

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Cuantificación del dióxido de carbono (CO₂) por la captura de las especies (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental**

Autor:

Bach. Grease Rufina CHIHUAN RAZA

Asesor:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO

Cerro de Pasco - Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Cuantificación del dióxido de carbono (CO₂) por la captura de las especies (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ

PRESIDENTE

Mg. Lucio ROJAS VÍTOR

MIEMBRO

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY

MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 093-2023-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:

Cuantificación del dióxido de carbono (CO₂) por la captura de las especies (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. CHIHUAN RAZA, Grease Rufina

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. LÓPEZ ALVARADO, Rommel Luis

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

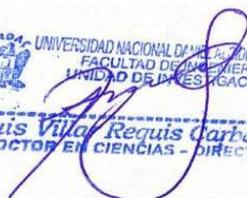
Índice de Similitud

27 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 14 de agosto del 2023


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

DEDICATORIA

Dedico a Nuestro Padre Celestial porque me cuida y protege, a mis padres Rufina y Over que están siempre a mi lado, que me enseñan a luchar siempre por lo que más se anhela y por su amor incondicional. Por su trabajo desmedido para formarme profesionalmente, por el apoyo incondicional y palabras de aliento diario, por la paciencia y sabiduría que son el impulso que me motiva a continuar y a perseverar en mis objetivos, a mi hermano Cristhian que me apoya constantemente de forma alentadora y motivadora, y a todas las personas que creen en mí, gracias por siempre.

AGRADECIMIENTO

El reconocimiento a las personas que hicieron esto fuera posible:

A Dios, que sin Él no hubiera culminado este trabajo, por estar siempre conmigo de distintas formas.

A mis padres por su apoyo incondicional, que con su sabiduría y paciencia me ayudaron a culminar este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, la cual me brindó la oportunidad de estudiar y aprender mediante los Ingenieros que me enseñaron diferentes temas ambientales durante mi estadía en la Universidad.

A todas las personas involucradas en la Investigación, que sin su apoyo, paciencia y tiempo no se hubiera podido obtener resultados. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

En las áreas degradadas por diversas actividades económicas en la actualidad debe recuperarlas a fin de resarcirlas y que estas áreas vuelva a dar vida, en la zona de Huari en la provincia de Yauli - La Oroya, la actividad minera tuvo implicación producto a las lluvias ácidas que generó la fundición de La Oroya y en la actualidad se realizó el sembrío de especies de quinual y pino, pero se desconoce la sostenibilidad del proyecto y la cantidad de CO₂ que nos ayude a recuperar éstas áreas degradadas es por ello de vital importancia la presente investigación.

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) por la captura de las especies (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.

La empresa Activos Mineros SAC, realizó el sembrío en dos etapas y en estas etapas 1 y 2 se pudo identificar la cantidad de 9,001 unidades entre quinual, pino y ceticios de tamaños de 50 cm, 1 m y 2 m. El área total en las áreas de la etapa 1 y 2 son de 13.78 ha, compartidos en una primera etapa de 6.29 ha y en la segunda etapa de 7.49 ha en la primera etapa se tiene sembríos de pino (*Pinus radiata*), quinual (*Polylepis racemosa*) además de Ceticio (*Cecropia membranacea*) y en la segunda etapa solamente se tiene las especies de quinual (*Polylepis racemosa*) esto se debe a la mayor altura que tiene esta zona y las demás especies son de baja adaptabilidad. De los trabajos de campo realizados y de las mediciones alométricas medias a los árboles inventariados para calcular la biomasa aérea, teniendo los resultados durante estos 7 años de crecimiento y mantenimiento constante de pino (*Pinus radiata*), quinual (*Polylepis racemosa*) además de Ceticio (*Cecropia membranacea*) se lograron a la fecha la captura de CO₂ de 6.08 toneladas, 2.0505 toneladas y 0.0001 toneladas respectivamente, teniendo un total de 8.5861 toneladas de CO₂.

Palabras claves: Dióxido de carbono (CO₂), pino (*Pinus radiata*), quinual (*Polylepis racemosa*), Ceticio (*Cecropia membranacea*) y mediciones alométricas.

ABSTRACT

In the areas degraded by various economic activities, they must currently be recovered in order to compensate them and for these areas to give life again, in the Huari area in the province of Yauli - La Oroya, the mining activity was implicated as a result of the acid rains that it generated. the Oroya smelter and currently the planting of quinal and pine species was carried out, but the sustainability of the project is unknown and the amount of CO₂ that helps us to recover these degraded areas is therefore of vital importance the present investigation.

The main objective of the research is to determine the amount of carbon dioxide (CO₂) from the capture of the species (*Pinus radiata*) and (*Polylepis racemosa*), in the degraded areas of the Huari area; Yauli-La Oroya province; Junín region 2022.

The company Activos Mineros SAC carried out the sowing in two stages and in these stages 1 and 2 it was possible to identify the amount of 9,001 units between quinal, pine and ceticios of sizes of 50 cm, 1 m and 2m. The total area in the areas of stage 1 and 2 are 13.78 ha, shared in a first stage of 6.29 ha and in the second stage of 7.49 ha in the first stage there are pine (*Pinus radiata*), quinal (*Polylepis racemosa*) in addition to Ceticio (*Cecropia membranacea*) and in the second stage there are only quinal species (*Polylepis racemosa*) this is due to the greater height that this area has and the other species are of low adaptability. From the field work carried out and the average allometric measurements of the trees inventoried to calculate the aerial biomass, taking the results during these 7 years of growth and constant maintenance of pine (*Pinus radiata*), quinal (*Polylepis racemosa*) in addition to Ceticio (*Cecropia membranacea*) to date the capture of CO₂ of 6.08 tons, 2.0505 tons and 0.0001 tons respectively, having a total of 17.1722 tons of CO₂.

Keywords: Carbon dioxide (CO₂), pine (*Pinus radiata*), quinal (*Polylepis racemosa*), Ceticio (*Cecropia membranacea*) and allometric measurements.

INTRODUCCIÓN

La investigación ayudo a cuantificar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que capturan las especies de Pinos (*Pinus radiata*) y Quinuales (*Polylepis racemosa*) en la remediación en las áreas degradadas de la zona de Huari; ubicado en la provincia de Yauli - La Oroya de la región Junín, lo cual será de importancia la información como base para posibles investigaciones a posterior.

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que describió la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que capturan las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*) en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya.

Nuestra investigación ejecutada se encuentra en las alturas y lado noreste del centro poblado Huari, lo cual pertenece al distrito de La Oroya; provincia de Yauli; departamento de Junín, geográficamente queda en las siguientes coordenadas E 409394 N 8712744 y a una altitud de 3682 msnm, el centro poblado de Huari queda a 23.93 Km desde la ciudad de La Oroya.

La Autora.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE MAPAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE IMÁGENES	
ÍNDICE DE PLANOS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas Específicos:	4
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
1.5.1. Justificación Metodológica.....	5
1.5.2. Justificación Ambiental.....	6
1.5.3. Justificación Social	6
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.1.1. Antecedentes Internacional	7
2.1.2. Antecedente a nivel nacional.....	9
2.1.3. Antecedentes a nivel local.....	10
2.2. Bases teóricas - científicas.....	11
2.3. Definición de los términos básicos	21
2.4. Formulación de hipótesis	23
2.4.1. Hipótesis general.....	23
2.4.2. Hipótesis Específicos	23
2.5. Identificación de las variables	24
2.5.1. Variable independiente.....	24
2.5.2. Variable dependiente.....	24
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación	26
3.2. Nivel de la investigación.....	26
3.3. Métodos de investigación.....	26
3.4. Diseño de la investigación.....	28
3.5. Población y muestra.....	28
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.6.1. Técnicas.....	28
3.6.2. Instrumentos.....	28
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	28
3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	29

3.9. Tratamiento estadístico	29
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	30
4.1.1. Ubicación de la zona de estudio	30
4.1.2. Accesibilidad	30
4.1.3. Características del área de estudio en el centro poblado de Huari.	32
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	37
4.2.1. Descripción de las especies en investigación.	37
4.3. Prueba de hipótesis	47
4.4. Discusión de resultados	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1 UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO DE HUARI EN EL PERÚ	31
MAPA 2 UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO DE HUARI EN EL DISTRITO DE YAULI-LA OROYA.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 EJEMPLOS DE OPORTUNIDADES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO ...	17
TABLA 2 EJEMPLOS DE OPORTUNIDADES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO ...	19
TABLA 3 OPERACIONABILIDAD DE VARIABLES E INDICADORES.....	25
TABLA 4 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE LA 1ERA Y 2DA ETAPA	33
TABLA 5 NÚMERO DE ESPECIES POR ZONAS/ALTURAS	38
TABLA 6 DENSIDAD DE ESPECIES	39
TABLA 7 DIÁMETRO DE LAS ESPECIES.....	42
TABLA 8 CÁLCULO DE CO ₂ DE LA ESPECIE DE QUINUAL (<i>POLYLEPIS RACEMOSA</i>) EN LA PRIMERA ETAPA Y SEGUNDA ETAPA.....	43
TABLA 9 CÁLCULO DE CO ₂ DE LA ESPECIE DE PINO (<i>PINUS RADIATA</i>) EN LA PRIMERA ETAPA Y SEGUNDA ETAPA.....	44
TABLA 10 CÁLCULO DE CO ₂ DE LA ESPECIE DE CETICIO (<i>CECROPIA MEMBRANACEA</i>) EN LA PRIMERA ETAPA Y SEGUNDA ETAPA	45
TABLA 11 TOTAL D DE CO ₂ CAPTURADO EN LA PRIMERA ETAPA Y SEGUNDA ETAPA-HASTA EL 2022 .	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 EMISIONES DE CO ₂ EN ESTADOS UNIDOS.....	14
GRÁFICO 2 EMISIONES DE CO ₂ EN EL PERÚ	16
GRÁFICO 3 TOTAL DE CO ₂ CAPTURADO POR LAS TRES ESPECIES EN KG CO ₂	46
GRÁFICO 4 TOTAL DE CO ₂ CAPTURADO POR LAS TRES ESPECIES EN TONELADAS CO ₂	47

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1 EMISIONES DE CO ₂ EN EL PERÚ.....	15
IMAGEN 2 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO EN UN ÁRBOL.....	20
IMAGEN 3 PRESENCIA DE QUINUAL (<i>POLYLEPIS RACEMOSA</i>) EN LA PRIMERA ETAPA	33
IMAGEN 4 PRESENCIA DE QUINUAL (<i>POLYLEPIS RACEMOSA</i>) EN LA SEGUNDA ETAPA	34
IMAGEN 5 PRESENCIA DE PINO (<i>PINUS RADIATA</i>) EN LA PRIMERA ETAPA	34
IMAGEN 6 VISTA DE LA PRIMERA ETAPA DE ACTIVOS MINEROS	35
IMAGEN 7 VISTA DE LA SEGUNDA ETAPA DE ACTIVOS MINEROS	35
IMAGEN 8 MEDICIÓN DE DIÁMETRO DE <i>PINUS RADIATA</i>	40
IMAGEN 9 MEDICIÓN DE DIÁMETRO DE <i>POLYLEPIS RACEMOSA</i>	40
IMAGEN 10 MEDIACIÓN DE DIÁMETRO DE <i>POLYLEPIS RACEMOSA</i>	41

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 ÁREA DE LA PRESENCIA DE ESPECIES ARBÓREAS -CENTRO POBLADO DE HUARI	36
--	----

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En las áreas degradadas por diversas actividades económicas en la actualidad deben recuperarlas a fin de resarcirlas y que éstas áreas vuelva a dar vida, en la zona de Huari ; provincia de Yauli - La Oroya, la actividad minera tuvo implicación producto a las lluvias ácidas que generaron la fundición de La Oroya y en la actualidad se realizó el sembrío de especies de quinual y pino, pero se desconoce la sostenibilidad del proyecto y la cantidad de CO₂ que nos ayude a recuperar estas áreas degradadas de vital importancia la presente investigación.

