino, darme salud y fortaleza para afrontar todos los retos que se presentan.

A mi familia por su comprensión, paciencia y apoyo a lo largo de mis estudios, ellos son el soporte que necesite para poder lograr mis objetivos.

Al asesor de tesis quien guio y apoyo en la realización de este trabajo.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron para realizar este trabajo.

RESUMEN

La *Guazuma ulmifolia*, conocida como bolaina o cedro macho, es un árbol de múltiples usos en regiones tropicales y subtropicales, siendo empleada para madera, medicina y forraje. Sin embargo, su capacidad ecológica, incluida la captura de carbono, puede ser influenciada por varios factores. En este contexto, se busca determinar la biomasa y captura de carbono de *Guazuma ulmifolia* por hectárea en el bosque de San Ramon-Selva Central en 2023. Mediante el cálculo de biomasa, 62.2 t/Ha, y la estimación de captura de carbono, 31.1 Tn/Ha, al multiplicar 1111 árboles por 0.056 y 0.028 respectivamente obtenidos de la muestra. Además, se identificaron 688.3 hectáreas de terreno aptas para su cultivo utilizando imágenes satelitales, presentando una vía sostenible para el aprovechamiento de recursos naturales en la región.

En resumen, el estudio presenta información relevante sobre la importancia de *Guazuma ulmifolia* en el contexto ambiental y climático en el bosque de San Ramon-Selva Central, así como la necesidad de medidas de manejo y conservación adecuadas.

Palabras Claves: captación de carbono, biomasa, bolaina, selva central

ABSTRACT

Guazuma ulmifolia, known as bolaina or cedro macho, is a tree with multiple uses in tropical and subtropical regions, being used for timber, medicine and fodder. However, its ecological capacity, including carbon sequestration, can be influenced by several factors. In this context, we seek to determine the biomass and carbon sequestration of Guazuma ulmifolia per hectare in the San Ramon-Central Forest in 2023. Through the calculation of biomass, 62.2 t/Ha, and the estimation of carbon sequestration, 31.1 Tn/Ha, by multiplying 1111 trees by 0.056 and 0.028 respectively obtained from the sample. In addition, 688.3 hectares of land suitable for cultivation were identified using satellite images, presenting a sustainable path for the use of natural resources in the region.

In summary, the study presents relevant information on the importance of Guazuma ulmifolia in the environmental and climatic context in the San Ramon-Central Forest, as well as the need for appropriate management and conservation measures

Keywords: carbon sequestration, biomass, bolaina, central rainforest.

INTRODUCCIÓN

El estudio aborda de manera detallada y completa la importancia de la especie *Guazuma ulmifolia*, también conocida como bolaina o cedro macho, en relación con el almacenamiento de carbono y otros beneficios ecológicos. Se destaca varios aspectos críticos, como la deforestación, la degradación del hábitat, la cosecha sin un manejo adecuado, los cambios climáticos y la competencia con especies invasoras, que pueden afectar negativamente la capacidad de la especie para capturar carbono.

Además, se resalta la importancia de implementar prácticas de manejo forestal sostenible, conservación de hábitats y restauración de ecosistemas para abordar estos problemas. También menciona la necesidad de llevar a cabo investigaciones para comprender mejor la respuesta de la especie a diferentes presiones y cómo mitigar sus impactos negativos.

La referencia a estudios que revelan la capacidad de la bolaina para acumular carbono tanto en su biomasa aérea como en sus sistemas radiculares es relevante, ya que destaca la importancia de esta especie en la mitigación del cambio climático y la mejora de la calidad del suelo.

En cuanto al propósito de determinar la biomasa y la captura de carbono de *Guazuma ulmifolia* en el Distrito de San Ramon en la selva central del Perú, es un enfoque práctico y específico que puede proporcionar información valiosa para la gestión y conservación de esta especie en esa región.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.3.1. Problema general.....	5
1.3.2. Problemas específicos.....	5
1.4. Formulación de Objetivos.	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	9
2.2. Bases teóricas- científicas	14
2.2.1. Descripción de bolaina.....	14
2.2.2. Características ecológicas	16
2.2.3. El efecto invernadero.....	18
2.3. Definición de términos básicos	26

2.4.	Formulación de hipótesis	28
2.4.1.	Hipótesis general	28
2.4.2.	Hipótesis específicas	28
2.5.	Identificación de las variables	28
2.5.1.	Variable independiente	28
2.5.2.	Variable dependiente.....	28
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.....	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación	30
3.2.	Nivel de Investigación	31
3.3.	Métodos de investigación	31
3.4.	Diseño de investigación	31
3.5.	Población y muestra	31
3.5.1.	Población	31
3.5.2.	Muestra.....	32
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	35
3.8.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos	36
3.9.	Tratamiento Estadístico	36
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	36

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	38
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	50
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	57
4.4.	Discusión de resultados.....	58

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Coordenadas Geográficas</i>	4
Tabla 2	<i>Los sumideros y los flujos de Carbono en los ecosistemas terrestres</i>	21
Tabla 3	<i>Tasa de secuestro de carbono en bosques secundarios del área de influencia de la zona Neshuya - Curimaná, Pucallpa, Perú.</i>	22
Tabla 4	<i>Carbono almacenado y tasa de secuestro de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Sarita Colonia, Pucallpa, Perú.</i>	23
Tabla 5	<i>Cantidad de biomasa y carbono en los diferentes sistemas de uso del suelo, Sarita Colonia, Pucallpa, Perú.</i>	24
Tabla 6	<i>Matriz de operacionalización de las variables</i>	29
Tabla 7	<i>Propiedades Físicas de la bolaina</i>	53
Tabla 8	<i>Muestra del estudio de arboles entre 3 a 5 años de edad</i>	53
Tabla 9	<i>Estadísticas para la muestra</i>	54
Tabla 10	<i>Prueba de hipótesis para la muestra</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la zona de estudio</i>	4
Figura 2 <i>El ciclo global del Carbono</i>	21
Figura 3 <i>Flujograma para la determinación de biomasa y carbono en el estudio</i>	41
Figura 4 <i>Diseño de parcelas para la evaluación de los diferentes componentes de la biomasa vegetal</i>	45
Figura 5 <i>Plantaciones de Guazuma ulmifolia en el Distrito de San Ramon</i>	50
Figura 6 <i>Regiones adecuadas para forestar</i>	51
Figura 7 <i>Sembríos de la especie bolaina considerados en la muestra</i>	52
Figura 8 <i>Cantidad de superficie para realizar el cultivo de la especie Bolaina</i>	56
Figura 9 <i>Región obtenida del procesamiento de imágenes</i>	57

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La biodiversidad en el Perú se reconoce como un valioso patrimonio natural y ha sido históricamente fundamental para el desarrollo. Los recursos naturales que nos brindan la flora, fauna y entorno marino han dado origen a manifestaciones culturales significativas no solo en el Perú, sino también a nivel mundial. También considerado megadiverso, situándose entre los cuatro países con mayor riqueza biológica. Su importancia radica en los recursos que ofrece, los cuales pueden contribuir al desarrollo nacional, especialmente en las comunidades menos favorecidas de las zonas rurales. Esto se lograría mediante el uso y la aplicación sostenible de dichos recursos, con el objetivo de impulsar su transformación y añadir un valor adicional que promueva la inclusión y equidad social en el proceso de desarrollo.

Hoy en día, es un activo principal que representa básicamente los ingresos económicos y de exportación de los recursos naturales. Asimismo, en un futuro nos otorgaría ventajas comparativas de ingresar en nuevos mercados emergentes que tiene que transformarse en ventaja sostenible y competitiva para el país (Ministerio del Ambiente, 2017).

En los bosques evaluados, se ha asentado una gran diversidad florística y faunística, que conjuntamente con el medio abiótico propician una expresión paisajística única. Por otro lado, los sistemas naturales no sólo presentan componentes bióticos, sino que dentro de su composición contienen recursos como: minerales, fuentes de agua, hidrocarburos, etc., que de una u otra forma se han originado producto de una serie de procesos y que ahora forman parte de estos ecosistemas.

La armonía entre estos elementos se mantiene en equilibrio, incluso cuando el ser humano, en su búsqueda de recursos para satisfacer sus necesidades, interviene en estos bosques. No obstante, el impacto de la actividad humana puede variar, ya sea de manera leve o significativa, dependiendo del compromiso y la responsabilidad que la persona asuma en el desarrollo de sus acciones.

Las acciones humanas en los sistemas naturales inevitablemente generan impactos al ambiente, por lo que es crucial comprender las características, composición y estructura de dichos sistemas. Esto permite llevar a cabo un manejo adecuado, con el objetivo de perturbar al mínimo posible el equilibrio natural.

En este marco, el presente estudio ha facilitado la recopilación de información acerca de las distintas áreas del ecosistema y su flora, con el propósito de lograr una comprensión más completa de la interacción entre el ser humano y estos entornos. Durante las últimas décadas, se han llevado a cabo diversos esfuerzos para abordar problemas vinculados al cambio climático, que se refiere a la alteración del clima global provocada por el aumento de los gases de efecto invernadero, principalmente el CO₂, en la atmósfera. Este incremento de CO₂ es consecuencia de la quema de combustibles fósiles y del cambio en el uso de la tierra

También mencionar que este trabajo tuvo como propósito estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea y en el suelo, en plantaciones disetáneas de *G. crinita* Martius "bolaina blanca", en el sector del distrito de San Ramon, de la provincia de Chanchamayo ubicada en el departamento de Junín. Aquí se evaluó plantaciones de 1, 2, 4 y 5 años de edad, y la biomasa y carbono almacenado se determinó aplicando la metodología de Arévalo et al. (2003). Hoy en día, se están llevando a cabo diferentes estudios que serán usados como base para que se formule lineamientos para el manejo forestal de los bolainales, visando tomar medidas que hagan posible a que se conserven, sin que se descuide su producción continuamente. Para esto, tiene que generarse conocimientos que visen se proyecte de manera confiable la capacidad de almacenar biomasa y carbono en bosques secundarios como "bolainales", buscando a que se retribuya o compense económicamente al propietario del bosque en función a su calidad y cantidad de servicio ambiental que se generó.

Basado en esta realidad y con el objetivo a que se contribuya a que se genere conocimientos dentro el ámbito de captura de carbono.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se delimita según:

El contexto:

El presente estudio se llevó a cabo en la región de San Ramón, una ciudad peruana que funciona como la capital del distrito del mismo nombre, ubicado en la provincia de Chanchamayo, en el departamento de Junín. San Ramón es la segunda ciudad más relevante de la provincia y se encuentra a una altitud de 820 m s. n. m. en las laderas orientales de la Cordillera Oriental de los Andes en Perú. Esta ciudad está estratégicamente situada en la confluencia de los ríos Tarma y Tulumayo, formando el Río Chanchamayo. La zona se presenta como un hábitat idóneo para las plantaciones de *G. crinita* Martius, conocida como "bolaina

blanca", con el objetivo de calcular la cantidad de carbono almacenado tanto en la biomasa aérea como en el suelo.

El espacio:

Investigación se desarrolló en el distrito de San Ramón ubicado en la provincia de Chanchamayo, en el departamento de Junín, tiene un clima tropical con una probabilidad de precipitaciones del 19%, Humedad: 80%, Viento: a 5 km/h en los meses de agosto.

Tiempo:

Inicio mes del 01 julio y termino de la investigación 30 de octubre del 2023.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Tabla 1

Coordenadas Geográficas

COORDENADAS DE UBICACIÓN
NORTE: 8770523 m S
ESTE: 460831 m E

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la cantidad de la biomasa de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la cantidad la biomasa en árboles de Bolaina del bosque de San Ramon-Selva Central?
- ¿Qué cantidad de carbono almacena la bolaina del bosque de San Ramon-Selva Central?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Determinar la biomasa y la captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023

1.4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la biomasa en árboles de Bolaina que se encuentran en las plantaciones del bosque de San Ramon-Selva Central.
- Determinar la cantidad de carbono aéreo de la bolaina del bosque de San Ramon-Selva Central.

1.5. Justificación de la investigación

La actividad de aprovechamiento de las plantaciones de la Bolaina Blanca en el distrito de San Ramon, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, se ha convertido como una oportunidad económica por el aprovechamiento del sembrío y la venta de la madera de la especie forestal interesante para los programas y planes de reforestación del estado por ser una especie forestal nativa de la Amazonía, de rápido crecimiento y por los usos diversificados de su madera;

y que se le ubica en áreas de bosque secundario o “purmas”. Debido a esto beneficios mencionados es de suma importancia realizar la investigación sobre el manejo de esta especie.

La Bolaina blanca es ampliamente utilizada debido a su rápido crecimiento y sus diversos usos maderables. En los últimos años, ha experimentado una alta demanda en el mercado nacional. Este estudio tiene como objetivo proporcionar información técnica valiosa para guiar la implementación de plantaciones a campo abierto, contribuyendo así al manejo adecuado de esta especie (Tambo Tasilla & Cosar Ramos, 2020).

