TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"Estimación del carbono almacenado en las especies *olea europaea* (olivo) y *eucalyptus globulus* (eucalipto) como un servicio ambiental del parque El Olivar – San Isidro, Lima– Perú"

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Presentado por:

Gladys Angela Infante Estrada (0000-0002-9455-6426)

José Fernando Conga Castillo (0000-0003-4519-0517)

Asesor:

Mey-Ling Espinoza Kou de Sánchez (0000-0003-2415-9043)

Lima, Perú

2025

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 23 de septiembre del 2026.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Jennifer Villavicencio Huamani
Miembro: Mg. Lourdes Yesenia Falen Horna
Miembro: Mg. Lizeth Huamán Turpo

Se reúnen para evaluar la tesis, con código de proyecto PRE-11-2022-00382, titulada :

"ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LAS ESPECIES Olea europaea (Olivo) y Eucalyptus globulus (Eucalipto) COMO UN SERVICIO AMBIENTAL DEL PARQUE EL OLIVAR – SAN ISIDRO, LIMA–PERÚ"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Gladys Angela Infante Estrada**
- **Jose Fernando Conga Castillo**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Mey-Ling Espinoza Kou de Sánchez

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple (X) calificar a:

Tesista: Gladys Angela Infante Estrada & Jose Fernando Conga Castillo		Nota (en letras): 15 (Quince)	
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dra. Jennifer Villavicencio Huamani
Presidente

Mg. Lizeth Huamán Turpo
Miembro 2

Mg. Lourdes Yesenia Falen Horna
Miembro 1

Mg. Mey-Ling Espinoza Kou de Sánchez
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DEL INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (versión 2.0) [1]

Lima, _ 24_ de ____Setiembre_____ del 2026_

Señor,
Dr. Percy Mayta Tristan
Vicerrector de Investigación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Los abajo firmantes – Gladys Angela Infante Estrada y José Fernando Conga Castillo, estudiante(s)/egresado(s) del Programa académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, y el asesor/la asesora de tesis Mg. Mey-Ling Espinoza Kou de Sánchez – declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado "ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LAS ESPECIES *Olea europaea* (Olivo) y *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) COMO UN SERVICIO AMBIENTAL DEL PARQUE EL OLIVAR – SAN ISIDRO, LIMA–PERÚ", que presentamos para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Ambiental, es original.

En consecuencia, declaramos que el informe no contiene plagio ni total ni parcial; que, cuando se utilizó información de fuentes externas, se reconoció su autoría mediante la citación correspondiente; y que los resultados obtenidos son producto íntegro de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo ello en cumplimiento del Código de ética en la Investigación, Reglamento de Disciplina de Pregrado y Posgrado, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Declaramos, además, que no se han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), ni generativas ni de ningún otro tipo, en ninguna fase del desarrollo de la investigación ni en la redacción del informe final de tesis/trabajo de investigación. Todo el material contenido en este informe fue elaborado íntegramente por el/los autor(es), sin asistencia de herramienta alguna de IA.

Declaramos, además, que no se han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA) generativa, de forma parcial ni total, en ninguna fase del desarrollo de la investigación ni en la redacción del informe final de tesis/trabajo de investigación. Todo el material ha sido revisado por el/los autor(es), quien(es) asume(n) la responsabilidad de su contenido.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, uso indebido de IA generativa o uso no declarado de IA, nos sometemos al proceso de investigación que establezca la Universidad y aceptamos las sanciones que pudieran corresponder. También declaramos conocer las normativas institucionales que regulan las sanciones aplicables en estos casos, incluido el de la compra y venta de tesis.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

Firma tesista	**Firma del asesor de tesis**
DNI: 72684071	**DNI: 44173768**

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/3652



Firma tesista
DNI: 71951756

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Estimación del carbono almacenado en las especies *olea europaea* (olivo) y *eucalyptus globulus* (eucalipto) como un servicio ambiental del parque El Olivar – San Isidro, Lima–Perú.

Autores. Gladys Angela Infante Estrada; José Fernando Conga Castillo.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 3068430611).

Código de registro. PRE-11-2022-00382.

Resultado de la evaluación. 9%.

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	6%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	www.comunidad.madrid Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.cualtos.udg.mx:8080 Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional de Cajamarca Trabajo del estudiante	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Dedicatoria

La presente tesis va dedicada, en primer lugar, a Dios, ya que iluminó mi camino y me hizo fuerte a pesar de las adversidades. En segundo lugar, va dedicado a mi mamá y hermana, ya que ellas fueron el soporte que siempre necesité, y me alentaron en los momentos en los cuales sentí que ya no podía más. Sin ellas, no hubiera sido posible todo esto.

Gladys Angela Infante Estrada

Este logro va dedicada a mi madre Rosa Castillo y a mis papitos Teo Castillo y Jesús Villanueva, ya que, gracias a su amor y apoyo incondicional han sido una fuente importante para poder cumplir mis metas, también por ser un ejemplo de esfuerzo y por enseñarme que los sueños se alcanzan con trabajo y perseverancia. También agradezco a mi familia, por su constante apoyo, paciencia y por ser mi refugio en los momentos difíciles, por animarme a seguir adelante y nunca tirar la toalla, este logro va dirigido para todos ustedes de todo corazón.

Jose Fernando, Conga Castillo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por darnos la oportunidad de estar presentes, de darnos salud y hacernos fuerte ante las adversidades.

Asimismo, agradecemos con mucha estimación a nuestra asesora Mey-Lyn Espinoza Kou de Sánchez, quien en todo momento nos aconsejó y asesoró con mucha paciencia y entusiasmo.

De igual manera, agradecemos con mucha estima al profesor Dámaso Ramírez, por su constante apoyo durante todo el proceso de elaboración de tesis y su predisposición de absolver todas nuestras dudas.

También, queremos hacer llegar un especial agradecimiento a la Municipalidad de San Isidro, por permitirnos desarrollar la investigación en el parque El Olivar; y en especial, al Ing. José Luis Chumpitasi por darnos el soporte en todo momento durante las visitas realizadas en campo.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Científica del Sur por facilitarnos el préstamo de equipos de medición, así como los laboratorios para realizar los análisis pertinentes del estudio.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE

Dedicatoria **2**

Agradecimientos **3**

Resumen **13**

Abstract **14**

I. Planteamiento del problema **15**

II. Marco teórico **18**

2.1 Bases teóricas 18

2.1.1 El Sistema climático y el efecto invernadero 18

2.1.1.1 Cambio climático 18

2.1.1.2 Efecto Invernadero y GEI 18

2.1.2 Dinámica del Carbono en Ecosistemas Forestales 18

2.1.2.1 Ciclo del carbono 19

2.1.2.2 Papel de CO_2 ante el cambio climático: 19

2.1.2.3 Captura de carbono 19

2.1.2.4 Stock de carbono 19

2.1.3 Biomasa como Indicador de Almacenamiento 19

2.1.3.1 Biomasa Forestal y Aérea 19

2.1.3.2 Relación Biomasa-Carbono 20

2.1.4. Métodos utilizados para la estimación de captura de CO_2 20

2.1.4.1 Método directo o destructivo 20

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2.1.4.2 Método indirecto no destructivo 20

2.1.4.3 Ecuaciones Alométricas 20

III. Objetivos/hipótesis 22

3.1 Objetivos 22

3.1.1 Objetivos generales 22

3.1.2 Objetivos específicos. 22

3.2. Hipótesis 23

3.2.1 Hipótesis general. 23

IV. Metodología 24

4.1 Área de estudio. 24

4.2 Materiales 26

4.2.1 Materiales de oficina 26

4.2.2 Materiales de campo 26

4.2.3 Equipos de campo 26

4.2.4 Programas 26

4.3. Métodos 27

4.3.1 Población 27

4.3.2 Muestra 27

4.3.3 Muestreo 28

4.3.4 Metodología de la investigación 29

4.3.5 Recolección de datos 30

4.3.5.1 Inventario de árboles 30

4.3.5.1.1 Medición del DAP 31

4.3.5.1.2 Medición de la altura del árbol 31

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.3.5.1.3 Georreferenciación de los árboles evaluados 31

4.3.5.2 Recolección de hojarasca 31

4.3.5.3 Procesamiento de muestras en laboratorio 32

4.3.6 Estimación de carbono almacenado en la hojarasca 32

4.3.6.1 Cálculo del contenido de humedad 32

4.3.6.2 Cálculo de biomasa seca 33

4.3.6.3 Cálculo de carbono en la hojarasca 34

4.3.7 Estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea 34

4.3.7.1 Estimación de biomasa aérea 34

4.3.7.2 Estimación del CO_2 almacenado en la biomasa aérea y en la hojarasca 35

4.4 Análisis estadístico 37

4.5 Valorización del servicio de captura de carbono 37

V. Resultados 38

5.1 Estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 38

5.1.1 Prueba de Normalidad para el contenido de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 38

5.1.2 Prueba U. Mann-Whitney para el contenido de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 39

5.1.3 Diagrama de Caja y Bigotes del contenido de carbono en la biomasa aérea de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 39

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

5.2 Estimación de carbono almacenado en la hojarasca de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en las estaciones de verano e invierno 40

5.2.1 Prueba de Normalidad para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación verano 40

5.2.2 Prueba U. Mann-Whitney para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 41

5.2.3 Prueba de Normalidad para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación invierno 42

5.2.4 Prueba U. Mann-Whitney para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 43

5.2.5 Diagrama de Caja y Bigotes para el contenido de carbono en la hojarasca de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 43

5.3 Cálculo de la valorización económica sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea y hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalytus globulus* 40

5.3.1 Cálculo de la valorización económica sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalytus globulus* 45

5.3.2 Cálculo de la valorización económica sobre la estimación de carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalytus globulus* 46

VI. Discusión 48

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

VII. Conclusiones 52

VIII. Recomendaciones 53

IX. Referencias Bibliográficas 54

X. Anexos 66

ÍNDICE DE FIGURAS 25

Figura 1. Mapa de ubicación del parque El Olivar, San Isidro – Lima 25

Figura 2. Diagrama de Cajas y Bigotes para el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 40

Figura 3. Diagrama de Cajas y Bigotes para el contenido de carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* durante las estaciones de verano e invierno 44

ÍNDICE DE TABLAS 35

Tabla 1. Ecuación de biomasa para la especie *Olea europaea* 35

Tabla 2. Ecuación de biomasa para la especie *Eucalyptus globulus* 35

Tabla 3. Prueba de normalidad para el carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 38

Tabla 4. Prueba U de Mann-Whitney para el carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* 39

Tabla 5. Prueba de normalidad para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación verano 41

Tabla 6. Prueba U de Mann-Whitney para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación verano 41

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 7. Prueba de normalidad para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación invierno 42

Tabla 8. Prueba U de Mann-Whitney para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación invierno 43

Tabla 9. Valorización económica del carbono almacenado en la biomasa aérea de ambas especies 45

Tabla 10. Valorización económica del carbono almacenado en la hojarasca de ambas especies durante las estaciones de verano e invierno 47

ÍNDICE DE ANEXOS 66

Anexo 1. Solicitud de permiso para el desarrollo de la tesis en el parque El Olivar 66

Anexo 2. Solicitud aceptada por parte de la Municipalidad Distrital de San Isidro para el desarrollo de la tesis en el parque El Olivar 67

Anexo 3. Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* 68

Anexo 4. Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* durante la estación verano 73

Anexo 5. Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* durante la estación invierno 78

Anexo 6. Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de *Eucalyptus globulus* 83

Anexo 7. Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de *Eucalyptus globulus* durante la estación de verano 85

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 8. Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de *Eucalyptus globulus* durante la estación de invierno 87

Anexo 9. Solicitud de préstamo de 01 GPS marca GARMIN..... 89

Anexo 10. Recepción de 01 GPS marca GARMIN 90

Anexo 11. Uso de GPS marca GARMIN en el parque El Olivar 91

Anexo 12. Solicitud de préstamo de 02 clinómetros marca Sunto 92

Anexo 13. Recepción de 02 clinómetros marca Sunto..... 93

Anexo 14. Uso de los 02 clinómetros marca Sunto en el parque..... 94

Anexo 15. Uso de la wincha para la medición de altura del árbol 95

Anexo 16. Uso de la cinta métrica para la medición del DAP de los árboles..... 96

Anexo 17. Recolección de hojarasca de olivo (*Olea europaea*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) mediante bolsas ziploc y rastrillo 97

Anexo 18. Pesaje de muestras de olivo (*Olea europaea*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) mediante una balanza digital..... 98

Anexo 19. Obtención del peso seco de la hojarasca de olivo (*Olea europaea*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el horno de secado 98

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo estimar y comparar el carbono almacenado entre las especies arbóreas de olivo (*Olea europaea*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), así como determinar su valorización económica como servicio ecosistémico del parque El Olivar. Para ello, se evaluaron 51 individuos de olivo y 17, de eucalipto mediante un muestro no probabilístico considerando la biomasa aérea y la hojarasca como variables de estudio. La biomasa aérea fue estimada mediante ecuaciones alométricas específicas para cada especie, mientras que el contenido de carbono en la hojarasca se estimó a partir del peso seco y el factor de conversión de carbono (0.5). Los resultados mostraron que el carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* fueron de 2.86 tC y 1.45 tC respectivamente, entendiéndose que estos valores representaron el carbono total estimado en los individuos evaluados de cada especie dentro del área de estudio. Por otro lado, la valorización económica fue de 315.35 US$ (para olivo) y 159.23 US$ (para eucalipto). Asimismo, la prueba U Mann-Whitney evidenció diferencia significativa en cuanto al almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en la hojarasca de ambas especies, obteniendo valores de $p=0.025$ y $p<0.001$, respectivamente. De igual manera, se registró mayores valores de almacenamiento de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* (0.9771 tC) a comparación de *Eucalyptus globulus* (0.1146 tC), durante la estación de verano, y cuyos resultados se asemejaron a la estación de invierno (Olivo = 0.8807 tC ; Eucalipto = 0.11458 tC). Finalmente, se concluye que la especie *Olea europaea* presentó un mayor potencial para almacenar carbono, a diferencia de *Eucalyptus globulus,* tanto en la biomasa aérea como en la hojarasca; así como también, una mayor valorización económica en ambas estaciones. Finalmente, se destaca la importancia de los parques urbanos como importantes sumideros de carbono, los cuales contribuyen a mitigar los impactos del cambio climático, y a su vez, permiten generar herramientas de gestión para la conservación de las áreas verdes urbanas.

