



**UNAP**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL CARBONO ALMACENADO EN LA  
BIOMASA AÉREA DE *CEDRELINGA CATENIFORMIS* DE LA  
CONCESIÓN FORESTAL HYDRA CONSULTING  
DISTRITO DE PEBAS LORETO 2022**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR: ERIK DUVALIER CORDOVA PISCO**

**ASESOR: ING. FOR. JOSÉ ANTONIO ESCOBAR DÍAZ, DR.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2025**



**UNAP**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL CARBONO ALMACENADO EN LA  
BIOMASA AÉREA DE *Cedrelinga Cateniformis* DE LA  
CONCESIÓN FORESTAL HYDRA CONSULTING  
DISTRITO DE PEBAS LORETO 2022**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN  
GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR: ERIK DUVALIER CORDOVA PISCO**

**ASESOR: ING. FOR. JOSÉ ANTONIO ESCOBAR DÍAZ, DR.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**N°001-2025-OAA-EPG-UNAP**

En Iquitos en la Escuela de Postgrado (EPG) de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP) a los tres días del mes de enero de 2025 a las 10:00 a.m., se dió inicio a la sustentación de la tesis denominado: "VALORACIÓN ECONÓMICA DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA AÉREA DE CEDRELINGA CATENIFORMIS DE LA CONCESIÓN FORESTAL HYDRA CONSULTING DISTRITO DE PEBAS LORETO 2022", aprobado con Resolución Directoral N°2234-2024-EPG-UNAP, presentado por el egresado ERIK DUVALIER CORDOVA PISCO, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y el Estatuto de la UNAP.

El jurado calificador designado mediante Resolución Directoral N°1626-2024-EPG-UNAP, esta conformado por los profesionales siguientes:

- |   |              |
|---|--------------|
| Ing. Agron. Pedro Antonio Gratelly Silva, Dr. | (Presidente) |
| Ing. Agron. Rafael Chávez Vásquez, Dr.        | (Miembro)    |
| Ing. For. Saron Quintana Vásquez, Dra.        | (Miembro)    |

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron respondidas: a satisfacción

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al resultado siguiente:

La sustentación pública y la tesis ha sido: Aprobado con calificación MUY BUENA

A continuación, el Presidente del Jurado da por concluida la sustentación, siendo las 11:30 am del tres de enero de 2025; con lo cual, se le declara al sustentante APTO, para recibir Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental.

Ing. Agron. Pedro Antonio Gratelly Silva, Dr.  
Presidente

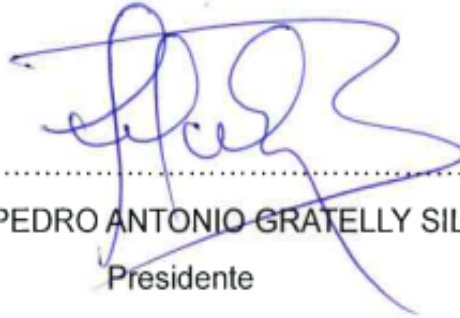
Ing. Agron. Rafael Chávez Vásquez, Dr.  
Miembro

Ing. For. Saron Quintana Vásquez, Dra.  
Miembro

Ing. For. José Antonio Escobar Díaz, Dr.  
Asesor



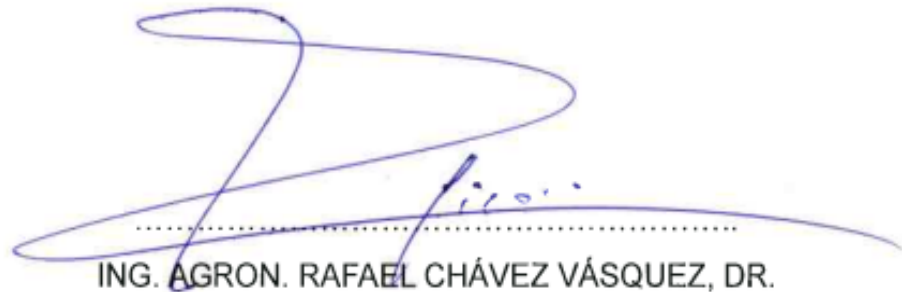
TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL DÍA 03 DE ENERO DE 2025, EN LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS-PERÚ.



.....

ING. AGRON. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, DR.

Presidente



.....

ING. AGRON. RAFAEL CHÁVEZ VÁSQUEZ, DR.

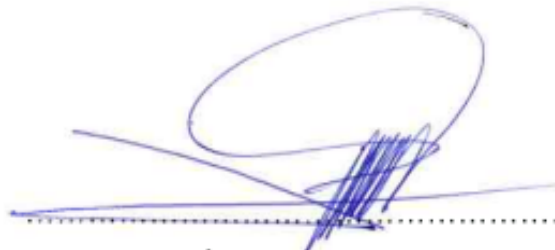
Miembro



.....

ING. FOR. SARON QUINTANA VÁSQUEZ, DRA.

Miembro



.....

ING. FOR. JOSÉ ANTONIO ESCOBAR DÍAZ, DR.

Asesor

NOMBRE DEL TRABAJO

EPG\_M\_TESIS\_CORDOVA PISCO (2da rev).pdf

AUTOR

ERIK DUVALIER CORDOVA PISCO

RECUESTO DE PALABRAS

**6770 Words**

RECUESTO DE CARACTERES

**34009 Characters**

RECUESTO DE PÁGINAS

**25 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 20, 2024 10:42 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 20, 2024 10:42 AM GMT-5**

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Dedico este trabajo a **Mi Madre**: Rita. **A mi esposa**: Cristina. **A mi hijo**: Dyland, quienes han sido mi fuente de inspiración y constante motivación. **A mi Hermana**: Evelyn y **Abuelos**: Melita y Benjamín; por su apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTO

El autor reserva esta página para mostrar su sincero agradecimiento:

- Al Dr. José Antonio Escobar Díaz, asesor del presente trabajo de investigación, docente principal adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, mi alma mater, por los programas académicos de calidad que me permitieron adquirir conocimientos y habilidades relevantes en la carrera profesional.
- A la plana de docentes del programa de Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental - XI promoción, de la escuela de Post Grado “José Torres Vásquez”; por su dedicación y compromiso con la enseñanza, inspirando y motivando a los estudiantes a alcanzar su máximo potencial académico.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas.
Carátula	i
Contracarátula	ii
Acta de sustentación	iii
Jurado	iv
Resultado del informe de similitud	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenido	viii
Índice de tablas	ix
Índice de gráficos	x
Resumen	xi
Abstract	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>01</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>03</b>
1.1. Antecedentes	03
1.2. Bases teóricas	05
1.3. Definición de términos básicos	07
<b>CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS</b>	<b>08</b>
2.1. Variables y definiciones operacionales	08
2.2. Formulación de la hipótesis	08
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
3.1. Tipo y diseño de la investigación	10
3.2. Población y muestra	10
3.3. Técnicas e instrumentos	11
3.4. Procedimientos de recolección de datos	11
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	11
3.6. Aspectos éticos	12
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO VI: PROPUESTA</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>26</b>
<b>ANEXOS</b>	
1. Estadística complementaria	
2. Instrumentos de recolección de datos	
3. Mapa de ubicación del área de estudio.	
4. Tabla de variables y definiciones operacionales	



## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla N° 01. Volumen de fuste por clase diamétrica	13
Tabla N° 02. Biomasa por clase diamétrica	14
Tabla N° 03. Carbono almacenado por clase diamétrica	15
Tabla N° 04. Precio del carbono almacenado por clase diamétrica	17
Tabla N° 05. Prueba de normalidad	18
Tabla N° 06. Prueba no paramétrica de Spearman	19

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Páginas
Gráfico N° 01.Volumen de fuste según la clase diamétrica	14
Gráfico N° 02.Biomasa según su clase diamétrica	15
Gráfico N° 03.Carbono almacenado según su clase diamétrica	16
Gráfico N° 04.Precio de carbono según su clase diamétrica	17

## RESUMEN

El estudio "Valoración Económica del Carbono Almacenado en la Biomasa Aérea de *Cedrelinga Cateniformis* de la Concesión Forestal Hydra Consulting, Distrito de Pebas, Loreto, 2022", se llevó a cabo en la concesión forestal Hydra Consulting, ubicada en el distrito de Pebas, provincia de Ramón Castilla, departamento de Loreto, Perú, durante el año 2022. Los resultados revelaron un volumen significativo de bosque de *Cedrelinga cateniformis*, con un total de 4 960 m<sup>3</sup>/ha en el área de estudio y 2 479 828 m<sup>3</sup> en toda la concesión. Se estimó que el carbono almacenado en la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* ascendió a 2 511.02 tC/ha, con un total de 1 255 510 tC en toda la concesión. Además, se determinó que el precio actual del carbono almacenado en la biomasa aérea de la especie alcanzó la cantidad de S/. 29,780.450 por hectárea, sumando un total de S/. 14,890 225.00 en toda la concesión. Se encontró una correlación positiva significativa (coeficiente de correlación de Spearman de 0.98) entre el carbono almacenado por clase diamétrica y el precio del carbono. Estos hallazgos respaldan la importancia de conservar y gestionar de manera sostenible los bosques de *Cedrelinga cateniformis* para maximizar su contribución al secuestro de carbono y su valor económico. En conclusión, este estudio proporciona información valiosa para la toma de decisiones en la gestión forestal y contribuye al conocimiento sobre la valoración económica del carbono en los bosques de la región amazónica del Perú.