La creciente demanda de madera ejerce una presión significativa sobre nuestros bosques, generando daños importantes en la sostenibilidad de estos ecosistemas. Este problema se agrava debido a la extracción de madera, que conlleva a la deforestación, pérdida y degradación de los ecosistemas. Como resultado, se han creado extensas áreas deforestadas, generando disturbios intensos y recurrentes que eliminan cualquier posibilidad de recuperación natural de la vegetación original.

Es crucial intervenir para estabilizar las condiciones naturales del ambiente. Para lograrlo, es esencial implementar actividades y prácticas que respalden la forestación, reforestación y métodos de conservación del suelo. Esto contribuirá a mejorar y preservar el entorno, contrarrestando los impactos negativos de la demanda descontrolada de madera y promoviendo la recuperación sostenible de nuestros bosques.

Importancia y alcances de la investigación

A. Importancia

El estudio de la presente investigación es importante para determinar la biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia*, conocida como bolaina, es de vital importancia por el precio de venta de la madera como los diferentes servicios ambientales que nos proporciona en la

comprensión y la gestión de los ecosistemas. Esta especie arbórea juega un papel fundamental en la mitigación del cambio climático, ya que su capacidad para acumular carbono en sus tejidos contribuye directamente a la captura y retención de este gas de efecto invernadero en el ambiente. Además, la medición de la biomasa de *Guazuma ulmifolia* por hectárea no solo proporciona información valiosa sobre la salud y la productividad del ecosistema, sino que también ayuda a guiar estrategias de conservación y restauración. Dado que la bolaina es una especie característica de muchas zonas tropicales y subtropicales, su estudio nos brinda perspectivas cruciales para la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos naturales en regiones donde desempeña un papel ecológico significativo.

B. Alcances de la investigación

El estudio, se enfoca en cuantificar la cantidad de biomasa acumulada y el carbono capturado por hectárea a través del muestreo y análisis exhaustivo de individuos de bolaina en un determinado ecosistema. Este análisis permitirá comprender el papel de esta especie en el ciclo del carbono y su contribución a la mitigación del cambio climático, al evaluar la capacidad de almacenamiento de carbono en su biomasa. Además, se busca proporcionar información relevante para la conservación y manejo sostenible de esta especie, destacando su importancia tanto en términos ecológicos como en la búsqueda de estrategias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

1.6. Limitaciones de la investigación

Determinar la capacidad de almacenamiento de biomasa y carbono en bosques secundarios conocidos como "bolainales" implica costos relativamente altos en los análisis de laboratorio. Esto nos limita, y debido a restricciones presupuestarias, realizamos pruebas específicas para evaluar las condiciones actuales de nuestros bosques, incluyendo la calidad del suelo.

Asimismo, los costos asociados con la determinación de la capacidad de absorción de carbono por parte de la bolaina en diversas etapas de su crecimiento también son considerables. Hemos realizado análisis del suelo para identificar posibles problemas de las degradaciones en su composición y calidad. Estos datos son fundamentales para proponer soluciones que aborden los problemas planteados y promuevan un ambiente con efectos limitados de contaminación y protegido. La meta es garantizar la sostenibilidad a largo plazo de nuestros recursos naturales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

(Torres Delgado, 2010) “Determinación del potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años de edad, cedro nativo, (*Cedrela Odorata*) Caoba, (*Swietenia Macrophylla*) Bolaina, (*Guazuma Crinita*) Teca, (*Tectona Grandis*) y Capirona, (*Calycophyllum Sprucearum*) en la localidad de Alianza San Martín 2009”. Indica que en la reunión de Río de Janeiro, Brasil: Eco-92, se logró firmar La Convención Marco Sobre el Cambio Climático, en donde participaron 162 líderes pertenecientes al ámbito social, político y científico (IUCN y PNUMA, 1995; Framework Convention on Climate Change, 1998). Este fue considerado como un espacio para discutir temáticas relacionadas a la Agenda 21 (UNEP, 1996). Las medidas que se busca que se implementen están relacionadas a investigaciones de índole multidisciplinario, que se emitan a través de informes periódicos por el IPCC, constituido por un Grupo Intergubernamental de expertos en temas de Cambio Climático (IPCC, 1995). La Conferencia de las Partes (CdP), es el encargado de la política macro de foros que realiza reuniones periódicas visando proponer y monitorear a que se implementen sugerencias técnicas, como, por ejemplo: Protocolo de Kyoto y Manto de Berlín (CMNUC, 1997; Parlamento Latinoamericano, et al, 1998). Asimismo, hay diferentes grupos

de discusión, para financiar y acciones relacionadas como, por ejemplo: programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), La alianza de pequeños estados insulares (SIDS), y el Foro para el Medio Ambiente Mundial (GEF, la Sociedad Mundial de meteorología (SMM) (IPCC, 1995; UNEP, et al. 1999).

Como alternativa, existe confluencia mundial, donde es importante generar nuevos paradigmas de conducta (individual, social) y desarrollo que se sustentan en preceptos de equidad y sostenibilidad, algo urgente a aplicar (CMNCO, 1997). Frente a ello, se sugieren líneas como: promover y proteger sumideros, intercambiar información y permitir la participación de la ciudadanía, inventarios de emisiones, promover la investigación, programas de mitigación, investigación de base, y transferencia tecnológica (Parlamento Latinoamericano, et al. 1998). Durante Kyoto 97 se lograron medidas concretas como el de reducir emisiones a niveles precedentes, facilitar conocimiento, financiamiento, información, y tecnología de norte – sur (Parlamento Latinoamericano et al. 1998). No en tanto, la respuesta fue desigual, razón por la que el protocolo aún sigue sin ser ratificado. Fueron de mayor éxito las negociaciones de cuotas de emisión que enmarca a los estados y organizaciones privadas que actúen como intermediarios del “mercado de derechos negociables de emisiones”, siendo que se estableció la tasa de valuación “ el dióxido de carbono equivalente” (Ortiz et al 1998; Parlamento Latinoamericano et al , 1998). La potencia para absorber carbono a través actividades como forestación/reforestación está en función de la especie, lugar, sistema de ordenación, los cuales son bastante variables. La índice norma de absorción es expresada en toneladas de carbono (tC) por hectárea y año, siendo que en el trópico varía de 3.2 y 10 tC (Bronwn, 1996). Estudios llevados a cabo en regiones tropicales revelan que es posible absorber volúmenes adicionales, variando de 11.5 a 28.7TC, cuando se logra regenerar alrededor de 217 millones de Ha de tierras degradadas. Así, es posible que solo un tercio de la tierra se torna adecuada para realizar actividades de forestación/reforestación

(Houghton, et al. 1991). Estudios que usaron especies nativas son de gran aporte, sin embargo, estos son escasos y recientes que no permiten tomar decisiones adecuadas acerca su uso de estas especies sobre programas en mayor escala de reforestación. No en tanto, experiencias previas mundialmente, revelan el potencial que tienen diversas especies nativas dentro los trópicos.

(Baltazar Peña, 2011) “Carbono aéreo almacenado en una plantación de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Martius) de un año de edad, en el centro poblado Nuevo Edén, Alto Madre de Dios”. a investigación se desarrolló en el centro poblado Nuevo Edén, provincia Manu, departamento Madre de Dios. Según Holdridge (1987), corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo Sub Tropical (bmh-ST). El clima es tropical y húmedo, con temperatura máxima de 38 °C y mínima de 28 °C, precipitación pluvial que oscila entre 1,500 y 3,000 mm anuales y humedad relativa media anual cercana al 85 %. La altitud es de 186 a 500 msnm. La metodología siguió los procedimientos propuestos por Arévalo et al. (2003). Los resultados determinaron que la biomasa vegetal aérea de la plantación de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Martius) de un año de edad, en promedio es de 21.09 t/ha. Por tanto, la biomasa vegetal aérea estimada para las cinco (05) ha de la plantación referida, fue de 105.45 t/ha. Respecto al carbono aéreo almacenado en la plantación en estudio, en promedio es de 9.49 t/ha. Estimándose finalmente que el carbono aéreo almacenado en el total de la plantación de 05 ha, es de 47.45 t/ha.

(Pinedo Canta, Angulo Panduro, & Garcia Falcon, 2013) “Evaluación de la captura de carbono, durante el 1° año de crecimiento y desarrollo de 4 especies forestales Morupa, Capirona, Bolaina y Caoba en la estación experimental El Porvenir”. Este trabajo se realizó dentro las instalaciones de la Estación Experimental El Porvenir (EEE), INIA-Tarapoto, Distrito de Juan Guerra, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín. Tuvieron como propósito el evaluar la captura de carbono en el primer año de crecimiento y desarrollo de cuatro

especies forestales "Marupa", "Bolaina", "Capirona" y "Caoba" sobre almacigueras y de repique en un vivero temporal en la EE. La biomasa fue evaluada tomando en cuenta 03 periodos durante 03 meses consecutivos. El diseño experimental aplicado fue de bloques experimentales al azar, con 4 repeticiones. Se recolectaron datos para determinar la biomasa en la plantación forestal "Marupa", "Bolaina", "Capirona" y "Caoba". Las muestras obtenidas se transportaron hacia el laboratorio especializado del Instituto Nacional de Innovación Agraria- "El Porvenir"-Tarapoto. Las muestras visaron a que se compruebe cuan efectivo fueron los resultados: I. La biomasa se refirió a la sumatoria de toda la materia orgánica presente en un ecosistema en un dado momento y que es expresado en función de peso seco. La biomasa medida en la especie "Marupa" después de realizar la I, II y III Evaluación reportaron valores de 0.18, 0.15 y 0.23 kg respectivamente. La especie "Capirona" reportó un 0.14, 0.11 y 0.19 kg respectivamente en función de la Evaluación realizada. La especie "Bolaina" presentó 0.14, 0.10 y 0.33 kg respectivamente, mientras la especie "Caoba" mostró 0.10, 0.08 y 0.11 kg dentro de la evaluación llevada a cabo. Fue encontrado que el %humedad (55.3%) fue más alto en la "II" Evaluación comparado a las otras 4 especies.

El total de Captura de Carbono y CO₂ en las plantaciones forestales por especie "Marupa", "Capirona", "Bolaina" y "Caoba", en la Estación Experimental Agraria "El Porvenir" por año es de: 0.199 kg/C/planta/año y 0.7277 kg/CO₂/planta/año en la especie "Marupa"; · 0.142 kg/C/planta/año y 0.5203 kg/CO₂/planta/año en la especie "Capirona"; 0.219 kg/C/planta/año y 0.8020 kg/CO₂/planta/año en la especie "Bolaina"; 0.121 kg/C/planta/año y 0.4430 kg/CO₂/planta/año en la especie "Caoba". 3. Llegaron a la conclusión que en el desarrollo de este trabajo, se logró capturar mayores cantidades de carbono y CO₂ capturado, que estuvo a cargo de la especie "Bolaina" con 0.219

kg/C/planta/año y 0.8020 kg/CO₂/planta/año, respectivamente. 4. Hubo significancia entre los tratamientos (especies) y bloques.

(Ruiz Valles & Ramirez Garcia, 2013) "Determinación del potencial de captura de carbono en cultivos de cacao, palma aceitera y una especie forestal (bolaina) en el área de influencia de la empresa palmas del Shanusi S.A; ubicada en la localidad de Pampa Hermosa – Yurimaguas". Este trabajo se objetivo en determinar que cantidad de carbono almacena la especie Palma Aceitera (*Eiaeis guinensis*), cuando tiene 3 años y medio, siendo que este no tiene una formación de estipe definido para poder encontrar un DAP y así precisar que Biomasa tiene la Planta. Aquí se combinaron 2 métodos alometricos (Método de Bronw 1997 y Courley 1971) que permitió que se determine la Biomasa Arbórea. Si se tuviera un DAP definido, y altura media > 1.5m, la biomasa Arborea se determina con facilidad, considerando como base que la Biomasa Foliar es 65% (Biomasa Tronco). Basado a los encuentros por el Método Bronw ayudo a que se determine la Biomasa del Estipe o Tronco considerando ser un cilindro perfecto, mientras el Método de Courley usado para calcular la Biomasa Foliar, considerando la Hoja N°17, que representa la formación y secciones transversales. Los resultados revelaron almacenamiento de Carbono de 61.86 Tn/has/año (unicamente Biomasa Arborea) con edad de 3-4 años, encuentro que cuando se compara con previos trabajos llevados a cabo en la empresa Palmas del Espino (Manuela de la Cruz, 2009) cuyas edades fueron de 6 años (1 01.79 Tn/has) y 25 años (180 Tn/has), donde se consideraron la Biomasa herbácea, árboles que cayeron y están muertos, y la hojarasca, reflejan un progresivo almacenamiento de Carbono a edades que difieren. Basado a los resultados y evaluación de especies, fue notado que la palma aceitera logra almacenar entre 20 a 40 veces más carbono comparado al cacao y Bolaina, el cual podría estar relacionado al tipo de suelo donde se cultiva, algo sustentado por Smith et al., (1997), quien sostiene que la

capacidad de almacenar carbono y generar biomasa depende de las áreas donde vive, especie, y etapa de desarrollo.

. En el Área de 8500 has de Palma Aceitera, hay Plantaciones cuya edad bordean 5 años a 1 año: Camp.2006 (5 y 6 años), Camp.2008 y 2009 (4 años), Camp. 2010 y 2011 (3 años) y Camp. 2012 y 2013 (1 año y medio). Aclarando que los muestreos se realizaron en la Camp. 2006 - 2008(3,5 años); de donde se tuvo un carbono almacenado referente de 525,810.00 Tn/Has/Año.