“La atmósfera contiene un promedio de 380 partes por millón de dióxido de carbono (también conocido como anhídrido carbónico). Esta presencia es una de las estaciones del ciclo del carbono del planeta, explica Rafael Sardá, investigador del Centro Español de Investigaciones Científicas Avanzadas (CSIC) y socio académico de la facultad de económicas. Tal ciclo circula entre los cuatro espacios planetarios, que incluyen los llamados reservorios activos: la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera (esencialmente los océanos) y la litosfera (la

capa superficial sólida de la Tierra), que juntas construyen la casa del CO₂. Pero una de las particularidades de este gas es que lo pequeño se hace grande. Esta parte de la atmósfera es la más pequeña de estos cuatro reservorios, pero juega el papel más trascendente en comparación con los demás” (BBVA, 2021).

“Las emisiones de CO₂ han aumentado y están teniendo consecuencias. Es un gas que contribuye al calentamiento global, aunque no es el único. También otros gases naturales (metano, óxido nitroso) o gases artificiales (gases fluorados) pertenecen a los llamados gases de efecto invernadero (GEI). De hecho, su aumento en la atmósfera provoca el cambio climático o crisis climática. Estos son tres términos muy cercanos usados para describir el calentamiento global de la Tierra. Las estadísticas oficiales confirman que la emisión de dióxido de carbono no ha disminuido en los últimos años (si no se tienen en cuenta meses de reclusión y una caída repentina de la actividad por la pandemia en muchos países). Por ejemplo, en el 2017, los 27 países de la Unión Europea (UE) emitieron 3,9 Gt CO₂e (gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente). Esto corresponde al 7 por ciento de los gases de efecto invernadero. Por tanto, si la UE-27 consiguiera la neutralidad climática, tendría un impacto significativo en temas climáticos, reflexiona Joseba Eceiza, socio de la consultora McKinsey and Company. Por supuesto, no todas las áreas de actividad industrial emiten la misma cantidad a la atmósfera. Las emisiones se dividen principalmente en cinco sectores: transporte (28%), industria (26%), generación de energía (23%), construcción (13%) y agricultura (12%). Sin olvidar los combustibles fósiles, que son la principal fuente de gases de efecto invernadero (80%)”. (BBVA, 2021).

“Destacamos las principales consecuencias del aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂): 1. Contaminación: El tráfico, algunas actividades económicas y la deforestación son las principales causas de las emisiones de gases, lo que a su vez aumenta la contaminación de nuestro planeta. 2. Efecto invernadero: La concentración de CO₂ aumentó en más del 30%, es decir, es el gas más influyente, causante del 70% del calentamiento global. Este efecto invernadero provoca importantes impactos ambientales, como el aumento del nivel del mar, tormentas más fuertes, aumento de la sequía. 3. Efecto en los océanos: El CO₂ también ingresa a los océanos, aumentando la acidificación del agua, provocando que los animales con caparazón o escama de carbonato de calcio, como los caracoles, pierdan parte de su esqueleto” (Phillip Munday, 2020).

“Las emisiones de dióxido de carbono en Perú disminuyeron en 10.603 megatonnes en 2020, una disminución del 19,25% en comparación con 2019. En 2020, las emisiones de dióxido de carbono fueron de 44,479 megatonnes, lo que convierte a Perú en el país número 128 del ranking de países por emisiones de CO₂, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes” ([Expansión, 2020](#)).

“Perú genera menos del 1 % de las emisiones globales, según cifras del” (Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, 2016).

De las emisiones generadas muy poca información se conoce cuantas de estas se está captando en las diversas actividades de reducir el CO₂ en el Perú, por lo que es de importancia la presente investigación para conocer de esta información.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación se realizó en la jurisdicción de la zona denominada Centro poblado de Huari ubicado en la provincia de Yauli - La Oroya de la región Junín, para ello se detalla a continuación:

- **Delimitación espacial:** Centro poblado de Huari, provincia de Yauli - La Oroya y región de Junín.
- **Delimitación temporal:** La información que se tiene se trabajó en los meses de enero hasta diciembre del 2022.
- **Delimitación del universo:** La información obtenida en parte fue de la Empresa Estatal Activos Mineros SAC.
- **Delimitación del contenido:** Los conceptos principales son de captura de CO₂ y su mitigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) capturada por las especies (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?

1.3.2. Problemas Específicos:

- ¿Cuál es el área que se tiene de especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?.
- ¿Cuál es la especie que captura más volumen de CO₂ de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?

- ¿Qué otras especies se adaptaron al contorno de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) capturada por las especies (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Cuantificar el área que se tiene de especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.
- Determinar la especie que captura más volumen de CO₂ de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.
- Identificar las especies que se adaptaron al contorno de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación Metodológica

La metodología fue mediante la visita al área remediada para realizar el metrado de las áreas, para luego realizar el trabajo de gabinete para el cuantificado del volumen de CO₂ capturado.

1.5.2. Justificación Ambiental

Con la información obtenida se podrá tener una imagen de la cantidad de CO₂ que se capturó y en un tiempo dado, tendremos como referencia para otros tipos de investigación o sembrío para una mejor planificación en la captura de CO₂.

1.5.3. Justificación Social

La presente investigación nos ayuda de manera informativa a la población de Huari y a mostrar de ejemplo a otros poblados de la importancia del sembrío de especies de flora para mitigar los efectos del CO₂ en el medio ambiente.

1.6. Limitaciones de la investigación

- La limitación de la investigación es la accesibilidad a la zona de estudio por estar a cargo de la empresa estatal de Activos Mineros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacional

(Franklin E. Cargua, Marco V. Rodríguez, Celso G. Recalde y Luis M. Vinueza, 2014) Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoche Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. Revista Scielo (1). 1. “Se determinó el contenido de carbono orgánico de la biomasa aérea, plantas del sotobosque, hojarasca, raíces y suelo en una plantación de *Pinus radiata* y páramo en la parte suroeste del Parque Nacional Sangay, Ecuador; Se conformaron seis áreas permanentes de muestreo. El contenido promedio de carbono de la biomasa aérea de la plantación de árboles fue de 14.69 MgC/ha, 0,68 MgC/ha en el sotobosque, 2,97 MgC/ha en los muertos, 0,15 MgC/ha en las raíces y 268,83 MgC/ha en el suelo. En el Páramo, las raíces promediaron 6,55 MgC/ha, la hojarasca 56,09 MgC/ha, las raíces 0,17 MgC/ha y el suelo promedió 215,0 MgC/ha, con un promedio de plantación de 287,31. MgC/ha y páramos 27 .81. MgC/ha, se observó un aumento del 30% en la plantación de *Pinus radiata*, pero la tasa de regeneración de especies de pastos y arbustos

es menor que en el páramo. Los resultados del contenido de carbono para el área de estudio son similares a los reportados en la literatura para los páramos de las provincias cercanas”.

(Fernández Pérez, C., Cely Reyes, G., Antonio Serrano, P, 2017)
Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales y una plantación de pino en el páramo de Rabanal, Colombia. Revista Colombiana de Geografía (1). 1. “El contenido de carbono orgánico del suelo se determinó mediante un muestreo sistemático de precisión de una cuadrícula rígida de 48 puntos (350 m entre puntos) dividida en dos capas de suelo (0-15 cm y 15-30 cm de profundidad). Las siguientes propiedades del suelo: densidad aparente; humedad gravimétrica; pH; porcentaje de materia orgánica y carbono. El área de estudio abarca 500 hectáreas, incluye una plantación de pinos y la vegetación natural del Páramo de Rabanal en Boyacá, Colombia. El contenido medio de carbono orgánico del suelo a la profundidad de 0-15 y 0-30 cm fue de 51,4 t/ha y 108 t/ha. Se registraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre la cobertura original y la plantación de pino a ambas profundidades para las variables densidad aparente, humedad gravimétrica y ph, mientras que las variables materia orgánica y porcentaje de carbono no mostraron diferencias significativas. Los resultados muestran una disminución en el contenido de agua del suelo debido a un aumento en la densidad aparente del suelo bajo las plantaciones de pino en el área de estudio. En cuanto al contenido de carbono, existe una evidente disminución en comparación con la vegetación del Páramo, debido a que las condiciones de las plantas limitan el crecimiento y por ende la actividad biológica de los diferentes estratos vegetales endémicos de este ecosistema”.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

(Mera García, C, 2020) Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono de la producción de óxido de calcio en la empresa P'huyu Yuraq II, 2019 (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental) Universidad Privada del Norte “Este estudio se desarrolló en P'huyu Yuraq II, empresa minera no metálica dedicada a la producción y distribución de óxido e hidróxido de calcio en la provincia y departamento de Cajamarca. El objetivo era evaluar y proponer medidas para reducir la huella de carbono provocada por estos procesos e instalaciones. Para ello se utilizaron los principios básicos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y los factores de emisión de la Guía de Inventarios de Efecto Invernadero del IPCC. La huella total de la compañía en 2019 fue de 24 328,16 t CO₂e, de las cuales el 98,20% se genera en el esquema 1, el 0,07% en el esquema 2 y el 1,73% en el esquema 3. Las emisiones más típicas fueron las de proceso, la reacción química de la caliza y la quema de carbón de antracita en el proceso de calcinación. Finalmente, se propusieron dos medidas para reducir estas emisiones: el secuestro de carbono con *Polylepis racemosa* y la adquisición de unidades de dióxido de carbono, cuya implementación reduciría un 21% y un 25% de la huella de carbono total”

(Taype Otañe, H, 2020) Determinación del potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales en el centro poblado de Acopalca, en el año 2017 (Título Profesional de Ingeniera Ambiental) Universidad Continental “En el año 2017 se investigó el potencial de servicio ecosistémico de *Pinus radiata* en la mitigación de impactos ambientales en el centro poblado de Acopalca. El método utilizado fue deductivo y analítico, observación puntual en el carácter; el tipo y nivel de investigación fue aplicado y explicativo; el diseño fue transversal no

experimental; se aplicaron 2 listas de cotejo y una ficha de muestreo de suelos para identificar los servicios ecosistémicos potenciales y las características de *Pinus radiata*. Como resultado se determinó el efecto negativo de la presencia de la especie forestal *Pinus radiata* en el suelo del centro habitado de Acopalpa; También se ha identificado el potencial moderado de secuestro de carbono de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata*; Con la ayuda de la matriz se concluyó que más allá del análisis de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata*, el nivel de mitigación de los efectos ambientales en el área de estudio no es suficiente. Finalmente, se señala que el potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para mitigar impactos ambientales no es significativo en el centro poblado de Acopalpa en 2017”.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

(Guillen Enriquez, E., Salome Rojas, L., 2019) Capacidad de almacenamiento de carbono en el bosque natural de *Polylepis rodolfovasquezii* L. Valenzuela & Villalva en la Comunidad Campesina de María Moya, Comas, Concepción (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental) Universidad Nacional del Centro del Perú “Este estudio se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Madera e Industria Forestal de la Universidad Nacional del Perú, se recolectaron muestras de los bosques naturales de la comunidad rural de María Moya, Distrito de Comas, Provincia de Junín Concepción. dentro de los distritos urbanos. El cambio climático es causado por la actividad humana (IPCC,200), la deforestación en el Perú (FAO, 2016) es la principal responsable de los gases de efecto invernadero, en cuyo caso el objetivo de este trabajo es cuantificar la capacidad natural de almacenamiento de carbono de los bosques. El tipo de investigación es aplicada, descriptiva y no experimental, la población está representada por todos los individuos de *Polylepis rodolfovasquezii* L. Valenzuela y Villalva de

13,55 hectáreas de bosque natural, con un muestreo aleatorio sistemático de a través del muestreo aleatorio sistemático se estableció 04 parcelas rectangulares de 20 m x 100 m y se definieron muestras por el método directo según la metodología del MINAM (2009) lograron calcular el coeficiente de expansión para tres grupos: árbol tipo A=2.8667, árbol tipo B=1.36 y árbol tipo C=1.67; 2.054 tC/Ha en la biomasa área, 1.163 tC/Ha en la biomasa subterránea, 3.217 tC/Ha en la biomasa arbórea, 0.491 tC/Ha en la biomasa de la hojarasca y la mayor cantidad de carbono almacenado fue de la biomasa del suelo con 143.940 tC/Ha, concluyendo que la capacidad de almacenamiento de carbono del bosque natural de fue de 2 000. 630 tC en 13.55 Ha y el CO₂ absorbido fue de 541.868 tCO₂/Ha. La importancia del estudio radica en la conservación e incremento de las reservas de carbono forestal de bosques naturales así mismo incentivar la forestación y reforestación con especies nativas”.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1 Emisiones de dióxido de carbono

“El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero más importante producido por la actividad humana. En 2017, el dióxido de carbono representó aproximadamente el 81,6 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por el hombre en los Estados Unidos. El dióxido de carbono se produce naturalmente en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la Tierra (el ciclo natural del carbono entre la atmósfera, los océanos, la tierra, las plantas y los animales). La actividad humana cambia el dióxido de carbono: agregando dióxido de carbono a la atmósfera, afectando la capacidad de los sumideros naturales (como los bosques) para eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera y afectando la capacidad de la tierra para almacenar carbono. Aunque las emisiones de dióxido de carbono provienen de

una variedad de fuentes naturales, las emisiones antropogénicas han sido responsables del aumento en la atmósfera observado desde la Revolución Industrial. La principal actividad humana que genera emisiones de dióxido de carbono es la quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) para la producción y transporte de electricidad, aunque ciertos procesos industriales y cambios en el uso del suelo también producen dióxido de carbono. Las principales fuentes de emisiones de dióxido de carbono en los Estados Unidos se describen a continuación” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).