**Palabras clave:** Carbono almacenado, biomasa aérea, *Cedrelinga cateniformis*, concesión forestal, valoración económica.

## ABSTRACT

The study "Economic Valuation of Carbon Stored in the Aboveground Biomass of *Cedrelinga cateniformis* in the Hydra Consulting Forest Concession, Pebas District, Loreto, 2022" was conducted in the Hydra Consulting Forest concession, located in the Pebas district, Ramon province, Loreto department, Peru, during 2022. The results revealed a significant volume of *Cedrelinga cateniformis* forest, with a total of 4,960 m<sup>3</sup>/ha in the study area and 2,479,828 m<sup>3</sup> across the entire concession. It was estimated that the carbon stored in the aboveground biomass of *Cedrelinga cateniformis* amounted to 2511.02 tC/ha, totalling 1,255,510 tC across the concession. Additionally, the price of carbon stored in the species' aboveground biomass reached S/. 29,780.450 per hectare, summing up to S/. 14,890,225.00 across the concession. A significant positive correlation (Spearman correlation coefficient of 0.98) was found between carbon stored by diameter class and carbon price. These findings underscore the importance of conserving and sustainably managing *Cedrelinga cateniformis* forests to maximize their contribution to carbon sequestration and economic value. In conclusion, this study provides valuable information for decision-making in forest management and contributes to the understanding of economic valuation of carbon in Amazonian forests of Peru.

**Keywords:** Stored carbon, aboveground biomass, *Cedrelinga cateniformis*, forest concession, economic valuation.

## INTRODUCCIÓN

La actividad económica contribuye con frecuencia al agotamiento y deterioro de los recursos naturales porque no reconoce claramente el valor de uso de los mismos y los servicios que ofrecen. A través del tiempo la especie humana ha despreciado la importancia de los recursos que nos aporta el medio ambiente, por medio de sus actividades sin considerar el impacto que causan sobre él <sup>(1)</sup>.

La sociedad se favorece del suministro de cosas como provisiones y fármacos de los servicios medioambientales, entre ellos la captura de CO<sub>2</sub> y su almacenamiento. Sin embargo, a pesar de todas estas ventajas, las estadísticas mundiales revelan una verdad diferente: el agotamiento de los recursos forestales y de su biodiversidad ha provocado la extinción de varias especies vegetales y animales, y otras más corren peligro de hacerlo. <sup>(2)</sup>

Una especie que se encuentra dentro de estos recursos naturales es *Cedrelinga cateniformis*, comercialmente conocida como tornillo, con una alta demanda en el mercado que, debido a sus excelentes cualidades físicas y mecánicas, que la convierten en una especie muy útil para muchos fines; por ello, su extracción y comercialización han crecido a un ritmo acelerado <sup>(3)</sup>, sin considerar su alta facilidad de captación de carbono con 8152 t/ha, según <sup>(4)</sup>

Estas actividades antropogénicas se asocian con el cambio climático que afectan a la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero, dentro de los cuales el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tiene una función sobresaliente <sup>(5)</sup>. La baja comprensión de la valoración económica sobre la cantidad de carbono que la especie de interés almacena, es una problemática a tener en cuenta dentro de nuestros límites territoriales, por su función como importante sumidero de carbono y sus efectos positivos sobre el medio ambiente <sup>(6)</sup>.

La ausencia de este conocimiento ha consentido por un largo periodo a que las decisiones solo podían tomar en función de las necesidades del mercado <sup>(7)</sup>. Los precios en el mercado auxiliar han plasmado motivación para el uso descomunal del recurso maderable de la especie *Cedrelinga cateniformis* y favorecido su carencia.

Los bosques de la concesión forestal Hydra consulting cobran importancia por poseer una amplia superficie forestal (500 ha) y una extensa dispersión de la especie *Cedrelinga cateniformis*, pero esta se está viendo afectada por la tala clandestina debido al incremento de población, cambios de uso de suelo y desconocimiento del valor económico que la especie brinda en el almacenamiento de carbono.

En tal sentido, el problema de la investigación tiene la siguiente pregunta; ¿Cuál será el valor económico del carbono almacenado dentro de la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* de la concesión forestal Hydra consulting, distrito de Pebas, Loreto, 2022?, y para abordar esta interrogante, se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general:

Determinar la valoración económica del carbono almacenado en la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* de la concesión forestal Hydra consulting, distrito de Pebas, Loreto, 2022.

Objetivos específicos:

- Determinar el volumen del fuste por medio de un censo forestal en la concesión forestal Hydra consulting, distrito de Pebas, Loreto, 2022.

- Cuantificar el carbono almacenado y biomasa aérea según clase diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* en la concesión forestal Hydra consulting, distrito de Pebas, Loreto, 2022.

- Calcular el precio del carbono almacenado de la especie *Cedrelinga cateniformis* de la concesión forestal Hydra consulting, distrito de Pebas, Loreto, 2022, en el mercado internacional.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1. Antecedentes

Desarrollaron un estudio descriptivo en Michoacán, donde el objeto de estudio fue una plantación de *Tectona grandis*, la investigación determinó que esa especie presenta una densidad de mil seiscientos sesenta y seis (1666) árboles por hectárea y 220.29 m<sup>3</sup>/ha de madera, con una densidad 0.59 g/cm<sup>3</sup> y almacena 77.20 tC/ha en los primeros once (11) años de edad. <sup>(8)</sup>

Desarrolló una investigación cuantitativa, donde el objeto de estudio fue cinco (5) grupos de ecosistemas vegetales de la Puna Seca en el suroeste del Perú. La investigación dio como resultados, que esta reserva contiene al menos 13507104.16 t/ha de CO<sub>2</sub> equivalente, con un valor en moneda americana de U\$D 86 310 395.58. <sup>(9)</sup>

Desarrolló una investigación cuantitativa, donde el objeto de estudio fueron las especies forestales que cumplían con su DMC, del bosque siempre verde andino de Huangra, Chimborazo, donde se determinó 266.98 m<sup>3</sup>/ha en una superficie de 15 802.88 ha, el costo por fijación de carbono fue de 4.89 \$/ha con un total de 1 274.07 \$/ha. <sup>(10)</sup>

Realizó una investigación cuantitativa, donde el objeto de estudio fue nueve (9) especies forestales con ecosistema húmedo dentro del distrito de Yavarí de la región Loreto. se concluyó que el carbono almacenado asciende a 1743.76 tC, donde *Cedrelinga cateniformis* es una de las especies con mayor cantidad de carbono (244.17 tC), representando un 14%. <sup>(11)</sup>

Realizó un estudio cuantitativo, donde se determinó el carbono almacenado (tC/ha) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el objeto estudiado fue las plantaciones de “marupa” (*Simarouba amara*) y “tornillo” (*Cedrelinga cateniformis*) con diferentes intervalos de tiempo en sembrío que varían entre 15 a 20 años, de 21 a 30 años y de 31 a 40 años con diámetro mayor a 10 cm. Los resultados muestran que marupa tiene 928 tC/ha equivalente a 20 924 \$ /ha; mientras que la plantación de tornillo tiene 5440 tC/ha con un valor de 122 552 \$/ha <sup>(4)</sup>.