2.2. Bases teóricas- científicas

2.2.1. Descripción de bolaina

Guazuma ulmifolia, conocida comúnmente como bolaina blanca o simplemente bolaina, es una especie forestal que se encuentra comúnmente en bosques aluviales y áreas abandonadas en la Amazonía baja. Aquí hay información adicional sobre esta especie:

A. Características Físicas

Altura y Crecimiento Rápido: La bolaina blanca es conocida por su rápido crecimiento, alcanzando alturas considerables en poco tiempo.

Follaje: Sus hojas son grandes y de forma ovalada, y la planta puede tener un aspecto frondoso y atractivo.

B. Hábitat y Distribución

Bosques Aluviales: Se encuentra típicamente en bosques aluviales, donde la tierra es rica en sedimentos depositados por ríos y arroyos.

Áreas y Playas Abandonadas: Tiende a prosperar en áreas abandonadas y playas, donde su rápido crecimiento puede ayudar a estabilizar el suelo.

C. Usos y Aplicaciones

Madera Maderable: La madera de bolaina blanca es utilizada en la construcción debido a su resistencia y durabilidad.

Producción de Tablillas: Los rodales puros de bolaina se utilizan a menudo para la producción de tablillas, que a su vez se emplean en la construcción de viviendas.

Reforestación: Debido a su rápido crecimiento, la bolaina blanca también se utiliza en programas de reforestación para restaurar áreas degradadas.

D. Importancia Económica y Ambiental

Sostenibilidad: Su rápido crecimiento y versatilidad la convierten en una opción atractiva para la silvicultura sostenible.

Generación de Empleo: La actividad relacionada con la tala y procesamiento de la madera de bolaina puede contribuir a la generación de empleo en comunidades locales.

E. Consideraciones Ambientales

Diversidad Biológica: Es importante gestionar la tala de manera sostenible para preservar la diversidad biológica de los ecosistemas donde crece.

Erosión del Suelo: La plantación de bolaina blanca puede ayudar a prevenir la erosión del suelo en áreas abandonadas o degradadas.

Es crucial abordar el uso de recursos forestales de manera sostenible para garantizar la preservación a mediano y largo plazo de los ecosistemas y los beneficios que proporcionan. La bolaina blanca destaca como una especie con potencial económico y ambiental, pero su manejo debe llevarse a cabo con responsabilidad para evitar impactos negativos en los ecosistemas naturales.

F. Clasificación taxonomía

Taquire (1987), indica que su clasificación sigue como:

Reyno	:	Plantae
Sub-Reyno	:	Fanerógamas
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae

Sub-Clase	:	Archychlamydeae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Sterculiaceae
Género	:	Guazuma Plum.
Especie	:	<i>Guazuma crinita</i> Mart.

2.2.2. Características ecológicas

A. Distribución geográfica.

De amplia distribución en el Neotrópico, se ubica desde Centroamérica, hasta el sur de Brasil y Bolivia. Esta especie se distribuye en la Amazonía peruana (Reynel et al., 2007), principalmente en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali. Dentro de ellos, en los bosques bajos inundables, no inundables, en la ribera de los ríos y quebradas.

Según Quitarán (2010) la Bolaina blanca se desarrolla entre los rangos de 0 y 1000 msnm, con una menor distribución en la Amazonía central y con mayor frecuencia en la Amazonía sur del Perú. El crecimiento de la Bolaina blanca, depende de la calidad de suelo para su establecimiento y desarrollo, se establece en suelos fértiles de tipo franco, franco-arcilloso o arcilloso y con buen drenaje, inundables temporalmente. A la vez se adapta a suelos con pH 5,56-7,73 (Ushiñahua Ramírez, 2016).

Braco & Zarucchi (1993) sostiene que la Bolaina blanca, está distribuido principalmente en la Amazonia del Perú: Pasco, Ucayali, Loreto, San Martín, Huánuco, Loreto, Amazonas y Madre de Dios, sobre bosques bajos inundables y no inundables (ribera de los ríos y quebradas). Asimismo, el INIA (1996) sostiene su distribución sobre la amazonia, adicionado que es una especie de bosque

secundario, y que es encontrado en orilla de los ríos y quebradas; y usualmente forma bosques naturales casi homogéneos.

B. Descripción dendrológica de la especie.

Árbol que alcanza 35 m de altura y 50 cm de diámetro. Copa plana o aparasolada sobre el tercio superior. Corteza del tronco grisácea, negruzca, agrietada a fisurada; corteza viva con muchas laminillas es posible obtener de ella tiras largas, en arboles de cierto grosor se observan dos capas; una externa fibroso compacta y otra interna fibroso-laminar, ambas de color crema, oxidando a marrón oscuro después de unos segundos de ser expuestas al aire, exudan un mucilago incoloro, escaso y dulceino. Hojas simples, alternas dispuestas en un solo plano con estipulas pequeñas y caducas, las hojas están densamente cubiertas de pelitos. Ramitas jóvenes cilíndricas, de color pardo. Flores dispuestas en manojos en las axilas de las hojas o al final de las ramitas de color rosado-lila. Fruto globoso de 5-6 mm de diámetro, cubierto de pelos largos, de 2-4 cm de longitud. (ITTO, 2023)

C. Condiciones Eco fisiográficas.

Arostegui (1974) menciona que la bolaina blanca se encuentra en áreas específicas con características ecológicas particulares. Según algunos estudios, se localiza en zonas de bosque húmedo pre montano y bosque muy húmedo subtropical. Sin embargo, hay otras opiniones que sostienen que también se encuentra en bosques húmedos pre montanos tropicales, tropicales secos y subtropicales muy húmedos.

Estas áreas ecológicas se caracterizan por tener una precipitación anual que varía entre 1800 y 2500 mm, con una temperatura promedio anual de 25°C. La altitud a la que se encuentra la Bolaina

blanca es de aproximadamente 1000 metros sobre el nivel del mar. El terreno puede ser tanto plano como ondulado, con una pendiente suave. Este tipo de bosque se encuentra comúnmente en orillas de ríos o áreas propensas a inundaciones, y suele preferir suelos de arcilla con mal drenaje, específicamente aquellos clasificados como Gleysols y Cambisols. Además, la Bolaina blanca se encuentra en purmas (agrupaciones de árboles de la misma edad) y bosques secundarios, formando manchales o rodales puros (Baldoceña 1991).

2.2.3. El efecto invernadero

El planeta tierra está cubierto por una capa delgada de gases llamada atmósfera, cuya composición es 78.3% de nitrógeno, 21% oxígeno, 0.3% argón, 0.03% bióxido de carbono, y otros gases en cantidades menores como He, Ne, y Xe (Salati 1990). Los gases hacen que gran parte de la radiación solar que incide alcance la superficie terrestre, y otra parte es absorbida y reemitida hacia el espacio exterior. A mayor concentración de gases invernadero, menor cantidad de radiación infrarroja es remitida hacia el espacio exterior. Así, si se incrementa la concentración de gases de invernadero, el calor atrapado tiende a incrementarse, lo que origina un incremento en la temperatura de la superficie del planeta (Ordóñez 1999).

A. Biomasa y carbono en bosques.

La biomasa se refiere a la cantidad de material vegetal vivo presente en un ecosistema durante un período de tiempo específico, expresado en peso de materia seca por unidad de área. Esta vegetación desempeña un papel crucial al actuar como un sumidero de gases de efecto invernadero (GEI) y al almacenar carbono del suelo mediante la acumulación de materia orgánica. La biomasa se puede cuantificar de manera directa o indirecta. La cuantificación indirecta implica recopilar datos de campo en inventarios y

luego utilizar ecuaciones y modelos matemáticos para su determinación, mientras que la cuantificación directa implica cortar y pesar los árboles para determinar su peso seco.

La fijación de dióxido de carbono (CO₂) ocurre a través de la fotosíntesis, donde las plantas toman CO₂ del aire, lo combinan con hidrógeno obtenido del suelo mediante las raíces y utilizan la energía almacenada en los cloroplastos para sintetizar carbohidratos básicos. Estos carbohidratos, combinados con otros elementos minerales del suelo, se utilizan para el crecimiento de los órganos vegetales.

El manejo forestal puede compensar el aumento de emisiones de CO₂ de dos maneras. Primero, se pueden crear nuevos reservorios de carbono al restaurar áreas degradadas mediante plantaciones o regeneración natural, almacenando carbono a medida que los árboles crecen. Cuando la madera se extrae, se convierte en productos duraderos. Segundo, proteger bosques y suelos evita la liberación de grandes cantidades de carbono (hasta 400 toneladas por hectárea) que ocurriría si se destruyen los bosques. El manejo forestal integral, con esquemas de evaluación, es esencial para validar y mantener esta protección.

B. Generalidades del carbono en los bosques.

El área total de los bosques del mundo es de aproximadamente 3,4 billones de Ha; y un tercio de la superficie terrestre está cubierta con vegetación maderera (FAO, 1995). Una parte bastante considerable del área total forestal es conocida como área maderera abierta, donde están incluidas las sábanas. La mitad (52%) de los bosques abiertos y cerrados están dentro los trópicos, que es seguido por la latitud alta (30%) y medias (18%).

El área total de bosques del mundo se está reduciendo de 12 a 15 millones de ha anuales. Esta reducción ocurre principalmente en el trópico, sin embargo, en regiones boreales y templadas los bosques mostraron un ligero

incremento en las últimas décadas. Entre las causas de pérdida de bosques se encuentran la deforestación, cambio de uso de tierra, tala de madera para leña y construcción.

Investigaciones relacionadas sobre el cambio climático y cambio de uso de tierra de los trópicos fueron enfocados más en analizar los impactos causados por la deforestación y efectos de las emisiones de los GEI y C. No en tanto, si hicieron diferentes que buscaron cuantificar el potencial de usar de manera sostenible la tierra para que secuestre y acumule C de los ecosistemas tropicales.

Este documento presenta y evalúa como manejar el carbono sobre sistemas agroforestales y forestales en los trópicos. Además, fue llevado a cabo la valoración de si es viable estas maneras de manejo. Por último, trata sobre ciertas implicaciones potenciales en las políticas de los países del trópico, consecuencia de estas opciones.

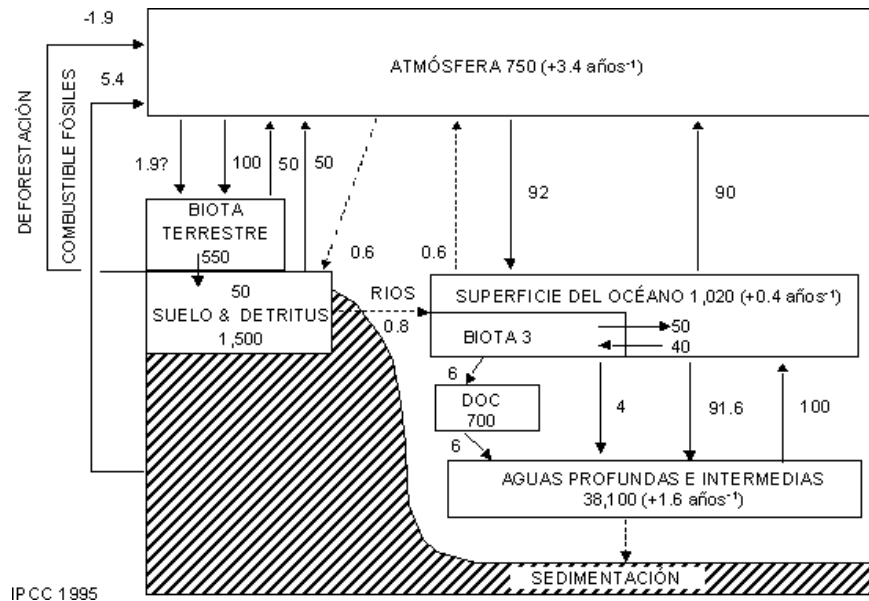
C. Rol de los bosques en ciclo global del carbono

Los ecosistemas terrestres y el suelo son depósitos considerables de C (Figura 2 y Tabla 2). Los bosques del mundo contienen un estimado de 340 Pg de C (1 Pg = 10¹⁵ g) (1 GtC = gigatonelada = billón de tons) en vegetación, y 620 Pg de C en suelo (Brown et al., 1996). Por eso es que los cambios en estos reservorios de C pueden tener un impacto considerable en el balance global de C.

Durante el último siglo, aproximadamente 150 Pg de C han sido liberadas a la atmósfera, como consecuencia de los cambios en el uso del suelo (Tabla 2). Esto equivale a casi 30 años de emisiones de quema de combustible fósil. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, siglas en inglés) ha estimado que las emisiones antropogénicas de CO₂ fueron 5,5 Pg de C, causadas por la quema del combustible fósil y la producción de cemento, más 1,6 Pg de C causado por la deforestación.