- **Transporte** “La quema de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel para el transporte de personas y bienes fue la mayor fuente de emisiones de dióxido de carbono en 2017, lo que representó aproximadamente 34.2 % de emisiones de dióxido de carbono de EE. UU. y 27,7 % de emisiones de gases de efecto invernadero de EE. UU. incluye fuentes relacionadas con el transporte, como vehículos de carretera, transporte aéreo, marítimo y ferroviario” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).
- **Electricidad** “La electricidad es la principal fuente de energía utilizada en los hogares, negocios e industrias en los Estados Unidos. En 2017, la quema de combustibles fósiles para producir electricidad fue la segunda fuente más grande de emisiones de dióxido de carbono del país, lo que representó aproximadamente 32,9 % de emisiones de dióxido de carbono en EE. UU. y 26,7 % de emisiones de gases de efecto invernadero. Las emisiones de dióxido de carbono varían según el tipo de combustible fósil utilizado para generar electricidad. Para una cantidad dada de electricidad, la quema de carbón produce más dióxido de carbono que el petróleo o el gas natural” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).

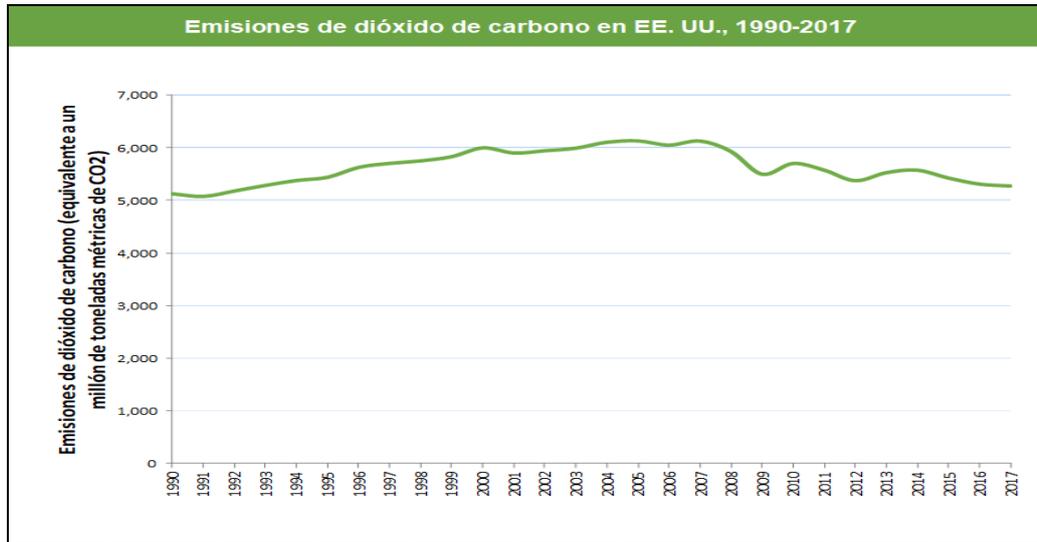
- **Industria.** “Muchos procesos industriales provocan emisiones de dióxido de carbono a través del uso de combustibles fósiles. Varios procesos también producen emisiones de CO₂ a través de reacciones químicas sin combustión; por ejemplo: producción y consumo de productos minerales (por ejemplo, cemento), producción de metales (por ejemplo, hierro y acero) y producción de sustancias químicas. La quema de combustibles fósiles para diversos procesos industriales resultó en aproximadamente el 15,4% del total de emisiones de CO₂ en EE. UU. y el 12,5% del total de emisiones de gases de efecto invernadero en EE. UU. en el año 2017. Recuerde que muchos procesos industriales también usan electricidad y, por lo tanto, indirectamente causan emisiones de la producción de electricidad” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).

2.2.2 Emisiones y tendencias

“Las emisiones de dióxido de carbono en los Estados Unidos aumentaron aproximadamente un 2,9 % entre 1990 y 2017. Debido a que la quema de combustibles fósiles es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos, los cambios en las emisiones por la quema de combustibles fósiles históricamente han sido el mayor contribuyente. Información sobre las tendencias agregadas de emisiones de EE. UU. Los cambios en las emisiones de dióxido de carbono de la quema de fósiles están influenciados por muchos factores a corto y largo plazo, como el crecimiento de la población, el crecimiento económico, los cambios en los precios de la energía, las nuevas tecnologías, los cambios de comportamiento y los cambios estacionales, temperaturas .Entre 1990 y 2017, el aumento de las emisiones de dióxido de carbono se debió al aumento del consumo de energía debido al crecimiento económico y demográfico, incluido un aumento general de las emisiones debido al aumento de la demanda de viajes” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).

Gráfico 1

Emisiones de CO2 en Estados Unidos



Fuente: EPA 2020.

2.2.3 Emisiones de CO₂ en el Perú por año.

“Las emisiones de dióxido de carbono fueron de 44,479 megatonnes, lo que convierte a Perú es el país número 128 del ranking de países por emisiones de CO₂, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes, tal como se puede ver en la imagen N° 01” (Expansión, 2020).

Imagen 1

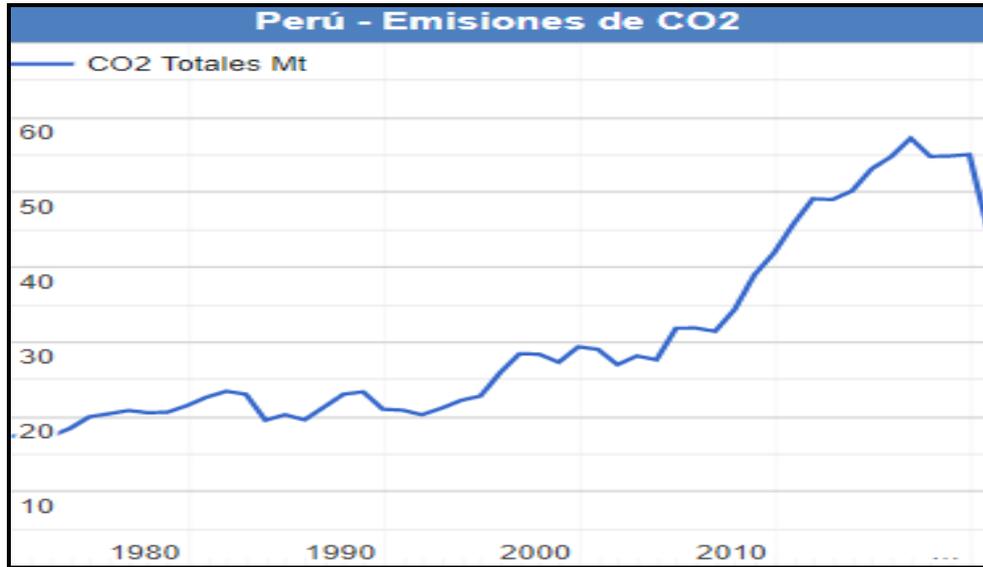
Emisiones de CO2 en el Perú

Perú - Emisiones de CO2			
Fecha	CO2 Totales Mt	CO2 Kg/1000\$	CO2 t per capita
2020	44,479	0,12	1,34
2019	55,082	0,13	1,67
2018	54,888	0,13	1,69
2017	54,823	0,14	1,70
2016	57,266	0,15	1,80
2015	54,793	0,15	1,75
2014	53,163	0,15	1,72
2013	50,223	0,14	1,64
2012	49,066	0,15	1,63
2011	49,167	0,16	1,65
2010	45,784	0,16	1,56
2009	41,888	0,16	1,44
2008	38,972	0,15	1,36
2007	34,365	0,14	1,21
2006	31,444	0,14	1,13
2005	31,871	0,15	1,15
2004	31,856	0,16	1,17
2003	27,630	0,15	1,03
2002	28,140	0,16	1,06
2001	26,974	0,16	1,03
2000	29,030	0,17	1,12
1999	29,362	0,18	1,15
1998	27,298	0,17	1,08
1997	28,373	0,17	1,14
1996	28,454	0,19	1,16
1995	25,902	0,17	1,08
1994	22,782	0,16	0,96
1993	22,200	0,18	0,96
1992	21,154	0,18	0,93
1991	20,280	0,17	0,91
1990	20,890	0,18	0,96
1989	21,017		0,98
1988	23,337		1,12
1987	23,035		1,13
1986	21,313		1,07
1985	19,596		1,00
1984	20,279		1,06
1983	19,546		1,05
1982	23,020		1,26
1981	23,414		1,32
1980	22,646		1,30
1979	21,515		1,27
1978	20,625		1,25
1977	20,544		1,28
1976	20,843		1,33
1975	20,412		1,34
1974	20,006		1,35
1973	18,445		1,28
1972	17,401		1,24
1971	17,404		1,27
1970	17,394		1,30

Fuente: Expansión, 2020

Gráfico 2

Emisiones de CO2 en el Perú



Fuente: Expansión, 2020

2.2.4 Cómo reducir las emisiones de dióxido de carbono.

“La forma más efectiva de reducir las emisiones de CO2 es reducir el consumo de combustibles fósiles. Muchas estrategias de descarbonización relacionadas con la energía son intersectoriales y se aplican a los hogares, las empresas, la industria y el transporte” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).

Tabla 1
Ejemplos de oportunidades para reducir las emisiones de dióxido de carbono

Ejemplos de oportunidades para reducir las emisiones de dióxido de carbono	
Estrategia	Ejemplos de cómo se pueden reducir las emisiones
Eficiencia energética	<p>Mejorar la aislación de los edificios, viajar en vehículos que consuman menos combustible y utilizar artefactos eléctricos más eficientes son buenas maneras de reducir el consumo de energía y, en consecuencia, las emisiones de CO₂.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consulte el programa ENERGY STAR® de la EPA para obtener más información sobre artefactos con consumo eficiente de la energía. • Consulte el sitio fueconomy.gov de la EPA y del DOE para obtener más información sobre vehículos con consumo eficiente de la energía. • Interiorícese sobre los estándares para vehículos a motor de la EPA que mejora la eficiencia de los vehículos y permiten ahorrar dinero a los conductores.
Conservación de la energía	<p>Reducir el consumo personal de energía apagando luces y artefactos electrónicos cuando no se los está usando reduce la demanda de electricidad. Reducir las distancias que se recorren en vehículos disminuye el consumo de petróleo. Ambas son formas de reducir las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía por medio de la conservación.</p> <p>Obtenga más información sobre Lo que puede hacer en su casa, en la escuela y en la oficina, al igual que al Conducir para ahorrar energía y reducir su huella de carbono.</p>
Elección de otros combustibles	<p>Producir más energía a partir de fuentes renovables y utilizar combustibles con menos contenido de carbono son formas útiles para reducir las emisiones de carbono.</p>
Captura y Secuestro del Carbono (Carbón Capture and Sequestration, CCS)	<p>La captura y el secuestro del dióxido de carbono es un conjunto de tecnologías que puede reducir enormemente las emisiones de CO₂ con plantas de generación de energía a carbón y gas, procesos industriales y otras fuentes fijas de CO₂, tanto nuevos como ya existentes. Por ejemplo: capturar el CO₂ que se genera en las pilas de una planta generadora de energía a carbón antes de que ingrese a la atmósfera, transportar el CO₂ por entubaciones e inyectar el CO₂ a grandes profundidades en una formación geológica subsuperficial adecuada y seleccionada cuidadosamente, como ser un yacimiento petrolífero abandonado cercano, donde se lo puede almacenar en forma segura.</p> <p>Más información sobre CCS.</p>

Fuente: EPA 2020

2.2.5 Obtención de las medidas alométricas medias de cada uno de los árboles inventariados para calcular la biomasa aérea.