Realizó un estudio de cuantificación al valor económico del secuestro de carbono (tC/ha), el objeto de estudio fue el bosque de humedal altoandino Chalhuanca, donde se tomaron muestras al azar de biomasa aérea. Los

resultados indican que estas muestras contienen 4.8 tC/ha y representan el 2% del total de carbono almacena para ese tipo de bosque, y el valor de servicio ecosistémico asciende a 6 462.18 \$/ha, teniendo una estimación de un valor total de 5 703 132.34 \$.<sup>(33)</sup>

Realizó un trabajo no experimental del tipo cuantitativo, en donde el objeto de estudio fueron diferentes sistemas agroforestales de la región San Martín, los resultados obtenidos para el almacenamiento de carbono fueron de 21551 tC/ha, dando un valor económico asciende a 23 662 723.113 \$.<sup>(34)</sup>

Realizó un trabajo de investigación cuantitativa, no experimental, donde el objeto de estudio fue un bosque nublado. Los resultados de la investigación estiman la captura de carbono en diferentes zonas del bosque, zona alta con 329 tC/ha y zona baja con 323 tC/ha, lo que representaría un valor económico de \$ 2 291 128.<sup>(35)</sup>

Realizó un estudio donde cuantifico el dióxido de carbono secuestrado en 4 especies forestales de diferentes niveles de dureza, en un área total de 4 ha. Los resultados indican que para *Cedrelinga cateniformis* contiene 7.707 tC/ha, y el valor de servicio ecosistémico ascendería a 53 949 \$/ha.<sup>(36)</sup>

Realizó un estudio en donde estimo el carbono almacenado para dos especies, entre ellas *Cedrelinga cateniformis*. Los resultados indican que el carbono almacenado asciende a 8 152 tC/ha, lo cual indicaría un valor por servicio ecosistémico de 57 064 \$/ha.<sup>(37)</sup>

En un estudio donde cuantificó la biomasa y el carbono fijado en bosques templados, llegaron a la conclusión de que la acumulación más representativa de carbono asciende a 662.06 tC/ha, indicando que el valor económico para este servicio estaría estimado en 4 065.04 \$/ha.<sup>(38)</sup>

Realizaron un estudio de cuantificación de carbono, donde el objeto de estudio fueron tres tipos de bosques con plantaciones forestales. Los resultados indican que el carbono almacenado asciende a 273 101.20 tC, dando un valor económico de \$ 1 676 841.37.<sup>(39)</sup>



## 2. Bases teóricas

### Biomasa.

Es todo material orgánico no fosilizado, se encuentra en productos, y residuos de la agricultura <sup>(4)</sup>. También incluye a todos los líquidos y gases emitidos de la materia orgánica no fosilizada <sup>(12)</sup>.

Aparte del enfoque de modelización alométrica de la biomasa, existen varias formas de estimar la biomasa de los árboles. Para permitir la conversión de volúmenes húmedos en biomasa, la madera debe tener una densidad mínima. <sup>(13)</sup>.

Es fundamental realizar un diseño de muestreo estadísticamente específico en el cual se tomen medidas de las variables independientes para calcular la biomasa vegetal utilizando ecuaciones alométricas. <sup>(6)</sup>

La biomasa de un bosque se refiere a la cantidad total de materia vegetal presente en ese ecosistema. Esta biomasa se divide comúnmente en dos categorías principales: biomasa aérea, que incluye los árboles y arbustos visibles sobre el suelo, y biomasa subterránea, que se refiere a las raíces y otros componentes que se encuentran debajo del suelo. La suma de estas dos categorías representa la biomasa en su totalidad dentro del bosque <sup>(6)</sup>. Dado que las muestras de este tamaño no son típicas, el cálculo de biomasa a nivel regional, nacional o global no deben estar vinculadas a un límite de áreas de medición directa. En estas circunstancias, sugieren utilizar datos de inventarios forestales que cubran suficiente terreno para reflejar adecuadamente la población relevante. <sup>(14)</sup>.

El factor de expansión de la biomasa (FEB) es un parámetro que varía según la especie de árbol, la densidad y otros factores, y se emplea para calcular la biomasa completa de un árbol cuando solo se cuenta con datos sobre la biomasa del tronco. Esta relación es una manera directa de estimar la biomasa total a partir de la biomasa del tronco. <sup>(12)</sup>.

## Carbono almacenado.

La atmósfera, biosfera terrestre, océanos y sedimentos se perciben como cuatro reservorios interconectados que componen el ciclo del carbono. El mecanismo de intercambio principales del carbono (C) se da en la fotosíntesis.<sup>(15)</sup>, cuando el agua reacciona con el CO<sub>2</sub> se forman carbohidratos y se liberar oxígeno directamente a la atmósfera<sup>(16)</sup> , La mayor absorción de carbono (C) ocurre durante las etapas iniciales del crecimiento de los árboles, y a medida que alcanzan la madurez, su capacidad para capturar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se reduce, capturando solo cantidades menores, por ello, es significativo conocer cuánto carbono captura durante toda su vida una especie forestal comercial. <sup>(17)</sup>

Este término se utiliza para describir la cantidad de carbono que se acumula en la biomasa de los organismos vivos a medida que estos crecen y se desarrollan a lo largo del tiempo. Es esencial conocer este crecimiento en metros cúbicos por hectárea (m<sup>3</sup>/ha) para calcular cuánto carbono se ha secuestrado en los inventarios forestales.<sup>(18)</sup>

## Valoración económica.

En el campo de la economía ambiental, se ha desarrollado una técnica con la finalidad de ofrecer modelos económicos y medidas monetarias que reflejen el valor de un recurso ambiental. Una alternativa consiste en adoptar una clasificación diferente, que distinga entre los métodos que buscan estimar las relaciones de demanda de los recursos ambientales y aquellos que realizan valoraciones sin recurrir a la representación de la función de demanda. <sup>(1)</sup>. La potencialidad de los árboles para absorber CO<sub>2</sub> es uno de los servicios ambientales que recibe mayor atención a esto se conoce como mercado de carbono donde las empresas o grandes industrias compran y venden autorizaciones para contaminar con residuos de carbonos a través de “créditos de carbono”, o libertad de emisiones <sup>(4)</sup>.

<sup>(19)</sup> , sostiene que se utilizaron varios precios de semejanza para determinar el valor del servicio de sumidero de carbono. El gobierno de Costa Rica, en trato con el gobierno de Noruega, acordaron un precio de diez dólares (\$ 10.00) por cada tonelada de en sus diferentes formas de captura. En ciertas áreas de Costa Rica, como Corinto, el precio de valoración del carbono puede oscilar entre dieciocho con 30/100 dólares (\$18.30) y cuarenta y tres con

50/100 dólares (\$43.50) por tonelada de carbono. <sup>(20)</sup>, esta variación en la valoración se debe al hecho de que estas áreas son consideradas zonas de conservación, lo que las hace especialmente adecuadas para este propósito.<sup>(4)</sup>.

### 3. Definición de términos básicos

**Biomasa:** Peso o estimación equivalente de la materia orgánica, por encima y debajo del suelo <sup>(21)</sup>.

**Bosque:** Es una superficie con flora y fauna. En general los bosques contienen un gran número de árboles maduros de diferentes especies <sup>(22)</sup>.

**Carbono:** Elemento químico sólido y no metálico que se encuentra en todos los compuestos orgánicos y en algunos inorgánicos. Su símbolo es C y su número atómico 6 <sup>(21)</sup>.

**Densidad de la madera:** Es la relación entre la masa (Kg.) de una pieza de madera con su volumen (m<sup>3</sup>) y se la expresa en Kilo gramos por centímetro cúbico <sup>(23)</sup>.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gas incoloro, inodoro y con ligero sabor ácido. El compuesto está formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno <sup>(21)</sup>.

**Especies:** Conjunto de elementos semejantes entre sí por tener uno o varios caracteres comunes <sup>(24)</sup>.

**Secuestro o fijación de CO<sub>2</sub>:** Proceso bioquímico mediante el cual el CO<sub>2</sub> atmosférico es absorbido y fijado por la biomasa vegetal como resultado de la fotosíntesis <sup>(21)</sup>.

**Valoración económica:** Determinación y asignación del precio que corresponde a un bien <sup>(25)</sup>.

## CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

### 2.1. Variables y su operacionalización

Para el estudio de investigación planteado se obtuvieron las siguientes variables

**Variable dependiente:** Stock de carbono

X<sub>1</sub>: Valoración económica

X<sub>2</sub>: Carbono almacenado

**Definición:** “Elemento de la tabla periódica del grupo no metálico y puede conformar compuestos orgánicos e inorgánicos”.<sup>(21)</sup> . Presentes y retenidos en un sistema.

**Tipo según su naturaleza:** cuantitativa

**Indicador:** Valoración económica (tC/ha)

**Escala de medición:** Escala Nominal

**Medio de verificación:** Datos del inventario y hojas de cálculo mediante el software Excel

**Variable independiente:** *Cedrelinga cateniformis*

Y<sub>1</sub>: DAP

Y<sub>2</sub>: HC

**Definición:** Especie forestal especie que pertenece a la familia Fabaceae.<sup>(25)</sup>

**Tipo según su naturaleza:** cuantitativa

**Indicador:** Biomasa (t/ha)

**Escala de medición:** Escala Nominal

**Medio de verificación:** Panel de precio de carbono actual (*The world bank*)

### 2.2. Formulación de la hipótesis

General:

H<sub>1</sub>: La biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* influye en el almacenamiento de carbono y su valor económico en los bosques de la concesión forestal Hydra consulting. 2022.

H<sub>0</sub>: La biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* no influye en el almacenamiento de carbono y su valor económico en los bosques de la concesión forestal Hydra consulting. 2022.

Específicos:

➤ La densidad de *Cedrelinga cateniformis* están positivamente correlaciona con la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques de la concesión forestal Hydra consulting. 2022.