Palabras clave: *carbono almacenado, biomasa aérea, Olea europaea, Eucalyptus globulus, valorización económica, parque El Olivar.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Summary

This study aimed to estimate and compare the carbon stored in olive (*Olea europaea*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) trees, as well as to determine their economic value as an ecosystem service within El Olivar Park. To this end, 51 olive trees and 17 eucalyptus trees were evaluated using non-probabilistic sampling, with above-ground biomass and leaf litter serving as the study variables. Above-ground biomass was estimated using species-specific allometric equations, while carbon content in the leaf litter was calculated based on dry weight and a carbon conversion factor of 0.5. The results showed that the carbon stored in the above-ground biomass of *Olea europaea* and *Eucalyptus globulus* was 2.86 tC and 1.45 tC, respectively; these values represent the total estimated carbon for the evaluated individuals of each species within the study area. Regarding economic valuation, the figures were US$ 315.35 for olive and US$ 159.23 for eucalyptus. Furthermore, the Mann-Whitney U test revealed a significant difference in carbon storage within the above-ground biomass and leaf litter of both species ($p=0.025$ and $p<0.001$, respectively). Similarly, higher carbon storage values were recorded in the leaf litter of *Olea europaea* (0.9771 tC) compared to *Eucalyptus globulus* (0.1146 tC) during the summer season, with results mirroring those observed in winter (Olive = 0.8807 tC; Eucalyptus = 0.11458 tC). In conclusion, the species *Olea europaea* demonstrated greater carbon storage potential—in both above-ground biomass and leaf litter—compared to *Eucalyptus globulus*, as well as higher economic value at both sites. Finally, the importance of urban parks as significant carbon sinks is highlighted; they contribute to mitigating the impacts of climate change while facilitating the development of management tools for the conservation of urban green spaces.

Keywords: *stored carbon, aerial biomass, Olea europaea, Eucalyptus globulus, economic valorization, El Olivar park.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

I. Planteamiento del problema

Actualmente, gran parte de la población mundial vive en zonas urbanas, y se pronostica que esta situación pueda aumentar para el año 2050 (ONU, 2018). Asimismo, según el informe de las Naciones Unidas, la población urbana ha ido aumentando de manera exponencial en los últimos años, alcanzando una cifra de 4200 millones de personas solo para el año 2018. El informe señala que América del Norte, y América Latina y el Caribe conforman las regiones con mayor índice de población urbana, abarcando un 82% y 81% respectivamente; mientras que en Europa y Oceanía comprenden un área urbanizada de 74% y 68%, respectivamente.

Por otro lado, se predice que la población urbana aumentará y se dará principalmente en los países de ingresos medios y bajos, lo que involucrará un aumento en el abastecimiento de los servicios básicos; tales como energía, transporte, agua potable y alcantarillado, educación, seguridad y medio ambiente seguro. Este último ítem tiene una relevancia especial, ya que en los últimos años las actividades antropogénicas han generado el incremento de las emisiones de GEI, en particular, el CO_2, lo cual ha contribuido en el calentamiento global, y con ello, en la aceleración del cambio climático. Por ejemplo, en el Perú, para el año 2022 las emisiones de GEI alcanzaron los 105,139 millones de toneladas de CO_2 equivalente por año (Mt CO2eq/yr), encabezando la lista los sectores de energía y transporte, cuyas emisiones aumentaron en un 300% y en 262% respectivamente, en comparación al año 1990. Para el caso de estudio, la Municipalidad de San Isidro, consciente de la problemática ambiental y comprometida con la mitigación del cambio climático, realizó la medición de su Huella de Carbono a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

nivel distrital para el año 2017, en el cual se obtuvo como resultado que la emisión total de GEI fue de 3319,673 tCO2 eq, siendo los sectores de energía y transporte, las principales causales de dichas emisiones, con un 49.59% y 49.77% respectivamente. Como se sabe, gran parte del sector transporte utiliza combustibles fósiles (tales como el carbón, petróleo y gas), los cuales elevan la temperatura del planeta y provocan olas de calor intensas en diversas partes del mundo. Para el caso de estudio la problemática no es ajena a ello, ya que según el Mapa de Islas de Calor del distrito de San Isidro (2020), la temperatura promedio asciende a los 29.8°C, mientras que específicamente para el parque El Olivar, oscila entre 32°C - 34 °C.

No obstante, resulta interesante destacar el importante valor que posee el parque El Olivar dentro de un área urbana, ya que este actúa como un valioso sumidero de carbono, el cual permite reducir la contaminación atmosférica mediante la captación de carbono emitido principalmente por el sistema de escape de los vehículos. Asimismo, de acuerdo con el informe de la ONU - Hábitat (2018), señala que los espacios verdes pueden reducir los efectos de las islas de calor provocado por la concentración del calor en los pavimentos y el concreto.

Sin embargo, cabe mencionar que no todos los árboles captan la misma cantidad de carbono, ya que algunas dependen de ciertos factores; tales como variables dendrométricas (altura, DAP, edad, velocidad de crecimiento); variables dendrológicas (taxonomía, morfología, fenología), e inclusive técnicas de manejo silvicultural en arbolado urbano (poda, riego, fertilización, control fitosanitario) que permiten determinar qué especie captura y/o almacena más carbono que otra. Por ejemplo, de acuerdo con la investigación de Manchabajoy et. al (2022), se observó que los árboles

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

que presentaron mayor altura y DAP, resultaron almacenar mayor carbono a comparación de aquellos de menor tamaño. De igual manera, la investigación MacKenzie (2024), demostró que los árboles maduros (tales como robles de 180 años) pueden aumentar sus tasas de absorción de CO_2 a lo largo del tiempo, pudiendo retener este gas durante varias décadas. Asimismo, el estudio señaló que los árboles, al absorber el dióxido de carbono, pueden utilizarlo de diversas maneras; tales como producción de hojas, raíz y biomasa leñosa (BBC, 2024).

Por otra parte, en la actualidad, existe poca información sobre el almacenamiento de carbono en el parque El Olivar, lo cual limita una correcta gestión ambiental de este importante recurso no solo para el distrito de San Isidro, sino también, para Lima Metropolitana.

De igual manera, es fundamental realizar un adecuado manejo del arbolado urbano para evitar el deterioro de las especies que habitan en la zona, así como su capacidad de captación de carbono; ya que, por ejemplo, un exceso de riego en los árboles podría afectar al sistema radicular, impidiendo la correcta absorción de agua, y con ello, provocando la marchitez de la planta, o, en el último de los casos, la muerte de esta (University of Maryland Extension - UME, 2023).

Por ende, es imprescindible que los gobiernos desarrollen nuevas políticas que permitan gestionar adecuadamente el crecimiento urbano, de manera que ésta sea sostenible, y a la vez, abarque los tres pilares fundamentales; económico, social y ambiental. En ese sentido, los parques urbanos son considerados como una gran opción para mitigar los impactos del calentamiento global, ya que su capacidad de capturar carbono permite, a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

su vez, disminuir la sensación térmica provocada por las islas de calor. Sin embargo, de acuerdo con lo mencionado anteriormente, es importante recalcar que no todas las especies capturan igual carbono que otra. Por ello, resulta interesante comparar la estimación de carbono de la especie predominante del parque, con una especie que ha sido considerada como invasora por su alta demanda de consumo de agua, en este caso nos referimos al olivo (*Olea europaea*) y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), respectivamente.

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar: ¿Existe la posibilidad de que el olivo pueda tener mayor potencial de almacenamiento de carbono comparado con el eucalipto? ¿Es posible la existencia de diferencia significativa respecto al carbono almacenado en dos estaciones diferentes (verano e invierno)?

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

II. Marco Teórico

2.1 Bases teóricas

2.1.1 El Sistema climático y el efecto invernadero

2.1.1.1 Cambio Climático: Hace referencia a la variación del sistema climático terrestre por la acumulación significativa de Gases de Efecto Invernadero (GEI). De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial – OMM (2025), la temperatura media global ya habría superado el umbral crítico de 1.5 ºC con respecto a la era preindustrial.

2.1.1.2 Efecto Invernadero y GEI: Es el proceso atmosférico de retención de calor, hoy intensificado por actividades antropogénicas. La concentración de CO_2 alcanzó las 425 ppm en 2025 (OMM, 2025). Estos gases, aunque presentes de forma natural, se tornan nocivos al aumentar por causas industriales y automotrices (Espinosa et al., 2016).

2.1.2 Dinámica del carbono en ecosistemas forestales

2.1.2.1 Ciclo del carbono: El ciclo del carbono se entiende como el flujo biogeoquímico del carbono entre las plantaciones y la atmósfera. Los ecosistemas forestales actúan principalmente en este proceso, ya que la fotosíntesis que se genera a través de ellas permite la entrada de carbono para la formación de biomasa, determinando así el almacenamiento en el ecosistema (Mendoza, 2021).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2.1.2.2 Papel de CO_2 ante el cambio climático: El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero con mayor incidencia en el calentamiento global de origen antropogénico, cuya función principal es la retención de la radiación térmica en la atmósfera (Ramos, 2023)

2.1.2.3 Captura de Carbono: Proceso biológico donde el CO_2 es absorbido mediante la fotosíntesis y almacenado en los tejidos vegetales (FAO, 2017). Los bosques participan en el 90% del flujo anual de carbono atmosférico terrestre.

2.1.2.4 Stock de Carbono: Es la cantidad total de carbono acumulado en un reservorio en un momento dado. El informe FRA 2025 (FAO) estima que los bosques globales contienen 662 Gt de carbono, distribuidos entre el suelo y la biomasa.

2.1.3 Biomasa como Indicador de Almacenamiento

2.1.3.1 Biomasa Forestal y Aérea: La biomasa es el principal indicador de la salud del ecosistema y su capacidad de resiliencia (Sylvera, 2025). Se distingue específicamente la biomasa aérea (tallos, ramas, follaje), la cual, según el IPCC (2024), representa el reservorio de carbono más vulnerable y de más rápida liberación ante procesos de deforestación.

2.1.3.2 Relación Biomasa-Carbono: La biomasa es la herramienta métrica fundamental para determinar el carbono almacenado, ya que el carbono se distribuye de manera proporcional en los órganos de la planta (fuste, raíces, hojas) según sus demandas fisiológicas (Ma, H., et al., 2021).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2.1.4 Métodos utilizados para la estimación de captura de CO_2

2.1.4.1 Método directo o destructivo: El método directo consiste en el derribo, pesaje y análisis de laboratorio de los componentes físicos del árbol (fuste, ramas y hojas), los cuales ayudan a determinar de forma exacta la biomasa húmeda y seca; este procedimiento es considerado el más preciso permitiendo cuantificar el carbono almacenado, ya que permite obtener el factor de conversión real de la biomasa, su aplicación es limitada debido a su alto costo y la restricción legal en áreas de conservación o entornos urbanos (Quispe, 2022).

2.1.4.2 Método indirecto no destructivo: El método indirecto utiliza ecuaciones alométricas y modelos matemáticos que permiten relacionar variables dendromètricas (p. ej. DAP, altura del árbol) con la biomasa total de la especie a evaluar. Su principal ventaja radica en que permite estimar el stock de carbono de manera precisa sin comprometer la integridad del ecosistema (López, 2023).

2.1.4.3 Ecuaciones Alométricas: Las ecuaciones alométricas permiten estimar la biomasa aérea y el carbono almacenado en las especies sin recurrir a métodos destructivos. Estas herramientas matemáticas relacionan variables medibles en campo (como el diámetro y la altura) con el volumen de carbono almacenado, siendo el método estándar para estudios en áreas protegidas o entornos urbanos donde se requiere conservar la integridad del espécimen (Ruiz-Peinado et al., 2024).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

III. Objetivos/hipótesis

3.1 Objetivos

3.1.1 Objetivos generales

- Estimar la cantidad de carbono almacenado en las especies de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*.
- Determinar la valorización económica del almacenamiento de carbono en las especies de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* como servicio ecosistémico del parque El Olivar.

3.1.2 Objetivos específicos

- Estimar el almacenamiento de carbono en la hojarasca de las especies arbóreas *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*.
- Estimar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de las especies *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* del parque El Olivar mediante el uso de ecuaciones alométricas.
- Determinar si existe una diferencia significativa en el carbono almacenado entre las especies *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* del parque El Olivar en las estaciones de verano e invierno.
- Valorar económicamente el almacenamiento de carbono de las especies *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* del parque El Olivar.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3.2 Hipótesis

3.2.1 Hipótesis General

La especie arbórea de *Olea europaea* posee un mayor potencial de almacenamiento de carbono a diferencia de *Eucalyptus globulus*, cuyas variables dendrométricas podrían influir en la captación de carbono durante la comparación entre estaciones.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IV. Metodología

4.1 Área de estudio

El estudio se realizó a lo largo de todo el bosque El Olivar ubicado en el distrito de San Isidro (Lima, Perú). Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas 12°06’03”S (latitud) - 77°02’05”O (longitud) (Figura 4), y abarca un promedio de 10 hectáreas donde se distribuyen una gran variedad de especies arbóreas; tales como, Olivo, Eucalipto, Cedro, Ceibo, Molle serrano, Ponciana, Araucaria, entre otros (Censo Forestal – Bosque El Olivar, 2016).