Se debe proceder a medir la circunferencia de los tallos, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y estimar la altura de cada uno.

- La medida de la circunferencia se debe obtener mediante el uso de la cinta métrica en cm.
- Medir el diámetro de los árboles a la altura del pecho (DAP) sobre el nivel del suelo, mediante el uso de cinta métrica, en cm.
- La altura total (HT) es la distancia vertical entre el nivel del suelo y el extremo superior del árbol, se obtuvo por medio de un clinómetro que es un instrumento utilizado específicamente para medir altura e inclinación, y generalmente demandan una cinta métrica para establecer la distancia entre el árbol y la persona que realiza la medición.
- Las densidades básicas definidas como el cociente del peso seco al horno y el volumen verde, expresadas en toneladas sobre metros cúbicos (t/m^3) o en gramos sobre centímetros cúbicos (gr/cm^3)

Se obtuvo de la literatura especializada, siguiente: MAGDR 1.998; INIAOIMT 1.996 y INTI-CITEMA.

De igual forma, para el cálculo de biomasa aérea de las especies forestales, se calcula mediante la ecuación siguiente dado por el (MINAM, 2014).

$$BAT = 0.112 * (p * dap^2 * ht)^{0.916}$$

Dónde:

- **BAT** = Biomasa aérea
- **p** = Densidad de la madera (kg/m^3);
- **DAP o dap** = Diámetro a la altura del pecho (cm)

- **Ht =** Altura del árbol (cm).
- Para mas detalle se puede encontrar en en la tabla 2, donde de la ecuación alométrica pertenece al alcance de costa y sierra propuesta por Chave et al. (2005).

Tabla 2

Ejemplos de oportunidades para reducir las emisiones de dióxido de carbono

<p>TABLA 7 Ecuaciones alométricas empleadas para el cálculo de contenido de carbono en biomasa arriba del suelo en bosque</p>			
Ecuación / Factor	Alcance	Región	Referencia
$0,112 \times (\rho * dap^2 * ht)^{0,916}$	Costa y Sierra	Dry forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\rho * \text{Exp}(-1,239 + 1,980 * \text{Ln}(dap) + 0,207 * \text{Ln}(dap)^2 - 0,0281 * \text{Ln}(dap)^3)$	Selva Alta y Zona Hidromórfica	Wet forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\rho * \text{Exp}(-1,499 + 2,148 * \text{Ln}(dap) + 0,207 * \text{Ln}(dap)^2 - 0,0281 * \text{Ln}(dap)^3)$	Selva Baja	Moist forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$6,666 + 12,826 * ht^{0,5} * \text{Ln}(ht)$	Palmas de Alto Porte (ht > 11m)		Pearson <i>et al.</i> (2005)
$23,487 + 41,851 * \text{Ln}(ht)^2$	Palmas de Bajo Porte (ht ≤ 11m)		Pearson <i>et al.</i> (2005)
	Lianas		Putz F.E. (1983)
0,49	Fracción de carbono		IPCC, 2006
0,64	Densidad de madera por defecto		

Dónde:
 ρ = densidad de la madera
 dap = diámetro a la altura de pecho
 ht = altura del árbol

Fuente: IPCC, 2020

“En la mayoría de los estudios en los cuales se trata el tema de almacenamiento de carbono, en la biomasa se asume que el contenido de carbono corresponde al 50% de biomasa total por lo que se sugiere usar un

factor de 0,5 para transformar la biomasa en contenido de carbono” (hillips J.F, 2011).

Así también recomiendan calcular con la siguiente expresión:

“Una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas (t) de CO₂ (obteniendo en función de los pesos moleculares del carbono y del CO₂, de 44/12. Para saber la cantidad de CO₂ emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado deposito, se debe multiplicar esta por 3.67” (hillips J.F, 2011).

2.2.6 Proceso de producción de oxígeno en un árbol.

Imagen 2

Proceso de producción de oxígeno en un árbol



Fuente: harasdadinco y extraído de: <https://www.harasdadinco.cl/que-es-el-co2-y-donde-se-encuentra/>

2.3. Definición de los términos básicos

2.3.1. Aire:

“Una fina capa de gas que cubre la Tierra y consiste en nitrógeno, oxígeno y otros gases como dióxido de carbono, vapor de agua y gas inerte. Es necesario para la vida de los seres vivos. Una persona respira 14000 mil litros de aire al día” (Ecoestrategia, 2018).

2.3.2. Atmósfera:

“Es la mezcla de gases y partículas suspendidas que envuelve la Tierra y que permanece en torno a ella gracias a la atracción gravitacional del planeta. La atmósfera terrestre es extremadamente delgada en comparación a la dimensión del Planeta cuyo radio aproximado es 6400 km. Así, un poco más del 90% de la masa de la atmósfera se concentra en los primeros 20 km. sobre la superficie Los principales componentes de la atmósfera son el nitrógeno molecular (78% en volumen) y oxígeno molecular (21% en volumen). El vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), y otros elementos gaseosos de menor concentración ocupan el 1% restante. Se subdivide en troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera. ATMÓSFERA: Es la mezcla de gases y partículas suspendidas que envuelve la Tierra y que permanece en torno a ella gracias a la atracción gravitacional del planeta. La atmósfera terrestre es extremadamente delgada en comparación a la dimensión del Planeta cuyo radio aproximado es 6400 km. Así, un poco más del 90% de la masa de la atmósfera se concentra en los primeros 20 km. sobre la superficie Los principales componentes de la atmósfera son el nitrógeno molecular (78% en volumen) y oxígeno molecular (21% en volumen). El vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), y otros elementos gaseosos de menor concentración ocupan el 1% restante. Se subdivide en troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera” (SINCA, 2019).

2.3.3. Contaminante:

“Cualquier elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido o su combinación, cuya presencia en el ambiente en un determinado nivel, concentración o período de tiempo pueda poner en peligro a las personas, la calidad de la vida de la población, la protección de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental” (SINCA, 2019).

2.3.4. Dióxido de carbono

“El dióxido de carbono es un compuesto de carbono y oxígeno que existe como un gas incoloro en condiciones normales de temperatura y presión. Está íntimamente relacionado con el efecto invernadero. Antes de las reglas de la IUPAC de 2005, también se conocía como dióxido de carbono” (IUPAC, 2019).

2.3.5. Efecto invernadero

“Calentamiento de la atmósfera terrestre debido a la acumulación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero o gases traza que actúan como un techo de cristal en un invernadero; este fenómeno permite el paso de los rayos del sol y el calentamiento de la tierra, pero por otro lado evita la pérdida de radiación de calor” (SINCA, 2019)

2.3.6. Forestación:

Plantación de nuevos bosques en tierras que históricamente no han contenido bosque. (IPCC, 2000).

2.3.7. Impacto ambiental:

“Es el efecto de los cambios en los factores ambientales sobre la salud y el bienestar humanos. Y es desde el punto de vista del bienestar que la calidad de vida, la propiedad y el patrimonio cultural y las percepciones

estéticas se evalúan como componentes de la evaluación de impacto” (SINCA, 2019).

2.3.8. Sumidero

“Todo proceso, actividad o mecanismo que remueve de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de cualquiera de ellos” (IPCC, 2000).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La cantidad de dióxido de carbono (CO₂) capturada por las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*) en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022 capturaron más de 10 toneladas.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- El área que se tiene de especies de Pinos (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022 supera las 2 hectáreas.
- La especie que captura más volumen de CO₂ de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya es la especie de Quinual (*Polylepis racemosa*).
- Las especies que se adaptaron al contorno de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín fueron el ceticius.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

- Captura las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*)

2.5.2. Variable dependiente

- Dióxido de carbono (CO₂)

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

La operacional de variables e indicadores son las siguientes:

Tabla 3

Operacionabilidad de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Dependiente Dióxido de carbono (CO₂)	Dióxido de Carbono : (IUPAC de 2019)” “El dióxido de carbono es un compuesto de carbono y oxígeno que existe como gas incoloro en condiciones de temperatura y presión estándar. Está íntimamente relacionado con el efecto invernadero. Antes de las normas de la IUPAC de 2005, era también conocido como anhídrido carbónico”	Dimensiones Independiente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gases de Efecto Invernadero 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho
Variable Independiente Captura por las especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa)	Captura de CO₂: EPA 2020 “La captura y el secuestro del dióxido de carbono es un conjunto de tecnologías que puede reducir enormemente las emisiones de CO ₂ con plantas de generación de energía a carbón y gas, procesos industriales y otras fuentes fijas de CO ₂ , tanto nuevos como ya existentes. Por ejemplo: capturar el CO ₂ que se genera en las pilas de una planta generadora de energía a carbón antes de que ingrese a la atmósfera, transportar el CO ₂ por entubaciones e inyectar el CO ₂ a grandes profundidades en una formación geológica subsuperficial adecuada y seleccionada cuidadosamente, como ser un yacimiento petrolífero abandonado cercano, donde se lo puede almacenar en forma segura”	Dimensiones Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pinos (<i>Pinus radiata</i>) ▪ Quinuales (<i>Polylepis racemosa</i>). 	

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

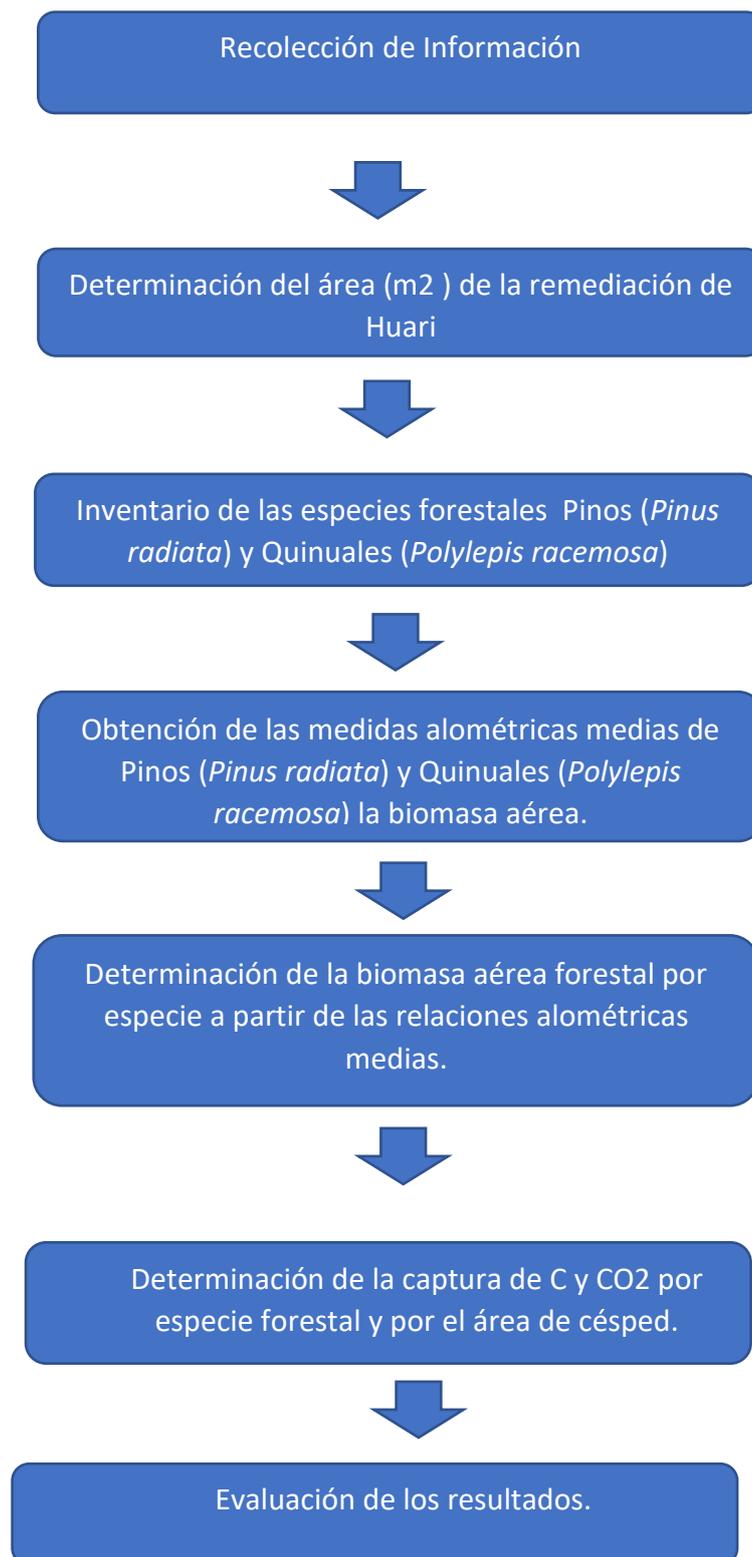
El tipo de investigación es aplicada, ya que para la investigación se utilizó información teorías de la captura de carbono, para comprobarla en la práctica.