➤ El valor económico del carbono almacenado en la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* está influenciado por la demanda del mercado de carbono en bosques de la concesión forestal Hydra consulting. 2022.

➤ La clase diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* influye significativamente en la cuantificación del carbono almacenado y la biomasa aérea en los bosques de la concesión forestal Hydra consulting. 2022.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue cuantitativa no experimental, de nivel aplicativo; basado en los registros dasométricos de la especie forestal *Cedrelinga cateniformis*, ubicado en la concesión forestal Hydra consulting, distrito de Pebas. Se utilizó el método directo en la obtención de los valores de biomasa, para tal efecto el diseño fue un censo forestal únicamente de la especie *Cedrelinga cateniformis* con  $DAP \geq DMC$ .

El estudio se realizó en la concesión forestal Hydra consulting, en las parcelas de corta quince y diecinueve (PC 15 y 19) del plan operativo (PO) N°01 del contrato forestal 16-LOR-MAR/CON-MAD-2020-001, con medida cercana a 500 ha. La geolocalización está enmarcada en las coordenadas UTM: PC15 V<sub>1</sub> (9646613 Norte y 873560.2 Este); V<sub>2</sub> (9646613.00 Norte y 876060.2 Este); V<sub>3</sub> (9645613.00 Norte y 876060.2 Este) y V<sub>4</sub> (9645613.00 Norte y 873560.2 Este); para la PC19 V<sub>1</sub> (9647613.00 Norte y 876060.2 Este); V<sub>2</sub> (9647613.00 Norte y 877310.2 Este); V<sub>3</sub> (9645613.00 Norte y 877310.2 Este) y V<sub>4</sub> (9645613 Norte y 876060.2 Este). Políticamente está ubicada en el departamento de Loreto, provincia de Ramón, distrito de Pebas. (Anexo 2).

### 3.2. Población y muestra

#### Población

Todos los árboles comercialmente viables de *Cedrelinga cateniformis* con DAP mayor o igual al diámetro mínimo de corte de la PC 15 y PC 19 de la concesión forestal de Hydra consulting se consideran la población de la investigación.

#### Muestra

La muestra estuvo vinculada a la población a causa del censo forestal únicamente de la especie *Cedrelinga cateniformis* con  $DAP \geq DMC$ .

### 3.3. Técnicas e instrumentos

El instrumento fue una ficha elaborada en gabinete que recopiló el diámetro de la especie forestal al nivel del pecho (DAP), longitud de aprovechamiento, ubicación geográfica y observaciones (Anexo 3).

### 3.4. Procedimientos de recolección de datos

Los datos utilizados fueron los registrados en el inventario de flora realizado dentro del área de estudio durante el año 2022, en este sentido el diámetro (DAP) se midió con una wincha métrica, longitud de aprovechamiento fue una estimación mínima a la vista humana, ubicación geográfica se determinó a través de un dispositivo GPS y las observaciones están regidas a la condición en la que se encontró el fuste in situ. (Anexo 3), para la composición florística se tomó muestras de corteza, hojas y un panel fotográfico.

### 3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos

El diámetro (DAP) y la longitud de aprovechamiento (Anexo 3). Fueron procesados en hojas de cálculo para estimar el volumen, biomasa y carbono fijado de cada muestra de *Cedrelinga cateniformis* (Anexo 4), la clasificación del DAP está basada en rangos de 10 cm por categorías establecidas por la normalización internacional para comparar resultados de otras investigaciones. <sup>(26)</sup>

Para la determinación de la estructura florística se evaluó de manera directa mediante la observación de características únicas de *Cedrelinga cateniformis* In situ, así mismo, las muestras de corteza y hoja fueron evaluadas en el Herbarium Amazonense.

El volumen de fuste ( $V$ ) se calculó mediante el área basal ( $AB$ ) <sup>(27)</sup> multiplicada por la longitud comercial ( $HC$ ) condicionados por el factor de forma ( $Ff$ ) estándar de *Cedrelinga cateniformis*. Se usó la siguiente fórmula. <sup>(28)</sup>

$$V = AB * HC * Ff$$

Donde:

$$AB = \pi/4 * (DAP^2)$$

(DAP) = diámetro a la altura del pecho (m).

$$Ff = 0.65$$

La biomasa aérea ( $Bm$ ) en kilogramos (Kg) de la especie forestal *Cedrelinga cateniformis* se calculó utilizando la fórmula de <sup>(29)</sup>.

$$Bm = V \times DB \times FEB$$

Dónde:

$DB$  = densidad básica del xilema de *Cedrelinga cateniformis* (kg/m<sup>3</sup>) <sup>(30)</sup>;  $FEB$  = factor de expansión de biomasa (2.25) <sup>(29)</sup>.

En base a la estimación de que la biomasa contiene un 50% de carbono almacenado ( $C$ ), Se multiplicó el total de la biomasa ( $Bm$ ) por 0.5 equivalente al 50% para obtener el stock de carbono en toneladas (tC) <sup>(31)</sup>:

$$C = Bm \times 0.5$$

El cálculo de la valoración económica ( $Ve$ ) en dólares americanos (US\$) para *Cedrelinga cateniformis* se estimó multiplicando el precio actual de carbono ( $pc$ ) establecido por el banco mundial del carbono <sup>(32)</sup>.

$$Ve = C \times pc$$

Donde:

$$pc = 11.86 \$$$

### 3.6. Aspectos éticos

El desarrollo de esta investigación estuvo orientado por el respeto a los principios de autonomía, el bienestar y justicia. Tanto la participación en el estudio como la decisión de buscar información relacionada con la investigación fue completamente voluntaria. La participación tuvo remuneración para el personal de apoyo y se contó con las medidas de bioseguridad e implementos de protección personal y alimentación durante el periodo de trabajo.



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

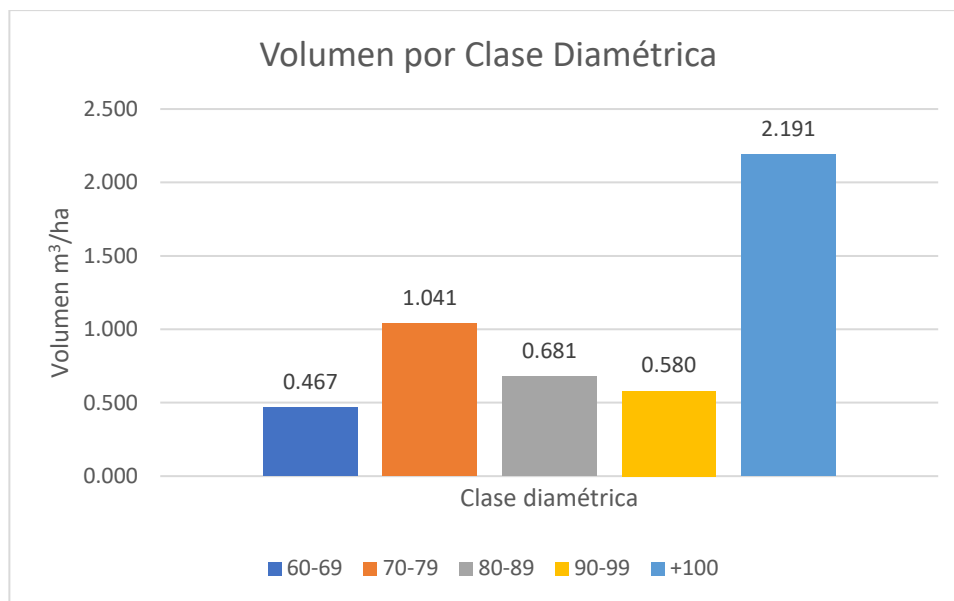
### 4.1. Volumen maderable de fuste según clase diamétrica

En la tabla N° 01. Se observa el volumen maderable de fuste según la clase diamétrica. Se puede evidenciar que dentro del área de estudio (dos parcelas de corta: 15 y 19), el bosque tiene un volumen de 4.960 m<sup>3</sup>/ha de un total de 2479.828 m<sup>3</sup> de toda el área (500 ha).