Figura 1

Mapa de ubicación del parque El Olivar, San Isidro – Lima.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

a. Extensión del parque El Olivar generado en el Software ArcGIS **b.** Mapa de ubicación del distrito de San Isidro **c.** Mapa de ubicación de Lima Metropolitana **d.** Área del parque El Olivar graficado en Google Earth

Fuente. Elaboración propia

4.2 Materiales

4.2.1 Materiales de oficina

- ☑ Impresora
- ☑ Laptop

4.2.2 Materiales de campo

- ☑ Agenda
- ☑ Bolsas ziplock
- ☑ Cinta métrica de 100 m
- ☑ Lapiceros
- ☑ Plumón indeleble
- ☑ Rastrillo

4.2.3 Equipos de campo

- ☑ Balanza digital
- ☑ Celular
- ☑ Clinómetro marca SUUNTO Tandem
- ☑ GPS marca GARMIN Modelo GPSMAP 66s

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.2.4 Programas

- ☑ Microsoft Excel
- ☑ IBM SPSS Statistics

4.3 Métodos

4.3.1 Población

"La población se define como un conjunto de individuos que presentan determinadas características en común, localizados en una determinada área, en un espacio de tiempo definido para el estudio" (Rügnitz, Chacón, Porro, 2009). Se trabajó con las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* presentes en el parque El Olivar en el año 2024, para ello se utilizó la información del *Censo Forestal del bosque El Olivar* (MSI, 2016) para identificar la ubicación (coordenadas geográficas) de los árboles de olivo y eucalipto presentes en el parque el Olivar. Cabe mencionar que, durante el recorrido de los cuatro sectores del parque, no se pudo evaluar un sector en específico, debido a que éste se encontraba rodeado de propiedad privada, lo que condujo a una limitación del estudio.

4.3.2 Muestra

Se evaluó un total de 51 olivos y 17 de eucaliptos del parque El Olivar aplicando una proporción de 3:1, y cuyos criterios de selección se presentan a continuación:

- Árboles que presenten un DAP ≥ 5 cm, ya que un menor valor representaría una biomasa muy pequeña, y por tal, no sería significativo para la investigación (Walker et al., 2011).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Árboles que no se encuentren dentro de un predio privado, para evitar manipulación externa de la muestra.
- Árboles que no presenten deformaciones (ej. Bifurcaciones) con la finalidad de realizar una correcta medición del DAP (1.3 m sobre el suelo), ya que, caso contrario, la medición a la altura del pecho no sería representativa (Walker et al., 2011).
- Árboles en buen estado (que no presenten problemas de plagas).

Se estableció una proporción de 3:1 debido a que se consideró la abundancia relativa de las especies arbóreas presentes en el parque El Olivar; ya que se sabe que la especie *Olea europaea* es la especie predominante del parque, a diferencia de la especie *Eucalyptus globulus*, que se encuentra en menor cantidad. Ello permitió lograr un muestreo proporcional, lo cual mantuvo la representatividad de las especies y facilitó el trabajo realizado en campo.

Asimismo, cabe mencionar que el criterio tomado representa una justificación práctica aceptada en las investigaciones actuales. Estudios recientes confirman que trabajar con muestras desbalanceadas representa un enfoque totalmente válido y confiable, ante limitaciones en campo, ya que la estadística moderna demuestra que al incrementar el grupo no restringido hasta una proporción máxima de 3:1 respecto al grupo menor, logra compensar la reducción de muestras y así alcanzar una potencia estadística óptima para contrastar la hipótesis establecida (Jayarman, K. (s.f).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.3.3 Muestreo

En ese sentido, el estudio desarrolló un muestreo no probabilístico, dado que "la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación" (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014). Es base a ello, se seleccionó un muestreo no probabilístico debido a que los individuos fueron seleccionados en base al criterio del investigador, considerando los criterios de especie, el estado fitosanitario y la accesibilidad para realizar las mediciones de los parámetros en campo; por lo cual, este tipo de muestreo permitió seleccionar árboles que cumplían con los requisitos de la investigación y así obtener una información confiable durante el proceso.

Por otro lado, se establecieron parcelas cuadradas de 3 x 3 m (9 m^2) alrededor de cada individuo de *Eucalyptus globulus* y *Olea europaea,* con la finalidad de evaluar el área de influencia directa de cada individuo, y con ello, uniformizar la medición de variables necesarias para realizar la estimación de carbono almacenado en cada una de ellas. Asimismo, este tamaño permitió optimizar y estandarizar el levantamiento de datos en campo, así como, evitar interferencia de árboles adyacentes. Asimismo, cabe mencionar que luego del establecimiento de la muestra (51 olivos y 17 eucalipto) se realizó el recorrido para identificar los árboles seleccionados mediante el Censo Forestal, para lo cual se observó que durante la recopilación de datos dendrométricos de eucaliptos en campo, uno de los individuos no se encontraba en el lugar. Se realizó la consulta al ingeniero encargado, y nos comentó que posiblemente lo retiraron por un tema de manejo técnico. Por ende, para no afectar el número inicial de eucaliptos evaluados (17) (y con ello la investigación en conjunto), se optó por continuar el mismo número inicial, y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

al individuo faltante, no se le agregó ningún valor de DAP, altura del árbol u otro.

4.3.4 Metodología de la investigación

El diseño del estudio fue no experimental dado que no se manipularon las variables independientes. Asimismo, es de corte longitudinal debido a que se recolectaron datos en distintos periodos de tiempo con el fin de analizar cambios en las variables de estudio, o la posible relación entre ellas (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

4.3.5 Recolección de datos

4.3.5.1 Inventario de árboles

Se utilizó la *Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal* (Walker et al., 2011), con el fin de aplicar los procedimientos para la recolección de datos como el DAP y la altura del árbol.

4.3.5.1.1 Medición del DAP

De acuerdo con Walker *et al*. (2011), el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles se mide a partir de 1.3 m sobre el suelo, ya que este valor representa un estándar reconocido internacionalmente. Asimismo, la medición del DAP se puede realizar con ayuda de una forcípula o una cinta diamétrica. Sin embargo, para la presente investigación, no se pudo obtener ninguna de esas herramientas, por lo cual se procedió a evaluar el DAP con la ayuda de una cinta métrica, la cual se convirtió el valor de la circunferencia al diámetro mediante la siguiente fórmula (Rügnitz, Chacón y Porro, 2009):

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

$$D = C/ \pi$$

Donde:

D = Diámetro (cm)

C = Circunferencia

Π = 3.1415

4.3.5.1.2 Medición de la altura del árbol

De acuerdo con Rügnitz, Chacón y Porro (2009) la medición de la altura del árbol se puede realizar mediante la ayuda de un clinómetro o hipsómetro. Para ello, primero se debe medir la distancia del árbol (considerando un valor estándar de 15 m) con la finalidad de poder visualizar claramente la copa del árbol. Luego de ello, con ayuda del clinómetro, se estima el valor de los ángulos correspondientes a la base del árbol y ápice de este. Finalmente, la fórmula utilizada para el cálculo de la altura del árbol se detalla a continuación:

$$H = Tang.\ (\alpha) * D$$

Donde:

H = Altura (m)

Tang. (α) = Tangente del ángulo (°) medido con el clinómetro

D = Distancia (m)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.3.5.1.3 Georreferenciación de los árboles evaluados

En la presente investigación se utilizó el GPS marca GARMIN para obtener las coordenadas en UTM – WGS84 y así la georreferenciar los árboles evaluados a lo largo del parque El Olivar. De igual manera, todos los valores fueron plasmados en una libreta física, y posteriormente analizados en el programa Microsoft Excel.

4.3.5.2 Recolección de hojarasca

Se recolectó la hojarasca de todos los árboles de olivo y eucalipto seleccionados en el estudio mediante el uso de bolsas ziplock, considerando una muestra representativa de 1 kg para cada individuo. Asimismo, se utilizó un plumón indeleble para rotular cada muestra recolectada (51 de olivo y 17 de eucalipto), así como también, se utilizó una balanza digital para asegurar que el peso de las muestras sea 1 kg (o un valor cercano al mismo). Finalmente, luego de la recolección, las muestras fueron almacenadas hasta su posterior análisis en el laboratorio. De igual manera, cabe señalar que la recolección se realizó en dos estaciones diferentes a lo largo del año 2024 (verano e invierno). Asimismo, según información del ingeniero supervisor del parque El Olivar, la limpieza del parque se realiza semanalmente, por lo cual las muestras realizadas corresponden a las fechas previamente señaladas, sin presentar inconvenientes durante el proceso.

4.3.5.3 Procesamiento de muestras en laboratorio

Las muestras recolectadas en campo fueron enviadas al Laboratorio de Ingeniería Agroforestal de la Universidad Científica del Sur para su análisis correspondiente. En ese sentido, las actividades consistieron en tres fases importantes: (1) Se realizó el pesado de las muestras en una balanza digital para poder determinar el peso húmedo de la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

muestra; (2) Las muestras fueron introducidas al horno de secado a una temperatura de 60°C durante 48 horas, con la finalidad de obtener un peso constante; (3) Se determinó el peso seco de la muestra mediante el pesaje de las mismas, y así calcular el contenido de humedad (CH) (Rügnitz, Chacón y Porro, 2009).

4.3.6 Estimación de carbono almacenado en la hojarasca

4.3.6.1 Cálculo del contenido de humedad

Se empleó la fórmula de Serrato *et al.* (2014) ya que en su investigación también se evaluó el contenido de humedad (CH) en la hojarasca de bosques, y, tratándose de El Boque El Olivar, la fórmula también aplicaría al mismo caso. Sin embargo, la única diferencia fue que el autor empleó bosques forestales para su evaluación, mientras que en la presente investigación abarcó un bosque asentado en un entorno urbano. A continuación, se detalla la fórmula de cálculo:

$$\mathbf{CH = (Pfm - Psm) / Pfm}$$

Donde:

CH = Contenido de humedad

Pf = Peso fresco de la muestra (g)

Psm = Peso seco de la muestra (g)

4.3.6.2 Cálculo de biomasa seca

Para realizar el cálculo de biomasa seca se empleó la fórmula de Serrato *et al.* (2014), la cual se detalla a continuación:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

$$Y = ((Pft) – (Pft * CH))/ 1000$$

Donde:

Y = Biomasa en kilogramos

Pft = Peso fresco total (gramos)

CH = Contenido de humedad

1000 = Para convertir de gramos a kilogramos

4.3.6.3 Cálculo de carbono en la hojarasca

Una vez obtenido la biomasa seca (Y) multiplicamos este valor por 0.5, debido a que, según la literatura consultada, se considera que la mitad del peso seco es carbono. Para el cálculo inicial de cada árbol se utilizó la biomasa en kilogramos (kg) (Anexo, 4, Anexo 5, Anexo 7 y Anexo 8); sin embargo, para el cálculo de la valoración económica, la biomasa deberá ser convertida a toneladas (t). A continuación, se presenta la fórmula utilizada por los autores Delgadillo y Quechulpa (2006) citados en Serrato *et al.* (2014):

$$CC = Y_i * 0.5$$

Donde:

CC = Contenido de carbono (kgC/árbol)

Y = Biomasa seca (kg)

0.5 = Valor padrón del IPCC

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.3.7 Estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea

4.3.7.1 Estimación de biomasa aérea

De acuerdo con Rügnitz, Chacón y Porro (2009), "una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite conocer la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de otras variables". A continuación, se detalla las fórmulas de Ruiz-Peinado (2013) para el cálculo de biomasa aérea en *Olea europaea* (Tabla 1) y *Eucalyptus globulus* (Tabla 2):

Tabla 1

Ecuación de biomasa para la especie Olea europaea

Especies / fracciones	**Modelo**
Olea europaea	
Fuste	$B_f = 0.0114 * d^2 * h$
Ramas gruesas	$B_{r7} = 0.0108 * d^2 * h$
Ramas medias	$B_{r2-7} = 1.672 * d$
Ramillas + hojas	$B_{r2+h} = 0.0354 * d^2 + 1.187 h$
Raíces	$B_s = 0.147 * d^2$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 2

Ecuación de biomasa para la especie Eucalyptus globulus

Especies / fracciones	Modelo
Eucalyptus globulus	
Fuste + ramas gruesas	$B_f + B_{r7} = 0.0221 * d^2 * h$
Ramas medias	$B_{r2-7} = 0.154 * d^{1,668}$
Ramillas + hojas	$B_{r2+h} = 0.180 * (d^2 * h)^{0,587}$

Luego del cálculo de biomasa aérea (kg/árbol), se calculó el carbono almacenado de cada individuo evaluado, multiplicando el valor de biomasa aérea por el factor de conversión de carbono (0.5) (Anexo 3 y Anexo 6). Sin embargo, el resultado final fue expresado en toneladas de carbono (tC), el cual representó el carbono total estimado en los individuos evaluados de cada especie dentro del área de estudio.

4.3.7.2 Estimación del CO_2 almacenado en la biomasa aérea y en la hojarasca

Se utilizó la fórmula de Jumbo, Arévalo y Ramírez-Cando (2018) para determinar el stock de CO_2 en la biomasa aérea y en la hojarasca de las especies. Asimismo, el carbono almacenado total (CC_{total}) empleó la biomasa total en toneladas; es decir, la sumatoria de todos los valores de biomasa (aérea u hojarasca según corresponda) de los individuos evaluados. A continuación, se detalla la fórmula empleada:

$$\mathbf{CO_2 = CC_{total} * 3.67}$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Donde:

CO_2 = Cantidad de dióxido de carbono capturado en t de CO_2

CC_{total} = Cantidad de carbono almacenado total (tC)

3.67 = Fracción que se utiliza para convertir carbono en t de CO_2

4.4 Análisis Estadístico

Se utilizó el software IBM SPSS Statistics para analizar y comparar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*. Asimismo, el programa permitió determinar diferencia significativa del carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* durante las estaciones de verano e invierno. Para ello se realizaron las Pruebas de Normalidad y Prueba de U. de Mann Whitney (pruebas no paramétricas para muestras independientes).