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que describió la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que captura las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya.

3.3. Métodos de investigación

Se utilizará el método inductivo ya que cuantificamos el volumen del dióxido de carbono (CO₂) por la captura de las especies (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín para ello se siguió el siguiente procedimiento:



Elaboración: Propia.

3.4. Diseño de la investigación

El estudio realizado es considerado no experimental, el estudio se realizó sin la manipulación de variables, solo se observó y se tomó los datos tal como se dan en su contexto natural, y fueron analizados.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población y Muestra

Población

El área supera mayor a 50 hectáreas, área que representa el área de remediación de Huari.

Muestra

La muestra estará representada por 3 hectáreas, área que se encuentra sembrada las especies de Pinos (*Pinus radiata*) y Quinuales (*Polylepis racemosa*).

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Medición en Campo: Medidas alométricas medias de Pinos (*Pinus radiata*) y Quinuales (*Polylepis racemosa*) la biomasa aérea.

3.6.2. Instrumentos

- Fichas de recolección de información

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

3.7.1. Procedimiento de Selección. - Se selecciono el tema porque en la actualidad se desconocía la información de la cantidad de CO₂ capturado por la remediación ejecutado por La empresa Activos Mineros en Huari.

3.7.2. Procedimiento de validación. - Se realizo acorde a lo coordinado con el asesor de la tesis el cual valido el mismo propósito.

3.7.3. Procedimiento de confiabilidad de los instrumentos de investigación. - La confiabilidad del estudio fue realizado por el área de investigación de la facultad de ingeniería de la UNDAC.

3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

Nuestra investigación se realizó utilizando un análisis cuantitativo, ya que se ha trabajado básicamente términos numéricos. Para ello se recolectaron, clasificaron y se realizó la categorización de datos de las medidas alométricas medias de Pinos (*Pinus radiata*) y Quinuales (*Polylepis racemosa*) con lo cual se tabularon en el software Excel para poder tener un análisis e interpretación, lo cual se detalla en los resultados.

3.9. Tratamiento estadístico

Concluida nuestra investigación de campo se pasó a utilizar el software Excel donde se ha utilizado la estadística descriptiva para analizar la información obtenida y la estadística no paramétrica para la interpretación respectiva en la prueba de hipótesis.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación que presento a continuación lo realice cumpliendo los principios éticos y científicos de investigación y respetando las bibliográficas externas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación de la zona de estudio

Nuestra investigación ejecutada se encuentra en las alturas y lado norte este del centro poblado Huari, lo cual pertenece al distrito de La Oroya; provincia de Yauli; departamento de Junín, geográficamente queda en las siguientes coordenadas E 409394 N 8712744 y a una altitud de 3682 msnm, el centro poblado de Huari queda a 23.93 Km desde la ciudad de La Oroya.

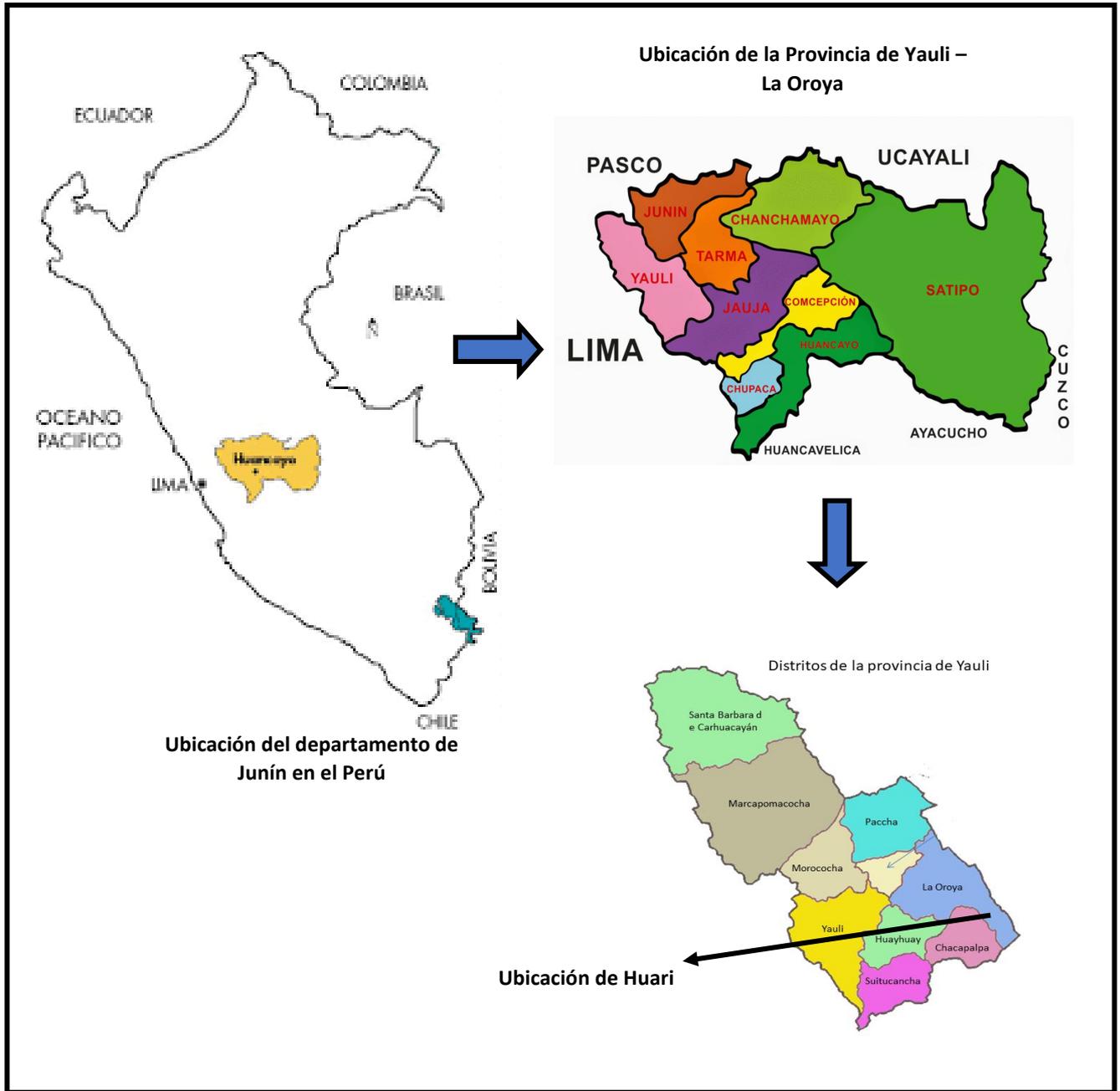
4.1.2. Accesibilidad

Para llegar a la zona de investigación partiendo desde la ciudad de Lima por la vía asfaltada de la carretera central hasta la ciudad de La Oroya en una distancia de 175 Km, desde el cruce para la división de la vía hacia Pasco y Huancayo hasta el centro poblado de Huari en una distancia de 23.93 Km, por una vía asfaltada.

Asimismo, para tener la ubicación exacta se adjunta los siguientes mapas 01 y 02 de la ubicación de la zona de investigación en el centro poblado de Huari.

Mapa 1

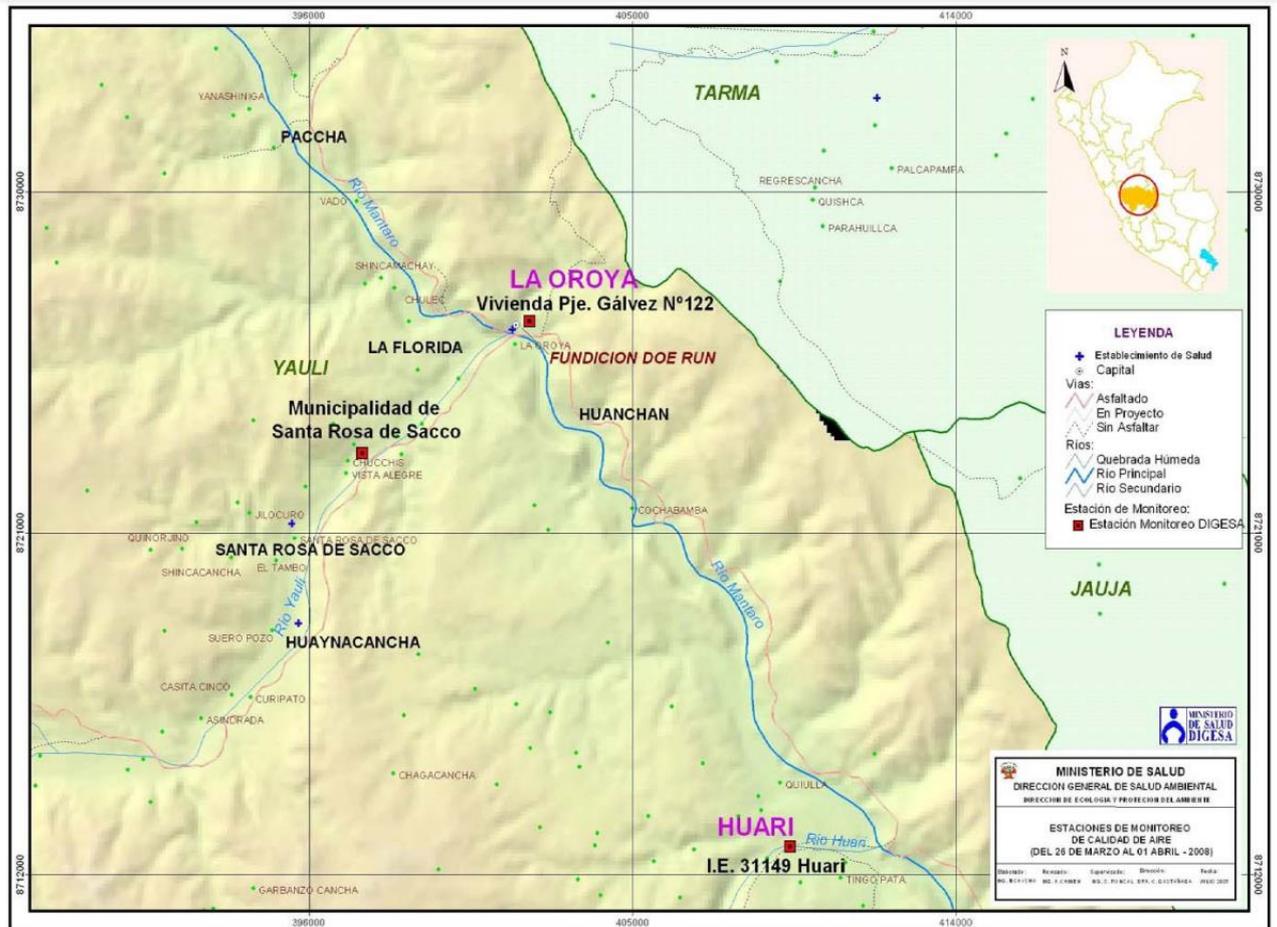
Ubicación del centro poblado de Huari en el Perú



Fuente: Elaboración propia

Mapa 2

Ubicación del centro poblado de Huari; en el distrito de Yauli-La Oroya



Fuente: Ministerio de Salud

4.1.3. Características del área de estudio en el centro poblado de Huari.

Las áreas remediadas por Activos Mineros comprenden en dos etapas (1era etapa y 2da etapa).