**Tabla N° 01. Volumen de fuste por clase diamétrica**

Volumen por clase diamétrica (m <sup>3</sup> /ha)							Vol.	Vol.
Especie	70 a	80 a	90 a	Vol.			(m <sup>3</sup> )	
forestal	60 a 69	79	89	99	+100	)	(m <sup>3</sup> )	
<i>Cedrelinga</i>							2479.82	
<i>cateniformis</i>	0.467	1.041	0.681	0.580	2.191	4.960	8	
<b>Total, general</b>	<b>0.467</b>	<b>1.041</b>	<b>0.681</b>	<b>0.580</b>	<b>2.191</b>	<b>4.960</b>	<b>8</b>	

La clase diamétrica que contiene el mayor volumen maderable de fuste de la especie forestal *Cedrelinga cateniformis* con 2.191 m<sup>3</sup>/ha es la que se encuentra entre mayor o igual a 100 cm de diámetro, seguida de las clases diamétricas de 70 cm a 79 cm (1.041 m<sup>3</sup>/ha), clase diamétrica de 80 cm a 89 cm (0.681 m<sup>3</sup>/ha). La clase diamétrica de 60 cm a 69 cm presenta el menor volumen maderable de fuste con 0.467 m<sup>3</sup>/ha seguida de la clase diamétricas de 90 cm a 99 cm (0.098 m<sup>3</sup>/ha). (Gráfico N° 01)



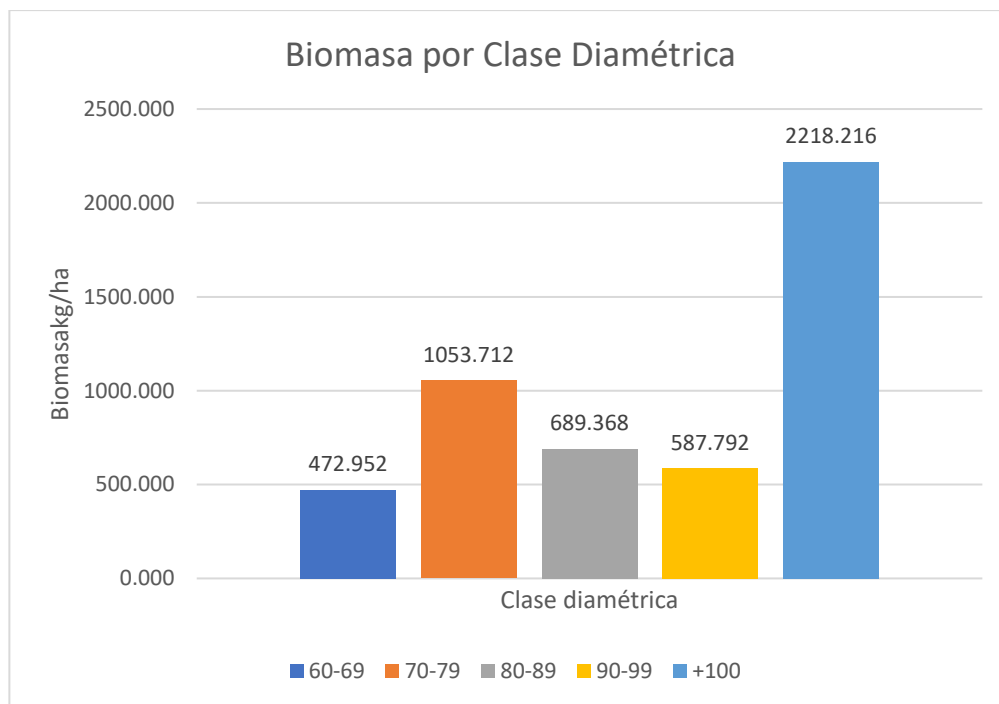
**Gráfico N° 01. Volumen de fuste según la clase diamétrica**

#### 4.2. Carbono almacenado y biomasa aérea.

En la tabla N° 02. Se presenta la cantidad de biomasa por clase diamétrica de la especie *Cedrelinga cateniformis* dentro del área de estudio de la concesión forestal Hydra consulting con 500 ha, los resultados obtenidos revelan que existe una biomasa acumulada de 5022.040 kg/ha de un total de 2511020 kg.

**Tabla N° 02. Biomasa por clase diamétrica**

Biomasa por clase diamétrica (m³/ha)							Biomasa	Biomasa
Especie forestal	60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a 99	+100	a (Kg/ha)	a (Kg)	
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	472.95	1053.71	689.36	587.79	2218.21	5022.04	251102	
<b>Total, general</b>	<b>472.95</b>	<b>1053.71</b>	<b>689.36</b>	<b>587.79</b>	<b>2218.21</b>	<b>5022.04</b>	<b>251102</b>	



**Gráfico N° 02. Biomasa según su clase diamétrica**

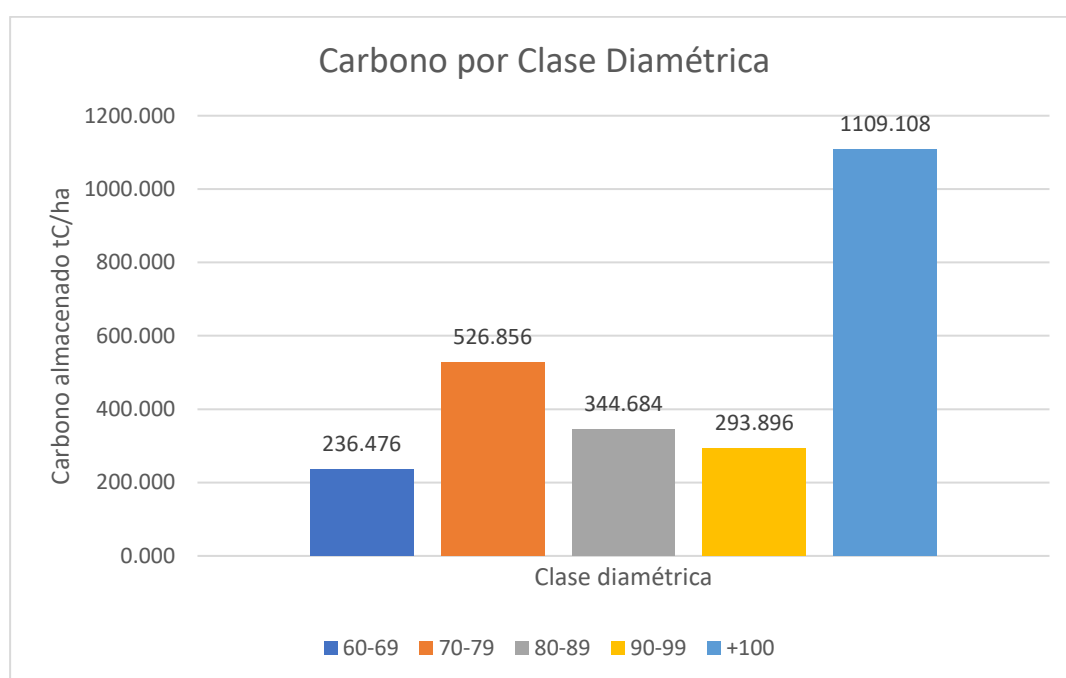
En gráfico N° 02. Se observa que la clase diamétrica mayor o igual a 100 cm de *Cedrelinga cateniformis* contiene la mayor cantidad de biomasa con un total de 2218.216 kg/ha seguida de la clase diamétrica de 70 cm a 79 cm con 1053.712 kg/ha y la clase diamétrica de 80 cm a 89 cm con 689.368 kg/ha; mientras que la clase diamétrica de 60 cm a 69 cm con 472.952 kg/ha y la clase diamétricas de 90 cm a 99 cm con 587.792 kg/ha presentan la menor cantidad de biomasa.

Por otro lado, el carbono almacenado en la biomasa aérea de la especie *Cedrelinga cateniformis* de la concesión forestal Hydra consulting asciende a 2511.02 tC/ha de un total de 1255510 tC como se muestra en la tabla N° 03.

**Tabla N° 03. Carbono almacenado por clase diamétrica**

Carbono almacenado por clase diamétrica (m <sup>3</sup> /ha)							
Especie forestal	Clase diamétrica (m)					Carbono almacenado (tC/ha)	Carbono almacenado (tC)
	60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a 99	+100		
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	236.476	526.856	344.684	293.896	1109.108	2511.020	1255510
<b>Total, general</b>	<b>236.476</b>	<b>526.856</b>	<b>344.684</b>	<b>293.896</b>	<b>1109.108</b>	<b>2511.020</b>	<b>1255510</b>

En el gráfico N° 03. Se muestra que la clase diamétrica mayor o igual a 100 cm de *Cedrelinga cateniformis* contiene la mayor cantidad de carbono almacenado con un total de 1109.108 tC/ha seguida de la clase diamétrica de 70 cm a 79 cm con 526.856 kg/ha y la clase diamétrica de 80 cm a 89 cm con 344.684 tC/ha; mientras que la clase diamétrica de 60 cm a 69 cm con 236.476 tC/ha y la clase diamétricas de 90 cm a 99 cm con 587.792 kg/ha reportan la menor cantidad de carbono almacenado.