Figura 2

El ciclo global del Carbono



Nota. IPCC, 1995

Tabla 2

Los sumideros y los flujos de Carbono en los ecosistemas terrestres

Ecosistema	1980			Cambio 1850-1980		
	Área Mha	Vegetación Pg C	Suelo Pg C	Área Mha	Vegetación Pg C	Suelo Pg C
Bosque tropical	2 167	288	203	-508	-59	-42
Bosque templado	1 492	127	155	-91	-26	-17
Bosque boreal	1 167	96	237	-4	-6	-3
Bosque total	4 827	510	595	-603	-91	-62
Ecosistemas no forestales	8 900	73	845	+603	+1	+31
Total ecosistemas terrestres	13 727	583	1 440	0	-90	-31

Nota. Houghton, 1996

D. Estudios de biomasa y carbono en bosques secundarios.

En el marco del proyecto BIOFOR, se llevaron a cabo diversas investigaciones centradas en la captura de carbono, utilizando la metodología propuesta por Brown (1996). El objetivo principal de estas investigaciones fue generar herramientas de política mediante estudios de valoración económica.

En particular, Baldoceña (2001), en el área de influencia que abarca desde Neshuya hasta Curimaná en Ucayali, realizó un estudio. Este estudio determinó que la tasa promedio de secuestro de carbono atmosférico para bosques secundarios de 2 a 10 años es de 9.26 toneladas por hectárea por año, como se detalla en la tabla 3.

Este tipo de información es fundamental para comprender el papel de los bosques secundarios en la captura de carbono y proporciona datos cuantitativos que pueden ser utilizados en el desarrollo de políticas medioambientales. La captura de carbono es un aspecto crucial en la mitigación del cambio climático, y los resultados de este estudio han contribuido a la formulación de estrategias y acciones enfocadas en la conservación y restauración de bosques para reducir las emisiones de carbono en la atmósfera.

Tabla 3

Tasa de secuestro de carbono en bosques secundarios del área de influencia de la zona Neshuya - Curimaná, Pucallpa, Perú.

Edad del bosques (años)	Carbono aéreo (t/ha ⁻¹)	Tasa de secuestro de carbono aéreo (t/ha ⁻¹ /año ⁻¹)
2	10.85	5.42
4	23.14	6.15
6	48.68	12.77
8	79.50	15.40
10	92.61	6.56
Promedio general	50.96	9.26

Nota. Baldoceña (2001).

En función de la Tabla 3, es observado que la tasa de secuestro de carbono aéreo en Pucallpa fue 7.0 t/ha⁻¹/año⁻¹ referente a bosques secundarios cuya edad fue de 3 años (ICRAF 1998).

Tabla 4

Carbono almacenado y tasa de secuestro de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Sarita Colonia, Pucallpa, Perú.

Sistema de uso de la tierra	Carbono total ^(*) (t/ha ⁻¹)	Tasa de secuestro de carbono aéreo (t/ha ⁻¹ /año ⁻¹)
Bosque primario no tocado	402.8	-
Bosque primario extraído de madera	169.8	-
Bosque secundario 15 años	310.8	12.4
Bosque secundario 3 años	40.5	7.0

Nota. ^(*) Carbono total = Carbono aéreo + Carbono en suelo ICRAF (1998).

En su investigación en el distrito de Campo Verde, Barbarán (2000) evaluó la cantidad de biomasa y carbono almacenados en diversos sistemas de cultivo. Sus hallazgos indicaron que los sistemas de cultivo anuales y de pastos tienen una capacidad relativamente baja para retener carbono. Específicamente, los resultados revelaron que los bosques secundarios de 3 y 15 años tienen valores de secuestro de carbono atmosférico de 6.6 y 7.3 toneladas por hectárea por año, respectivamente (Tabla 5).

Estos resultados sugieren que, en comparación con otros sistemas de cultivo, los bosques secundarios, especialmente aquellos con mayor tiempo de regeneración, tienen una capacidad significativamente mejor para capturar y retener carbono atmosférico. Este tipo de información es valiosa para comprender el impacto de diferentes prácticas de uso del suelo en el ciclo del carbono y puede ser fundamental para la toma de decisiones en la planificación ambiental y agrícola. En particular, destaca la importancia de considerar la conservación y restauración de bosques como estrategias efectivas para mitigar el cambio climático al favorecer la captura de carbono atmosférico.

Tabla 5

Cantidad de biomasa y carbono en los diferentes sistemas de uso del suelo, Sarita Colonia, Pucallpa, Perú.

Sistemas de cultivo	Biomasa (t/ha ⁻¹)	Carbono total (*) (t/ha ⁻¹)	Tasa secuestro carbono aéreo (t/ha ⁻¹ /año ⁻¹)
Bosque secundario de 3 años	44.1	48.3	6.6
Área quemada hace poco	121.1	96.1	-
Bosque primario intervenido	258.4	155.6	-
Bosque secundario de 15 años	243.8	153.3	7.3

Nota. (*) Carbono total = Carbono aéreo + Carbono en suelo Barbarán (2000).

E. Modelos alométricos para la predicción de variables de biomasa.

La bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart, Malvaceae) especie que es maderable y que crece rápido teniendo su hábitat localizado en los bosques aluviales de la Amazonía peruana (Tuisima-Coral et al., 2020); y se distribuye ampliamente de Centroamérica hacia el sur de Brasil, Perú y Bolivia. En Perú, su presencia es mayor en la región de Junín, Loreto, Cerro de Pasco, Ucayali, Huánuco, Madre de Dios, Amazonas, y San Martín (Reynel et al., 2003). Un reporte de SERFOR indico que los años 2004 y 2017 hubo un incremento en la producción de madera rolliza de 23110 m³ a 56693,15 m³, debido a la alta demanda del mercado (SERFOR, 2017). Si =n embargo, bolaina blanca el 2018 mostró una demanda de 14% comparado al de pino con 86%, y otras maderas de menor valor comercial, conocidas como el grupo del “roble” (FAO, 2018).

Hoy en día, hay una demanda que no se logra satisfacer de la madera bolaina blanca, generándose temor acerca su explotación de rodales naturales, que haría su extracción selectiva, lo que generaría erosión genética y pérdida de regeneración natural, dado que se eliminaría árboles padres, lo que haría que en un corto o mediano plazo se fragmenten los rodales naturales y se reduzcan los ciclos de aprovechamiento (Casas et al., 2016), así se valore y cuantifiquen servicios ambientales de cuantiosa valía.

Plantaciones agroforestales y forestales tienden a capturar carbono, que son almacenados básicamente sobre la biomasa dura (madera), raíces, tallos, corteza, hojas (Somarriba et al., 2013), además, actúan como alternativa para mitigar el cambio climático (Yepes et al., 2015). Frente a ello, Martínez et al. (2018) reveló que las plantas de *E. grandis*, desarrollados en Colombia, lograron almacenar un poco más que el doble de carbono que se capturo por el Bosque Siempre verde presente en la Amazonia. Esto demuestra que tales plantaciones proporcionan bienes y servicios, siendo así, imprescindible que se estime la biomasa de los árboles (Tsfaye et al., 2015; Meng et al., 2017). Somarriba et al. (2013), sostiene que las plantas capturan carbono en sus diferentes partes. Sin embargo, para poder cuantificar este carbono se tiene que aplicar diversos métodos, siendo los modelos alométricos una alternativa adecuada para calcular el carbono que se acumuló, empleando las matemáticas para. (Návar, 2010a), indica que el carbono presente en los bosques y plantaciones puede calcularse aplicando funciones de correlación de variables como: carbono, CO₂, carbono equivalente (CO₂e), volumen, biomasa verde, relacionado a variables de fácil medición como altura o diámetro del árbol (Solano et al., 2014). Asimismo, la aplicación de los métodos alométricos presentan la ventaja de mostrar mayor precisión, menor costo, rigor, ser más rápido para la estimación de carbono y biomasa (Revilla-Chávez et al., 2021; Segura & Andrade 2008; Mota & Silva, 2009).

A pesar de que se conoce que es importante determinar la biomasa en plantaciones forestales, las ecuaciones alométricas aún no ofrecen la precisión requerida (Alexander et al., 2011; Nair, 2011); razón, por lo que diversos estudios sostiene que ecuaciones específicas por especie presentan una mayor precisión comparada a las alométricas, dado a que consideran a las condiciones ambientales del local, dado que interactúan con las características inherentes a la especie, por ejemplo: ecosistema, densidad de

la madera, y variabilidad genética (Skovsgaard & Vanclay, 2013; Lin et al., 2017; Mensah, Veldtman & Seifert, 2017). Así, el nivel local o lugar y la aplicación de ecuaciones correctas resultan en la opción más adecuada en tiempo y costo para que analizar la cantidad de biomasa aérea usando los datos del inventario forestal (Riofrío et al., 2015; Daryaei & Sohrabi, 2016).

2.3. Definición de términos básicos

A. Almacenamiento:

Acción o efecto de almacenar.

B. Biomasa:

Materia orgánica en peso o estimación equivalente, que se presenta debajo o encima del suelo.

C. Bolainales

Bosque secundario cuya principal especie es la Bolaina blanca (Guazuma crinita).

D. Bosques

Ecosistema constituido principalmente de árboles y otra vegetación leñosa y que se desarrollan juntas de forma más o menos densa.

E. Bosques secundarios:

Vegetación boscosa que creció de nuevo sobre suelo que se desmontó de la vegetación forestal original, en pocas palabras presenta menor cobertura forestal original. Pueden resultar también de la regeneración del bosque natural que sufrió desastres naturales, por ejemplo: inundaciones, incendios, o deslizamientos de tierras.

F. Carbono

Elemento químico sólido de símbolo C, no metálico presente en compuestos orgánicos y en ciertos inorgánicos. El C ingresa a la atmósfera como CO₂, y CH₄, mientras en su estado puro está como el grafito o diamante.

G. Dióxido de carbono (CO₂)

Uno de los gases más abundante incoloro e inodoro presente de la atmósfera, y que cumple un rol vital para que ocurran procesos vitales en animales y plantas, que ocurre en la respiración y fotosíntesis. El CO₂ es una molécula linear conformada por un átomo de C ligado a dos átomos de O₂, O = C = O, con acidez ligera y es no inflamable.

H. Gases de efecto invernadero (GEI)

Gases presentes en la atmósfera como: co₂, CH₄, vapor de agua, óxidos nitrosos y O₃, que presentan transparencia a la radiación solar, no en tanto, pacos a la radiación de onda larga, en pocas palabras poseen la capacidad de absorber calor que emite la tierra y hacer que no se pierda tales radiaciones en el espacio.

I. Secuestro o fijación de carbono

Proceso bioquímico a través del cual el CO₂ atmosférico se absorbe y se fija por la biomasa vegetal en respuesta a la fotosíntesis.

J. Sucesión:

Proceso de revegetación natural de áreas que sufrieron alguna perturbación por acción natural o antropogénica (incendios, deforestación, etc.), quienes atraviesas por diversos estadios sucesionales buscando lograr un equilibrio cuando este se transforma en bosque primario en función del tiempo, quienes podrían ser ecosistemas parecidos al original o bien para que conforme un nuevo ecosistema, que va depender de variables de la fauna silvestre, actividades antrópicas, dispersión de semillas, modificación de la composición física y química del suelo.

K. Sumidero

Alguna actividad, mecanismo o proceso que tiende a absorber los GEI o aerosol presente en la atmósfera.

L. Tacarpo

Herramienta agrícola que se usa tradicionalmente en la Amazonía peruana, hecho de tronco o rama de árbol cuya largo es de 2 m y diámetro de 4 cm, y cuyo extremo es en punta.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023, es mayor la captura en comparación a otras especies forestales de almacenamiento de biomasa total, y Carbono.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La biomasa en árboles de Bolaina es mayor a otras especies de árboles en las plantaciones del bosque de San Ramon-Selva Central.
- La cantidad de carbono aéreo de la bolaina es mayor a otras especies de árboles del bosque de San Ramon-Selva Central.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

La biomasa y cantidad de carbono

2.5.2. Variable dependiente

Especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) en el bosque del distrito de San Ramon-Selva

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 6, fue operacionalizada las variables con el objetivo de encontrar los objetivos planteados en este estudio.

Tabla 2*Matriz de operacionalización de las variables*

Variable	Indicadores	Unidad	Instrumento
Dependiente		mg/L	Espectrofotometría
Especie Guazuma ulmifolia (bolaina)	Peso		de absorción atómica
Independiente			
La biomasa y cantidad de carbono aéreo en árboles de Bolaina	Peso	mg/L	Espectrofotometría de absorción atómica

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Este estudio se clasifica como investigación aplicada, ya que se centra en identificar estrategias para alcanzar un objetivo específico y ponerlas en práctica. En este caso, el objetivo es abordar la problemática de cuantificar la biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central durante el año 2023. Además, se observa cómo interactúan las variables en la realidad, buscando establecer comparaciones objetivas entre ellas.

Este tipo de investigación es sustantiva, ya que implica el uso del análisis de laboratorio. Este enfoque permite recopilar información confiable que sirva como base para la ejecución de otros estudios que profundicen en la relación existente entre el nivel de biomasa y la captura de carbono en la bolaina. En otras palabras, se busca entender de manera más completa y detallada la conexión entre la cantidad de biomasa y la capacidad de la bolaina para capturar carbono, utilizando métodos de laboratorio que garanticen la precisión de los resultados.