4.5 Valorización del servicio de captura de carbono

Para determinar la valorización económica del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en la hojarasca de las especies, primero se determinó el stock de CO_2 a partir de la multiplicación del carbono almacenado total (tC) por el factor Kr (44/12, cociente del peso molecular del CO_2 y carbono) (Rügnitz, Chacón y Porro, 2009). Luego, se multiplicó dicho valor por el Precio Social del Carbono (PSC), el cual correspondió a 30 US$ por tonelada de CO_2 equivalente en Perú (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2024).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

V. Resultados

5.1 Estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de las especies arbóreas *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

5.1.1 Prueba de Normalidad para el contenido de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

La normalidad de los datos de carbono almacenado en la biomasa aérea fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, la cual indicó que uno de los datos no siguió una distribución normal ($p<0.05$); rechazando así la hipótesis nula, y utilizando pruebas no paramétricas para la comparación entre los grupos (Tabla 3).

Tabla 3

Prueba de normalidad para el carbono almacenado en la biomasa aérea de Olea europaea y Eucalyptus globulus

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Carbono almacenado en la biomasa aérea (kgC/árbol) – *Olea europaea*	0.823	51	<0.001
Carbono almacenado en la biomasa aérea (kgC/árbol)- *Eucalyptus globulus*	0.977	17	0.924

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

5.1.2 Prueba U. Mann-Whitney para el contenido de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

En la prueba U. de Mann-Whitney, se obtuvo un valor de Sig = 0.025 ($p<0.05$), rechazando así la hipótesis nula y evidenciando diferencia significativa en la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea entre *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*. (Tabla 4).

Tabla 4

Prueba U de Mann-Whitney para el carbono almacenado en la biomasa aérea *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

Resumen de contrate de hipótesis			
Hipótesis Nula	**Prueba**	**Sig.**	**Decisión**
El carbono almacenado en la biomasa aérea (kgC/árbol) es la misma entre especies.	Prueba U. de Mann-Whitney (muestras independientes)	0.025	Se rechaza la hipótesis nula

5.1.3. Diagrama de Caja y Bigotes del contenido de carbono en la biomasa aérea de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

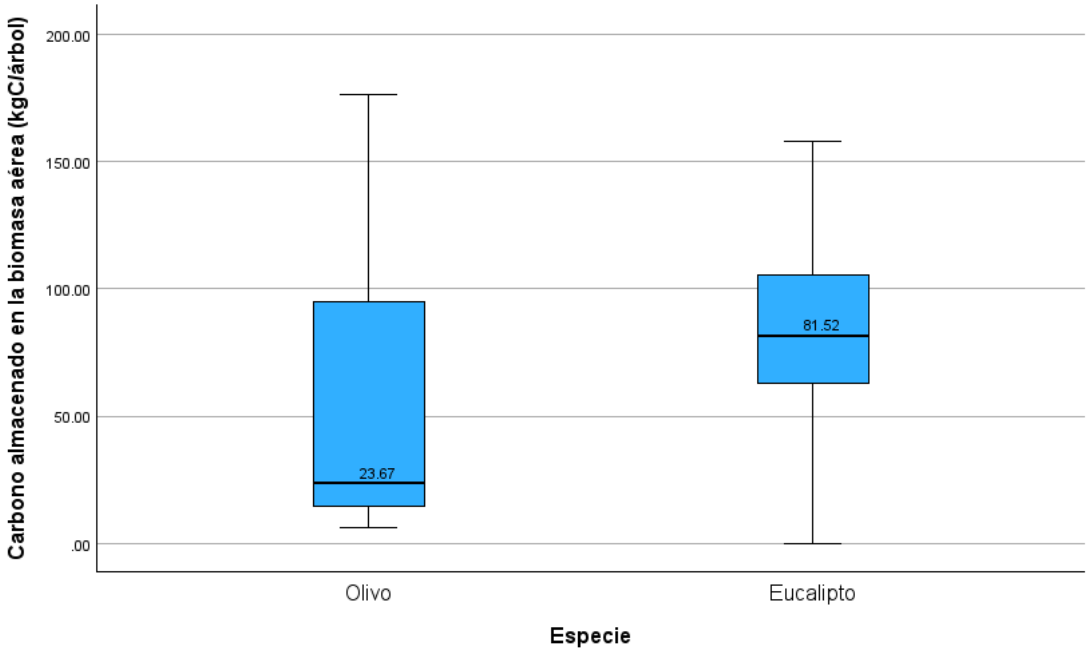
La Figura 2 evidencia el carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* durante las estaciones de verano e invierno. Se observa que los valores medianos fueron mayores en *Eucalyptus globulus* respecto a *Olea europaea* en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ambas estaciones. Asimismo, la dispersión de los datos varió entre especies, evidenciando diferencias en el almacenamiento de carbono de las mismas.

Figura 2

Diagrama de Cajas y Bigotes para el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de Olea europaea y Eucalyptus globulus.



5.2 Estimación de carbono almacenado en la hojarasca de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en las estaciones de verano e invierno

5.2.1 Prueba de Normalidad para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación verano

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de carbono almacenado en la hojarasca, la cual evidenció que los datos no siguieron una distribución normal ($p<0.05$); rechazando así la hipótesis nula y utilizando pruebas no paramétricas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

para la comparación entre los grupos (Tabla 5).

Tabla 5

Prueba de normalidad para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación verano

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* (kgC/árbol) - Verano	0.918	51	0.002
Carbono almacenado en la hojarasca de *Eucalyptus globulus* (kgC/árbol)- Verano	0.495	17	<0.001

5.2.2 Prueba U. Mann-Whitney para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

La prueba U. de Mann-Whitney, durante la estación de verano, marcó un valor de Sig=0.001 ($p<0.05$), rechazando así la hipótesis nula y evidenciando diferencia significativa en la estimación de carbono almacenado en la hojarasca de ambas especies durante dicha estación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 6

Prueba U de Mann-Whitney para el carbono almacenado en la hojarasca de ambas especies en la estación verano.

Resumen de contrate de hipótesis			
Hipótesis Nula	**Prueba**	**Sig.**	**Decisión**
El carbono almacenado en la hojarasca (kgC/árbol) es la misma entre categorías de especie durante la estación verano.	Prueba U. de Mann-Whitney para muestras independientes	<0.001	Rechace la hipótesis nula

5.2.3 Prueba de Normalidad para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación invierno

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de carbono almacenado en la hojarasca, la cual evidenció que los datos no siguieron una distribución normal ($p<0.05$); rechazando así la hipótesis nula y utilizando pruebas no paramétricas para la comparación entre los grupos (Tabla 7).

Tabla 7

Prueba de normalidad para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación invierno

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* (kgC/árbol) - Invierno	0.955	51	0.049
Carbono almacenado en la hojarasca de *Eucalyptus globulus* (kgC/árbol)- Invierno	0.347	17	<0.001

5.2.4 Prueba U. Mann-Whitney para el contenido de carbono en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

La prueba U. de Mann-Whitney, durante la estación de invierno, marcó un valor de Sig=0.001 ($p<0.05$), rechazando así la hipótesis nula y evidenciando diferencia significativa en la estimación de carbono almacenado en la hojarasca de ambas especies durante dicha estación.

Tabla 8

Prueba U de Mann-Whitney para el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* en la estación invierno

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resumen de contrate de hipótesis			
Hipótesis Nula	**Prueba**	**Sig.**	**Decisión**
La distribución de carbono almacenado en la hojarasca (kgC/árbol) es la misma entre categorías de especie durante la estación Invierno.	Prueba U. de Mann-Whitney para muestras independientes	<0.001	Rechace la hipótesis nula

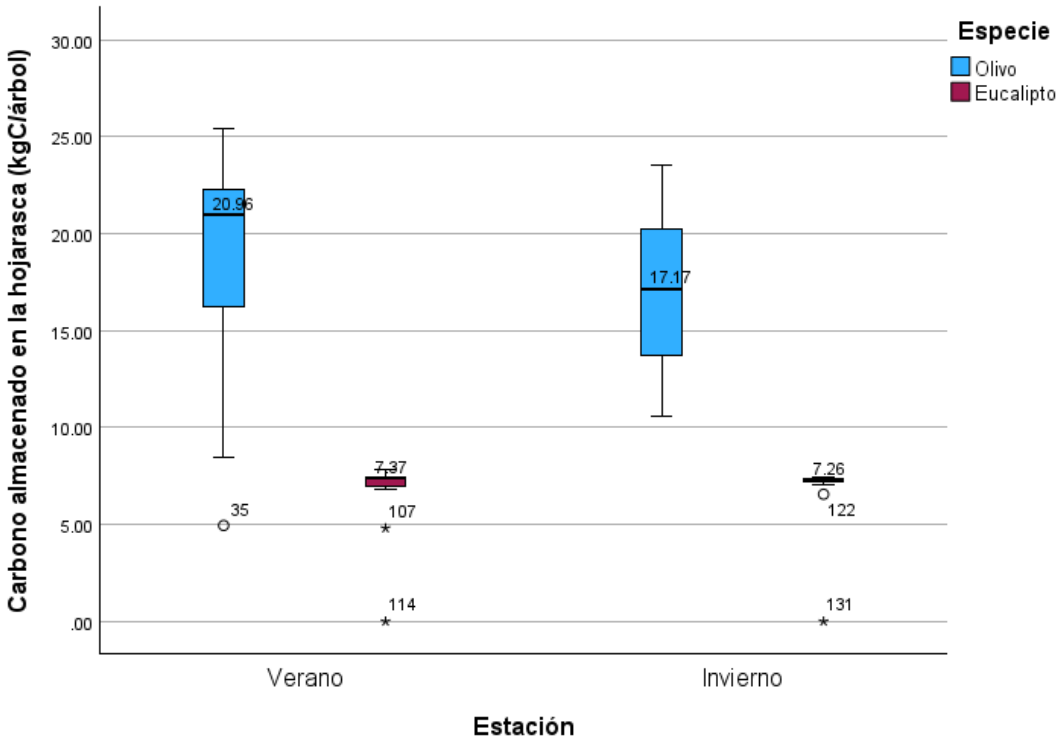
5.2.5 Diagrama de Caja y Bigotes para el contenido de carbono en la hojarasca de las especies arbóreas de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*

La Figura 3 evidencia el carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* durante las estaciones de verano e invierno. Se observa que los valores medianos fueron mayores en *Olea europaea* respecto a *Eucalyptus globulus* en ambas estaciones. Asimismo, la dispersión de los datos varió entre especies y estaciones, evidenciando diferencias en el almacenamiento de carbono de las mismas.

Figura 3

Diagrama de Cajas y Bigotes para el contenido de carbono almacenado en la hojarasca de Olea europaea y Eucalyptus globulus durante las estaciones de verano e invierno.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis



5.3 Cálculo de la valorización económica sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea y hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalytus globulus*

5.3.1 Cálculo de la valorización económica sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de *Olea europaea* y *Eucalytus globulus*

Tabla 9

Valorización económica del carbono almacenado en la biomasa aérea de ambas especies

1. Cálculo de Biomasa área total (t)	
Olea europaea	***Eucalyptus globulus***

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Suma de los 51 valores de biomasa aérea:	***Suma de los 17 valores de biomasa aérea:***
Biomasa total = 5728.36 kg	Biomasa total = 2892.44 kg
Conversión a toneladas:	***Conversión a toneladas:***
5728.36 / 1000 = 5.73 t	2892.44 / 1000 = 2.89 t
Biomasa total (Y): 5.73 t	***Biomasa total (Y):*** 2.89 t
2. Cálculo de carbono almacenado total en la biomasa aérea (tC) (Carbono total estimado en los individuos evaluados de cada especie dentro del área de estudio)	
Olea europaea	***Eucalyptus globulus***
Asumiendo que el carbono representa el 50% de la biomasa seca:	***Asumiendo que el carbono representa el 50% de la biomasa seca:***
$CC_{total} = Y_{total} * 0.5$	**$CC_{total} = Y_{total} * 0.5$**
CC = 5.73 * 0.5	CC = 2.89 * 0.5
CC = **2.86 tC**	CC = **1.45 tC**
4. Cálculo de CO_2 equivalente almacenado (tCO_2e)	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Olea europaea	*Eucalyptus globulus*
CC $_{total}$ * 3.67 2.86 * 3.67 = **10.51 tCO2e**	**CC $_{total}$ * 3.67** 1.45 * 3.67 = **5.31 tCO2e**
5. Cálculo de la valorización económica (30 US$/$tCO_2e$)	
Olea europaea	***Eucalyptus globulus***
tCO_2e * Precio Social de carbono 10.51 * 30 = **315.35 US$**	tCO_2e * Precio Social de carbono 5.31 * 30 = **159.23 US$**

5.3.2 Cálculo de la valorización económica sobre la estimación de carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalytus globulus*

Tabla 10

Valorización económica del carbono almacenado en la hojarasca de ambas especies durante las estaciones de verano e invierno.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