**Gráfico N° 03. Carbono almacenado según su clase diamétrica**

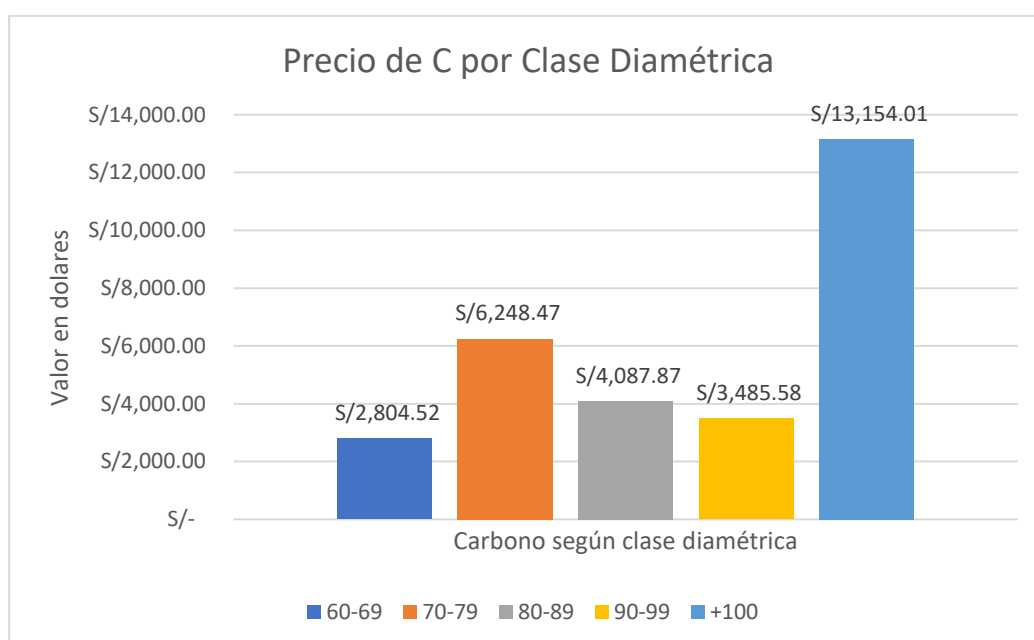
#### 4.3. Precio del carbono almacenado.

El producto resultante del precio del carbono almacenado en la biomasa aérea de la especie *Cedrelinga cateniformis* de la concesión forestal Hydra consulting alcanza la cantidad de \$ 29 780.450 por cada hectárea de un total de \$ 14 890 225.00 estos valores se pueden apreciar en la tabla N° 04.

**Tabla N° 04. Precio del carbono almacenado por clase diamétrica**

Precio del carbono almacenado por clase diamétrica (\$/ha)							
Especie forestal	60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a 99	+100	Precio C (\$/ha)	Precio C total (\$)
<i>Cedrelinga</i>	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
<i>cateniformis</i>	2,804.52	6,248.47	4,087.87	3,485.58	13,154.01	29780.450	14890225
	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
<b>Total, general</b>	<b>2,804.52</b>	<b>6,248.47</b>	<b>4,087.87</b>	<b>3,485.58</b>	<b>13,154.01</b>	<b>29780.450</b>	<b>14890225</b>

El gráfico N° 04. Nos muestra como la clase diamétrica de la especie *Cedrelinga cateniformis* que está en el rango de 100 cm a más, presenta el valor más alto para el precio de carbono almacenado en la biomasa aérea con \$13,154.01 que corresponde al 44.7 % del precio por hectárea, la clase diamétrica de 70 cm a 79 cm con \$ 6,248.47 representa el 20.98% del precio por hectárea, sin embargo, los valores más bajos de precio de carbono almacenado pertenecen a las clases diamétricas de 60 cm a 69 cm con \$ 2,804.52 (9.42%); clase diamétrica de 90 cm a 99 cm con \$ 3,485.58 (11.7%) y la clase diamétrica de 80 cm a 89 cm con \$ 4,087.87 (13.73%).



**Gráfico N° 04. Precio de carbono según su clase diamétrica**

#### 4.4. Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de las variables de estudio se procedió a realizar la prueba de normalidad, los grados de libertad asciende a 390 que corresponde al número de individuos de la especie *Cedrelinga cateniformis*, por lo tanto, se considera la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov, los resultados obtenidos se encuentran en la tabla N° 05.

**Tabla N° 05. Prueba de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadísti co	gl	Sig.	Estadísti co	gl	Sig.
Carbono, por clase diamétrica (tC/ha)	0,169	390	0,014	0,727	390	0,000
Precio de carbono (Pc \$)	0,169	390	0,003	0,727	390	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla N° 05. Se presenta la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov de los datos basados en el carbono almacenado por clase diamétrica y el precio de carbono por hectárea. Se observa que la significancia es de 0.014, esto representa la igualdad del p-valor( $p=0,000$ ), el valor de  $\alpha = 0,05$  es mayor al p-valor, por tal motivo se usó la prueba no paramétrica de correlación de Spearman ya que la distribución de los datos no es normal.

En la Tabla N° 06. Se muestra la prueba no paramétrica de correlación de Spearman, entre el carbono almacenado por clase diamétrica (tC/ha) y el precio de carbono (Pc \$). El coeficiente de correlación de Spearman de 0.98 indica una correlación muy fuerte y positiva entre el carbono almacenado por clase diamétrica y el precio del carbono.

**Tabla N° 06. Prueba no paramétrica de Spearman**

			Carbono por clase diamétrica (tC/ha)	Precio de carbono (Pc \$)
Rho de Spearman	Carbono por clase diamétrica (tC/ha).	Coefficiente de	1,000	0,988**
		correlación	.	0.01
		Sig. (bilateral)	390	390
	Precio de carbono (Pc \$).	Coefficiente de	0,988**	1,000
		correlación	0.01	.
		Sig. (bilateral)	390	390
		N		

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Volumen de fuste.

El estudio de investigación realizado dentro de la concesión forestal Hydra consulting mostro que el volumen obtenido de la especie *Cedrelinga cateniformis* asciende a 4.960 m<sup>3</sup>/ha y 2479.828 m<sup>3</sup>. Ricardo obtuvo resultado de 0,54 m<sup>3</sup>/ha, 470,85 m<sup>3</sup> para el caso del volumen en un área de estudio de 879.6 ha con un total de 83 individuos. Fernanda Bruner obtuvo resultados de volumen similares al de Ricardo en un área de estudio de 327 ha con 0.97 m<sup>3</sup>/ha y 317.47 m<sup>3</sup> con un total de 25 individuos, al contrastar los resultados con el de nuestra investigación se encuentran mucha diferencia, esto puede deberse probablemente a condiciones de tipo de suelo y ubicación geográfica, ya que en nuestra área de estudio se encuentran flujos de agua como quebradas que dan mejor condición al desarrollo de la especie y el número de individuos evaluados es mayor con 390 para la concesión Hydra consulting y para el bosque de colina baja del distrito de Mazan. María Llerena tuvo resultados de 154 árboles de *Cedrelinga cateniformis* en un área de 1378 ha, con volumen de fuste de 1.09 m<sup>3</sup>/ha y 1494.67 m<sup>3</sup>, en donde la clase diamétrica de 100 cm a más tuvo el mayor valor con 0.820 m<sup>3</sup>/ha, resultados similares se obtuvieron en nuestro trabajo de investigación con respecto a la clase diamétrica de 100 cm a más que presenta el mayor volumen de fuste con 2.191 m<sup>3</sup>/ha.

La clase diamétrica con menor valor fue la que se encontró en el rango de 60 cm a 69 cm con 0.467 m<sup>3</sup>/ha. Resultados similares se encontraron en la investigación de María Llerena y Fernanda Bruner en la clase diamétrica de 60 cm a 69 cm con 0.040 m<sup>3</sup>/ha y 0.024 m<sup>3</sup>/ha respectivamente. Por el contrario, en la investigación de Ricardo la clase diamétrica que presenta el menor valor es la que se encuentra en el rango de 90 cm a 99 cm con un volumen de 0.07 m<sup>3</sup>/ha. Estos resultados difieren probablemente a la intervención de hombre en la tala selecta de especies con mejor diámetro dentro de parcelas de corta con resolución de contratos aprobados para concesiones forestales.



## **5.2. Biomasa y carbono almacenado.**

La biomasa del área evaluada dentro de la concesión forestal Hydra consulting alcanza los 2511.020 t. El investigador Vásquez, S. en el 2019 obtuvo resultados de 1563.71 t de biomasa, La discrepancia entre los resultados obtenidos por el investigador Vásquez, S. en 2019 y los resultados actuales de 2511.020 t de biomasa en el área evaluada dentro de la concesión forestal Hydra consulting plantea varias posibilidades y consideraciones importantes como la variabilidad espacial y temporal, donde la biomasa de un área boscosa puede variar significativamente tanto espacial como temporalmente debido a una serie de factores, como las condiciones climáticas, la edad del bosque, la actividad humana y los ciclos naturales de crecimiento y regeneración. Por lo tanto, es posible que las diferencias en los resultados reflejen estas variabilidades. Resultados similares obtuvo Guerra, R., obtuvo 728.19 kg/ha y 640.515 t de biomasa en la clase diamétrica mayor de 100 cm a más (338.2 kg/ha), clase menor de 60 a 69 (86.38) y 0.36 tC/ha y 320.26 tC, clase mayor de 100 cm a más (0.170 kg/ha) y clase menor de 70 cm a 79 cm (0.028), para este caso los resultados actuales en nuestra investigación muestran una biomasa significativamente mayor que la reportada por el investigador Guerra, R., sin embargo, las clases diamétricas que reportan el mayor y menor valor de biomasa, son similares a los nuestros, esto podría indicar un crecimiento y desarrollo positivo para las clases diamétricas de 70 cm a 79 cm en el área evaluada.