3.2. Nivel de Investigación

En el nivel relacional, se alberga en el estudio que plantea la relación entre variables, independientemente de la naturaleza de las mismas, y no pretende demostrar relaciones de causalidad, sino solamente el descubrimiento de la relación de la misma, y de encontrarse tal relación puede establecer una hipótesis de causalidad. de la investigación se desea conocer las condiciones que incrementan la probabilidad de cuantificar la biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) y se trata de explicar los factores asociados y al estudio más común es la fácil adaptabilidad al ambiente al tener la presencia de suelos

3.3. Métodos de investigación

La elección del método de investigación se determinó en función de la naturaleza de la pregunta de la investigación, los recursos disponibles y los objetivos específicos del estudio. En este caso, el tesista combina el método para obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado. El objetivo del estudio es determinar la relación cuantitativa entre la biomasa y la captura de carbono en la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) en el área específica del distrito de Chanchamayo.

3.4. Diseño de investigación

Aquí fue aplicado el método experimental, el cual consiste en observar y cuantificar los parámetros biométricos, que sirven de base para computar la biomasa total y el carbono que se almaceno en diferentes edades en función a las sucesiones secundarias de la bolaina.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El área de estudio abarca el bosque húmedo premontano, situado entre 1,000 y 1,500 metros sobre el nivel del mar, en el valle de Chanchamayo,

específicamente en el distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú.

La población objeto de estudio está compuesta por bosques secundarios conocidos como "bolainales", con edades que varían entre 3 y 7 años. Estos bosques secundarios se distribuyen en la cuenca media del río San Ramón. En este contexto, se busca entender y cuantificar los parámetros biométricos, la biomasa total y el carbono almacenado en estos bosques secundarios en relación con sus diferentes edades y sucesiones secundarias.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por dieciocho (18) plantas de bolaina seleccionados, siendo cada uno de estos es tomado como una unidad experimental. En cada bosque se establecieron 3 parcelas temporales (4 m x 25 m) aleatoriamente, con un porcentaje de muestreo del 10 %. Para la determinación de la muestra fue calculado a través de la siguiente formula, el cual fue aplicado sobre cada bosque secundario:

$$N = [(CV^2 * t^2)/E^2]$$

Donde:

E= Error de muestreo (10 %)

CV= Coeficiente de Variación (11.5 %)

N= Número de parcelas requeridas.

t= Valor tabular, distribución t al 95%, cuya probabilidad es 2.

Previo a la evaluación se llevó a cabo un recorrido dentro los bolainales visando estratificar visualmente todas las áreas con diversidad en su crecimiento. Estas parcelas temporales se distribuyeron al azar de manera completa basado a los diversos estratos de los bolainales. De los cuales se toma una muestra de 18 árboles en edades entre los 3 a 5 años.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la recolección de los datos se emplearon las técnicas e instrumentos a seguir:

A. Técnicas

Las técnicas de campo y análisis de laboratorio. Son útiles para que se logre cumplir el objetivo planteado.

Primero se establece parcelas de muestreo de un tamaño determinado en el área de estudio. Puedes usar parcelas cuadradas o circulares, y estas deberían ser representativas de la diversidad de hábitats presentes. También se utiliza cuadrantes o transectos para evaluar la densidad y biomasa de *Guazuma ulmifolia* en diferentes áreas. Estos métodos te permitirán estimar la frecuencia y abundancia relativa de la especie, asimismo, se realiza dentro de las parcelas de muestreo, la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la altura de la parte comercial del árbol (fuste), así como la densidad de la vegetación en el suelo.

Para el caso de las mediciones alométricas se utiliza las ecuaciones específicas para *Guazuma ulmifolia* que relacionen el DAP, la altura y otros parámetros con la biomasa. Puedes obtener estas ecuaciones a través de muestreos destructivos, donde se pesan partes de los árboles y se relacionan con sus dimensiones.

B. Instrumentos

En este apartado se menciona las herramientas y métodos de recolección de datos. Aquí hay algunos instrumentos y enfoques que podrías considerar:

- **Cinta métrica:** Utiliza una cinta métrica para que se mida el diámetro con referencia la altura del pecho (DAP) de los árboles. Esto es crucial para aplicar ecuaciones alométricas que relacionen el diámetro con la biomasa.

- El altímetro láser puede ayudar a medir la altura de los árboles de manera precisa, lo que también es esencial para calcular la biomasa utilizando ecuaciones alométricas.
- Estimador de densidad de copa (Hypsometer), este dispositivo mide el ángulo de la copa y la distancia al árbol para estimar el volumen de la copa del árbol, lo que puede usarse en ecuaciones alométricas para calcular la biomasa.
- Una balanza digital se utiliza para pesar las partes de las plantas recolectadas, como hojas, ramas y raíces, que luego se utilizan para estimar la biomasa.
- Libretas de campo y guías de identificación te ayudarán a recolectar información sobre la especie *Guazuma ulmifolia*, como la forma de las hojas, la estructura del dosel y otros detalles necesarios para los cálculos.
- Un receptor de GPS te permitirá registrar las ubicaciones de los árboles y las parcelas de muestreo para poder georreferenciar tus datos.
- Tijeras de podar, serruchos y otros instrumentos para recolectar muestras de hojas, ramas y otros tejidos de las plantas.
- Las imágenes aéreas tomadas con drones equipados con cámaras multiespectrales o termográficas pueden proporcionar información valiosa sobre la salud y el crecimiento de la vegetación, lo que podría estar relacionado con la biomasa y el contenido de carbono.
- Software de procesamiento de imágenes, sistemas de información geográfica (SIG) y hojas de cálculo son esenciales para organizar y analizar los datos recopilados.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

A. Selección de Instrumentos:

En el estudio de la biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) por hectárea. Se elige instrumentos que sean adecuados para medir tanto la biomasa de la bolaina en sus diferentes componentes (hojas, ramas, tronco y raíces) como el contenido de carbono. Esto podría involucrar el uso de cintas métricas para medir diámetros y alturas, balanzas precisas para pesar muestras recolectadas y analizadores de carbono para determinar el contenido de carbono en las muestras, todo ello reportado en una ficha de observación.

B. Validación de Instrumentos:

La validación de los instrumentos incluye la comparación con estándares conocidos o con métodos previamente validados. Esto puede implicar mediciones en un conjunto de muestras de bolaina de las cuales se conoce la biomasa y el contenido de carbono a través de métodos de referencia. Cualquier desviación significativa entre las mediciones de los instrumentos y los valores de referencia debe ser investigada y corregida antes de continuar con la recolección de datos en el campo.

C. Confiabilidad de los Instrumentos:

En la confiabilidad de los instrumentos es importante realizar mediciones repetidas y comparar los resultados. Se deben tomar precauciones para minimizar errores experimentales, como asegurarse de que los instrumentos estén calibrados adecuadamente, que las condiciones ambientales sean consideradas y que los procedimientos de muestreo sean consistentes. Además, la confiabilidad también puede mejorarse mediante la capacitación del personal que realizará las mediciones y la implementación de protocolos estandarizados.

3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

Se utiliza ecuaciones alométricas que relacionan el diámetro del tronco o la altura de los árboles de *Guazuma ulmifolia* con su biomasa y contenido de carbono. Estas ecuaciones pueden basarse en mediciones previas o se pueden desarrollar utilizando tus propios datos.

Se establece parcelas de muestreo donde midas el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de varios árboles de *Guazuma ulmifolia*. Luego, recolecta muestras de tejido vegetal para determinar su contenido de carbono. Esto puede implicar el corte de árboles para medir su biomasa o la recolección no destructiva de hojas y ramas.

También se utiliza imágenes satelitales o drones para obtener datos sobre la cobertura del dosel, la estructura forestal y la reflectancia de la vegetación. Estos datos pueden ser utilizados para estimar la biomasa y el contenido de carbono a través de relaciones empíricas.

3.9. Tratamiento Estadístico

Utiliza análisis estadísticos para evaluar la variabilidad en los datos de biomasa y carbono, identificar tendencias y relaciones, y realizar inferencias sobre la población total de *Guazuma ulmifolia* en la hectárea de estudio, empleando el modelo paramétrico de la t student para una muestra.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Al abordar el estudio de la biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia*, también conocida como bolaina, es crucial tener en cuenta consideraciones éticas para garantizar la integridad del estudio y el respeto por el entorno natural y las comunidades involucradas.

En primer lugar, es esencial abordar el estudio desde una perspectiva de conservación y sostenibilidad. La bolaina es una especie que puede tener un papel significativo en la captura de carbono y en la restauración de ecosistemas

degradados. Sin embargo, la recolección de datos debe realizarse de manera cuidadosa para no dañar las poblaciones locales de la especie ni alterar el ecosistema en el proceso. Es fundamental establecer límites claros en términos de cuánta biomasa puede ser recolectada sin afectar negativamente la población y la regeneración natural de la especie.

En segundo lugar, se debe abordar el estudio con sensibilidad hacia las comunidades locales y los derechos de las personas. Si el estudio implica acceder a tierras que son propiedad de comunidades indígenas o locales, es esencial obtener el consentimiento informado y respetar sus tradiciones y formas de manejo de los recursos naturales. La bolaina puede tener un valor cultural y económico para estas comunidades, por lo que cualquier actividad de investigación debe ser diseñada en colaboración con ellos y considerar cómo el estudio puede beneficiarles a largo plazo.

Por último, la comunicación transparente de los resultados y la utilización responsable de los datos recopilados son componentes éticos esenciales. Los resultados deben compartirse de manera que sean accesibles y comprensibles para las comunidades locales, los científicos y el público en general. Si se concluye que la bolaina juega un papel importante en la captura de carbono, es necesario considerar cómo esta información puede ser utilizada para la toma de decisiones informadas en términos de manejo forestal y conservación, asegurándose de que beneficie tanto al medio ambiente como a las comunidades involucradas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

A. Selección de los sitios.

Los sitios que se evaluaron referente a la vegetación y para la determinación de la biomasa se realizó a través del uso de la información cartográfica (mapa fisiográfico y de suelo), visando homogenizar los bolainales encontrados en el área de estudio, de los ocho (8) de esta especie fueron encontrados dentro de una fisiografía de complejos de orillares y tipo de suelo asociación capirona (IIAP 2003). Los sitios a evaluarse, para el estudio de la vegetación y se determinó la biomasa, se ubicaron tomando en cuenta criterios de selección considerando factores como:

- Bosques del tipo bolainal (Guerra, 2008).
- La edad del bolainal.

La edad del bolainal fue determinada a través una entrevista del propietario del bolainal, la encuesta fue aprobado y validado por Guerra (2008).

a. Tipos de bosques para el estudio (Variable independiente).

Se determino una muestra de 18 árboles en edades entre los 3 a 5 años de bosques secundarios (bolainales).

B₁ = Bosque secundario de 3 años de edad seis (6) unidades.

B₂ = Bosque secundario de 4 años de edad seis (6) unidades.

B₃ = Bosque secundario de 5 años de edad seis (6) unidades.

b. Componentes en estudio (Variables dependientes).

- Biomasa aérea seca total de los bolainales (t/ha⁻¹).
- Cantidad de carbono aéreo y en el suelo de los bolainales (t/ha⁻¹).

c. Análisis de regresión.

Se realizó un análisis de regresión múltiple donde se exploraron las relaciones funcionales dados por el *dap*, la BAST y la BRST de Bolaina blanca, asimismo, fue explorado la relación funcional de la edad y la BAST de los bolainales. La eficacia de la capacidad predictiva de los modelos empleados se midieron a través del R² y $p < 0.05$.

d. Materiales

- Pico
- Cinta métrica
- Rafia
- Soga nylon de 30 m
- Pala recta
- Wincha de 3m y de 50 m
- Machete
- galones de gasolina lubricada
- 2 litros de aceite para cadena
- Bolsa de papel (5 kg)
- Tijera de podar
- Lima de motosierra y machete
- Rastrillo pequeño
- Lápiz, tajador y borrador

- Cilindro UHLAND
- Plumón indeleble
- Bolsa de plástico (1 kg y 5 kg).
- Costales de polietileno (50 kg)
- Marco o bastidor de 1 m x 1 m y de 50 cm x 50 cm.
- Formato de evaluación
- Tablero y libreta de campo
- Sobre de Manila

e. Equipos.

- Cámara digital
- GPS
- Estufa eléctrica
- Brújula
- Clinómetro
- Motosierra STHIL 0.25 cc.
- Balanzas de 1, 5, 10 y 50 kg. de capacidad

B. Procedimiento para el levantamiento de la información.

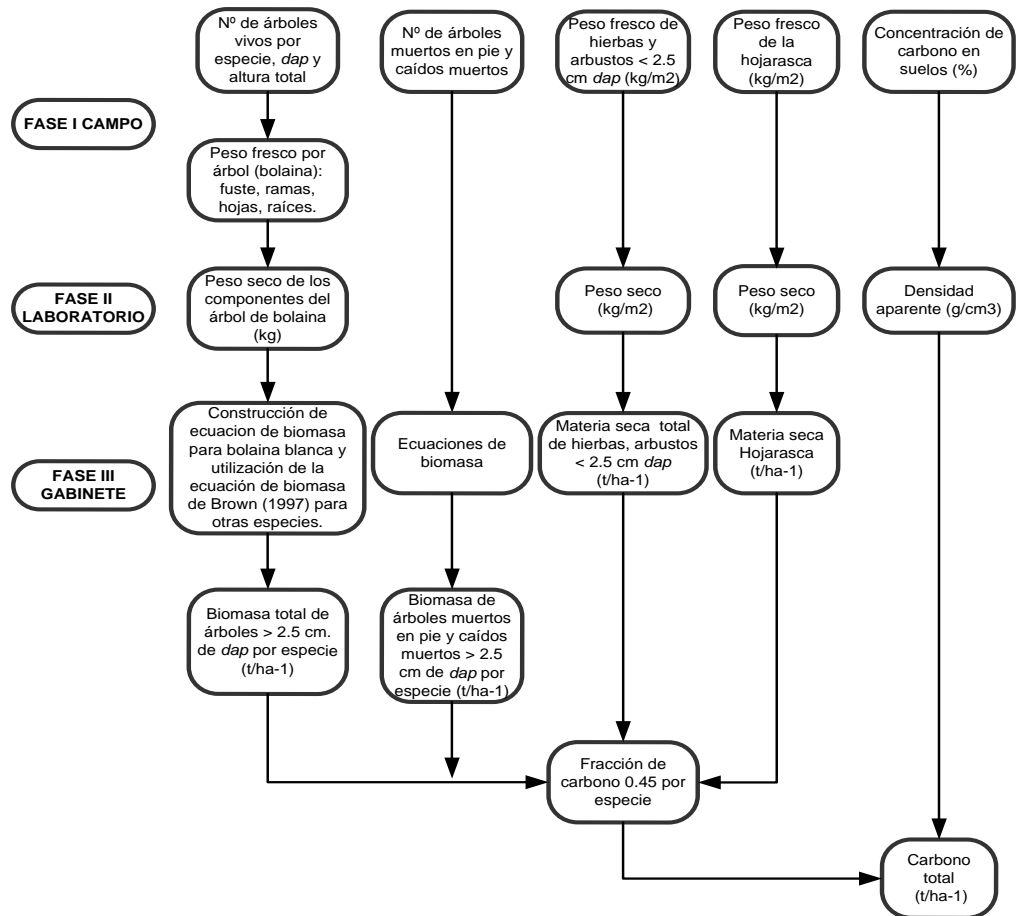
a. Evaluación de la vegetación.

La estructura y composición florística de la vegetación fue evaluado aplicando la metodología dada por el ICRAF (Arévalo *et al.* 2003), quien los clasificó a través dos tipos de evaluaciones:

- Vegetación con *dap* menor de 2.5 cm (cosechado en parcelas de 1 m x 1 m).
- Vegetación con *dap* mayor o igual a 2.5 cm y con *dap* menor de 30 cm (parcelas de 4 m x 25 m), como mostrado en la figura 4.

Figura 2

Flujograma para la determinación de biomasa y carbono en el estudio



b. Evaluación de la biomasa

Usualmente se usan ecuaciones de regresión que permiten estimar la biomasa de un árbol aplicando el *dap* como variable de medida. Si también se quiere de desarrollar otra ecuación de regresión, de manera específica para la Bolaina blanca, es indispensable muestrear árboles (componente aéreo y radicular) siguiendo la metodología desarrollada por Schlegel *et al.* (2000).

c. Medición de la biomasa aérea total del árbol de Bolaina blanca.

c.1 Selección del árbol muestra de Bolaina blanca.

Debido a que no se puede utilizar todos los árboles para un análisis de biomasa debido al elevado costo lo que significa, se seleccionó una muestra de árboles.

Para esto fue establecido un espectro diamétrico de la población, que consistió en distribuirlos en 3 categorías basadas al diámetro:

- Cat 1 = 5 - 10 cm
- Cat 2 = 10 - 15 cm
- Cat 3 = 15 - 20cm

En cada categoría diamétrica se empleó una muestra de 06 árboles de manera representativa (fue medido el dap y fue evaluado el buen estado físico y biológico del árbol). Los árboles que se seleccionaron se cosecharon en una etapa conocida como “etapa destructiva”.

c.2 Medición de los árboles.

Después de que fueron seleccionados los árboles, se hicieron 2 tipos de mediciones: una primera con el árbol en pie, y la segunda cuando este fue talado.

Previo al talado, el árbol y lugar fue limpiado y se pesaron sus componentes, procediéndose a lo siguiente:

- Ubicar al personal dentro un área segura.
- Cortar el árbol teniendo una dirección de caída y cerca del suelo cuya altura sea 25 cm, visando que el árbol no se enganche en ramas de otro árbol cercano.

Después de la tala del árbol:

- Se lograron medir variables como altura de la copa y altura total.

Posterior a ello, se inicia a desramar el árbol usando una motosierra, que permite separar sus diversos componentes (fuste, ramas y hojas).

Usando una soga y balanza fue registrado el peso fresco total de cada componente (fuste, ramas y hojas).

De cada componente obtenido fue extraído una submuestra para determinar su peso fresco, para los fustes, las submuestras consistieron en rodajas cuyo espesor es de 5 cm y de 1 cm en los tucos, quienes fueron empacados en bolsas codificadas, algo que se hizo de manera continua en los otros componentes.

Las sub-muestras se secaron usando una estufa eléctrica (105 °C), hasta lograr un peso constante.

Medición de la biomasa radicular total del árbol de bolaina blanca.

c.3 Selección del árbol muestra de Bolaina blanca.

Consistió en establecer el espectro diamétrico de la población, distribuyendo éste en 3 categorías diamétricas:

- Cat 1 = 5-10 cm
- Cat 2 = 10-15 cm
- Cat 3 = 15-20cm

Para cada categoría diamétrica se determina como una muestra de 06 árbol representativo (fue medido el dap y se evalúa el buen estado físico y biológico del árbol). Es árbol escogido se cosecho mediante la fase conocido como “etapa destructiva”.

c.4 Medición de las raíces.

Fue identificado el aérea de remoción del suelo, identificando el área de influencia que tienen las raíces (ZIR), donde se hizo la labor de remover el suelo.

La excavación fue realizada usando la herramienta “tacarpo”, zapapicos, machetes y palas, siendo aplicado para cavar el hoyo, que varía en función a la profundidad de las raíces.

Fue extraído las raíces tomando en cuenta el suelo adherido a ésta. La raíz extraída se lavó visando retirar todo el suelo adherido para que después sea pesado.

Fueron realizados diversas mediciones de longitud de raíces en diámetros predeterminados de 0.5, 2, 5, y 10 cm de espesor y principal raíz. El trozado consistió en separar las raíces que mostraron diferentes diámetros, para posterior ser pesados por separado registrándose como peso fresco total en función del diámetro de raíz.

Fue recolectado las sub-muestras de todos los grosores de raíz, que se colocaron en bolsas de plástico previa una codificación. Después, estas se secaron usando estufas eléctricas (105 °C) hasta lograr un peso seco constante.

Procesamiento de las muestras de la biomasa aérea y radicular del árbol de Bolaina blanca.

Para determinar la materia seca (MS) se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = (pssm/pfsm) * pft.$$

Donde:

MS = Materia seca total (kg)

pssm = Peso seco de la sub muestra

pfsm = Peso fresco de la sub muestra

pft = Peso fresco total

Estimación de la ecuación alométrica para la biomasa aérea seca total (BAST) y la biomasa radicular seca total (BRST) de Bolaina blanca.

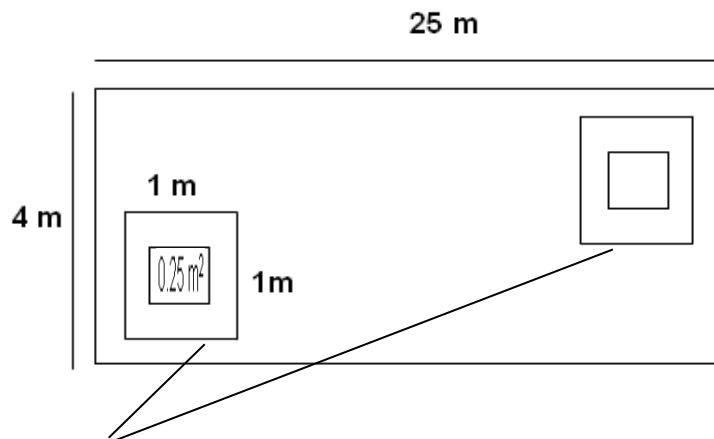
Los valores encontrados se usaron para probar en 5 modelos matemáticos de regresión como: lineal, potencial, exponencial, cuadrática y logarítmica de BAST y BRST versus categorías diamétricas. Todas las ecuaciones se elaboraron usando el software SPSS versión 13, de donde se elige el modelo que presenta una mayor valoración de coeficiente R².

C. Evaluación de la biomasa aérea total de los bolainales.

Se empleó la metodología de evaluación desarrollada por el ICRAF siguiendo los procedimientos del Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra (Arévalo *et al.* 2003).

Figura 3

Diseño de parcelas para la evaluación de los diferentes componentes de la biomasa vegetal.



Para evaluación de biomasa herbácea-arbustiva y hojarasca.

La biomasa aérea seca total de cada bolainal se obtuvo de adicionar los diferentes componentes analizados. Todos los árboles presentes en cada parcela y en función a su edad fueron totalizados y expresados en ton/ha⁻¹.

$$BAST = B_{av} + B_{amp} + B_{acm} + B_{ah} + B_h$$

Donde:

BAST = Biomasa aérea seca total (t/ha⁻¹).

Bav = Biomasa de árboles vivos (t/ha⁻¹).

Bamp = Biomasa de árboles muerto en pie (t/ha⁻¹).

Bacm = Biomasa de árboles caídos muertos (t/ha⁻¹).

Bah = Biomasa arbustiva/herbácea (t/ha⁻¹).

Bh = Biomasa de la hojarasca (t/ha⁻¹).

a. Biomasa de árboles vivos (Bav) y árboles muertos en pie (Bamp).

En cada edad del bosque se establecieron al azar 3 parcelas temporales de 100 m² (4 m x 25 m), donde se midió el *dap* (diámetro a la altura del pecho), comenzando en 2.5 cm a 30 cm y la altura total (figura 4). Fue estimado la biomasa de otras especies usando la siguiente ecuación:

$Y = 0.1184 \text{ dap}^{2.53}$ (Brown 1997), mientras que en biomasa de árboles de bolaina blanca fue empleado: $Y = 0.042394 \text{ dap}^{2.650085}$.

Donde:

Y = Biomasa del árbol (kg/árbol)

dap = diámetro a la altura del pecho (cm).

b. Biomasa de los árboles caídos muertos (Bacm).

Dentro de la parcela de 4 m x 25 m también se evaluó la biomasa de los árboles que se cayeron quemados y no quemados, donde se midió el *dap* entre 2.5 cm a 30 cm (figura 4). La biomasa de bolaina blanca fue calculada usando la ecuación:

$Bacm = -0.070 + 1.83 \text{ LN}(D) + 0.674 \text{ LN}(L)$ (Guerra 2007), mientras que para otras especies:

$Bacm = 0.4 * D * L * 0.25^*$ (Arévalo *et al.* 2003).

Donde:

Bacm = Biomasa de árboles caídos muertos

D= Diámetro promedio (cm)

L= Longitud (m).

c. Biomasa arbustiva/herbácea (Bah).

Se colocó dos cuadrantes de 1 m x 1m, que fueron distribuidos al azar en cada parcela que midió 4 m x 25 m, donde se cosecho toda la biomasa que creció sobre el suelo, donde se incluyeron a los árboles menores de 2.5 cm de dap (figura 4). Fue pesado la muestra fresca total que se recolecto en campo referente a cada (1m²), de donde se consiguió una sub-muestra que se colocó dentro bolsas plásticas ya previamente codificadas (número de cuadrantes y muestra, y edad del bosque).

Fue determinado la biomasa arbustiva/herbácea por intermedio de su peso seco de la sub-muestra que se secó en una estufa eléctrica (105 °C) hasta alcanzar un peso constante.

d. Biomasa de la hojarasca (Bh).

Hojarasca presente en un cuadrante de 0.5 m x 0.5 m fue colectado del cuadrante de 1 m x 1 m (figura 4). Fue pesado totalmente la muestra fresca que se recolecto en el campo de cada cuadrante (0.25m²), de donde se logró obtener una sub-muestra, la que se colocón dentro bolsas plásticas que se codificaron previamente (número de muestra y cuadrante, y edad del bosque). Fue calculado la biomasa de la hojarasca aplicando el peso seco de la sub-muestra que se secaron empleando estufa eléctrica a 105 °C hasta que se tenga un peso constante.

Para determinar la materia seca (MS) se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = (pssm/pfsm)*pft.$$

Donde:

MS = Materia seca total (kg/m²)

pssm = Peso seco de la sub muestra

pfsm = Peso fresco de la sub muestra

pft = Peso fresco total

e. Incremento de la biomasa aérea total de los bolainales.