1. Cálculo de Biomasa área total (t)			
Verano		**Invierno**	
Olea europaea	***Eucalyptus globulus***	***Olea europaea***	***Eucalyptus globulus***
Biomasa total (suma de 51 valores) = 1954.27 kg = **1.9543 t**	Biomasa total (suma de 17 valores) = 229.16 kg = **0.2292 t**	Biomasa total (suma de 51 valores) = 1761.34 kg = **1.7613 t**	Biomasa total (suma de 17 valores) = 231.69 kg = **0.2317 t**
2. Cálculo de carbono almacenado total en la hojarasca (tC) (Carbono total estimado en los individuos evaluados de cada especie dentro del área de estudio)			
Verano		**Invierno**	
Olea europaea	***Eucalyptus globulus***	***Olea europaea***	***Eucalyptus globulus***
$CC_{total} = Y_{total} * 0.5$ 1.9543*0.5 = **0.9771 tC**	**$CC_{total} = Y_{total} * 0.5$** 0.229*0.5 = **0.1146 tC**	**$CC_{total} = Y_{total} * 0.5$** 1.7613*0.5 = **0.8807 tC**	**$CC_{total} = Y_{total} * 0.5$** 0.2317*0.5 = **0.1158 tC**
3. Cálculo de CO_2 equivalente almacenado (tCO_2e)			
Verano		**Invierno**	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Olea europaea	*Eucalyptus globulus*	*Olea europaea*	*Eucalyptus globulus*
CC $_{total}$ * 3.67 0.9771 * 3.67 = **3.5861 tCO2e**	**CC $_{total}$ * 3.67** 0.1146* 3.67 = **0.4205 tCO2e**	**CC $_{total}$ * 3.67** 0.8807 * 3.67 = **3.232 tCO2e**	**CC $_{total}$ * 3.67** 0.1158 * 3.67 = **0.4252 tCO2e**

4. Cálculo de la valorización económica (30 US$/$tCO_2e$)

Verano		**Invierno**	
Olea europaea	***Eucalyptus globulus***	***Olea europaea***	***Eucalyptus globulus***
tCO_2e * Precio Social de carbono 3.5861*30 = **107.58 US$**	tCO_2e * Precio Social de carbono 0.4205*30 = **12.62 US$**	tCO_2e * Precio Social de carbono 3.232 * 30 = **96.96 US$**	tCO_2e * Precio Social de carbono 0.4252 * 30 = **12.75 US$**

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

VI. Discusión

La investigación permitió estimar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de Olivo (*Olea europaea)* y Eucalipto (*Eucalyptus globulus)* mediante ecuaciones alométricas, las cuales correspondieron a 2.86 tC y 1.45 tC respectivamente. Para el caso del olivo (2.86 tC), este valor se asemeja a la cifra obtenida por Torrús-Castillo, et al. (2026), quien en su investigación titulada "*Cuantificación de la biomasa aérea y subterránea y el carbono orgánico asociado en dos cultivares de olivo (Arbosana y Picual)",* utilizó el método destructivo para calcular el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de dos cultivares de olivo, obteniendo como resultado 2.16 tC/ha/año y 1.68 tC/ha/año, para *Picual* y *Arbosana*, respectivamente. Asimismo, cabe señalar que el autor utilizó seis árboles como muestra (tres para cada variedad), argumentado que el tamaño limitado de la muestra se debió a la implicancia del método destructivo, ya que conlleva un "esfuerzo experimental considerable". Sin embargo, cabe mencionar que nuestro estudio, los datos de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea para *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* se expresaron en toneladas de carbono (tC) debido a que se realizó mediante ecuaciones alométricas aplicadas individualmente a los árboles evaluados.

Por otro lado, con respecto al Eucalipto se obtuvo un valor de 1.45 tC con respecto a la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea, dato que se asemeja a lo obtenido por Rodríguez (2024), quien en su investigación titulada "*Estimación de la captura de carbono por especies forestales presentes en parques municipales del distrito*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de Los Olivos, Lima" utilizó formulas alométricas para estimar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de diversas especies forestales, entre ellas, el eucalipto, que obtuvo un valor de 1.99 tC utilizando una muestra de 40 individuos, lo que podría explicar por qué este valor resultó ser ligeramente mayor a lo obtenido por nuestra investigación.

Por otra parte, se obtuvo diferencia significativa con respecto a la estimación de carbono almacenado en la hojarasca de *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* durante las estaciones de verano e invierno. Para el caso de *Olea europaea* se obtuvo un valor de 0.9771 tC, valor relativamente mayor a diferencia de *Eucalyptus globulus* que obtuvo un valor de 0.1146 tC para la estación de verano. Similar panorama ocurrió en la estación de invierno en el cual los valores para *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus* correspondieron a 0.8807 tC y 0.11458 tC, respectivamente. En líneas generales el olivo obtuvo una mayor captura de carbono a comparación del eucalipto, lo cual podría atribuirse a que, a mayor edad del árbol, mayor es la cantidad de carbono que puede almacenar de la atmósfera (Stephenson, 2014). En este caso, el olivo es la especie predominante del parque El Olivar, y a su vez, es una de las más antiguas, ya que, en algunos casos, presentan más de 200 años de antigüedad. Asimismo, cabe mencionar que el DAP es otro factor que influye significativamente en la captación de carbono, ello según lo comentado por Rojas-García et al. (2015) quien en su investigación titulada "*Base de datos de 478 ecuaciones alométricas para estimar la biomasa de árboles y bosques mexicanos*" señala que las ecuaciones alométricas están relacionadas estadísticamente con propiedades biofísicas de los árboles, así como, representan la herramienta más utilizada para estimar la biomasa a partir de datos de inventario

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

forestal (ej. Especies, DAP, altura del árbol, entre otros); con ello se puede inferir que a mayor DAP, mayor biomasa acumulada, y con ello, mayor potencial de almacenar carbono. De igual manera, la altura del árbol también representa un valor que influye significativamente en la captación de carbono de un árbol. De acuerdo con la investigación de Gómez-Díaz et al. (2011) titulada "*Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en Quercus magnoliaefolia*", señala que la mayoría de las ecuaciones alométricas establecen una relación entre el DAP y la biomasa del árbol, sin embargo, algunas investigaciones concuerdan en incluir la altura del árbol como variable que permita mejorar la precisión en el cálculo de la biomasa aérea. Por ende, se deduce que las variables dendrométricas, tales como el DAP y la altura del árbol favorecen significativamente en la captación de carbono en los árboles.

Finalmente, en la presente investigación, se obtuvo una valorización económica del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de *Olea europaea* (315.35 US$) y *Eucalyptus globulus* (159.23 US$). Asimismo, con respecto al almacenamiento de carbono en la hojarasca, se obtuvo una valorización económica de 107.58 US$ para *Olea europaea,* y 12.62 US$, para *Eucalyptus globulus* durante estación de verano; mientras que, para la estación de invierno, se obtuvieron datos de 96.96 US$ y 12.75 US$ para *Olea europaea* y *Eucalyptus globulus*, respectivamente. En líneas generales, el olivo representó un mayor valor económico por el servicio ecosistémico brindado, a diferencia del eucalipto, lo cual se puede atribuir a que el olivo posee un gran potencial para almacenar carbono en el parque El Olivar, representando así un importante sumidero de carbono para un entorno urbano. No obstante, es imprescindible que las autoridades ejecuten acciones que promuevan la conservación de las áreas verdes

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

urbanas, y fomentar mayor investigación con respecto a dichos temas, ya que resulta limitante la falta de estudios con respecto a la captación de carbono en el parque El Olivar. Asimismo, es importante ejecutar una adecuada gestión de los parques urbanos, ya que el riego, poda, control fitosanitario y mantenimiento del suelo podrían repercutir en el desarrollo de los árboles, favoreciendo o limitando la acumulación de biomasa, y, en consecuencia, en el almacenamiento de carbono (Nowak et al., 2002).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

VII. Conclusión

- Se evidenció diferencia significativa en el almacenamiento de carbono tanto en la biomasa aérea ($p=0.025$) como en la hojarasca ($p<0.001$) de ambas especies.
- La estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de la especie *Olea europaea* (2.86 tC) fue mayor comparado con la especie *Eucalyptus globulus* (1.45 tC), evidenciando una mayor capacidad para almacenar carbono frente a la otra especie. Cabe mencionar que los valores obtenidos correspondieron al carbono total estimado en los individuos evaluados de cada especie estudiada.
- Respecto al almacenamiento de carbono en la hojarasca, la especie *Olea europaea* mostró una mayor captación de carbono a diferencia del *Eucalyptus globulus* durante la estación de verano, obteniendo valores de 0.9771 tC y 0.1146 tC, respectivamente. De igual manera, se evidenció el mismo panorama en la estación de invierno (Olivo = 0.8807 tC ; Eucalipto = 0.1158 tC).
- Por otro lado, respecto a la valorización económica del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, la especie *Olea europaea* proporcionó un mayor beneficio económico comparado con el *Eucalyptus globulus*, mostrando valores de 315.35 US$ y 159.23 US$ respectivamente. Asimismo, respecto al carbono almacenado en la hojarasca, la especie *Olea europaea* obtuvo un mayor valor comparado con el *Eucalyptus globulus* durante la estación verano (Olivo = 107.58 US$; Eucalipto = 12.62 US$) mientras que en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

la estación invierno, los valores correspondieron a 96.96 US$ para el caso del olivo, y 12.75 US$ para el eucalipto.

VIII. Recomendaciones

- Se recomienda a la Municipalidad de San Isidro fortalecer las acciones de conservación del parque El Olivar, en especial del olivo (*Olea europaea*), ya que, de acuerdo con la investigación, el olivo representó la especie con mayor potencial de almacenamiento de carbono, y con ello, un mayor valor económico sobre el servicio ecosistémico brindado.
- Se recomienda implementar un monitoreo periódico sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea y en la hojarasca de las especies arbóreas del parque El Olivar, con la finalidad de obtener información relevante, y así permitir una correcta toma de decisiones para la gestión del parque urbano.
- Se recomienda mantener un adecuado manejo arborícola del parque, abarcando el riego, poda, control fitosanitario y mantenimiento del suelo, con la finalidad de fomentar el correcto crecimiento de los árboles, y con ello, incrementar el carbono almacenado en las especies.
- Para futuras investigaciones, se recomienda incluir otras variables de estudio (tales como la biomasa subterránea, el carbono orgánico en el suelo, entre otros.) con el objetivo de realizar un estudio más completo e integral sobre el carbono almacenado en el parque El Olivar.
- Se recomienda incorporar la valorización económica del servicio de estimación de carbono almacenado como un criterio en la planificación y

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

gestión de los parques urbanos, con el fin de resaltar la importancia de los árboles como agentes de lucha frente al cambio climático, y así establecer medidas de conservación para diversas especies.

IX. Referencias Bibliográficas

Avian Report (2018). Parque El Olivar – San Isidro. Disponible en: https://es.avianreport.com/parque-el-olivar-san-isidro/page/2/

Azmi, A.A., Aziz, M.A.A., 2019. Mesoporous adsorbent for CO2 capture application

under mild condition: a review. J. Environ. Chem. Eng. https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103022

Ángel Galán-Martín et al. (2022) The potential role of olive groves to deliver carbon dioxide removal in a carbon-neutral Europe: Opportunities and challenges, Renewable and Sustainable Energy Reviews. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112609

Baron Parra, M. L., & Triana Gomez, M. A. (2017). Biomass and Stored Carbon Estimation in the Tree Cover of the Carare-Opon Region (Santander, Colombia). *INGE CUC*, *13*(2), 84-94.

Barry, R., & Chorley, R. (2003). Atmosphere, Weather and Climate (8th ed.). London Belmabkhout, Y., Guillerm, V., Eddaoudi, M., 2016. Low concentration CO2 capture using physical adsorbents: are metal-organic frameworks becoming the new benchmark materials? Chem. Eng. J. 296, 386–397. https://doi.org/10.1016/j. cej.2016.03.124.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Bueno y Oviedo (2014). Plantación de olivo. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_plantacion_olivo.pdf

Chimbo, I. (2016). Evaluación del carbono en la biomasa de dos especies forestales introducidas (*Eucaliptus* y *Pinus*) y una especie nativa (*Hesperomeles Ferruginea*) en el bosque Aguarongo. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11782/1/UPS-CT005578.pdf

CMNUCC (2005). La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono: Resumen para responsables de política y resumen técnico. Ipcc

Cvetkovic-Vega, Maguiña, Soto, Lama-Valdivia y Correa (2021). Estudios transversales. http://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v21i1.3069

Catálogo virtual de flora del Valle de Aburra (2014). Características del Olivos. Disponible en: https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/67

Cárdenas, H. (2022). Potencial de captura de carbono en una plantación de Eucalyptus Globulus Labill en la CC. de Uñas, Huancayo. Disponible en:http://hdl.handle.net/20.500.12894/8466

Delgadillo, M. y Quechulpa, S. (2006). Monitoreo de Carbono en Agroforestales.

Domínguez, A. (2016). Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 vehicular en Tijuana,B.C.

Espinosa Morales, K. J., Hernández, A., & Mantilla Pinilla, E. (2016). La 17 participación

de la minería y sus beneficios económicos en Colombia y Perú. 10(1), 208–228.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Recuperado de http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/1188.

Escamilla M. Diseño No Experimental. https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia /fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf

FAO. (2025). *Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA 2025): El papel de los bosques como sumideros de carbono en un clima cambiante*. Roma, Italia.

Global Carbon Project. (2025). *Global Carbon Budget 2025*. Tyndall Centre for Climate Change Research.

HISTORIA DEL CULTIVO DEL OLIVO Y EL ACEITE; SU EXPRESIÓN EN LA BIBLIA. file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-HistoriaDelCultivoDelOlivoYElAceiteSuEx resionEnLa-4911403.pdf

Quispe, M. E. (2022). *Determinación de biomasa y captura de carbono mediante el método destructivo en plantaciones jóvenes de especies leñosas* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.

HUANG, J., et al. The effects of emission trading scheme on industrial output and air

pollution emissions under city heterogeneity in China. Journal of Cleaner Production [en línea]. 2021, vol. 315, p. 128260. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128260

INEI (2019). Compendio estadístico de la provincia de Lima. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1714/Libro.pdf

INGEI (2016), Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Recuperado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de:

https://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2016/.

Ilarioni, L., Nasini, L., Brunori, A., Proietti, P., 2013. Experimental measurement of the biomass of Olea europaea.L. Afr. J. Biotechnol. 12 (11), 1216–1222.