En comparación con Llerena, M., que obtuvo 2052.06 kg/ha y 2824.928 t, la discrepancia de los resultados estaría relacionada con la diversidad de composición florística evaluada, sin embargo, existe diferencia significativa para los resultados en las clases diamétricas, en donde clase diamétrica mayor de 100 cm a más presentó un total de 1550.55 kg/ha. La variabilidad en la composición de especies vegetales dentro del área evaluada puede influir en los resultados de biomasa obtenidos por diferentes investigadores. La presencia de especies con características de crecimiento y densidades diferentes puede afectar la cantidad total de biomasa medida.

La discrepancia entre nuestros resultados actuales y los obtenidos previamente por otros investigadores sugiere la necesidad de explorar las

posibles razones detrás de estas diferencias y comprender mejor la variabilidad en la biomasa y captura de carbono, lo que a su vez mejorará la precisión de nuestras estimaciones.

Por lo planteado, será interesante continuar con la investigación que permitirá validar nuestros resultados, comprender mejor la variabilidad de la biomasa y contribuirá al avance del conocimiento científico sobre la dinámica de los bosques y los ecosistemas forestales con respecto a la capacidad de almacenamiento de carbono y su valor en el mercado.

## CAPÍTULO VI: PROPUESTA

La valoración económica del carbono almacenado en una especie forestal, como *Cedrelinga cateniformis*, puede desempeñar un papel importante en la conservación y manejo sostenible de dicha especie y el bosque en general, lo que a su vez puede contribuir a disminuir el agotamiento de este recurso.

En este sentido, la implementación de un programa de incentivos económicos para la conservación y el manejo sostenible de los bosques de concesiones forestales sería una estrategia efectiva para mejorar tanto la economía local como el medio ambiente, contribuyendo así a los compromisos del gobierno peruano en la lucha contra el cambio climático y la protección de los recursos forestales.

El programa de incentivos podría financiarse mediante fondos gubernamentales destinados a la mitigación del cambio climático y la protección de los bosques, así como los fondos de compensación por reducción de emisiones de carbono. Estos fondos podrían utilizarse para pagar a los propietarios forestales por cada tonelada de carbono almacenado en sus bosques, lo que proporcionaría un incentivo económico directo para conservar y gestionar de manera sostenible estos ecosistemas. Los pagos por servicios ambientales derivados de la valoración económica del carbono pueden proporcionar a las comunidades locales ingresos alternativos y sostenibles, que ayudará a reducir la presión sobre los recursos forestales al ofrecer a las personas una fuente de ingresos que no dependa de la explotación forestal destructiva.

Además de promover la conservación de los bosques, se contribuiría a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático a nivel local y global. La conservación de estos bosques también proporcionaría una serie de servicios ecosistémicos clave, como la conservación de la biodiversidad, la protección de los recursos hídricos y la regulación del clima regional, que son fundamentales para el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

## CAPITULO VII: CONCLUSIONES

- El bosque de *Cedrelinga cateniformis* en la concesión forestal Hydra Consulting posee un volumen significativo de biomasa aérea, lo que se traduce en una considerable cantidad de carbono almacenado que contribuye positivamente a la captura y almacenamiento de carbono en la especie forestal.
- El potencial económico de los bosques de la concesión forestal Hydra Consulting se refleja en la valoración económica del carbono almacenado en la biomasa aérea de la clase diamétrica mayor o igual a 100 cm de *Cedrelinga cateniformis*.
- La alta correlación encontrada entre el carbono almacenado y el precio actual sugiere que a medida que aumenta la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* por clase diamétrica, también aumenta el precio del carbono en el mercado.
- La significancia estadística indica que existe una relación directa entre la cantidad de carbono almacenado en los árboles y su valor económico, lo que respalda la importancia de conservar y gestionar de manera sostenible estos bosques para maximizar su contribución al secuestro de carbono y su valor económico.
- De acuerdo a la correlación de Spearman, se acepta la hipótesis alterna en el sentido de que, La biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* influye en el almacenamiento de carbono y su valor económico en los bosques de la concesión forestal Hydra consulting. 2022.

## CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

- Continuar con la conservación y el manejo sostenible de los bosques de *Cedrelinga cateniformis* en la concesión forestal Hydra Consulting. Esto incluye medidas para proteger los bosques existentes, así como implementar prácticas de manejo forestal sostenible que promuevan la regeneración natural y la diversidad biológica.
- Establecer un sistema de monitoreo continuo de la biomasa aérea y el carbono almacenado en los bosques de *Cedrelinga cateniformis*. Esto permitirá evaluar los cambios en estos parámetros a lo largo del tiempo y ajustar las estrategias de manejo en consecuencia.
- Involucrar a las comunidades locales en la gestión y conservación de los bosques de *Cedrelinga cateniformis* para promover un sentido de propiedad y responsabilidad compartida sobre los recursos forestales, lo que contribuirá a su protección a largo plazo.
- Realizar más investigación para profundizar en el conocimiento sobre la ecología, el crecimiento y la dinámica de los bosques de *Cedrelinga cateniformis*. Esto puede incluir estudios sobre la diversidad genética, la regeneración natural y los efectos del cambio climático en estas poblaciones forestales.

## CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Granato L, Penela A, Nahuel O. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEDIO AMBIENTE: "LAS PROPUESTAS DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA Y LA ECONOMÍA AMBIENTAL" [Internet]. 2009. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/227433023>
2. de Alba E, Reyes M. 7 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS DEL PAÍS [Internet]. 1993. Available from: <http://www.presidencia.gob.mx>
3. Roberto López C. ESTUDIO SILVICULTURAL DEL TORNILLO (*Cedrelinga catenaeformis* DUCKE). Vol. 10, Revista Forestal del Perú v. 2005.
4. Gonzalo Ribeiro SJ. VALORACION ECONOMICA DEL SECUESTRO DE CO2 EN PLANTACIONES DE Simarouba amara (Aublet) "marupa" y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "tornillo" EN EL CIEFOR, PUERTO ALMENDRA, IQUITOS-PERU, 2013 [Internet]. 2013 [cited 2022 Dec 28]. Available from: [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4921/Sergio\\_Tesis\\_Titulo\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4921/Sergio_Tesis_Titulo_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
5. Gómez H, Pinto R, Guevara F, González A. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles - Dialnet. Dialnet. 2010;256–70.
6. Del Castillo D. "CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AEREA DEL ARBORETUM "EL HUAYO" DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA FORESTAL [Internet]. 2016 [cited 2022 Dec 28]. Available from: [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4166/Denilson\\_Tesis\\_Maestria\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4166/Denilson_Tesis_Maestria_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. Desaignes B. Como valorar los recursos naturales. Scientific Research. 2002;1–2.
8. Pérez JJ, Telles R, Alanís Rodríguez E, Yerena Yamallel JI, García García DA, Gómez Cárdenas M. Estimación del carbono almacenado en una plantación de *Tectona grandis* L. f. mediante ecuaciones alométricas. Rev Mex Cienc For. 2020;11(57).
9. Medina CE, Medina YK, Bocado EF. Economic valuation of carbon capture and storage in the puna dry of southwestern peru. Bosque. 2020;41(2):165–72.
10. Yadira L. Valoración Económica del Carbono Orgánico TOTAL ALMACENADO EN EL BOSQUE SIEMPREVERDE ANDINO DE HUANGRA UBICADO EN LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO [Internet]. 2017 [cited 2022 Dec 28];6:1–51. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3884/1/UNACH-EC-ING-AMB-2017-0005.pdf>
11. Luna Alvarado SF. CONTENIDO DE CARBONO ALMACENADO EN LOS FUSTES DE NUEVE ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE COLINA BAJA EN EL DISTRITO DEL YAVARI, LORETO, PERÚ [Internet]. 2013. Available from: [www.unapiquitos.edu.pe](http://www.unapiquitos.edu.pe)
12. Zenia Salinas PH. Guía para el diseño de proyectos de MDL Forestales y Bioenergía. In: Serie Técnica-CATIE. Turrialba. 2008. p. 171–8.