Las áreas remediadas en la zona de Huari, tiene una extensión en la primera y segunda etapa de 13.78 ha, para más detalle se adjunta el plano la ubicación de las especies en estudio, dentro del área de remediación se tiene plantación forestal instalada desde el año 2016, y en la que prevalecen las especies de pino (*Pinus radiata*) y quinal (*Polylepis racemosa*). La distancia de plantas a plantas es de 2 m x 2 m. La empresa de Activos Mineros de manera anual realiza los trabajos de mantenimiento donde realiza poda, raleo

y abonamiento en un periodo de tiempo anual. Por la zona que es una meseta se acumula agua lo cual ayuda para el riego que se aprovecha en su mejor temporada los meses de precipitaciones de noviembre a marzo.

Asimismo, para tener la información en siguiente cuadro se detalla la distribución de primera y segunda etapa.

Tabla 4

Distribución de áreas de la 1era y 2da etapa.

	Etapa	Dimensión del proyecto	
		Área (Ha)	Perímetro (m)
1.	Primera	6.29	1209
2.	Segunda	7.49	1270

Fuente: Elaboración propia de la investigación

En las siguientes imágenes se muestran la zona de estudio de la primera y segunda etapa.

Imagen 3

Presencia de Quinual (*Polylepis racemosa*) en la primera etapa.



Imagen 4

Presencia de Quinual (*Polylepis racemosa*) en la segunda etapa



Imagen 5

Presencia de Pino (*Pinus radiata*) en la primera etapa.



Imagen 6

Vista de la primera etapa de Activos Mineros SAC.



Imagen 7

Vista de la segunda etapa de Activos Mineros SAC.



Plano 1

Área de la presencia de especies arbóreas -Centro poblado de Huari



Fuente: Google earth

El clima en el centro poblado de Huari, “por la altitud se encuentra ubicado en la región Suni, en la que impera un clima templado – frío, se observa también una gran diferencia de temperatura entre el día y la noche (15° y 2.5° respectivamente) o entre la sombra y la zona expuesta al sol, llueve durante los meses de verano (enero, febrero, marzo), mientras que en el resto del año las lluvias son escasas” (Universidad Nacional del Centro, 2009).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Descripción de las especies en investigación.

Quinual (*Polylepis racemosa*): Árbol de alturas de 0.5 m a 2 m, su tronco es retorcidos con hojas foliolos pequeños, en el caso del tronco este cubierto por una corteza de coloración café a rojizo en forma de láminas delgadas de allí su nombre de Polylepis (Poly=muchas y Lepis=capas), el diámetro de sus troncos varía de 10 cm hasta 50 cm.

Pino (*Pinus radiata*): Árbol entre 0.90 y 1.5 m de altura, con diámetros de 10 a 20 cm. Se puede ver desde individuos vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular. Presenta ramas largas y delegadas.

Ceticio (*Cecropia membranacea*): De alturas de 0.5 m a 1 m, con hojas en espiral, simples, peltadas y profundamente palmado-divididas; de diámetros 5 a 10 cm de diámetro.

4.2.1.1. Número de especies por zonas

Tabla 5

Número de especies por zonas/alturas

Especie	Primera Etapa				Segunda Etapa			
	0.5 m	1 m	2 m	Total	0.5 m	1 m	2 m	Total
Quinual (<i>Polylepis racemosa</i>)	5,560	1,235	30	6,825	7,543	1,458	0	9,001
Pino (<i>Pinus radiata</i>)	650	1,457	230	2,337	-----	-----	-----	
Ceticio (<i>Cecropia membranacea</i>)	40	10	0	50	-----	-----	-----	
TOTAL				9,212				9,001

Fuente: Elaboración propia en base a referencias

4.2.1.2. Cálculo de densidad (ρ) de especies.

Para el cálculo de densidades se tomó en cuenta las referencias que se adjunta en el Anexo 01, donde indica los siguientes:

Tabla 6
Densidad de especies

Especie	Densidad básica de las especies (g/cm ³)				
	En verde	Seca al aire	Básica	Anhidra	Referencia
Quinual (<i>Polylepis racemosa</i>)	0.92	0.64	0.47	0.65	(1)
Pino (<i>Pinus radiata</i>)	0.50	_____	0.504	_____	(2)
Ceticio (<i>Cecropia membranacea</i>)	_____	_____	0,64	_____	(3)

Fuente: Elaboración propia en base a referencias.

(1) (Ministerio del Ambiente, 2014) Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas, pag. 119.

(2) (Grupo Gamíz, 2000) Pino Radiata, pag. 1 y 2.

(3) (Ministerio del Ambiente, 2014) Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú, pág. 44.

4.2.1.3. Medición del “diámetro a la altura del pecho” (DAP)

Para la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) se realizó las mediciones en campo en la primera y segunda etapa de la investigación tal como se muestra en las siguientes imágenes:

Imagen 8

Medición del diámetro de *Pinus radiata*.



Imagen 9

Medición del diámetro de *Polylepis racemosa*.



Imagen 10

Mediación del diámetro de *Polylepis racemosa*.



Los resultados de los diámetros a la altura del pecho de las especies:

Tabla 7

Diámetro de las especies.

Especie	Primera Etapa			Segunda Etapa		
	0.5 m	1 m	2 m	0.5 m	1 m	2 m
Quinual (<i>Polylepis racemosa</i>)	10 cm	15 cm	20 cm	10 cm	15 cm	20 cm
Pino (<i>Pinus radiata</i>)	10 cm	15 cm	20 cm	-----	-----	-----
Ceticio (<i>Cecropia membranacea</i>)	5 cm	10 cm	0	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4. Determinación del almacenamiento y captura de carbono por árbol.

Teniendo las consideraciones del ítem del marco teórico 2.2.5 se pudo obtener las medidas alométricas medias de cada uno de los árboles inventariados para calcular la biomasa aérea, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 8
Cálculo de CO₂ de la especie de Quinual (*Polylepis racemosa*) en la primera etapa y segunda etapa.

Especie	Quinual (<i>Polylepis racemosa</i>)						Total
	Primera Etapa			Segunda Etapa			
Número de especies de Quinual	5560	1235	30	7543	1458	0	
Densidad (g/cm ³)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
D.A.P. (cm)	10	15	20	10	15	20	
Altura (cm)	50	100	200	50	100	200	
BAT (g)	137.125	543.825	1738.161	137.125	543.825	1738.161	
BAT (Kg)	0.137	0.544	1.738	0.137	0.544	1.738	
C (kgC)	0.069	0.272	0.869	0.069	0.272	0.869	
CO ₂ (kgCO ₂)	0.252	0.998	3.190	0.252	0.998	3.190	
Total de CO ₂ por la cantidad de especies (kgCO ₂)	1399.030	1232.429	95.686	1898.001	1454.965	0.000	6080.110
Total de CO ₂ por la cantidad de especies (Tonelada de CO ₂)	1.399	1.232	0.096	1.898	1.455	0.000	6.080

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Cálculo de CO2 de la especie de Pino (Pinus radiata) en la primera etapa y segunda etapa.

Especie	Pino (Pinus radiata)			Total
	Primera Etapa			
Número de especies de Pino	650	1,457	230	
Densidad (g/cm ³)	0.504	0.504	0.504	
D.A.P. (cm)	10	15	20	
Altura (cm)	50	100	200	
BAT (g)	146.184	579.754	1852.997	
BAT (Kg)	0.146	0.580	1.853	
C (kgC)	0.073	0.290	0.926	
CO2 (kgCO2)	0.268	1.064	3.400	
Total de CO2 por la cantidad de especies (kgCO2)	174.361	1550.027	782.058	2506.446
Total de CO2 por la cantidad de especies (Tonelada de CO2)	0.174	1.550	0.782	2.506

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Cálculo de CO2 de la especie de Ceticio (*Cecropia membranacea*) en la primera etapa y segunda etapa.

Especie	Ceticio (<i>Cecropia membranacea</i>)			Total
	Primera Etapa			
Número de especies de Ceticio	40	10		
Densidad (g/cm ³)	0.64	0.64		
D.A.P. (cm)	05	10		
Altura (cm)	50	100		
BAT (g)	0.950	1.793		
BAT (Kg)	0.001	0.002		
C (kgC)	0.000	0.001		
CO2 (kgCO2)	0.002	0.003		
Total de CO2 por la cantidad de especies (kgCO2)	0.070	0.033		0.103
Total de CO2 por la cantidad de especies (Tonelada de CO2)	0.000070	0.000033		0.00010

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

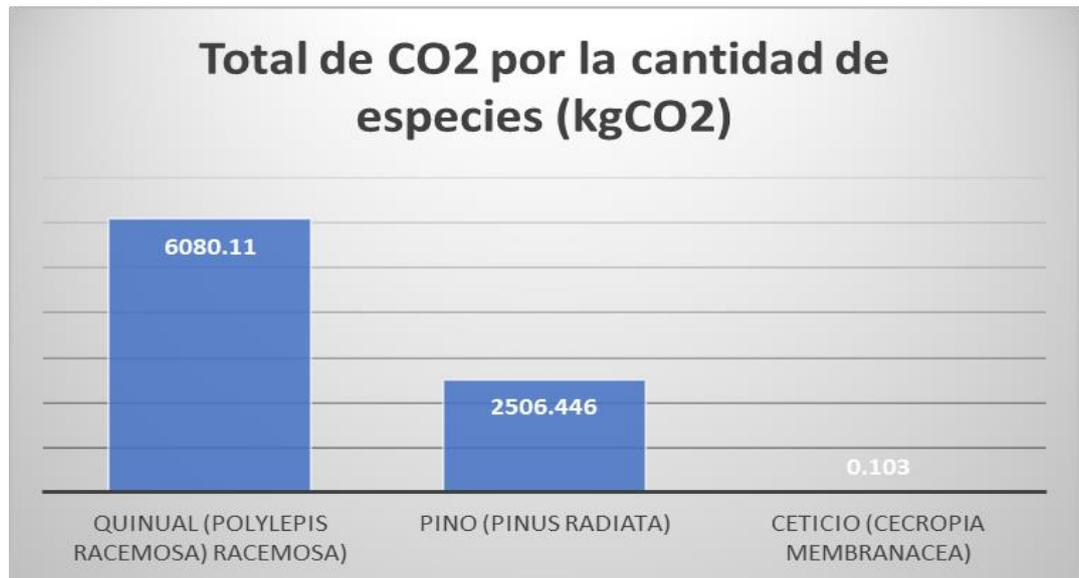
Total de CO2 capturado en la primera etapa y segunda etapa hasta el 2022.

Especie	Total de CO2 por la cantidad de especies (kgCO2)	Total de CO2 por la cantidad de especies (Tonelada de CO2)
Quinual (<i>Polylepis racemosa</i>)	6080.11	6.08
Pino (<i>Pinus radiata</i>)	2506.446	2.506
Ceticio (<i>Cecropia membranacea</i>)	0.103	0.0001
TOTAL en la remediación 1era y 2da etapa	8586.659	8.5861

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3

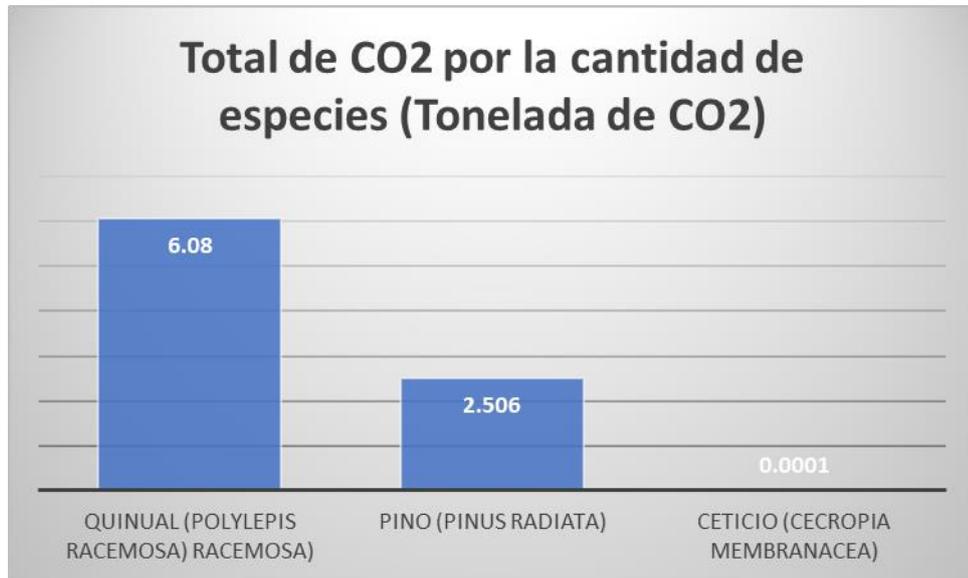
Total de CO2 Capturado por las tres especies en Kg CO2 .



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4

Total de CO₂ Capturado por las tres especies en Toneladas CO₂ .



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De los resultados obtenidos de las áreas remediadas en la zona de Huari, tiene una extensión en la primera y segunda etapa de remediación de 13.78 ha, que fueron instaladas a partir desde el año 2016, las especies sembradas y adaptadas son quinual (*Polylepis racemosa*), pino (*Pinus radiata*) y Ceticio (*Cecropia membranacea*), durante los 7 años de crecimiento y mantenimiento constante, se lograron a la fecha la captura de CO₂ de 6.08 toneladas, 2.0505 toneladas y 0.0001 toneladas respectivamente, teniendo un total de 8.5861 toneladas de CO₂.

4.3. Prueba de hipótesis

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación fue como se menciona a continuación:

“La cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que capturaron las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*) en las áreas degradadas de la zona de

Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022, capturaron más de 8 toneladas”.

La hipótesis planteada es válida, ya que se puede evidencia en la tabla 11 y grafico 4, la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que capturaron las especies de (*Pinus radiata*), (*Polylepis racemosa*) incluido las especie del Ceticio (*Cecropia membranacea*) ya que capturaron en un total de 8.5861 toneladas de CO₂.

El área total de 13.78 ha compartidos en primera etapa de 6.29 ha y en la segundaetapa de 7.49 ha, por otro lado la especie que captura más volumen de CO₂ es la especie de (*Polylepis racemosa*), también se observó y calculo la especie que se adaptó fuera de las especies estudiadas fue el Ceticio (*Cecropia membranacea*).

4.4. Discusión de resultados

Cumplida nuestra investigación logramos establecer la siguiente discusión:

- Desde el año 2016 en adelante La empresa Activos Mineros, empresa de propiedad del estado peruano, viene realizando plantaciones de pinos (*Pinus radiata*), quinales (*Polylepis racemosa*) asimismo de Ceticios (*Cecropia membranacea*) en las áreas degradadas a fin de resarcirlas y los que dejo la actividad minera tuvo implicación producto a las lluvias acidas que generaron la fundición de la Oroya, en la actualidad en las etapas 1 y 2 se pudo identificar la cantidad de 9,001 unidades entre quinales , pinos y ceticios de tamaños de 50 cm, 1 m y 2m.
- El área total de la etapa 1 y 2 son de 13.78 ha, compartidos en primera etapa de 6.29 ha y en la segunda etapa de 7.49 ha en la primera etapa se tiene sembríos de pinos (*Pinus radiata*), quinales (*Polylepis racemosa*) asimismo de Ceticios (*Cecropia membranacea*) y en la

segunda etapa solamente se tiene las especies de quinal (*Polylepis racemosa*) esto se debe a la mayor altura que tiene esta zona y las demás especies son de baja adaptabilidad.

- De los trabajos de campo realizados y de las mediciones alométricas medias a los árboles inventariados para calcular la biomasa aérea, teniendo los resultados durante estos 7 años de crecimiento y mantenimiento constante de los pinos (*Pinus radiata*), los quinales (*Polylepis racemosa*) asimismo de los Ceticios (*Cecropia membranacea*) se lograron a la fecha la captura de CO₂ de 6.08 toneladas, 2.0505 toneladas y 0.0001 toneladas respectivamente, teniendo un total de 8,5861 toneladas de CO₂, cabe mencionar que son solo 7 años seguramente en adelante estas especies capturaran mayores cantidades de CO₂ de acuerdo al mantenimiento que se pueda realizar, estas área en la actualidad casi en su 100% se encuentran cercadas con postes y mallas con púas.

CONCLUSIONES

La investigación ejecutada, finalizó con las conclusiones siguientes:

- i. Las remediaciones ubicadas a las alturas pertenecientes al Centro Poblado de Huari, fueron degradadas por la actividad minera que tuvo implicación producto por las lluvias ácidas que generaron la fundición de La Oroya.
- ii. Desde el año 2016 en adelante La empresa Activos Mineros, empresa de propiedad del estado peruano, viene realizando plantaciones de pinos (*Pinus radiata*), quinales (*Polylepis racemosa*) asimismo de Ceticios (*Cecropia membranacea*).
- iii. La empresa Activos Mineros SAC, realizó el sembrío en dos etapas y en estas etapas 1 y 2 se pudo identificar la cantidad de 9,001 unidades entre quinales, pinos y ceticios de tamaños de 50 cm, 1 m y 2m.
- iv. El área total de la etapa 1 y 2 son de 13.78 ha, compartidos en primera etapa de 6.29 ha y en la segunda etapa de 7.49 ha en la primera etapa se tiene sembríos de pino (*Pinus radiata*), quinal (*Polylepis racemosa*) asimismo de Ceticio (*Cecropia membranacea*) y en la segunda etapa solamente se tiene las especies de quinal (*Polylepis racemosa*) esto se debe a la mayor altura que tiene esta zona y las demás especies son de baja adaptabilidad.
- v. De los trabajos de campo realizado y de las mediciones alométricas, los árboles inventariados para calcular la biomasa aérea, se tomó los resultados durante estos 7 años de crecimiento y mantenimiento constante de los pinos (*Pinus radiata*), los quinales (*Polylepis racemosa*) asimismo de los Ceticios (*Cecropia membranacea*) se lograron a la fecha la captura de CO₂ de 6.08 toneladas, 2.0505 toneladas y 0.0001 toneladas respectivamente, teniendo un total de 8.5861 toneladas de CO₂.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones propuestas son las siguientes:

- i. Se recomienda en las zonas de la segunda etapa, que se evidencia muy poca presencia de tierra agrícola, por lo que se recomienda insertar tierra de otros lugares a fin de que en adelante no se mueran las especies de quinual.
- ii. Por otro lado, a las especies menores de 0.50 m se debe implementar un cerco con rafia para mejorar su adaptación, ya que se evidencia mucha mortandad de especies.

.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2021). *Emisiones de dióxido de carbono*. Estados Unidos.
- BBVA. (2021). Dioxido de carbono en la atmosfera.
- Definicion.de. (2022). *Definiciones*.
- Ecoestrategia. (2018). *El aire*.
- Expansión. (2020). En Perú se incrementan las emisiones de CO₂.
- Fernández Pérez, C., Cely Reyes, G., Antonio Serrano, P. (2017). Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales y una plantación de pino en el páramo de Rabanal, Colombia. *Revista Colombiana de Geografía*.
- Franklin E. Cargua, Marco V. Rodríguez, Celso G. Recalde y Luis M. Vinueza. (2014). Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Scielo*, 1.
- Guillen Enriquez, E., Salome Rojas, L. (2019). *Capacidad de almacenamiento de carbono en el bosque natural de *Polylepis rodolfo-vasquezii* L. Valenzuela & Villalva en la Comunidad Campesina de María Moya, Comas, Concepción*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo Perú.
- IPCC -Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2000). *Forestación y Sumidero*
- IUPAC. (2019). *Dióxido de carbono*.
- Mera García, C. (2020). *Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono de la producción de óxido de calcio en la empresa P'huyu Yuraq II, 2019*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú.
- MINAM. (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*. Perú.

Ministerio del Ambiente. (2009). *Cálculo de biomasa aérea*.

Ministerio del Ambiente. (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*. Perú.

Pérez Osorio, G., Arriola Morales, J., García Lucero, T., Saldaña Blanco, M., Mendoza Hernández, J., 2016). (2016). *Evaluación de la calidad de cuatro jagueyes del parque estatal Flor del Bosque Puebla México*.

Phillip Munday. (2020). Consecuencias de las emisiones de CO₂. (U. J. Cook, Ed.) 1.

Phillips J.F. (2011). *Calculo de contenido de carbono*. Perú.

Taype Otañe, H. (2020). *Determinación del potencial de los servicios ecosistémicos de Pinus radiata para la mitigación de impactos ambientales en el centro poblado de Acopalca, en el año 2017*. Huancayo-Perú: Universidad Continental.

Universidad Nacional del Centro. (2009). *Ampliación de la planta concentradora de Huari*.

Páginas de Internet:

1. ¿Qué es el dióxido de carbono (CO₂) y cómo impacta en el planeta? extraído de la siguiente página web: [https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-dioxido-de-carbono-CO₂-y-como-impacta-en-el-planeta/](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-dioxido-de-carbono-CO2-y-como-impacta-en-el-planeta/)
2. Perú - Emisiones de CO₂ extraído de la siguiente página web: [https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-CO₂/peru](https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-CO2/peru)
3. Emisiones de dióxido de carbono extraído de la siguiente página web:
4. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>

ANEXOS

ANEXO N° 01
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
(Densidad de especies)

Quinual sp (Polylepis sp)

FAMILIA ROSACEAE

Nombre Científico

Polylepis incana Kunth

Sinónimos: *Polylepis incana* subsp. *icosandra* Bitter, *Polylepis incana* subsp. *incarum* Bitter, *Polylepis incana* subsp. *micranthera* Bitter, *Polylepis incana* subsp. *villosistyla* Bitter
Polylepis incana var. *villosistyla* Bitter *Polylepis pallidistigma* Bitter

Nombres Comunes: yagual, colorado quinua, pantza y quinal.

Usos: La madera se usa para la construcción de viviendas y corrales, como estacas y postes de alambrado, instrumentos de labranza, muebles, artesanías y para hacer carbón. Las hojas son alimento de animales y además son usadas medicinalmente. Se usa mucho como cerca viva, protector climático y para reforestar (De la Torre *et al.* 2008).

Distribución geográfica dentro de Ecuador: Abusto o Árbol nativo de los Andes, se distribuye de 3000 a 4500 msnm. en las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imabura, Napo, Pichincha y Tungurahua (Jorgensen y León 1999).

PROPIEDADES FÍSICAS				
	En verde	Seca al aire	Básica	Anhidra
Contenido de Humedad (%)	94	25		
Densidad (g/cm ³)	0.92	0.64	0.47	0.65
Contracción (%)	Radial	Tangencial	Volumétrica	Relación Tangencial/ Radial
Verde a seca al aire	3.93	4.06	8.30	1.27
Verde a seca al horno	4.85	6.14	11.56	
PROPIEDADES MECÁNICAS				
			MOR	
Flexión estática (Kg/cm ²)			736.73	
Compresión paralela (Kg/cm ²)			412.06	
Autor: CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas)	Año: 1984	Lugar de la muestra: Sitio Chiniloma, sector Químiag, parroquia Químiag, cantón Penipe, provincia de Chimborazo.		
Tipo de publicación: Monografía	Repositorio: Biblioteca General Centralizada	Institución: Universidad Técnica del Norte		

Pino (*Pinus radiata*).



Grupo Gámiz

PINO RADIATA

Denominación

- Científica: Pinus Radiata D. Don
- Española: Pino insignis. Pino de Monterrey. Pino Radiata

Descripción de la madera

- Albura: blanca amarillenta.
- Duramen: Pardo amarillento a pardo marrón.
- Fibra: Recta.
- Grano: Medio abasto.
- Defectos característicos: Nudos generalmente sanos, muy abundantes. Madera juvenil y madera de compresión.

Impregnabilidad

- Albura: Impregnable.
- Duramen: De medio a poco impregnable.

Mecanización

- Aserrado: Fácil, sin problemas
- Secado: Fácil y rápido. Riesgo pequeño de fendas y deformaciones.
- Cepillado: Fácil.
- Encolado: Fácil.
- Clavado y atornillado: Fácil. Necesita pretaladros.
- Acabado: Fácil

Aplicaciones

- Carpintería de armar de interior.
- Carpintería de huecos y revestimientos de interior: Precercos, cercos y frisos.
- Mobiliario de interior rústico y juvenil.
- Envases y embalajes.

A tener en cuenta

- Madera de crecimiento muy rápido, es menos estable que otros pinos de crecimiento más lento.