IPCC. (2024). *Climate Change 2024: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Seventh Assessment Report*. Cambridge University Press.

Jayarman, K. (s.f). A Statistical Manual for Forestry Research. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Regional Office for Asia and the Pacific

Jumbo, C., Arévalo, C., y Ramírez Cando, L. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del Bosque Natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. Doi: http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04

Lashof, D. A., & Ahuja, D. R. (1990). Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. Nature. https://doi.org/10.1038/344529a0v

LAMO J. (2005). Energía y medio ambiente: nuevos objetivos de la agricultura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

LIU, Z., LI, J. y JUNAID, A. Knowledge and know-how in improving the sulfur tolerance

of deNOx catalysts. Catalysis Today [en línea]. 2010, 153 (3-4), 95-102. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.01.061

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Lavin A, Arturo, Reyes M, Marisol (2004). Olivo (Olea europea L.) [en línea]. Chillan: Boletin INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 120. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14001/7040 (Consultado: 9 de marzo de 2025).

López, A. R. (2023). *Comparación de métodos no destructivos para la estimación de biomasa aérea y carbono en sistemas agroforestales* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.

MINAM (2009). Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC.

MINAM (2012). CATÁLOGO DE ESPECIES DE FLORA SILVESTRE INCLUIDAS EN CITES. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300623/d155091_opt.pdf

MANTEROLA, C. & OTZEN, T. Estudios observacionales. Los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. Int. J. Morphol., 32(2):634-645, 2014. 13.

MACHADO l.(2007). El olivar y el calentamiento global. Andalucía España. 14. Mogens,

G y Barra, R.(2014). Cambio climático global. Tesis. Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción. AR. p 1

Municipalidad de San Isidro (s.f). http://msi.gob.pe/portal/nuestro-distrito/turismo-distrital/bosque-el-olivar/ 16. McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. (2014). Resilience of and through urban ecosystem services.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Ecosystem Services, 12, 152–156. http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.07.012

MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentaci´ on, (2022). El Plan Estrat´ egico de la PAC de Espa˜na (2023 – 2027). Resumen del Plan Aprobado por la Comisi´ on Europea. Gobierno de Espa˜ na, 52 pp.〈 https://www.mapa.gob.es/es/pac/post2020/resumen-pac-es_tcm30–627662.pdf〉 (Accesed 17 April 2023).

Marra FP, Marino G, Marchese A, Caruso T (2016) Efectos dediferentes regímenes de riego en un olivar de súper alta densidadcv. 'Arbequina': crecimiento vegetativo, productividad y contenido de polifenoles del aceite. Irrig Sci 34(4):313–325

Ma, H., Zhu, J., Wang, Z., Cheng, W., Cheng, S., Li, G., ... & He, N. (2021). Global turnover of carbon and nitrogen in plant biomass. Nature Communications, 12(1), 4248. https://doi.org/10.1038/s41467-021-24457

Mendoza, J. L. (2021). *Dinámica del ciclo del carbono y capacidad de almacenamiento en ecosistemas forestales andinos* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM.

Milagros Torrús-Castillo, Julio Calero, Roberto García-Ruiz, “Does olive cultivation sequester carbon?: Carbon balance along a C input gradient, Agriculture, Ecosystems & Environment”, Volume 358, 2023. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108707.

Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

(CMNUCC) [internet]. Rio de Janeiro: Naciones Unidas; 1992 [citado el 15 de marzo de 2016]. Disponible en:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf.

ONU – Hábitat (2018). El espacio público: componente clave de una ciudad sostenible. Disponible en: https://onu-habitat.org/index.php/el-espacio-publico-componente-clave-de-una-ciudad-sostenible

OPS (s.f). Calidad del aire. https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20altos%20niveles,vulnerable%2C%20ni%C3%B1os%2C%20adultos%20mayores %20y

Organización Meteorológica Mundial. (2013). Boletín sobre los gases de efecto invernadero. Recuperado de https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza

Organización Meteorológica Mundial. (2025). Se mantiene la tendencia al calentamiento extremo: 2025, camino de ser el segundo o el tercer año más cálido jamás registrado. Recuperado de https://wmo.int/es/news/media-centre/se-mantiene-la-tendencia-al-calentamiento-extremo-2025-camino-de-ser-el-segundo-o-el-tercer-ano-mas#:~:text=c%C3%A1lido%20jam%C3%A1s%20registrado-,Se%20mantiene%20la%20tendencia%20al%20calentamiento%20extremo:%202025%2C%20camino%20de,a%C3%B1o%20m%C3%A1s%20c%C3%A1lido%20jam%C3%A1s%20registrado&text=La%20alarmante%20racha%20de%20temperaturas,el%20estado%20del%20clima%20mundial.&text=Concentraciones%20sin%20precedentes%20de%20gases,labor%20de%20la%20CP%2030.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Organización Internacional de Normalización. (2018). ISO 14064-1. Gases de Efecto Invernadero. Parte 1: Especificación con orientación a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2025). *Estado del clima mundial 2024: Indicadores clave y efectos en el desarrollo sostenible*. Ginebra, Suiza.

Pimienta, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura,*

(13),263-276.[fecha de Consulta 22 de Junio de 2022]. ISSN: 0188-7742. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26701313.

Pardos, J.A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Madrid, España: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria. Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación.

Pérez-Ramírez, S., M. I. Ramírez, P. Jaramillo-López y F. Bautista. (2013). Contenido de

carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: reserva de labiosfera mariposa monarca, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 19(1):157-173. [Links].

Programa Mexicano del Carbono, A.C. (2015). Manual de Procedimientos Inventario de Carbono+. Estudio de Factibilidad Técnica para el Pago de Bonos de Carbono en el Estado de México (RETUS con BASES EDOMEX). Texcoco, México.

Ramos, E. (2023). *Evaluación de la biomasa aérea y captura de dióxido de carbono en especies leñosas como estrategia de mitigación ante el cambio climático* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ROMERO, Yovitza, et al. Quantifying and spatial disaggregation of air pollution emissions from ground transportation in a developing country context: Case study for the Lima Metropolitan Area in Peru. Science of The Total Environment [en línea]. 2020, vol. 698, p. 134313. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134313

Ruiz-Peinado, R. (2013). Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales. https://doi.org/10.35376/10324/4437

Ruiz-Peinado, R., Pasalodos-Tato, M., & Montero, G. (2024). Updated allometric equations for estimating biomass and carbon stock in urban forests. Urban Forestry & Urban Greening, 91, 128145. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128145

Rugnitz, M. T., Chacón, M.L., y Porro, R (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Recuperado de:https://www.cifor-icraf.org/publications/downloads/Publications/PDFS/B16293.pdf

Serrato R., Adame S., López J., y Flores D. (2014). Carbono orgánico de lahojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, caso santuario sierra Chincua, México. https://doi.org/10.22490/21456453.905

SERPAR (2013). Guía virtual-Árboles en Lima. Disponible en: https://www.serpar.gob.pe/guia-arboles/

SERPAR (2012). Árboles de Lima. Disponible en: https://periferia.pe/assets/uploads/2020/06/Libro-Arboles-de-Lima_compressed.pdf

Zhang, H., Duan, H., Song, M. et al. The dynamics of carbon accumulation in

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Eucalyptus and Acacia plantations in the Pearl River delta region. Annals of Forest Science 75, 40 (2018). https://doi.org/10.1007/s13595-018-0717-7

Saatchi, S., et al. (2025). The state of the world's forest biomass: Remote sensing and ground-based observations. Remote Sensing of Environment.

Tul, S.; Manolikaki, I.; Digalaki, N.; Psarras, G.; Koufakis, I.; Kalaitzaki, A.; Sergentani, C.; Koubouris, G. Contribution of a Seeded Cover Crop Mixture on Biomass Production and Nutrition Status Compared to Natural Vegetation in a Mediterranean Olive Grove. *Int. J. Plant Biol.* 2022, *13*, 235-244. https://doi.org/10.3390/ijpb13030020

SFGATE (2020). La vida útil de los olivos. Disponible en: https://homeguides.sfgate.com/life-span-olive-trees-60048.html

Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A.M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowskyj, P., Dichio, B. 2005. Net CO2 storage in Mediterranean olive and peach orchards. Scientia Horticulturae.

Useros, J. L. (2013). CLIMATE CHANGE: CAUSES AND ENVIRONMENTAL EFFECTS. 50, 71–98. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817473.pdf

Walker, W. (2011). La Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal.

Weather Spark (s.f). El clima y el tiempo promedio en todo el año en San Isidro. Disponible en: https://es.weatherspark.com/y/20440/Clima-promedio-en-San-Isidro-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

X. Anexos

Anexo 1. *Solicitud de permiso para el desarrollo de la tesis en el parque El Olivar.*

Lima, 24 de julio del 2022

Sr.
AUGUSTO CÁCERES VIÑAS
Alcalde
Municipalidad Distrital de San Isidro

@@Asunto: Solicitud de permiso sobre el desarrollo de Tesis relacionado a la estimación de carbono almacenado en especies de *Olea europaea* y *Cedrela odorata* en el parque El Olivar.

Es grato dirigirme a usted para saludarle a nombre de dos estudiantes de IX ciclo de la carrera de Ingeniería Ambiental en la Universidad Científica del Sur, con la finalidad de hacerle llegar nuestro anhelo en poder trabajar en conjunto con la Municipalidad de San Isidro para realizar nuestra Tesis denominada **"Estimación del carbono almacenado entre las especies de *Olea europaea* y *Cedrela odorata* en el parque El Olivar - San Isidro, Lima".** El cual tiene como objetivo estimar el carbono almacenado en ambas especies por medio del análisis de biomasa aérea, y gracias a ello resaltaremos la importancia que posee el bosque El Olivar frente a la lucha contra el cambio climático. Además, se destaca la relevancia del Olivo y Cedro, ya que aparte de ser especies predominantes del parque, también contribuyen significativamente en la reducción de la contaminación ambiental mediante la captación de CO_2 del ambiente.

Es así, que mediante la presente Tesis, se podrá resaltar el valor patrimonial que posee el parque el Olivar, no solo por su valoración paisajística y cultural, sino también por su papel como potencial sumidero de carbono.

En tal sentido, agradeceré la confirmación de su gentil participación en el desarrollo de nuestra presente Tesis al siguiente correo: angelainfanteestrada@gmail.com o angela.infante@aiesec.net.

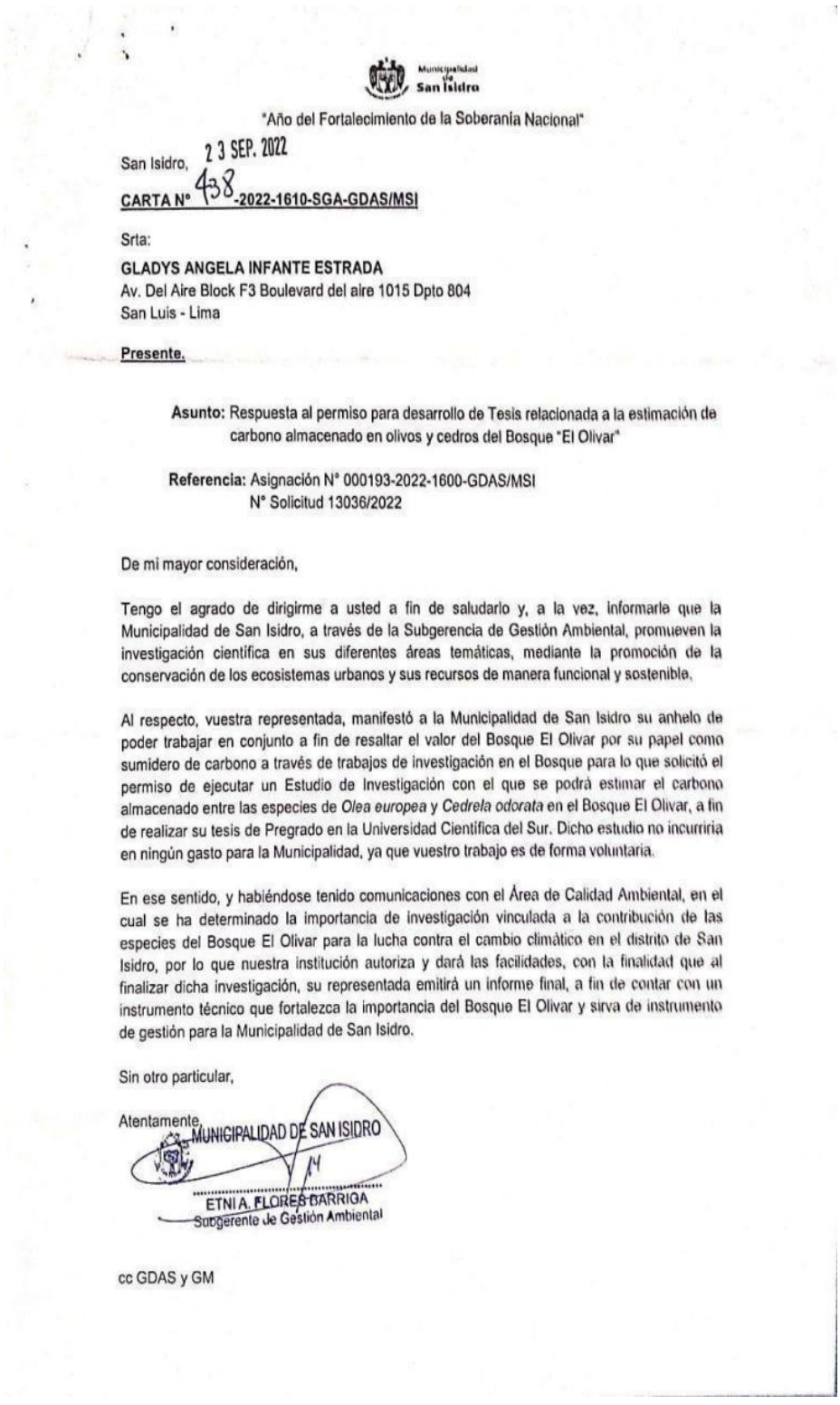
Atentamente,

Gladys Angela Infante Estrada
Jose Fernando Conga Castillo

DNI: 72684071
Dirección: Av. del Aire 1015 Boulevard del Aire
Dpto 804 Block F3
912324288

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 2. *Solicitud aceptada por parte de la Municipalidad Distrital de San Isidro para el desarrollo de la tesis en el parque El Olivar.*



Municipalidad de San Isidro

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

San Isidro, 23 SEP. 2022

CARTA N° 438-2022-1610-SGA-GDAS/MSI

Srta:

GLADYS ANGELA INFANTE ESTRADA
Av. Del Aire Block F3 Boulevard del aire 1015 Dpto 804
San Luis - Lima

Presente.