13. Álvarez G. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. 2008;1–40.
14. Brown S, Gillespie A, Lugo A. Métodos de estimación de biomasa para bosques tropicales con aplicaciones a datos de inventario forestal. *Forest Science* [Internet]. 1989 [cited 2022 Dec 28];35:881–902. Available from: <https://academic.oup.com/forestscience/article-abstract/35/4/881/4642515?login=false>
15. González M. Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus masiminoi* HE Moore, *Pinus oocarpa* var. *ochoterrenai* Mtz, y *Quercus* sp. en el norte del estado de Chiapas. Mexico. 2008;
16. Maquera D. Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani UNA-Puno por titulación. 2017;1–92.
17. Ordóñez J, Maser O. La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*. Instituto de Ecología AC. 2016;3–12.
18. Ordóñez Díaz JAB. Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales, México. *Ciencias* (90). 2008;37–42.
19. Ramírez A, Finnegan B, Rodríguez L, Ortiz R. Evaluación económica del servicio ambiental de almacenamiento de carbono: El caso de un bosque húmedo tropical bajo diferentes estrategias del Manejo Sostenible. En análisis económico de impactos ambientales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). 1994;
20. Segura M. Valoración del servicio y almacenamiento de carbono en bosques privados en áreas de conservación cordillera volcánica central de Costa Rica. CATIE. 1999;132.
21. Lino Zevallos KA. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. UNU. 2009;1–82.
22. Quispe Villafuerte W. Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la región Madre de Dios. Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios; 2010.
23. Kollman F. Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. Tomo I. Traducción del Alemán al Español. Ministerio de Agricultura. 1959;1:675.
24. Real Academia Española. Ortografía de la lengua española. 2010. p. 743.
25. Real Academia Española. Ortografía de la lengua española [Internet]. Diccionario Panhispánico del español jurídico. 2022 [cited 2022 Dec 29]. Available from: <https://dpej.rae.es/lema/valoraci%C3%B3n-de-los-bienes>
26. Moreno JM. Estructura horizontal y valoración económica de las especies de madera comercial en cuatro tipos de bosque, distrito de Torres Causana, Loreto-Perú. [Tesis Ing. Forestal]. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2015.
27. McElhinny C, Gibbons P, Brack C, Bausch J. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *For Ecol Manage*. 2015;1–24.
28. Sabogal C, Carrera F, Colan V, Pokorny B, Lauman B. Manual para la planificación y evaluación del manejo forestal operacional en bosques de la amazonía peruana. Fondebosque. 2004;1–279.

29. Dauber E, Terán J, Guzmán R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. *Revista forestal iberoamericana*. 2008;1–10.
30. Zane AE, Lopez Gonzalez G, Coomes DA, Ilic J, Jansen S, Lewis SL, et al. Global wood density database. *Dryad*. 2009;1–8.
31. Rojas Grández F. Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO<sub>2</sub> en dos tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem Del Marañón, Loreto [Tesis Ing. Forestal]. [Iquitos]: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2018.
32. The World Bank. Panel de precios de carbono [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 30]. Available from: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>
33. Alvis T, Villasante J, Pauca G, Quispe P, Luque C. Calculo y valoración del almacenamiento del carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). 2021;141-142.
34. Chapa C. Valoración económica del servicio ambiental por secuestro de carbono en la biomasa aérea de diferentes sistemas agroforestales-en la región San Martín-Perú [Tesis Dr. Ciencias Ambientales].2019;60-66.
35. Jaime E. Valoración económica de captura de carbono en bosques nublados. Loreto [Trabajo de investigación Bach],[Lima]:Universidad Científica del Sur.2020;22.
36. Cabudivo C. SERVICIO AMBIENTAL DE SECUESTRO DE CO<sub>2</sub> Y EMISIÓN DE O<sub>2</sub> DEL BOSQUE NATURAL ARBORETUM EL HUAYO POR NIVELES DE DUREZA DE LA MADERA EN PUERTO ALMENDRA. LORETO-PERÚ-2015. [Tesis para optar el grado de Magister], [Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].2017,23-35.
37. Gonzalo J. Valoración económica del CO<sub>2</sub> secuestrado y su cuantificación del carbono almacenado en plantaciones de Simarouba amara (Aublet) “marupa” y Cedrelinga cateniformis (Ducke) “tornillo” en el CIEFOR, Puerto Almendra, Iquitos – Perú. 2013; 85.
38. Schlegel B. Estimacion de la biomasa y carbon en bosques del tipo forestall Siempre verde. Universidad Austral de Chile. Simposio Internacional Medicion y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales 18-20 octubre del 2001. Valdivia. Chile. 2001;13.
39. Cabudivo M. C., Quintana S. y Cabudivo A. Captura de carbono y producción de oxígeno en plantaciones de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra; Iquitos-Perú. 2011. En Libro de Resúmenes del XV Congreso Nacional de Estudiantes de Biología. CONEBIOL XV. Lima Perú. 2014;28.



# **ANEXOS**

# 1. Estadística complementaria

## → Correlaciones no paramétricas

			Precio de carbono (Pc \$)	DAP		
Rho de Spearman	Precio de carbono (Pc \$)	Coefficiente de correlación	1,000	,988**		
		Sig. (bilateral)	.	,000		
		N	390	390		
		Bootstrap <sup>b</sup>	Sesgo	,000	,000	
			Error estándar	,000	,000	
		Intervalo de confianza a 95%	Inferior	1,000	,988	
			Superior	1,000	,988	
		DAP		Coefficiente de correlación	,988**	1,000
				Sig. (bilateral)	,000	.
				N	390	390
Bootstrap <sup>b</sup>	Sesgo			,000	,000	
	Error estándar			,000	,000	
Intervalo de confianza a 95%	Inferior			,988	1,000	
	Superior			,988	1,000	

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

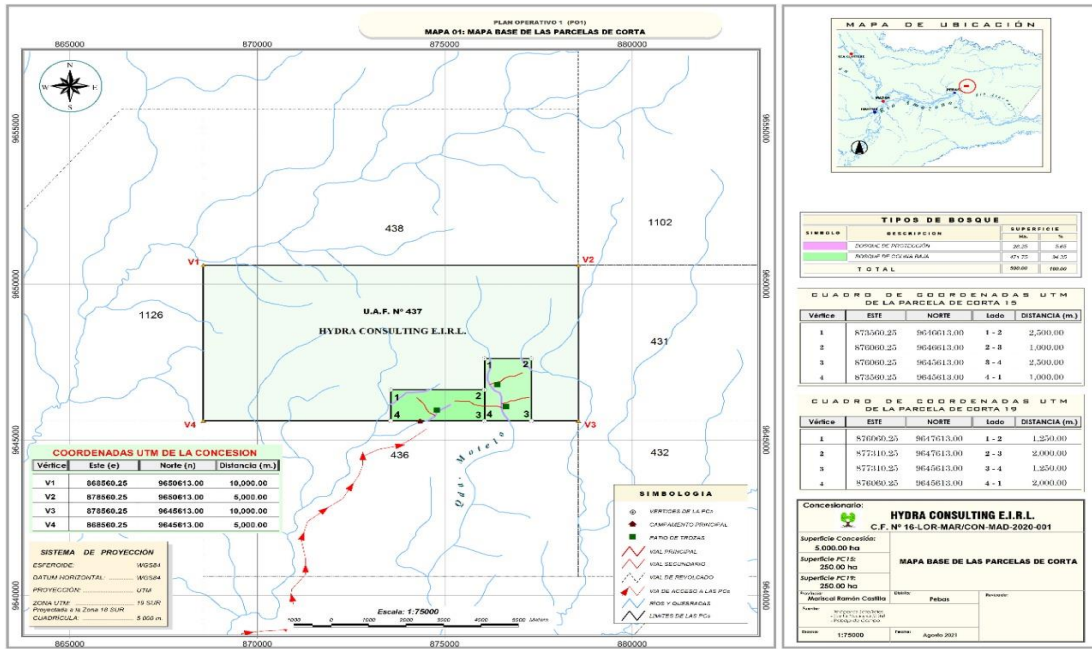
b. A menos que se indique lo contrario, los resultados del bootstrap se basan en 1000 muestras de bootstrap estratificado

## 2. Instrumentos de recolección de datos

Nº	COD.PC	Nº. FAJA	NOMBRE COMUN	DAP (cm)	HC (m)	COORDENADAS		COND. DEL ARBOL (A, R, S)	OBSERV.
						ESTE	NORTE		

Árbol No.	DAP (cm)	Altura (m)	DB (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa (kg)	Carbono almacenado (tC)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
n					

### 3. Mapa de ubicación del área de estudio.



4. Tabla de variables y definiciones operacionales

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
<b>Independiente</b> - <i>Cedrelinga cateniformis</i>	Especie forestal especie que pertenece a la familia Fabaceae.	Cuantitativa	- Biomasa (t/ha)	Nominal	base de datos del inventario y hojas de cálculo mediante el software Excel
<b>Dependiente</b> - Stock de carbono	Herramienta que permite establecer valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por recursos naturales	Cuantitativa	- Valoración económica (US\$/ha)	Nominal	-Panel de precio de carbono actual (The world bank)