Especificaciones Técnicas del *Pinus radiata*

Propiedades mecánicas	Norma	Unidades	12%	18%	Verde	Calificación
Compresión axial	UNE 56535	Kg/cm ²	434	293	201	Media
Flexión estática	UNE 56537	Kg/cm ²	875	660	479	Media
Módulo elástico de flexión	UNE 56537	Kg/cm ²	90.000	80.000	75.000	Flexible
Cortadura radial	UNE 56543	Kg/cm ²	97	82	54	Media
Cortadura tangencial	UNE 56543	Kg/cm ²	107	93	66	Media
Tracción perpendicular	UNE 56538	Kg/cm ²	23,5	-	-	Media
Hienda (tangencial)	Una 56539	Kg/cm ²	10,6	-	-	Baja
Flexión dinámica (Choque)	UNE 56536	Kg/cm ²	0,37	0,49	0,7	Baja
Dureza Monnin	UNE 56534		1,8	1,1	-	Media (Coniferas)

Propiedades mecánicas de *Pinus radiata* (probetas pequeñas libres de defectos)

Propiedades físicas	Norma	Unidades	12%	Varios	Verde	Calificación
Densidad (al 12%)	NFB 51005	Kg/m ³	500	•	900	Media (Coniferas)
Contracción volumétrica total		%	-	14,5	•	
Contracción radial		%	-	4,2	-	
Contracción tangencial		%	-	7,5	-	
Calor específico	•	J/Kg·C	1650	•	•	Media
Velocidad penetración llamas	UNE 23093	mm/min	0,83	•	•	Alta

Propiedades físicas de *Pinus radiata* (probetas pequeñas libres de defectos)

Calidad Visual (UNE 56544:2007)	Unidades	ME-1	ME-2	MEG
Densidad media	Kg/m ³	504	484	515
Densidad característica	Kg/m ³	426	400	450
Resistencia a la flexión característica	N/mm ²	29,6	18,0	22,6
Módulo de elasticidad medio en flexión	N/mm ² · 10 ⁴	11264	11077	10483
Asignación a clases resistentes (EN 338)	-	C24	C18	C22
Rendimiento clasificatorio	%	21	42	46

Propiedades estructurales de *Pinus radiata* (dimensiones de uso)

Clases resistentes (prEN338:2012)	Unidades	C18	C22	C24
Flexión	N/mm ²	18	22	24
Tracción paralela a la fibra	N/mm ²	11	13	14
Tracción perpendicular a la fibra	N/mm ²	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	N/mm ²	18	20	21
Compresión perpendicular a la fibra	N/mm ²	2,2	2,4	2,5
Cortante	N/mm ²	3,4	3,8	4,0
Módulo de elasticidad media paralelo a la fibra (flexión)	N/mm ² · 10 ⁴	9,0	10,0	11,0
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (5 ^o percentil)	N/mm ² · 10 ⁴	6,0	6,7	7,4
Módulo de elasticidad media paralelo a la fibra (tracción)	N/mm ² · 10 ⁴	8,3	9,2	10,1
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	N/mm ² · 10 ⁴	0,30	0,33	0,37
Módulo de cortante medio	N/mm ² · 10 ⁴	0,56	0,63	0,69
Densidad característica	Kg/m ³	320	340	350
Densidad media	Kg/m ³	380	410	420

Durabilidad natural				Impregnabilidad		Anchura de la albura
Hongos	Hylotropus	Ántridos	Termitas	Duramen	Albura	
4-5	S	SH	S	2-3	1	Grande (>10 cm)
Poco Durable; No durable	Sensible	Duramen también sensible	Sensible	Medianamente; Poco impregnable	Impregnable	

UNE-EN 350-2:1995 Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2: guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa.

Ceticio (*Cecropia membranacea*)

Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú

TABLA 7
Ecuaciones alométricas empleadas para el cálculo de contenido de carbono en biomasa arriba del suelo en bosque

Ecuación / Factor	Alcance	Región	Referencia
$0,112 \times (\rho * dap^2 * ht)^{0,916}$	Costa y Sierra	Dry forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\rho * \text{Exp}(-1,239 + 1,980 * \text{Ln}(dap) + 0,207 * \text{Ln}(dap)^2 - 0,0281 * \text{Ln}(dap)^3)$	Selva Alta y Zona Hidromórfica	Wet forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\rho * \text{Exp}(-1,499 + 2,148 * \text{Ln}(dap) + 0,207 * \text{Ln}(dap)^2 - 0,0281 * \text{Ln}(dap)^3)$	Selva Baja	Moist forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$6,666 + 12,826 * ht^{0,5} * \text{Ln}(ht)$	Palmas de Alto Porte (ht > 11m)		Pearson <i>et al.</i> (2005)
$23,487 + 41,851 * \text{Ln}(ht)^2$	Palmas de Bajo Porte (ht ≤ 11m)		Pearson <i>et al.</i> (2005)
	Lianas		Putz F.E. (1983)
0,49	Fracción de carbono		IPCC, 2006
0,64	Densidad de madera por defecto		

Dónde:

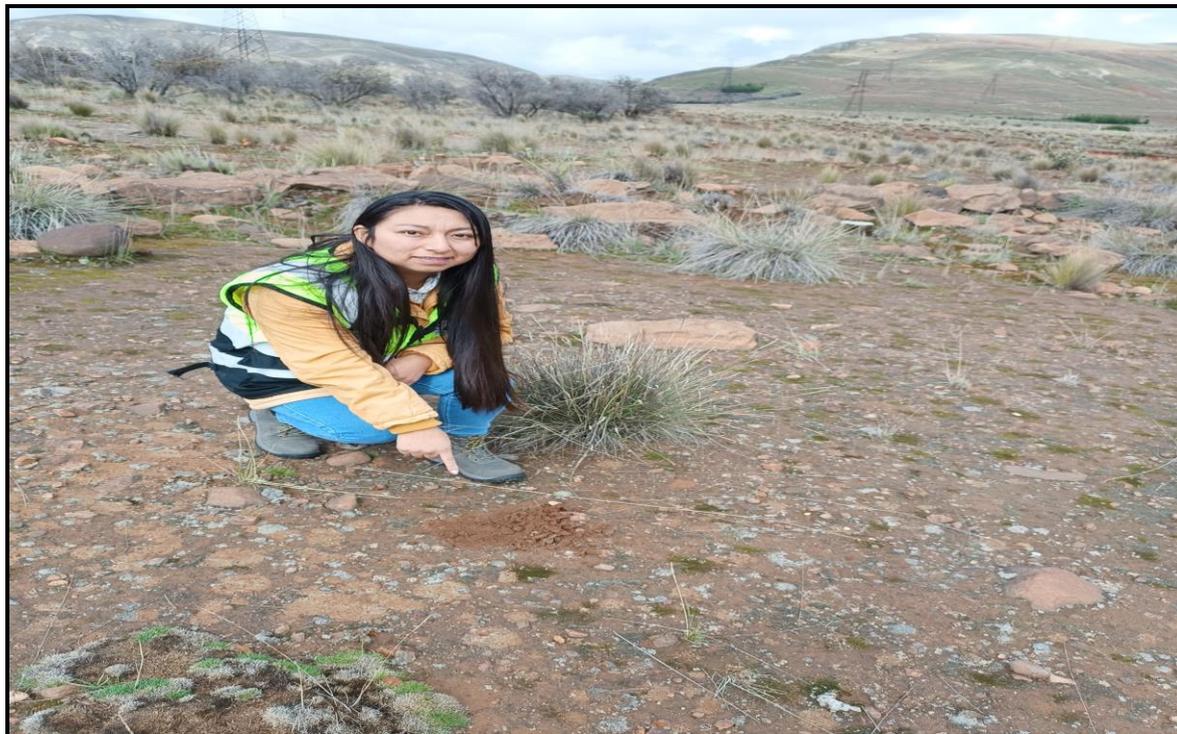
ρ = densidad de la madera

dap = diámetro a la altura de pecho

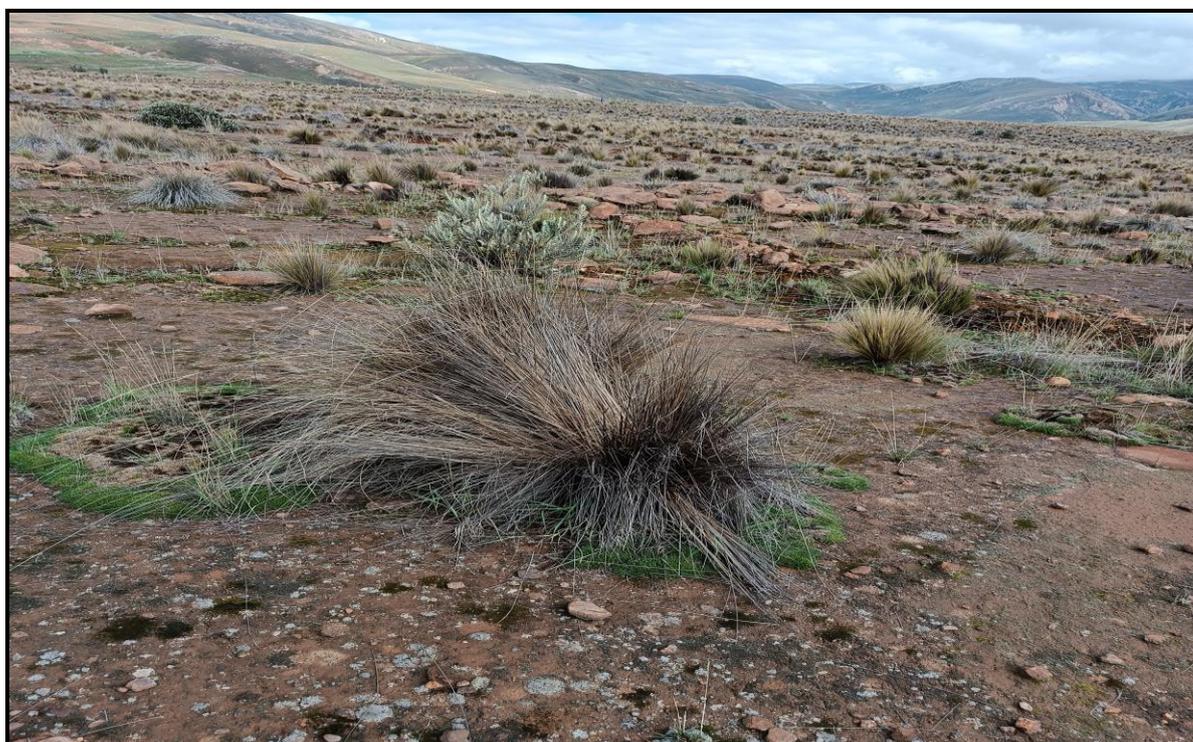
ht = altura del árbol

ANEXO N° 02
IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

Fotografía N° 001: Suelos degradados en las alturas de Huari



Fotografía N° 002: Suelos degradados aun falta de plantaciones



Fotografía N° 003: Vista de especies de quinual y ceticius



Fotografía N° 004: Vista de especies de quinual y ceticius



Fotografía N° 004: Vista de especies en la remediación



ANEXO N° 03
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Cuantificación del dióxido de carbono (CO₂) por la captura de las especies (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022

<i>PROBLEMA GENERAL</i>	<i>OBJETIVO GENERAL</i>	<i>HIPÓTESIS GENERAL</i>
¿Cuál es la cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) capturada por las especies (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?	Determinar la cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) capturada por las especies (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.	La cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) capturada por las especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa) en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022 capturaron más de 10 toneladas.
<i>PROBLEMA ESPECIFICO</i>	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	<i>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</i>
1. ¿Cuál es el área que se tiene de especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?.	1. Cuantificar el área que se tiene de especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.	1. El área que se tiene de especies de Pinos (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022 supera las 2 hectáreas.
2. ¿Cuál es la especie que captura más volumen de CO ₂ de las especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?	2. Determinar la especie que captura más volumen de CO ₂ de las especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022.	2. La especie que captura más volumen de CO ₂ de las especies de (Pinus radiata) y (Polylepis racemosa), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya es la especie de Quinual (Polylepis racemosa).

3. ¿Qué otras especies se adaptaron al contorno de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022?

3. Identificar las especies que se adaptaron al contorno de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín 2022

3. Las especies que se adaptaron al contorno de las especies de (*Pinus radiata*) y (*Polylepis racemosa*), en las áreas degradadas de la zona de Huari; provincia de Yauli - La Oroya; región Junín fueron el ceticus.