Asunto: Respuesta al permiso para desarrollo de Tesis relacionada a la estimación de carbono almacenado en olivos y cedros del Bosque "El Olivar"

Referencia: Asignación N° 000193-2022-1600-GDAS/MSI
N° Solicitud 13036/2022

De mi mayor consideración,

Tengo el agrado de dirigirme a usted a fin de saludarlo y, a la vez, informarle que la Municipalidad de San Isidro, a través de la Subgerencia de Gestión Ambiental, promueven la investigación científica en sus diferentes áreas temáticas, mediante la promoción de la conservación de los ecosistemas urbanos y sus recursos de manera funcional y sostenible.

Al respecto, vuestra representada, manifestó a la Municipalidad de San Isidro su anhelo de poder trabajar en conjunto a fin de resaltar el valor del Bosque El Olivar por su papel como sumidero de carbono a través de trabajos de investigación en el Bosque para lo que solicitó el permiso de ejecutar un Estudio de Investigación con el que se podrá estimar el carbono almacenado entre las especies de *Olea europea* y *Cedrela odorata* en el Bosque El Olivar, a fin de realizar su tesis de Pregrado en la Universidad Científica del Sur. Dicho estudio no incurriría en ningún gasto para la Municipalidad, ya que vuestro trabajo es de forma voluntaria.

En ese sentido, y habiéndose tenido comunicaciones con el Área de Calidad Ambiental, en el cual se ha determinado la importancia de investigación vinculada a la contribución de las especies del Bosque El Olivar para la lucha contra el cambio climático en el distrito de San Isidro, por lo que nuestra institución autoriza y dará las facilidades, con la finalidad que al finalizar dicha investigación, su representada emitirá un informe final, a fin de contar con un instrumento técnico que fortalezca la importancia del Bosque El Olivar y sirva de instrumento de gestión para la Municipalidad de San Isidro.

Sin otro particular,

Atentamente,

MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO
ETNIA FLORES BARRIGA
Subgerente de Gestión Ambiental

cc GDAS y GM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 3. *Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de Olea europaea*

Muestras	**DAP inicial (cm)**	**DAP final (cm)** D = C/ π	**Altura (m)** H = Tang. (α)* D	**Estimación de la biomasa aérea (kg/árbol)** $Br_2 + h = 0.0354 * d^2 + 1.187*h$	**Cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea (kgC/árbol)** Cantidad de biomasa aérea (B) * 0.5
1	77.3	24.61	7.65	30.51	15.26
2	51.0	16.23	5.25	15.56	7.78
3	102.0	32.47	8.10	46.93	23.47
4	76.7	24.42	6.30	28.58	14.29
5	75.3	23.97	5.10	26.39	13.20

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

6	63.0	20.05	5.85	21.18	10.59
7	229.0	72.90	9.75	199.68	99.84
8	227.0	72.26	8.40	194.80	97.40
9	105.5	33.58	9.15	50.79	25.39
10	76.3	24.29	6.00	28.00	14.00
11	274.0	87.22	6.60	277.13	138.57
12	206.3	65.67	8.10	162.28	81.14
13	211.0	67.17	6.00	166.82	83.41
14	263.0	83.72	8.10	257.72	128.86
15	233.0	74.17	7.50	203.64	101.82
16	299.8	95.43	6.60	330.23	165.12
17	195.0	62.07	6.30	143.87	71.94
18	172.0	54.75	5.70	112.88	56.44
19	240.0	76.40	6.00	213.73	106.87
20	266.0	84.67	6.00	260.92	130.46

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

21	90.0	28.65	5.10	35.11	17.55
22	73.0	23.24	5.10	25.17	12.58
23	88.0	28.01	6.60	35.61	17.81
24	77.0	24.51	5.10	27.32	13.66
25	115.0	36.61	5.40	53.85	26.92
26	93.0	29.60	5.70	37.79	18.89
27	88.0	28.01	5.70	34.54	17.27
28	103.3	32.88	6.90	46.47	23.23
29	298.7	95.08	5.10	326.09	163.05
30	83.7	26.64	4.05	29.94	14.97
31	80.3	25.56	5.10	29.18	14.59
32	91.5	29.13	4.65	35.55	17.78
33	106.2	33.81	4.80	46.15	23.08
34	105.9	33.71	6.00	47.35	23.67
35	59.2	18.84	4.80	18.27	9.13

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

36	72.9	23.21	5.70	25.83	12.91
37	41.1	13.08	5.10	12.11	6.06
38	102.7	32.69	6.30	45.31	22.66
39	99.7	31.74	6.00	42.78	21.39
40	311.1	99.03	4.65	352.68	176.34
41	244.9	77.96	8.10	224.75	112.37
42	73.9	23.52	5.10	25.64	12.82
43	80.1	25.50	5.10	29.07	14.53
44	111.1	35.37	6.00	51.40	25.70
45	300.9	95.78	8.10	334.38	167.19
46	192.0	61.12	6.90	140.42	70.21
47	193.0	61.44	7.50	142.51	71.26
48	220.0	70.03	9.75	185.18	92.59
49	231.0	73.53	6.60	199.24	99.62
50	208.0	66.21	6.00	162.31	81.15

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

51	200.0	63.66	9.45	154.70	77.35
Suma total				5728.36 kg	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 4. *Fórmulas para el cálculo del carbono almacenado en la hojarasca de Olea europaea durante la estación verano*

Muestras	**Peso húmedo de la muestra (g)**	**Peso seco de la muestra (g)**	**Contenido de Humedad** CH = (Pfs - Pss) / Pfs	**Cálculo de la biomasa seca "Y" en (kg)** Y = ((Pft) - (Pft * CH)) / 1000	**Contenido de carbono en la hojarasca "CC" en (kgC/árbol)** CC = Y * 0.5
P1	1039	951.5	0.0842	46.52	23.26
P2	1188	843	0.2904	36.04	18.02
P3	1219	1130	0.0730	47.09	23.54
P4	1128	978	0.1330	44.04	22.02
P5	1000	572.5	0.4275	29.08	14.54
P6	1027	619	0.3973	30.61	15.31
P7	1032	681.5	0.3396	33.54	16.77

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P8	925	819	0.1146	44.97	22.49
P9	1015	862.35	0.1504	43.15	21.58
P10	1038	860	0.1715	42.08	21.04
P11	1419	1193.51	0.1589	42.72	21.36
P12	994	961.57	0.0326	49.14	24.57
P13	960	625	0.3490	33.07	16.53
P14	1078	671.5	0.3771	31.64	15.82
P15	1040	905	0.1298	44.20	22.10
P16	1029	704	0.3158	34.75	17.38
P17	872	751.3	0.1384	43.76	21.88
P18	1004	937	0.0667	47.40	23.70
P19	850	805	0.0529	48.10	24.05

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P20	1086	1037.5	0.0447	50.79	25.40
P21	1406	1002	0.2873	36.20	18.10
P22	945	815	0.1376	43.81	21.90
P23	923	819	0.1127	45.07	22.54
P24	1016	765.04	0.2470	38.25	19.12
P25	1105	664.16	0.3990	30.53	15.26
P26	1047	555	0.4699	26.93	13.46
P27	927	527.5	0.4310	28.90	14.45
P28	1060	875	0.1745	41.93	20.96
P29	905	665	0.2652	37.32	18.66
P30	975	879.5	0.0979	45.82	22.91
P31	953	799.25	0.1613	42.60	21.30

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P32	1056	855	0.1903	41.13	20.56
P33	968	506	0.4773	26.55	13.28
P34	1010	572	0.4337	28.77	14.38
P35	951	185.5	0.8049	9.91	4.95
P36	1009	826.5	0.1809	41.61	20.80
P37	866	561.5	0.3516	32.93	16.47
P38	1016	865.04	0.1486	43.25	21.62
P39	940	791.5	0.1580	42.77	21.38
P40	1068	837.52	0.2158	39.83	19.92
P41	976	530.5	0.4565	27.61	13.80
P42	970	936	0.0351	49.01	24.51
P43	956	603.5	0.3687	32.07	16.03

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P44	375	336.5	0.1027	45.58	22.79
P45	967	827.5	0.1443	43.47	21.73
P46	980	675	0.3112	34.99	17.49
P47	756	661.5	0.1250	50.79	25.40
P48	1012	338.5	0.6655	16.99	8.49
P49	951	352.5	0.6293	18.83	9.41
P50	810	737	0.0901	46.22	23.11
P51	952	785.5	0.1749	41.91	20.96
Suma total	50794	38059.24	-	1954.27 kg	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 5. *Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de Olea europaea durante la estación invierno*

Muestras	**Peso húmedo de la muestra (g)**	**Peso seco de la muestra (g)**	**Contenido de Humedad** CH = (Pfs - Pss) / Pfs	**Cálculo de la biomasa seca "Y" en (kg)** Y = ((Pft) - (Pft * CH)) / 1000	**Contenido de carbono en la hojarasca "CC" en (kgC/árbol)** CC = Y * 0.5
P1	869	457.5	0.4735	25.17	12.58
P2	963.5	632	0.3441	31.36	15.68
P3	1056	805	0.2377	36.44	18.22
P4	939	628.5	0.3307	32.00	16.00
P5	947.5	633	0.3319	31.94	15.97
P6	951.5	743	0.2191	37.33	18.67
P7	964.1	807.5	0.1624	40.04	20.02

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P8	886.5	470	0.4698	25.35	12.67
P9	815.8	606.4	0.2567	35.54	17.77
P10	996.5	733.3	0.2641	35.18	17.59
P11	859.5	495.7	0.4233	27.57	13.79
P12	611.8	503.5	0.1770	39.35	19.67
P13	991.5	555.5	0.4397	26.79	13.39
P14	967	586.5	0.3935	29.00	14.50
P15	965	816.5	0.1539	40.45	20.23
P16	989	762	0.2295	36.84	18.42
P17	956.5	666.5	0.3032	33.31	16.66
P18	875.5	707.5	0.1919	38.63	19.32
P19	1028	480.5	0.5326	22.35	11.17

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P20	861	380	0.5587	21.10	10.55
P21	864	606.5	0.2980	33.56	16.78
P22	924	474	0.4870	24.52	12.26
P23	1102	772.5	0.2990	33.51	16.76
P24	937.5	497.5	0.4693	25.37	12.69
P25	1004	644	0.3586	30.67	15.33
P26	1104.5	552	0.5002	23.89	11.95
P27	991.5	778.5	0.2148	37.54	18.77
P28	1007.5	487	0.5166	23.11	11.55
P29	810	535	0.3395	31.58	15.79
P30	952	546	0.4265	27.42	13.71
P31	942.5	531	0.4366	26.93	13.47

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P32	962.5	515	0.4649	25.58	12.79
P33	1020	955	0.0637	44.76	22.38
P34	1117	1043	0.0662	44.64	22.32
P35	1016	997	0.0187	46.91	23.46
P36	507	413	0.1854	38.94	19.47
P37	540	265	0.5093	23.46	11.73
P38	615	576.5	0.0626	44.82	22.41
P39	418	382.5	0.0849	43.75	21.87
P40	1067	954	0.1059	42.75	21.37
P41	1020	984	0.0353	46.12	23.06
P42	1020	984.5	0.0348	46.14	23.07
P43	1030	906.5	0.1199	42.08	21.04

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P44	1050	893	0.1495	40.66	20.33
P45	1070	1053	0.0159	47.05	23.52
P46	1070	702.5	0.3435	31.39	15.69
P47	1029	1002.5	0.0258	46.58	23.29
P48	1028	772.5	0.2485	35.93	17.96
P49	1028	738.5	0.2816	34.34	17.17
P50	1020	877.5	0.1397	41.13	20.56
P51	1047	667.5	0.3625	30.48	15.24
Sumatoria	50794	38059.24	-	1761.34 kg	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 6. *Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de Eucalyptus globulus.*

Muestras	**DAP inicial (cm)**	**DAP final (cm)** D = C/ π	**Altura (m)** H = Tang. (α)* D	**Cálculo de la biomasa aérea (kg/árbol)** $Br^2+h=$ $0.180*(d^2*h)^{0.587}$	**Contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea (kgC/árbol)** Cantidad de biomasa aérea (B) * 0.5
1	247.0	78.62	27.26	210.51	105.25
2	241.0	76.71	57.26	316.20	158.10
3	359.0	114.28	22.80	294.05	147.03
4	302.0	96.13	27.26	266.54	133.27
5	258.0	82.13	21.11	190.67	95.34
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

7	237.0	75.44	19.16	163.04	81.52
8	223.0	70.99	27.26	186.70	93.35
9	226.0	71.94	19.16	154.19	77.10
10	189.0	60.16	19.35	125.74	62.87
11	180.0	57.30	18.75	116.57	58.28
12	146.0	46.47	22.20	100.67	50.33
13	164.0	52.20	8.73	66.72	33.36
14	227.0	72.26	19.95	158.74	79.37
15	276.0	87.86	22.61	214.87	107.44
16	225.0	71.62	19.16	153.39	76.69
17	189.0	60.16	33.60	173.84	86.92
Suma total				2892.44 kg	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 7. *Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de Eucalyptus globulus durante la estación de verano*