El incremento de la biomasa aérea (de las distintas edades), se obtuvo de dividir la biomasa aérea que se acumuló en cada bolainal entre la edad.

$$\text{INBA} = \text{BAST} / \text{E}$$

Donde:

INBA = Incremento de la biomasa aérea ($\text{t/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$)

BAST = Biomasa aérea seca total (t/ha^{-1})

E = Edad (años)

f. Estimación del carbono aéreo almacenado.

La cantidad de carbono aéreo total (CAT), se determinó siguiendo la metodología presentada por el ICRAF (Arévalo *et al.* 2003). Después de determinar la BAST (incluido los árboles) se multiplicó a cada componente de la biomasa total por 0.45 para obtener el carbono.

$$\text{CA} = \text{BAST} \times 0.45$$

Donde

0.45= Factor de conversión biomasa seca a C.

CA = C aéreo que se almaceno en los bosques (t/ha^{-1}).

BAST= Biomasa aérea seca total de cada bosque (t/ha^{-1}).

g. Tasa de secuestro de carbono aéreo.

La tasa de secuestro de carbono (en sus diferentes edades) se logró dividiendo el carbono aéreo que se acumuló en cada bolainal entre su edad.

$$\text{TSCA} = \text{CA} / \text{E}$$

Donde:

TSCA = Tasa de secuestro de carbono aéreo ($\text{t/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$)

CA = Carbono aéreo (t/ha^{-1})

E = Edad (años)

h. Estimación del carbono en el suelo (CS) de los bolainales.

Para determinar el CS de los bolainales se realizó el siguiente procedimiento.

i. Medición de la densidad aparente de los suelos de los bolainales.

Usando los cuadrantes de 1m x 1m se hicieron micro-calcatas de 30 x 30 x 30 cm, de donde se colectaron muestras en dos diferentes profundidades (0-10 cm y 10-30 cm), posterior a ello, fue determinado la densidad aparente (g/cm³).

La densidad aparente fue medida en las instalaciones del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional La Molina. Se aplicó el método del “cilindro de volumen conocido”, las muestras de suelo se secaron empleando una estufa (105 °C), hasta lograr un peso constante, siendo que el resultado encontrado se procesó usando la fórmula a seguir:

$$DA = PSSC / VC$$

Donde:

DA = Densidad aparente (g/cm³).

PSSC = Peso seco del suelo dentro del cilindro.

VC = Volumen del cilindro.

j. Análisis de carbono orgánico (%) de los bolainales.

Una muestra compuesta fue obtenida de cada profundidad (0-10 cm y 10-30 cm) de cada bosque evaluado, las muestras se llegaron a secar bajo sombra, las cuales eran molidas y tamizadas. El carbono orgánico (%) fue analizado en el laboratorio de suelos Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Mientras el carbono orgánico (%), se determinó usando el método de Nelson & Sommers.

k. Carbono en el suelo almacenado en los bosques.

El carbono fue computado aplicando la fórmula a seguir:

$$CS = CC \times DA \times P$$

Donde:

DA = Densidad aparente (g/cm^3).

CS = Carbono en el suelo (t/ha^{-1}).

P = Profundidad de muestreo (cm)

CC = Contenido de carbono (%).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Parcelas de bolaina observadas en la visita de campo al Distrito de San Ramon ver figura 5.

Figura 4

Plantaciones de Guazuma ulmifolia en el Distrito de San Ramon



Superficies donde se realiza el cultivo de la bolaina, así como el habitat de la bolaina en la región de la selva central, con su clima tropical, cuyas condiciones son apropiadas para el sembrío de esta especie ver figura 6.

Figura 5

Regiones adecuadas para forestar



La bolaina es un árbol tropical ampliamente distribuido en América Latina, cuyo cultivo generalmente se realiza mediante la siembra de semillas en viveros, donde las plántulas se desarrollan antes de ser trasplantadas a su ubicación definitiva. Las semillas de bolaina son relativamente fáciles de recolectar y germinar. Una vez que las plántulas alcanzan un tamaño adecuado, se trasplantan a suelo bien preparado y en lugares con suficiente luz y espacio para su crecimiento. La bolaina es conocida por su rápido crecimiento y su capacidad para adaptarse a diversos tipos de suelos, lo que la convierte en una opción popular para programas de reforestación y agroforestería en regiones tropicales debido a su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo y proporcionar recursos valiosos como madera y forraje.

Figura 6

Sembríos de la especie bolaina considerados en la muestra



La tabla 7 presenta diversas propiedades físicas de un material, probablemente relacionado con la madera o algún tipo de biomasa. Los valores indican la densidad básica del material, que es de $0,41 \text{ g/cm}^3$, así como su densidad al 12% de humedad, que aumenta a $0,5 \text{ g/cm}^3$. Además, se proporcionan los porcentajes de contracción en diferentes direcciones: un 5,5% en la dirección radial, un 3,5% en la tangencial y una contracción volumétrica total del 13,8%. La relación entre la contracción tangencial y radial (T/R) es de 1,57, lo que podría indicar cómo el material se deforma en diferentes planos durante el proceso de secado. Estos valores son esenciales para comprender cómo el material responde a cambios en la humedad y cómo se comporta en diversas aplicaciones y entornos.

Tabla 3*Propiedades Físicas de la bolaina*

Propiedades	Valores
Densidad básica:	0,41 g/cm ³
Densidad al 12% de humedad:	0,5 g/cm ³
Contracción radial:	5,5%
Contracción tangencial:	3,5%
Contracción volumétrica:	13,8 %
Relación T/R:	1,57

Producto de los registros obtenidos en la ficha de observación, se consigna una muestra de 18 árboles en edades entre los 3 a 5 años ver tabla 8.

Tabla 4*Muestra del estudio de arboles entre 3 a 5 años de edad*

Árbol	Circunf. (cm)	DAP (m)	HT(m)	VT(m3)	B(Tn)	C(Tn)
1	36.5	0.12	13	0.09	0.037	0.018
2	42.2	0.13	14	0.13	0.053	0.026
3	54.7	0.17	15	0.23	0.095	0.048
4	45	0.14	14	0.15	0.060	0.030
5	48.6	0.15	14	0.17	0.070	0.035
6	36.2	0.12	14	0.09	0.039	0.019
7	39.7	0.13	15	0.12	0.050	0.025
8	40.6	0.13	14	0.12	0.049	0.024
9	35.3	0.11	12	0.08	0.032	0.016
10	48.5	0.15	13	0.16	0.065	0.032
11	39.5	0.13	13	0.10	0.043	0.022
12	46	0.15	13	0.14	0.058	0.029
13	37.8	0.12	13	0.10	0.039	0.020
14	38.4	0.12	13	0.10	0.041	0.020
15	40.8	0.13	13	0.11	0.046	0.023
16	69.1	0.22	15	0.37	0.152	0.076
17	35.4	0.11	14	0.09	0.037	0.019
18	38	0.12	14	0.10	0.043	0.021
Promedio					0.056	0.028

Donde:

DAP: Diámetro a la altura del pecho (circunf/314)

HT: Altura total

VT: Volumen total ($\pi \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{HT} \cdot 0.65/4$)

B: Biomasa ($\text{VT} \cdot 410/1000$)

C: Captura de Carbono ($\text{B} \cdot 0.5$)

En el estudio de (Del Castillo Talenas, 2018) llega a calcular que los bolainales de 3 años de edad almacenan 61.73 t/ha-l de biomasa aérea seca total, también se sabe que la modalidad de plantación adoptada es en base a una densidad de 1,111 plantas por hectárea, con un esparcimiento de árbol a árbol de 3 x 3 metros, estos datos permiten realizar cálculos estadísticos para validar la hipótesis general.

El cálculo de biomasa por hectárea de la especie en el Distrito de San Ramon, se determina al multiplicar $1111 \cdot 0.056$, teniendo como resultado 62.2 t/ha-l de la misma manera la obtención la cantidad de la captura de carbono multiplicamos $1111 \cdot 0.028$, teniendo como resultado 31.1 Tn/ha, con ello verificamos que los datos son similares y ello muestra una seguridad de que la investigación consigna datos reales.

La tabla 9 muestra los resultados de un análisis de biomasa realizado en 18 muestras. La columna "N" indica el número de muestras analizadas. La columna "Media" presenta el valor promedio de biomasa encontrado en las muestras, siendo de aproximadamente 0,05606. La columna "Desv. Desviación" representa la desviación estándar de los valores de biomasa en relación con la media, siendo alrededor de 0,028354. Por último, la columna "Desv. Error promedio" indica el error estándar de la media de biomasa, siendo cerca de 0,006683. Estos valores proporcionan información sobre la variabilidad y la precisión de las mediciones de biomasa realizadas en el estudio.

Tabla 5

Estadísticas para la muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Biomasa	18	,05606	,028354	,006683

La tabla 10 muestra los resultados de una prueba estadística en la que se evaluó el efecto de la variable biomasa. El valor de prueba obtenido fue de 0.06 tomada como referencia de la investigación de (Del Castillo Talenas, 2018), y se calculó con respecto a un número de grados de libertad (gl) igual a 17. La significancia bilateral asociada a este valor de prueba fue de 0.563. La diferencia promedio en las medidas de biomasa entre los grupos evaluados fue de -0.003944, con un intervalo de confianza del 95% para esta diferencia que se sitúa entre -0.01804 y 0.01016. Estos resultados sugieren que no hay una diferencia significativa en la biomasa entre los grupos analizados, ya que el valor de significancia es relativamente alto y los intervalos de confianza incluyen cero.

Tabla 6

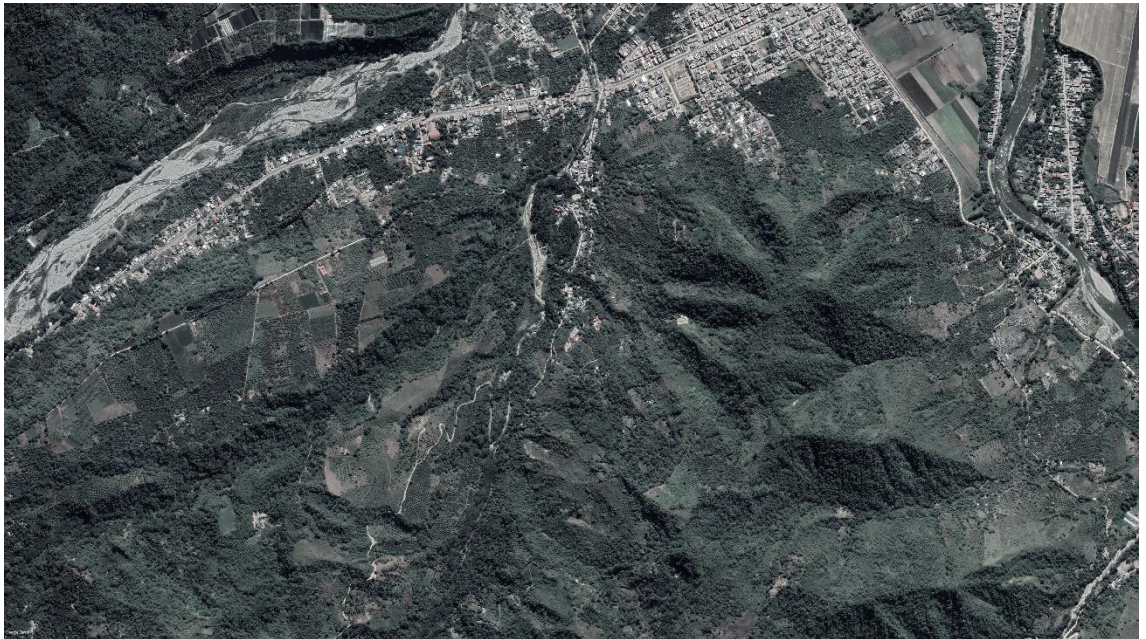
Prueba de hipótesis para la muestra

Valor de prueba = 0.06						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Biomasa	-,590	17	,563	-,003944	-,01804	,01016

Se uso imágenes satelitales para determinar las regiones disponibles en donde se puede sembrar la bolaina en el Distrito de San Ramon, Departamento de Junín Perú, ver figura 8.

Figura 7

Cantidad de superficie para realizar el cultivo de la especie Bolaina



El procesamiento de imágenes satelitales mediante segmentación para la detección de vegetación implica la división de la imagen en regiones homogéneas que representan características similares, como áreas de vegetación ver figura 9. Este enfoque busca identificar patrones visuales asociados con la vegetación al agrupar píxeles con propiedades espectrales y texturales similares. Utilizando técnicas de segmentación, como umbrales, métodos basados en regiones o algoritmos de agrupamiento, se delimitan zonas que posiblemente contengan vegetación. Esta segmentación permite distinguir la vegetación de otros elementos en la imagen, facilitando su análisis y cuantificación, y es fundamental en aplicaciones como monitoreo de cambios en el uso del suelo, evaluación de la salud de los ecosistemas y análisis ambientales a gran escala.

Figura 8

Región obtenida del procesamiento de imágenes



En la cual se obtuvo una región en metros cuadrados de 6883133 equivalente a 688.3 hectáreas de terreno disponibles para el sembrío de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina), como manera sustentable de aprovechar los recursos naturales

4.3. Prueba de Hipótesis

H_0 ($\alpha=0.06$): La biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023, es considerable en comparación a otras especies forestales de almacenamiento de biomasa total, y Carbono.

H_1 ($\alpha \neq 0.06$): La biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023, es mayor en comparación a otras especies forestales de almacenamiento de biomasa total, y Carbono.

Interpretación: De acuerdo a la tabla 10 el grado de significancia obtenida de la prueba t student es 0.563, permitiendo aceptar la hipótesis nula porque es mayor al 0.05, validando que la biomasa y la captura de carbono de la especie

Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023, es considerable en comparación a otras especies forestales de almacenamiento de biomasa total, y Carbono, ya que diversos estudios manifiestan que en promedio un árbol genera una biomasa de 0.06 tn por un tiempo de 3 a 5 años

4.4. Discusión de resultados

Los estudios sobre la biomasa y captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia, conocida como bolaina, refiere un resultado significativo, como en el caso de la investigación realizada en 2015 en un bosque tropical en América Central, en donde se determinó que la biomasa de Guazuma ulmifolia promediaba aproximadamente 45 toneladas por hectárea. Asimismo, un estudio llevado a cabo en 2018 en un bosque secundario en Sudamérica, se halló una captura de carbono promedio de alrededor de 22 toneladas por hectárea en la misma especie. Otra investigación en 2020 en un área de restauración en México reveló una biomasa de Guazuma ulmifolia de 38 toneladas por hectárea, con una captura de carbono estimada en 18 toneladas por hectárea. Estos resultados subrayan el potencial de Guazuma ulmifolia como un contribuyente significativo en la captura de carbono y el almacenamiento de biomasa en diversos tipos de ecosistemas forestales.

Las investigaciones sobre la biomasa y la captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea han concluido que esta especie arbórea juega un papel fundamental en la captura y almacenamiento de carbono, así como en la restauración y regeneración de ecosistemas. Su rápida tasa de crecimiento, adaptabilidad y capacidad para acumular carbono en diferentes partes de su estructura la convierten en un recurso valioso tanto para la conservación de la biodiversidad como para la mitigación del cambio climático en una variedad de contextos ambientales.

CONCLUSIONES

Para promover la captura de carbono efectiva mediante la *Guazuma ulmifolia* y otras especies forestales, es fundamental implementar prácticas de manejo forestal sostenible, conservación de hábitats y restauración de ecosistemas, en donde se realizó el cálculo 688.3 hectáreas en el Distrito de San Ramon disponibles y con las condiciones climáticas apropiadas Además, es importante llevar a cabo investigaciones para comprender mejor la respuesta de esta especie a diferentes presiones y cómo se pueden mitigar sus impactos negativos.

La biomasa y la captura de carbono de la especie *Guazuma ulmifolia*, conocida comúnmente como bolaina, han arrojado resultados significativos con la cantidad de biomasa de 62.2 t/ha, y la estimación de captura de carbono, 31.1 Tn/ha destacando su papel importante en los ecosistemas y su potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático, además de tener tasas de crecimiento y acumulación de biomasa considerablemente altas.

La especie muestra una adaptabilidad notoria, prosperando en diversos contextos, desde bosques secos hasta zonas más húmedas. Además, se ha observado que la bolaina tiene un crecimiento especialmente rápido en áreas perturbadas, lo que sugiere su potencial para la restauración de ecosistemas degradados y la recuperación de áreas impactadas por actividades humanas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones que aborden la relación entre la biomasa y la captura de carbono de *Guazuma ulmifolia* y la diversidad de hábitats circundantes. Al estudiar la bolaina en diferentes etapas de sucesión ecológica, desde áreas degradadas hasta bosques maduros, se podría comprender mejor cómo la especie contribuye a la acumulación de biomasa y captura de carbono en diversas condiciones. Esto permitiría identificar estrategias de restauración y manejo basadas en la interacción de *Guazuma ulmifolia* con su entorno.

Una recomendación clave es llevar a cabo investigaciones que exploren la influencia de la densidad poblacional de *Guazuma ulmifolia* en la biomasa y captura de carbono por hectárea. Examinar áreas donde la densidad de bolaina varía podría proporcionar información valiosa sobre cómo los factores intraespecíficos afectan la acumulación de biomasa y carbono. Estos hallazgos serían esenciales para comprender cómo regular las poblaciones de bolaina para maximizar su contribución a la captura de carbono en diferentes contextos.

Se sugiere investigar el impacto de la edad y el tamaño de los individuos de *Guazuma ulmifolia* en la cantidad de biomasa y carbono almacenados por hectárea. Establecer parcelas de muestreo en diferentes sitios con bolainas de diversas edades y tamaños permitiría evaluar cómo estos factores influyen en la capacidad de la especie para acumular carbono a lo largo del tiempo. Esto ayudaría a determinar las etapas óptimas para la captura efectiva de carbono y la planificación de estrategias de manejo.

Se recomienda investigar las interacciones simbióticas entre *Guazuma ulmifolia* y microorganismos del suelo, como hongos micorrízicos, y cómo estas relaciones influyen en la acumulación de biomasa y carbono. Estudios que analicen la salud del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana en áreas donde crece la bolaina podrían revelar la importancia de estas asociaciones en la captura de carbono. Comprender estos vínculos subterráneos sería esencial para abordar la contribución completa de *Guazuma ulmifolia* a la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREVALO, L; ALEGRE, J y PALM, C. 2003. Manual determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. ICRAF. 24p.
- AROSTEGUI, A. (1974). Estudio tecnológico de maderas del Perú (Zona Pucallpa). Vol. I. Características tecnológicas y usos de la madera de 145 Especies del País. Lima, Perú. 483p.
- BALDOCEDA, R. 1991. Silvicultura de la Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mill). Temas forestales. Pucallpa. 9p.
- BALDOCEDA, R y MERCADO, G. 2001. "Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono en la zona de Neshuya-Curimaná (Pucallpa)". En: Valoración económica de la biodiversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Proyecto INRENA – BIOFOR.
- BARBARAN J. 2000. Determinación de la Biomasa y carbono en los principales sistemas de uso de la tierra en la zona de campo verde. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad nacional de Ucayali. Pucallpa. Perú. 54p.
- BRACKO, L. Y ZARUCCHI, J. 1993. Catalogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. USA, Missouri Botanical Garden. 1244p.
- BROWN, S. AND A LUGO, A. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*. 14: 161-187p.
- BROWN S. AND A. LUGO 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumens. *Science* 223: 1290-1293p.
- BROWN, S. 1996. A primer for estimating biomasa and chance in tropical forest. FAO.120p.

- ROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. Department of Natural Resources and Environmental Sciences University of Illinois. Illinois USA. 100p
- CAIRNS, M.; BROWN, S; HELMER, E; BAUMGARDNER, G. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecologia* 1-11p.
- CHACÍN, F. 1998. Análisis de regresión y superficie de respuesta. Comisión de biblioteca, información, documentación y publicaciones. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, VE. 279p.
- ENCARNACIÓN, F. 1983. Nomenclatura de las especies forestales comunes en el Perú. Proyecto PNUD/FAO/81/002. Trabajo N° 7. Lima, Perú. 149p.
- FINEGAN, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de tierras bajas. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 27p.
- FREITAS, L.; OTAROLA, E.; CASTILLO, D.; LINARES, C.; MARTINEZ, P.; MALCA, G.; 2006. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la reserva nacional pacaya samiria. Documento. Técnico N° 29 Loreto – Perú. 62p.
- GAYOSO, J; GUERRA, J y ALARCON, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 154p.
- GUERRA, H. 2008. Factores Históricos y ecológicos que influyen en la productividad de las sucesiones de *Guazuma crinita* Mart. (Bolina blanca) en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad nacional de Ucayali. Pucallpa. Perú. 65p.

- HUGHES RF, KAUFFMAN JB, JARAMILLO VJ (1999) Biomass, carbon, and nutrient dynamic of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. *Ecology* 80:1892-1907p.
- HOUGHTON, A (1996) Converting terrestrial ecosystems from sources to sinks of carbon. *Ambio* 25: 267-272p.
- IIAP. 2002. Estudio de línea de base de secuestro de carbono en la cuenca del río Nanay. Iquitos-Perú. 281p
- IIAP. 2003. Propuesta de zonificación ecológica y económica de la cuenca del río Aguaytía. Pucallpa, Perú. 125p.
- ICRAF. 1998. Respuesta a nuevas demandas tecnológicas, fortalecimiento de la investigación en agroindustria y el manejo de recursos naturales. Informe final Convenio BID-ICRAF ATN/SF – 5209. 215p.
- INIA, 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Sub-Región Andina, INIA – OIMT. PD 150/91. Lima, Perú. 489p.
- KRANKINA, N.; HARMON, E.; WINJUM, K. (1996) Carbon storage and sequestration in Russian Forest Sector. *Ambio* 25: 284-288p.
- LEE, H.; ZHOU, D.; JUNG, Y.; WISNIEWSKI, J.; SATHAYE J. (1996) Greenhouse gas emissions inventory and mitigation strategies for asian and pacific countries: Summary of workshop presentations and working group discussions. *Ambio* 25: 220-228p.
- MACDICKEN, K. 1997. A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 260p
- MALCA, G. 2001. Estimación de la capacidad de captura de carbono en bosques secundarios del trópico amazónico como indicador de valoración económica. Loreto – Perú. En: Valoración económica de la biodiversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Proyecto INRENA – BIOFOR. 250p

- MONTOYA, G., L. SOTO, BEN DE JONG, K. NELSON, P. FARIAS, PAJAL YAKAC TIC, J. TAYLOR Y R. TIPPER. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zona Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F. 292p.
- MOURA, P (1996) Tropical forestry practices for carbon sequestration: A review and case study from Southeast Asia. 283p.
- NELSON, B; MESQUITA, R; PEREIRA, J; AQUINO, S; TEIXEIRA, G; BOVINO, L. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117: 149-167p.
- ORDÓÑEZ, A. 1999. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF. 72p.
- ORTIZ R.; RAMIREZ O. AND B FINEGAN 1998. CO2 Mitigation service of Costa Rica secondary forests as economic alternativa for joint implementation initiatives. 80p.
- RHOADES CHC, ECKERT GE, COLEMAN DC. 2000 Soil carbon differences among forest, agriculture and secondary vegetation in Lower Montane Ecuador. *Ecol. Applic.* 505p.
- SALATI, E. 1990. Los Posible Cambios Climáticos en América Latina y el Caribe y sus Consecuencias. Report # 90-7-1223, Naciones Unidas and Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL. Santiago de Chile, 12-14 de Septiembre, 45 p.
- SCHLEGEL, B; GAYOSO, J y GUERRA, J. 2000. Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal. Proyecto FONDEF D98I1076. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 24p.
- SEGURA, M. 1997. Almacenamiento y Fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Salamanca, Costa Rica. Tesis licenciatura. Costa rica, Heredia. 147p.

SEGURA M; KANNINEN, M. 2001. Inventario para estimar carbono en ecosistemas tropicales en América central. CATIE. Serie Técnica Manual Técnico N° 50. 264p.

TAQUIRE, A. 1987. Variación de las propiedades físicas y comportamientos al cepillado, molduras, taladrados y lijado de Guazuma crinita Mart. En Pucallpa. CENFOR XII. Proyecto de Capacitación y Divulgación Forestal. Doc. De trabajo. N° 4. Pucallpa –Perú 64p.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos

Árbol	Circunf. (cm)	DAP (m)	HT(m)	VT(m3)	B(Tn)	C(Tn)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
						Promedio

Anexo 2 Matriz de consistencia

Título: Determinación de la biomasa y captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V.I	Población	Método	
¿Cómo determinar la biomasa de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023?	Determinar la biomasa y la captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023	La biomasa y la captura de carbono de la especie Guazuma ulmifolia (bolaina) por hectárea en el bosque del distrito de San Ramon-Selva Central en el año 2023, es considerable en comparación a otras especies forestales de almacenamiento de biomasa total, y Carbono.	La biomasa en árboles de Bolaina	Cantidad de arboles del distrito de San Ramon	Hipotético - deductivo	Estadística Inferencial
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V.D	Muestra	Nivel de investigación	Validación de hipótesis
¿Cuál es la cantidad la biomasa en árboles de Bolaina del bosque de San Ramon-Selva Central?	Cuantificar la biomasa en árboles de Bolaina que se encuentran en las plantaciones del bosque de San Ramon-Selva Central.	La biomasa en árboles de Bolaina es superior a otras especies de árboles en las plantaciones del bosque de San Ramon-Selva Central.	La cantidad de carbono aéreo de la bolaina	Muestreo intencionado no probabilístico	Causal	Pruebas paramétricas
¿Qué cantidad de carbono almacena la bolaina del bosque de San Ramon-Selva Central?	Determinar la cantidad de carbono aéreo de la bolaina del bosque de San Ramon-Selva Central.	La cantidad de carbono aéreo de la bolaina es superior a otras especies de árboles del bosque de San Ramon-Selva Central..		No Experimental	Diseño	T student

Anexo 3 Panel Fotográfico



Imagen 01: En la Municipalidad de distrital de San Ramon



Imagen 2 En una plantación de Bolaina en la zona de San Ramon