Muestras	**Peso fresco de la muestra (g)**	**Peso seco de la muestra (g)**	**Contenido de Humedad** CH = (Pfs - Pss) / Pfs	**Cálculo de la biomasa seca "Y" en (kg)** Y = ((Pft) - (Pft * CH)) / 1000	**Contenido de carbono en la hojarasca "CC" en (kgC/árbol)** CC = Y * 0.5
P1	1201.46	1140.6	0.0507	15.08	7.54
P2	992.87	891.79	0.1018	14.27	7.13
P3	509.07	469.5	0.0777	14.65	7.32
P4	1026.3	952.62	0.0718	14.74	7.37

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P5	1141.06	691.09	0.3943	9.62	4.81
P6	1012.94	979.04	0.0335	15.35	7.68
P7	700.77	613.64	0.1243	13.91	6.95
P8	963.73	824.55	0.1444	13.59	6.79
P9	1003.09	940.5	0.0624	14.89	7.45
P10	1005.05	933.6	0.0711	14.75	7.38
P11	1019.15	946.66	0.0711	14.75	7.38
P12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P13	1002.61	986.81	0.0158	15.63	7.82
P14	1071.34	966.32	0.0980	14.33	7.16
P15	1214.22	1136.1	0.0643	14.86	7.43
P16	987.44	865.43	0.1236	13.92	6.96
P17	1032.54	962.59	0.0677	14.81	7.40
Suma total				229.16 kg	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 8. *Fórmulas para el cálculo del almacenamiento de carbono en la hojarasca de Eucalyptus globulus durante la estación de invierno*

Muestras	Peso húmedo de la muestra (g)	Peso seco de la muestra (g)	Contenido de Humedad CH = (Pfs - Pss) / Pfs	Cálculo de la biomasa seca "Y" en (kg) Y = ((Pft) - (Pft * CH)) / 1000	Contenido de carbono en la hojarasca "CC" en (kgC/árbol) CC = Y * 0.5
P1	996.5	978.5	0.0181	14.80	7.40
P2	995.5	978.5	0.0171	14.82	7.41
P3	502	437	0.1295	13.12	6.56
P4	964	948.5	0.0161	14.83	7.42

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

P5	717	683.5	0.0467	14.37	7.18
P6	1026.5	997	0.0287	14.64	7.32
P7	982	932	0.0509	14.31	7.15
P8	1088	1022	0.0607	14.16	7.08
P9	919.02	876.75	0.0460	14.38	7.19
P10	750.05	731.5	0.0247	14.70	7.35
P11	1042	1026	0.0154	14.84	7.42
P12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P13	1028.5	980	0.0472	14.36	7.18
P14	994	947	0.0473	14.36	7.18
P15	980	962.5	0.0179	14.80	7.40
P16	1066	1027.5	0.0361	14.53	7.26
P17	1023	995	0.0274	14.66	7.33
Suma total	f			231.69 kg	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 9. *Solicitud de préstamo de 01 GPS marca GARMIN*

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR S.A.C.

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR S.A.C.
CARRETERA ANTIGUA PANAMERICANA
Villa El Salvador - Lima - Lima - PERÚ

RUC: 20421239275
GUÍA DE REMISIÓN ELECTRÓNICA - REMITENTE
T001-153

Datos del Destinatario

Señor(es)	: Gladys Angela Infante Estrada
RUC	: 10726840712
Punto de Partida	: URBANA CAR. PANAMERICANA SUR Km 19
Punto de Llegada	: Parque El Olivar
Fecha y hora de Emisión	: 10-01-2024 16:11:21

Datos del Transporte

Fecha de inicio o entrega	: 10-01-2024	**Tipo de Transporte**	: Transporte Privado

Información de Conductor(es)

DNI	: 72684071	**Nombre y Apellido del conductor**	: Infante Estrada Gladys Angela	**Licencia**	: Q41807437

Información del vehículo(s)

Placa : ABC123	**Tarjeta de circulación** :	**Nro de autorización** :

Tipo y Motivo de Traslado

Tipo de Traslado	: Otros
Motivo de Traslado	: Medición de coordenadas de árboles.

Datos de Bienes a Transportar

Código	Descripción	UM	Cantidad
014217	GPS (UCSUR 64796)	NIU	1

Unidad de Medida	KGM
Peso Bruto	2
Nro. de Bultos	1

Representación Impresa de la Guía de Remisión Electrónica - Remitente

Observaciones: GPS - GARMIN Modelo (GPSMAP 66s- 1450275600FECHA DE SALIDA: 12/01/24FECHA DE RETORNO: 16/01/24

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 10. *Recepción del préstamo de 01 GPS marca GARMIN.*



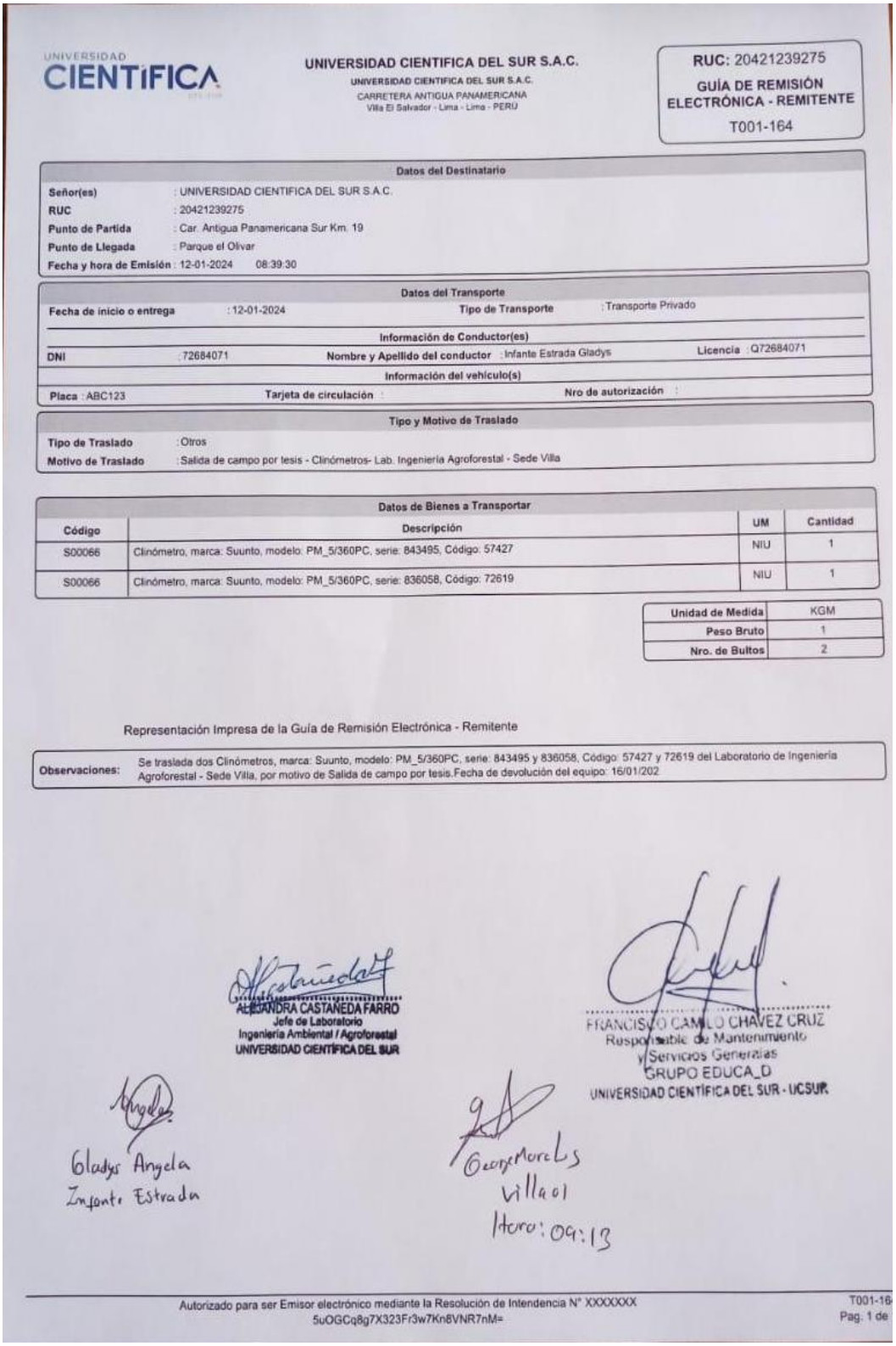
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 11. *Uso de GPS marca GARMIN en el parque El Olivar, San Isidro - Lima.*



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 12. *Solicitud de préstamo de 02 clinómetros marca Sunto*



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR S.A.C.
UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR S.A.C.
CARRETERA ANTIGUA PANAMERICANA
Villa El Salvador - Lima - Lima - PERU

RUC: 20421239275
GUÍA DE REMISIÓN ELECTRÓNICA - REMITENTE
T001-164

Datos del Destinatario

Señor(es)	: UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR S.A.C.
RUC	: 20421239275
Punto de Partida	: Car. Antigua Panamericana Sur Km. 19
Punto de Llegada	: Parque el Olivar
Fecha y hora de Emisión	: 12-01-2024 08:39:30

Datos del Transporte

Fecha de inicio o entrega	: 12-01-2024	**Tipo de Transporte**	: Transporte Privado

Información de Conductor(es)

DNI	: 72684071	**Nombre y Apellido del conductor**	: Infante Estrada Gladys	**Licencia**	: Q72684071

Información del vehículo(s)

Placa : ABC123	**Tarjeta de circulación** :	**Nro de autorización** :	

Tipo y Motivo de Traslado

Tipo de Traslado	: Otros
Motivo de Traslado	: Salida de campo por tesis - Clinómetros- Lab. Ingeniería Agroforestal - Sede Villa

Datos de Bienes a Transportar

Código	Descripción	UM	Cantidad
S00066	Clinómetro, marca: Suunto, modelo: PM_5/360PC, serie: 843495, Código: 57427	NIU	1
S00066	Clinómetro, marca: Suunto, modelo: PM_5/360PC, serie: 836058, Código: 72619	NIU	1

Unidad de Medida	KGM
Peso Bruto	1
Nro. de Bultos	2

Representación Impresa de la Guía de Remisión Electrónica - Remitente

Observaciones: Se traslada dos Clinómetros, marca: Suunto, modelo: PM_5/360PC, serie: 843495 y 836058, Código: 57427 y 72619 del Laboratorio de Ingeniería Agroforestal - Sede Villa, por motivo de Salida de campo por tesis.Fecha de devolución del equipo: 16/01/202

ALEJANDRA CASTAÑEDA FARRO
Jefe de Laboratorio
Ingeniería Ambiental / Agroforestal
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FRANCISCO CAMILO CHAVEZ CRUZ
Responsable de Mantenimiento y Servicios Generales
GRUPO EDUCA_D
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR - UCSUR

Gladys Angela
Infante Estrada

George Morales
Villa 01
Hora: 09:13

Autorizado para ser Emisor electrónico mediante la Resolución de Intendencia N° XXXXXXX
5uOGCq8g7X323Fr3w7Kn8VNR7nM=

T001-16
Pag. 1 de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 13. *Recepción de 02 clinómetros marca Sunto*



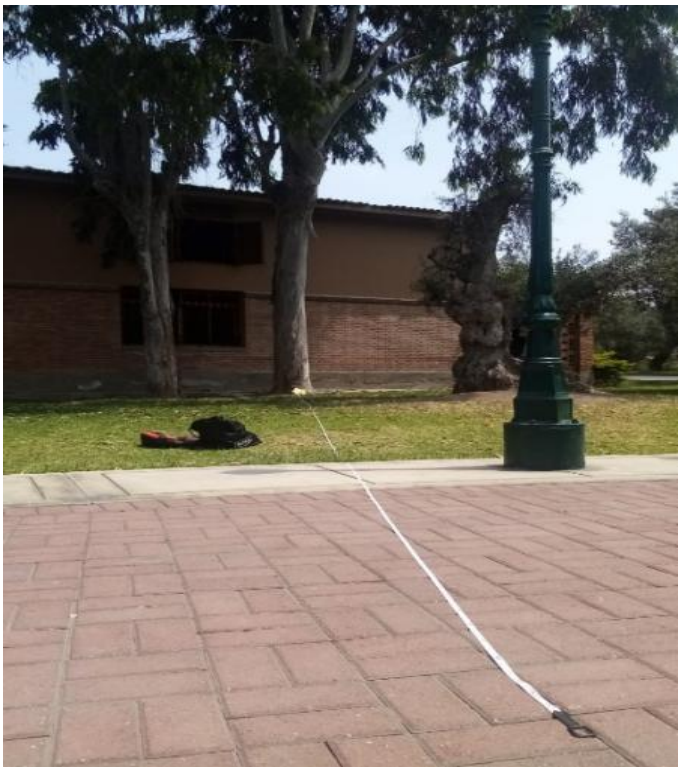
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 14. *Uso de los clinómetros marca Sunto en el parque El Olivar, San Isidro - Lima.*



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 15. *Uso de la wincha para la medición de altura del árbol*









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 16. *Uso de la cinta métrica para la medición del DAP de los árboles*









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 17. *Recolección de hojarasca de olivo (Olea europaea) y eucalipto (Eucalyptus globulus) con ayuda de bolsas ziploc y un rastrillo*









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 18. *Pesaje de muestras de olivo (Olea europaea) y eucalipto (Eucalyptus globulus) mediante una balanza digital*









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 19. *Obtención del peso seco de la hojarasca de olivo (Olea europaea) y eucalipto (Eucalyptus globulus) en el horno de secado*









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis