

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Huerto ecológico familiar: una herramienta de mitigación del
cambio climático**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Sara Noemi Ortiz Mamani

Asesor:

MSc. Rose Adeline Callata Chura

Juliaca, setiembre de 2024

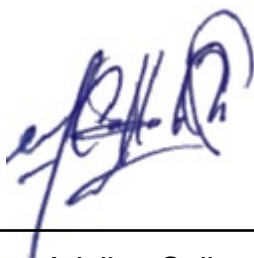
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, MSc Rose Adeline Callata Chura, docente de la Facultad Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“HUERTO ECOLÓGICO FAMILIAR: UNA HERRAMIENTA DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO”** del autor **Sara Noemi Ortiz Mamani** tiene un índice de similitud de 11% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 08 días del mes de diciembre del año 2024.



MSc. Rose Adeline Callata Chura

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 12 día(s) del mes de Setiembre del año 2024 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez, el (la) secretario(a): Msc. Loayda Abigail Bondori Turpo y los demás miembros: Mtro. Juan Eduardo Ugo Rivera Ing. Verónica Haydee Páez Mamani el (la) asesor(a) Msc. Rose Adeline Ballata Ghura con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Huerto ecológico familiar: una herramienta de mitigación del cambio climático

del(los) bachiller(es): a) Sara Noemi Ortiz Mamani

b)

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Sara Noemi Ortiz Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro

Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

Bachiller (c)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS	9
<i>Construcción de huerto ecológico y acondicionamiento.....</i>	10
<i>Selección de cultivos para el huerto ecológico</i>	10
<i>Análisis de datos</i>	11
<i>Captura de carbono:</i>	11
<i>Huella de carbono:</i>	12
RESULTADOS	13
<i>Captura de carbono en Hortalizas</i>	13
<i>Huella de Carbono de Hortalizas</i>	13
DISCUSIÓN.....	14
REFERENCIAS.....	18
FIGURAS Y TABLAS.	24
ANEXOS	28
<i>Evidencia de sumisión de artículo.</i>	28

HUERTO ECOLÓGICO FAMILIAR: UNA HERRAMIENTA DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Sara Noemi Ortiz Mamani: sara.tito@upeu.edu.pe; Rose Adeline Callata Chura: rose.callata@upeu.edu.pe; Juan E. Vigo: eduardo.vigo@upeu.edu.pe

RESUMEN. El presente estudio evalúa la efectividad del huerto ecológico familiar como una herramienta de mitigación del cambio climático en la Parcialidad Chijuyo Huertapata, mediante la construcción de un huerto ecológico familiar bajo un modelo de invernadero, se realizó el cultivo de hortalizas durante un periodo de tres meses, para luego hallar la cantidad de carbono absorbido por cada especie de hortaliza; acelga, lechuga orgánica, brócoli, perejil, cebollín y tomate, también se halló la huella de carbono de todo el proceso de cultivo. Los resultados obtenidos en la absorción de dióxido de carbono demuestran que; el perejil, la lechuga orgánica y la acelga fueron las hortalizas con mayor capacidad de absorción de CO₂, con valores de 4.63 kgCO₂, 4.56 kgCO₂ y 4.01 kgCO₂ respectivamente. Estos hallazgos sugieren que la selección de cultivos puede optimizar significativamente la captura de CO₂ en un invernadero. La menor absorción de CO₂ se observó en el tomate, con 2.24 kgCO₂, lo que, aunque inferior en comparación con otras hortalizas, aún representa una contribución notable a la mitigación de gases de efecto invernadero, al considerar el área total del invernadero, la acelga presentó la mayor captación con 24.08 kgCO₂ por cama de cultivo, destacando su eficiencia tanto a nivel individual como por área cultivada. Finalmente, el análisis del invernadero muestra que, aunque genera emisiones de 1.62 kgCO₂, las hortalizas cultivadas absorben 103.43 kgCO₂, resultando en un balance neto positivo de 101.81 kgCO₂, con una relación de absorción de 63.85:1. Estos valores obtenidos demuestran que el huerto ecológico familiar si puede ser una herramienta de mitigación del cambio climático, ya que, a pesar de las emisiones generadas por la operación del invernadero, la capacidad de absorción de CO₂ por las hortalizas permite que los invernaderos actúen como sumideros de carbono netos, compensando las emisiones generadas.

[Palabras clave: huerto ecológico, invernadero, mitigación, cambio climático.]

Family organic garden: a climate change mitigation tool

ABSTRACT. This study evaluates the effectiveness of the family organic garden as a climate change mitigation tool in the Chijuyo Huertapata District, through the construction of a family organic garden under a greenhouse model, vegetables were grown for a period of three months, and then the amount of carbon absorbed by each vegetable species was found; chard, organic lettuce, broccoli, parsley, chives and tomato, the carbon footprint of the entire cultivation process was also found. The results obtained in the absorption of carbon dioxide show that; parsley, organic lettuce and chard were the vegetables with the highest capacity for CO₂ absorption, with values of 4.63 kgCO₂, 4.56 kgCO₂ and 4.01 kgCO₂ respectively. These findings suggest that crop selection can significantly optimize CO₂ capture in a greenhouse. The lowest CO₂ absorption was observed in tomato, with 2.24 kgCO₂, which, although lower compared to other vegetables, still represents a notable contribution to greenhouse gas mitigation. When considering the total area of the greenhouse, chard presented the highest uptake with 24.08 kgCO₂ per grow bed, highlighting its efficiency both at the individual level and per cultivated area. Finally, the greenhouse analysis shows that, although it generates emissions of 1.62 kgCO₂, the cultivated vegetables absorb 103.43 kgCO₂, resulting in a positive net balance of 101.81 kgCO₂, with an absorption ratio of 63.85:1. These values obtained demonstrate that the family organic garden can be a tool for mitigating climate change, since, despite the emissions generated by the operation of the greenhouse, the CO₂ absorption capacity of the vegetables allows the greenhouses to act as net carbon sinks, offsetting the emissions generated.

[Keywords: organic garden, greenhouse, mitigation, climate change.]

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales del mundo es el cambio climático. La (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC] 1992) (Unidas 2013), en su art. 1, define el cambio climático; “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. El cambio climático es el calentamiento global producido por el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (Roca Villanueva et al., 2019) . Los principales GEI; son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆) según (Benavides 2007). Esto produce eventos climáticos extremos, aumento de temperaturas entre otros Murillo et al. (2018) indica que afecta en la economía de las personas que viven de la agricultura.

Además el Perú presenta siete de las nueve características de vulnerabilidad reconocidas por el marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, y de no implementarse medidas de mitigación y adaptación al Cambio Climático, las pérdidas económicas, sociales y ambientales superarían el 20% del PBI potencial al año 2050 (FAO 2016).

Los objetivos de desarrollo sostenible son una alternativa de solución de manera global, así como indica el (Ministerio del Ambiente 2016), en el objetivo 2 Hambre Cero “Que busca transformar los sistemas alimentarios con agricultura sostenible” y 13 Acción por el Clima “formular y aplicar la adaptación y la resiliencia frente al cambio climático”.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, mencionan que se debe considerar como alternativas de solución y la vez protegerse del cambio climático, los invernaderos, viveros e hidroponía (FAO et al., 2018; “La Conferencia Sobre Cambio Climático (COP 20),” 2017), y estas se basan en prácticas de producción alimentaria sostenible y las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático, ambas deben ser sostenibles de manera mutua. Y se debe de tener muchas estrategias de manejo del riesgo climático y meteorológico, esto implica modelos de adaptación al cambio climático como el cultivo de alimentos bajo invernadero y también las prácticas de

agricultura sostenibles, y así asegurar una producción medioambientalmente responsable y la adaptación al cambio climático.

Mediante una investigación, se mostró como alternativa de solución para combatir y mitigar el cambio climático; a los huertos urbanos y el cambio de hábitos de consumo, la que demostró que son alternativas efectivas para combatir y mitigar el cambio climático Puigdueta et al. (2018). Por otro lado en otra investigación, se observó la factibilidad de la Agricultura Urbana y Periurbana (AUP) como una medida de adaptación y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), disminuyendo las emisiones (CO_2eq) al utilizar fertilizantes orgánicos (Valencia, 2018). Y mediante un modelo de producción de huertos familiares, con medidas de adaptación al cambio climático, demostró que contribuyen en la seguridad alimentaria y tiene un impacto positivo al medio ambiente lo que minimiza los efectos del cambio climático. Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar prácticas agrícolas sostenibles en entornos urbanos y periurbanos Gonzalez (2019).

En el Perú existen proyectos de lucha contra el cambio climático, así como indica (Fomento de la Vida (FOVIDA, 2018) con 22 iniciativas y/o experiencias para mitigar los problemas ambientales e impactos del cambio climático. También iniciativas como los huertos en línea como una medida de contrarrestar los problemas ambientales y el cambio climático MINAM (2018).

A nivel local, al identificar un problema crítico en los distritos de Umachiri, Cupi y Macari, en la provincia de Melgar, Región Puno: a causa de las condiciones climáticas adversas que limitaban gravemente la producción agrícola, afectando la disponibilidad de alimentos para las comunidades locales y frente a esta problemática, se llevó a cabo un estudio en el que se implementaron invernaderos (fitotoldos) para la producción de hortalizas. Los resultados de este trabajo demostraron que, incluso en un entorno tan desafiante, es posible generar una fuente constante de alimentos, mejorando así la seguridad alimentaria y la resiliencia de las comunidades locales Morocco (2015).

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia del huerto ecológico familiar como herramienta de mitigación del cambio climático en la Parcialidad Chijuyo Huertapata – Huancané. Esta comunidad sufre las graves consecuencias del cambio climático, tal como se evidencia en el reporte de defensa civil N° 0007725, que documenta cómo las fuertes heladas afectan al distrito y a la provincia de Huancané, y según un

comunicado del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) emitido el 17 de noviembre de 2018, "la granizada registrada en el distrito de Huancané - Puno afectó 8 hectáreas de cultivo" INDECI (2018). Además, en 2018, la región sufrió sequías y otros eventos climáticos extremos.

En este contexto, la implementación de un huerto familiar se presenta como una estrategia viable para producir alimentos sanos y ricos en nutrientes, contribuyendo así a mejorar la alimentación, la salud y el medio ambiente Cano (2015). Y debido a las condiciones climáticas del lugar se toma un modelo de invernadero, tal como recomiendan Auccatinco and Torcello (2016), este tipo de huerto permite proteger los cultivos de las inclemencias climáticas, al ofrecer un interior controlado y estar construido con materiales transparentes que permiten el paso de la luz solar.

Los factores para demostrar la eficiencia como herramientas de mitigación del cambio climático son; la captura del dióxido de carbono según Ordóñez and Masera (2016) contribuye en la mitigación del cambio climático al medir la captura de carbono en especies vegetativas el cual ofrece opciones de mitigación de gases de efecto invernadero. Mientras que calcular la huella de carbono ayuda a tomar acciones en la mitigación del cambio climático, al medir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera provocado por una actividad en específico Schneider et al. (2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se realizó en la parcialidad Chijuyo Huertapata, del distrito de Huancané, provincia de Huancané, departamento de Puno, el territorio provincial presenta una configuración topográfica heterogénea con altitudes que van desde 3812 m.s.n.m. hasta los 5000 m.s.n.m. Se construyó allí el huerto ecológico familiar bajo un modelo de invernadero, para evaluar su eficiencia como herramienta de lucha contra el cambio climático, hallando la de la cantidad de carbono capturado por seis especies de hortalizas; acelga, lechuga orgánica, brócoli, perejil, cebollín y tomate, considerando la fijación de carbono y huella de carbono de todo el proceso de cultivo.

El proyecto presenta un diseño metodológico de enfoque: mixto y un alcance: diseño experimental correlacional o explicativo aplicativo según (Hernández & Mendoza 2020).

Construcción de huerto ecológico y acondicionamiento.

Para la construcción del huerto ecológico se destinó 28 m² de terreno con 8 m de largo, 3.50 m de ancho y una altura de 1.20 m., de modelo túnel como se muestra en la “figura 1”., con estructura de adobe, soportes de rollizos, listones de 1.5"x 1"x 3.5 m, listones de 2" x 2" x 3.0 m, listones de 2" x 2" x 3.5 m. y para cubrir el huerto, en modelo invernadero túnel pliegos de agrofilm de 250 micras, todo ello se realizó considerando la Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos de (FAO 2012) y también el manual técnico de biohuertos familiares para la producción de hortalizas del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS 2014). El huerto ecológico se realizó considerando las condiciones climáticas adversas, por ello se eligió el modelo invernadero en forma de túnel, ya que esta provee la temperatura, humedad apropiada para el cultivo de hortalizas (Carpio et al. 2005).

El sistema de riego elegido para la cultivo de hortalizas es el de sistema de riego por goteo, para lo cual se requirió un tanque de almacenamiento de agua al cual (bombear) agua de manera periódica, para luego dispersar el agua por gravedad hacia las camas de hortalizas Leiva et al. (2011).

Selección de cultivos para el huerto ecológico

Para la selección las especies de hortalizas (seis especies de hortalizas; acelga, lechuga orgánica, brócoli, perejil, cebollín y tomate), se tuvo en cuenta principalmente la facilidad de adaptación al lugar de ejecución del presente proyecto, debido a la existencia previa de estos cultivos, que se desarrolló mediante el marco del Plan Multisectorial ante Heladas y Friaaje 2022-2024, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2023) además se tomaron criterios de sembrío “tabla 1” (Goites 2010 and Rivera 2015). Así mismo se consideró la capacidad fotosintética de las hortalizas, para llevar a cabo la fotosíntesis, la planta requiere la energía luminosa del sol, captada por la clorofila y absorben el dióxido de carbono, responsable del efecto invernadero (Morocco 2015). Otro factor importante en la fotosíntesis es la nutrición de las hortalizas que las obtiene del suelo para ello se realizó abonamiento con estiércol de oveja y vaca. Y para que el huerto ecológico mantenga condiciones climáticas controladas que garanticen un ambiente adecuado para su crecimiento se requiere un fitotoldo o invernadero (FAO 2012). Esta genera condiciones de temperaturas moderadas que eviten las heladas, alta luminosidad para facilitar la fotosíntesis, y un control adecuado

de la humedad para prevenir enfermedades y promover un desarrollo óptimo de los cultivos. Además, es esencial que el invernadero proporcione protección contra los eventos climáticos extremos, como granizadas y sequías, que son comunes en la provincia de Huancané. Este entorno controlado permite que las hortalizas crezcan de manera saludable y productiva por un tiempo aproximado de tres meses según “tabla 1”.

Análisis de datos

Para poder demostrar que el huerto ecológico es una herramienta de lucha contra el cambio climático; se realiza el análisis en laboratorio de la absorción del dióxido de carbono (Chacho 2019) mediante la metodología “cálculo de stocks de carbono en vegetación no arbórea” (Rügnitz et al. 2008) en las especies de hortalizas acelga, lechuga orgánica, brócoli, perejil, cebollín y tomate; y la huella de carbono.

Las cuales se llevaron al laboratorio en fechas diferentes debido a que su cosecha se dio en tiempos diferentes. Las primeras en muestras en llevar en al laboratorio fueron las de lechuga, acelga, perejil y cebollín, en tiempo aproximado dos meses y tres semanas y las últimas muestras tomate y brócoli en cuatro meses y medio teniendo en cuenta que el sembrío fue en septiembre del 2023; así cada grupo de muestras fueron trasladados para el respectivo análisis de la absorción de carbono.

Captura de carbono:

Para hallar la cantidad CO₂ se utilizó la metodología del cálculo de stocks de carbono en vegetación no arbórea así como indica la guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales Rügnitz et al. (2008), en las hortalizas producida en el huerto ecológico familiar, se realizó análisis de laboratorio de captura de carbono, tomando muestras aleatorias por medio de un marco cuadrado de 0,25 m² (50 cm x 50 cm) para cada hortaliza, se cortó al ras del suelo todo el material localizado dentro del marco y se colocó en bolsas herméticas debidamente identificadas para enviar al laboratorio en cooler, allí se tomó una sub-muestra (200 g) con la (balanza de precisión) para secado en (horno-estufa) de aire forzado a 70 °C, hasta obtener un peso constante, determinándose así la relación entre materia seca y húmeda, y la cantidad de carbono presente en las hortalizas.

Paso 1. Cálculo de la materia seca de la muestra según la metodología del cálculo de stocks de carbono en vegetación no arbórea

Ecuación 1.

$$MS_{muestra} = ((MF_{sub-muestra}) / ((MS_{sub-muestra}))) * MF_{muestra} \quad (1)$$

Donde; la “MS_{muestra}” es la materia fresca de la muestra, “MF_{sub-muestra}” es materia fresca (kg) y “MS_{sub-muestra}” la materia seca (kg).

Paso 2. Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea

$$\Delta CBN_{muestra} = MS_{muestra} * CF \quad (2)$$

Donde “CBN muestra” es la cantidad de carbono en la biomasa de la muestra de vegetación no arbórea (kg C/0,25 m²) y “CF” es la fracción de carbono (kg C /kg MS) determinada en el laboratorio o utilizando el valor padrón del IPCC = 0,5.

Fijación de dióxido de carbono

La conversión de carbono a dióxido de carbono (CO₂), también se realiza mediante estándar establecida por la IPCC (2007).

$$1\text{Kg Carbon (C)} = 3.67 \text{ Kg Carbon Dioxide (CO}_2\text{)}$$

Huella de carbono:

La huella de carbono del invernadero se define como la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (Calderón and Bermeo 2012), generadas directa e indirectamente durante el ciclo de vida del cultivo de las hortalizas. Este cálculo abarca todas las etapas del proceso productivo, incluyendo la producción de seis especies de hortalizas y el uso de energía eléctrica para el bombeo de agua para riego (Auccatinco & Torcello, 2016; Guillén, 2023).

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato actividad} * \text{Factor de emisión (FE)} \quad (3)$$

Donde el “el dato de actividad” es parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI y el “el factor de emisión (FE)” es la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”.

RESULTADOS

La presente investigación se cultivaron seis especies de hortalizas en un área de 1.95 m² bajo condiciones controladas en un invernadero, allí se evaluó la capacidad de absorción de dióxido de carbono (CO₂) en una muestra de 200 gramos de cada hortaliza. Asimismo, se calculó la huella de carbono, cuantificando las emisiones de gases de efecto invernadero, específicamente CO₂, generadas durante el proceso de cultivo.

Captura de carbono en Hortalizas

En la “figura 2”, se muestra la cantidad de carbono absorbido por cada una de las especies de hortalizas en 200 gr de muestra de cada una, en donde el perejil lechuga orgánica y acelga resaltan mostrando una mayor captación de 1.26 KgC, 1.24 Kg C y 1.24 KgC respectivamente, mientras que tuvo una menor absorción fue el tomate con un 0.61 KgCO.

En la “figura 3”, se aprecia los resultados de la absorción de CO₂ para 200 gr de muestra de cada hortaliza, donde el perejil, la lechuga orgánica y acelga resalta mostrando una mayor captación de 4.63 KgCO₂, 4.56 KgCO₂ y 4.01 KgCO₂ respectivamente y la hortaliza que tuvo una menor absorción fue el tomate con un 2.24 KgCO₂.

La “figura 4”, presenta los resultados de la absorción de CO₂ en el área total del invernadero, por cada cama de cultivo de hortalizas. Se observa que la acelga registró la mayor captación de CO₂, con un valor de 24.08 kgCO₂, mientras que el cebollín mostró la menor absorción, alcanzando solo 13.04 kgCO₂.

Huella de Carbono de Hortalizas

En la “tabla 2”, se muestra el dato de la huella de carbono, resultado obtenido de la cantidad de gases de efecto invernadero que se generó durante la producción de hortalizas bajo invernadero, en la cual único consumo directo que se tuvo fue de energía eléctrica utilizada al bombear agua para riego, que es de 1.62 kgCO₂.

Los resultados del cálculo de la huella de carbono “tabla 2”, basados en el consumo energético del huerto ecológico, indican una emisión total de 1.62 kgCO₂ para un consumo acumulado de 3.96 kWh. Este valor refleja la cantidad de dióxido de carbono generada por la electricidad utilizada en el proceso de cultivo bajo invernadero. Aunque el consumo energético es relativamente bajo, su impacto en términos de emisiones de gases de efecto

invernadero es significativo, subrayando la importancia de optimizar el uso de recursos energéticos para minimizar la huella de carbono en sistemas agrícola (Puigdueta et al. 2018).

DISCUSIÓN

En la presente investigación, se realizó con la finalidad de demostrar la eficiencia de un Huerto Ecológico familiar, como una herramienta de mitigación del cambio climático, ya que según Murillo et al. (2018), el aumento de gases de efecto invernadero produce eventos climáticos extremos, y la FAO et al. (2018), menciona que para proteger del cambio climático, se puede usar invernaderos. Además, se realizó el cálculo la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) absorbido por diversas hortalizas producidas en el invernadero, así como en la evaluación de la huella de carbono asociadas con su operación y valores hallados fueron de 103.43 KgCO₂ y 1.62 KgCO₂ respectivamente.

En una investigación que realizo (Chacho 2019), donde se halló el dióxido de carbono fijado de varias asociaciones de hortalizas, en las cuales obtuvo que el perejil y brócoli tenían una capacidad de 1.28 KgC y 1.06 KgC respectivamente, esto comparado a los resultados obtenidos de las mismas especies; perejil y brócoli con 1.26 KgC y 0.84 KgC.. se aprecia que el valor obtenido del perejil se asemeja y esto confirma su capacidad de absorción, en cambio la del brócoli difieren de manera mínima, pero se asemejan y no hay una diferencia significativa. Por otro lado en otra investigación que realizo (Mota et al. 2010), estimación de carbono y captación de C en plantas herbáceas, donde el tomate tuvo un mayor contenido de carbono y captación de 0.43 KgC, este dato a diferencia del dato obtenido 2.24 KgC, presenta una diferencia significativa, y esto puede ser causado porque el tomate presenta biomasa diferentes por la variedad del mismo, que dicho autor escogió para el estudio eligió el tomate de ensalada (variedad Corvey), mientras que en la presente investigación se usó tomate silvestre. La diferencia en la captación de carbono entre el tomate, el perejil y el brócoli puede justificarse en gran medida por las variaciones en la capacidad fotosintética y la estructura biológica de estas plantas. El perejil y el brócoli, que mostraron valores de fijación de carbono más consistentes, son plantas de ciclo rápido y con una alta tasa fotosintética en relación con su biomasa. Estas especies tienden a tener hojas más densas y un crecimiento vegetativo más compacto, lo que maximiza la eficiencia de la fotosíntesis en la captura de carbono por área foliar.

Por otro lado, el tomate, especialmente en la variedad utilizada, presenta una estructura diferente. Las plantas de tomate suelen tener una biomasa aérea significativa, pero su distribución de recursos entre hojas, tallos y frutos es distinta. Además, el tomate de ensalada, como la variedad Corvey utilizada en el estudio de Mota et al. (2010), puede tener una relación hoja-fruto diferente que influye en la captación de carbono. Estas diferencias estructurales y fisiológicas afectan la eficiencia de la fotosíntesis, lo que explica la variación significativa en la captación de carbono observada. La variedad específica y el tipo de crecimiento del tomate también influyen en su capacidad fotosintética y, por ende, en la cantidad de carbono capturado, siendo generalmente menos eficiente en comparación con el perejil y el brócoli.

Además, en los resultados de absorción de CO₂ en la presente investigación indican que el perejil, lechuga orgánica y la acelga fueron las hortalizas con mayor capacidad de absorción de CO₂, con valores de 4.63 kgCO₂, 4.56 kgCO₂ y 4.01 kgCO₂ por 200 gramos de muestra, respectivamente. Este hallazgo es particularmente relevante, ya que sugiere que la selección de cultivos dentro de un invernadero puede optimizar la captura de CO₂. La menor absorción de CO₂ se observó en el tomate, con un valor de 2.24 kgCO₂, lo cual, aunque inferior en comparación con otras hortalizas, todavía representa una contribución significativa a la mitigación de gases de efecto invernadero, y la absorción de CO₂ por área total del invernadero, se observó que la acelga presentó la mayor captación con 24.08 kgCO₂ por cama de cultivo. Este resultado sugiere que la acelga no solo es eficiente a nivel de muestra individual sino también cuando se considera el área total de cultivo. Por otro lado, el cebollín mostró la menor absorción con 13.04 kgCO₂, lo cual destaca la variabilidad en la eficiencia de diferentes cultivos para la captura de carbono. La variabilidad en la fijación de carbono entre las especies de hortalizas observada en la investigación puede atribuirse a diferencias en su capacidad fotosintética, morfología y características de crecimiento. Especies como el perejil, la lechuga orgánica y la acelga, que mostraron una mayor absorción de CO₂, tienden a tener una alta proporción de área foliar activa y un crecimiento vegetativo denso, lo que maximiza la captación de luz y la eficiencia fotosintética. Estas plantas también suelen tener un ciclo de crecimiento rápido, lo que favorece una mayor acumulación de carbono en un corto periodo. En contraste, cultivos como el tomate y el cebollín, que mostraron menor absorción, pueden tener una menor relación hoja-fruto o una distribución

menos eficiente de biomasa, limitando su capacidad fotosintética y, por ende, su eficiencia en la fijación de carbono. Estas diferencias reflejan cómo la selección de cultivos, basada en su biología y morfología, puede impactar significativamente la eficiencia de captura de CO₂ en un sistema de producción agrícola como un invernadero (Llanos et al. 2015).

El análisis del invernadero muestra que, aunque genera emisiones de 1.62 kgCO₂, las hortalizas cultivadas absorben 103.43 kgCO₂, resultando en un balance neto positivo de 101.81 kgCO₂. Esto significa que el invernadero actúa como un sumidero de carbono, compensando ampliamente las emisiones generadas durante su operación, con una relación de absorción a emisiones por cada kilogramo de CO₂ emitido, las hortalizas son capaces de absorber aproximadamente 63.85 kilogramos de CO₂, lo que posiciona al invernadero como una estrategia sostenible y eficaz para la mitigación del cambio climático. Además, la relación de absorción a emisiones, por cada kilogramo de CO₂ emitido por el invernadero, las hortalizas cultivadas en su interior son capaces de absorber aproximadamente 64 kilogramos de CO₂, resalta el potencial de este sistema, especialmente si se optimizan los procesos para reducir aún más la huella de carbono. La "Figura 5" ilustra estos resultados, evidenciando la contribución significativa del invernadero a la sostenibilidad ambiental. Otras investigaciones como (Valencia 2018) demostraron que la agricultura urbana y periurbana es una medida de adaptación y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), disminuyendo las emisiones (CO₂eq, cantidad de equivalente a CO₂). Así mismo (Gonzalez 2019) mediante un modelo de producción de huertos familiares, con medidas de adaptación al cambio climático, demostró que contribuyen en la seguridad alimentaria y tiene un impacto positivo al medio ambiente lo que minimiza los efectos del cambio climático. También en una investigación local, (Morocco 2015) desarrolló un trabajo en los distritos de Umachiri, Cupi y Macari, provincia de Melgar, Región Puno, allí demostró mediante la producción de hortalizas bajo invernaderos (fitotoldos), generar disponibilidad de alimentos en zonas de condiciones climáticas adversas.

La capacidad de ciertas hortalizas para absorber grandes cantidades de CO₂ demuestra el potencial de los invernaderos para actuar como sumideros de carbono. Además, la posibilidad de optimizar la selección de cultivos para maximizar la captura de CO₂ ofrece una estrategia práctica para aumentar la eficiencia de los invernaderos en la mitigación del cambio climático. Como herramientas de mitigación del cambio climático, la captura del

dióxido de carbono según (Ordóñez and Masera 2016) contribuye en la mitigación del cambio climático al medir la captura de carbono en especies vegetativas el cual ofrece opciones de mitigación de gases de efecto invernadero. Por otro lado (Schneider Heloísa and Samaniego 2010) dice que calcular la huella de carbono ayuda a tomar acciones en la mitigación del cambio climático, al medir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera provocado por las actividades humanas o una actividad en específico. Por lo que el análisis de la huella ecológica también proporciona información crucial para mejorar la sostenibilidad de los invernaderos. Reducir las emisiones y minimizar el impacto ambiental del funcionamiento de los invernaderos debe ser una prioridad para maximizar sus beneficios como herramientas de mitigación del cambio climático

Los resultados de esta investigación refuerzan la idea de que los invernaderos son una herramienta eficaz en la mitigación del cambio climático, además de contribuir a la seguridad alimentaria y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente en lo que respecta al hambre cero y la acción por el clima (Unidas, 2013). La capacidad de ciertas hortalizas, como el perejil, la lechuga orgánica y la acelga, para absorber CO₂, destaca el potencial de los invernaderos como sumideros de carbono. Este estudio demostró que, a pesar de las emisiones de CO₂ asociadas con el funcionamiento del invernadero, la absorción de carbono por las hortalizas compensa significativamente estas emisiones, haciendo del invernadero un sumidero neto de carbono. Esto finalmente indica que el huerto ecológico familiar en la Parcialidad Chijuyo Huertapata – Huancané tiene el potencial de ser una herramienta eficaz para mitigar el cambio climático al compensar las emisiones y contribuir a la absorción de dióxido de carbono.

REFERENCIAS

- Auccatinco, J. D., & Torcello, A. S. (2016). Guía de construcción y manejo de invernaderos para la producción de hortalizas y frutas en zonas Altoandinas. *Serie Cuadernos de Capacitación Popular Nro. 59 Del Fondo Editorial CBC*, 68. <https://www.cbc.org.pe/wp-content/uploads/2020/03/guiadeinvernaderos.pdf>
- Benavides, H. O. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. *Ideam*, 1–102. <https://doi.org/ideam-meteo/008-2007>
- Calderón, Jaime; Juan, B. (2012). *Metodología de la huella de carbono en las operaciones logísticas empresariales aplicada al sector alimentos*. May 2014, 32.
- Cano, E. J. (2015). Huertos Familiares: Un Camino Hacia La Soberanía Alimentaria. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 10(20), 70. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2015.20.33>
- Carpio, J., Huamán, S., & Orellana, G. (2005). Invernaderos con cultivos rentables. *TECNIA*, 15(2 SE-Editorial), 39–49. <https://doi.org/https://doi.org/10.21754/tecnia.v15i2.424>
- Chacho, J. (2019). Evaluación de la capacidad de captura de carbono de los sistemas hortícolas, parroquia San Joaquín, cantón Cuenca. In *Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17280/1/UPS-CT008237.pdf>
- FAO. (2012). Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. *FAO Bolivia*, 2(July 2012), 80. https://www.researchgate.net/publication/372234795_Guia_para_la_Construccion_de_Invernaderos_o_Fitotoldos/link/64ab80e38de7ed28ba885970/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- FAO. (2016). *Perú - Marco de Programación de País 2013-2016*. 1–70.
- FAO, OPS, WFP, & UNICEF. (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y el caribe, desigualdad y sistemas alimentarios. *Panorama de La Seguridad Alimentaria y Nutricional En América Latina y El Caribe*, 133. <http://www.fao.org/3/ca2127es/ca2127es.pdf>
- FOVIDA. (2018). *Catálogo de buenas prácticas ambientales en Lima Sur*. <https://fovida.org.pe/publicacion/catalogo-de-buenas-practicas-ambientales-en-lima-sur-2018/>
- Goites, A. E. D. (2010). *Manual cultivos*.
- Gonzalez, A. G. (2019). *Adaptación al cambio climático y contribución del huerto familiar a la Seguridad Alimentaria de las familias campesinas de la comunidad San José del Carmen, municipio de San Cristobal de las Casas Chiapas*. 60. <http://148.207.151.236:8080/xmlui/handle/123456789/376>
- Guillén, S. (2023). Universidades líderes en sostenibilidad: un análisis de las iniciativas de huella de carbono en Latinoamérica. *South Sustainability*, 4(2), e081–e081. <https://doi.org/10.21142/ss-0402-2023-e081>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. In *McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V.*

- <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández- Metodología de la investigación.pdf>
- La Conferencia sobre Cambio Climático (COP 20). (2017). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(1), 51–66.
<http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf><http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1>
- Leiva, J., Rodríguez, I., & Quintana, C. (2011). Cálculo De La Huella Ecológica De La Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas. *Tecnología Química*, XXXI(1), 47–52.
- Llanos, H. B., Rosa Del Castillo Gutiérrez, C., & Cárdenas, M. G. (2015). Functional analysis of growth, biomass accumulation and translocation of dry matter eight vegetables grown in greenhouses. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2(1), 76–86.
- MIDIS. (2014). Biohuertos familiares para la producción de hortalizas.
<https://core.ac.uk/download/pdf/141539209.pdf>
- MINAM. (2018). Huertos en línea” para reducir contaminación. In *SINIA*.
- Ministerio del Ambiente, M. (2016). Objetivos de Desarrollo Sostenible e Indicadores. *Dirección General de Investigación e Información Ambiental*, 56.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/ods-final210716.pdf>
- Morocco, N. (2015). Producción de hortalizas bajo invernaderos fitotoldos, en la mejora de la alimentación familiar. *V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA*, 1–5.
- Mota, C., Alcaraz-López, M. I., Martínez-Ballesta, & Carvajal, M. (2010). Investigación Sobre La Absorción De Co2 Por Los Cultivos Más Representativos De La Región De Murcia. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 1, 43.
- Murillo, L., Rivera, J., & Castizo, R. (2018). Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica. In *Observatorio de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático de la Rabida* (p. 218). www.observatoriolarabida.com
- Ordóñez, J. A. B., & Masera, O. (2016). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3–12. <https://doi.org/10.21829/myb.2001.711314>
- Puigdueta, I., Aguilera, E., Álvarez, S., Cruz, J. L., De La Sota, C., Iglesias, A., Mazorra, J., & Sanz-Cobeña, A. (2018). Huertos urbanos como herramienta para la mitigación del cambio climático a través del cambio de comportamientos. *Elsevier, April*.
https://www.researchgate.net/publication/327988123_Huertos_urbanos_como_herramienta_para_la_mitigacion_del_cambio_climatico_a_traves_del_cambio_de_comportamientos
- Rivera, M. (2015). Cosecha y Poscosecha de hortalizas. *Alternativascc.Org*, 1, 21.
- Roca Villanueva, B., Beltrán Salvador, M., & Gómez Huelgas, R. (2019). Cambio climático y salud. *Revista Clínica Española*, 219(5), 260–265.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rce.2019.01.004>
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., & Porro, R. (2008). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. In *Consorcio Iniciativa Amazónica (IA) y Centro Mundial*

Agroforestal (ICRAF).

Schneider, Heloísa; Samaniego, J. (2010). La Huella de carbono en la Producción, distribución y consumo de bienes y servicios. *Comision Económica Para America Latina y El Caribe (CEPAL)*, 46.

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence=1

Unidas, N. (2013). United Nations Climate Change Portal. *Choice Reviews Online*, 50(07), 50-3868-50-3868. <https://doi.org/10.5860/choice.50-3868>

Valencia, J. (2018). *Agricultura Urbana como medida de mitigación de la Huella de Carbono en el Distrito Metropolitano de Quito*. 137.

<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/31504fdf-c17e-4d2a-9d01-d5978fc83f18/content>

Tabla 1: Hortalizas plantadas en el huerto ecológico familiar.

Table 1: Vegetables planted in the family organic garden.

Nº	Nombre de hortaliza	Tipo	Tiempo de germinación	Espacio de siembra	Tiempo de cosecha
1	Acelga	Floral	Dos semanas	40-50 cm	3 meses
2	Lechuga orgánica	Floral	Una semana	20-30 cm	3 meses
3	Brócoli	Floral	Una semana	75-90 cm	3 meses
4	Perejil	Floral	Cuatro semanas	5-8 cm	3 meses
5	Cebollín	Floral	Dos semanas	15 cm	3 meses
6	Tomate	Floral	Dos semanas	30-45 cm.	3 meses

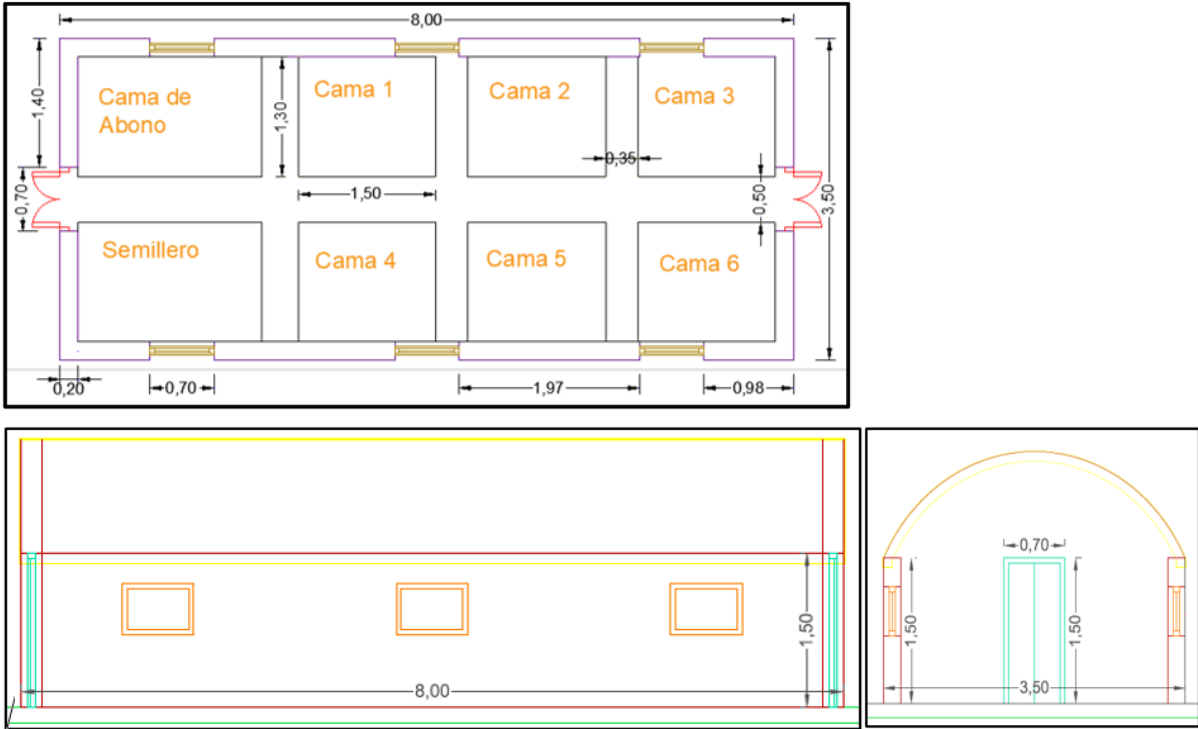
Tabla 2: Resultado del cálculo de la huella de carbono.

Table 2: Result of the carbon footprint calculation.

Huella de Carbono				
Consumo en kW			0.11	
Dato de Actividad	Diario		Mensual	Total
	0.11 Kwh		1.32 kWh	3.96 kW
Factor de Emisión	0.41 Kw/KgCO ₂			
Huella de Carbono	1.62 KgCO ₂			

Figura 1: Plano de huerto ecológico familiar ecológico.

Figure 1: Plan of an organic family garden.



FIGURAS Y TABLAS.

Figura 2: Resultados de fijación de carbono en cada especie de hortaliza.

Figure 2: Carbon fixation results in each vegetable species.

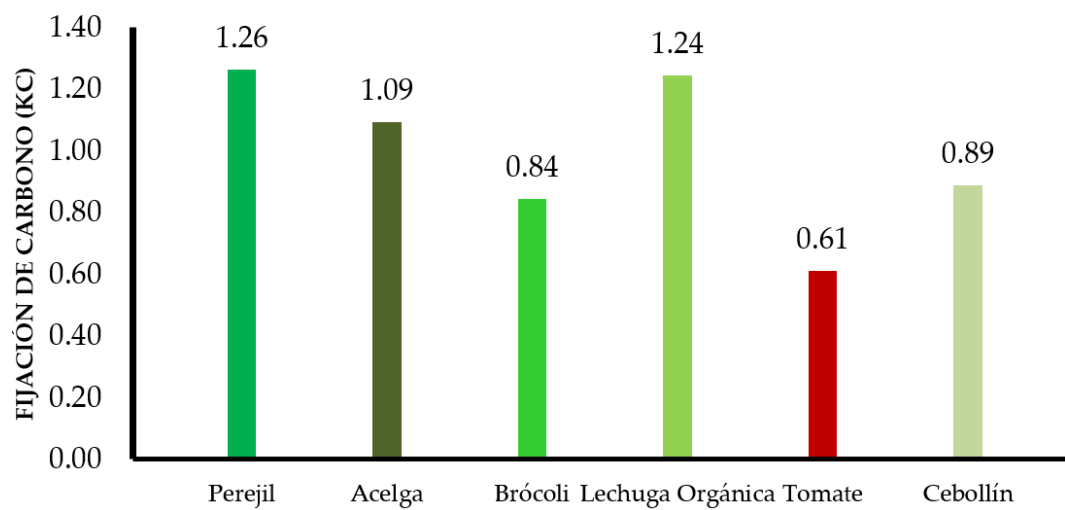


Figura 3: Resultados de fijación de dióxido de carbono en cada especie de hortaliza.
Figure 3: Carbon dioxide fixation results in each vegetable species.

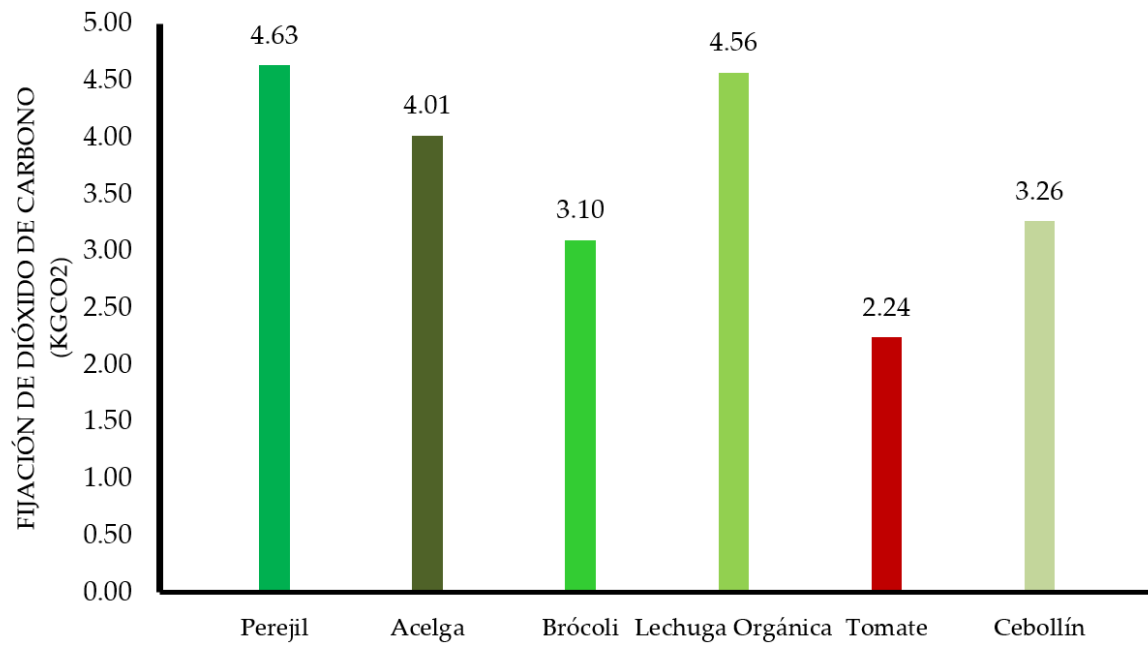


Figura 4: Resultados de fijación de dióxido total de carbono.

Figure 4: Total carbon dioxide fixation results.

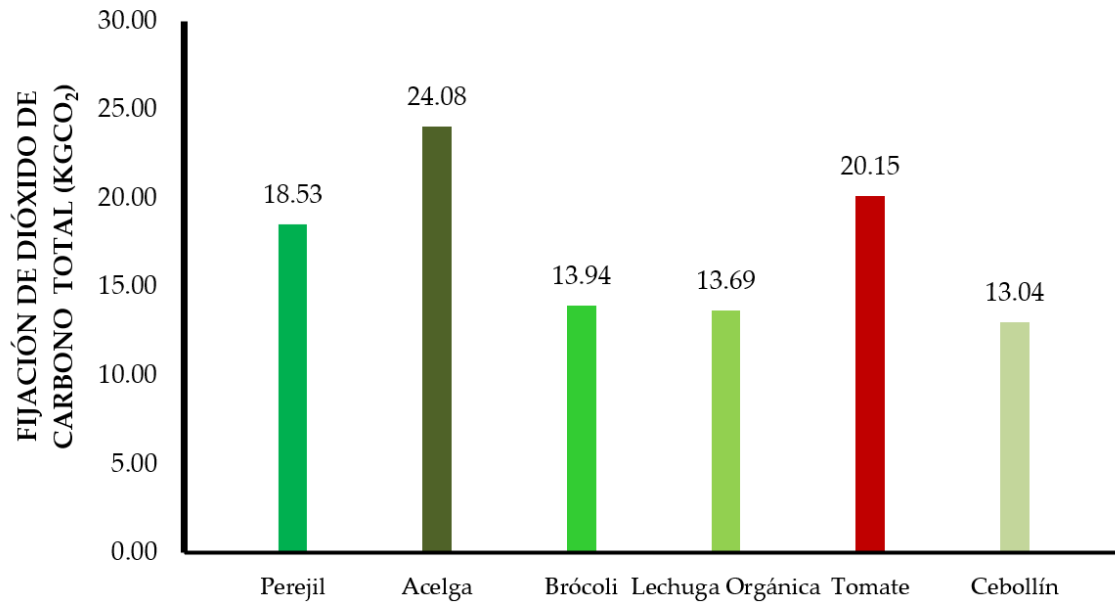
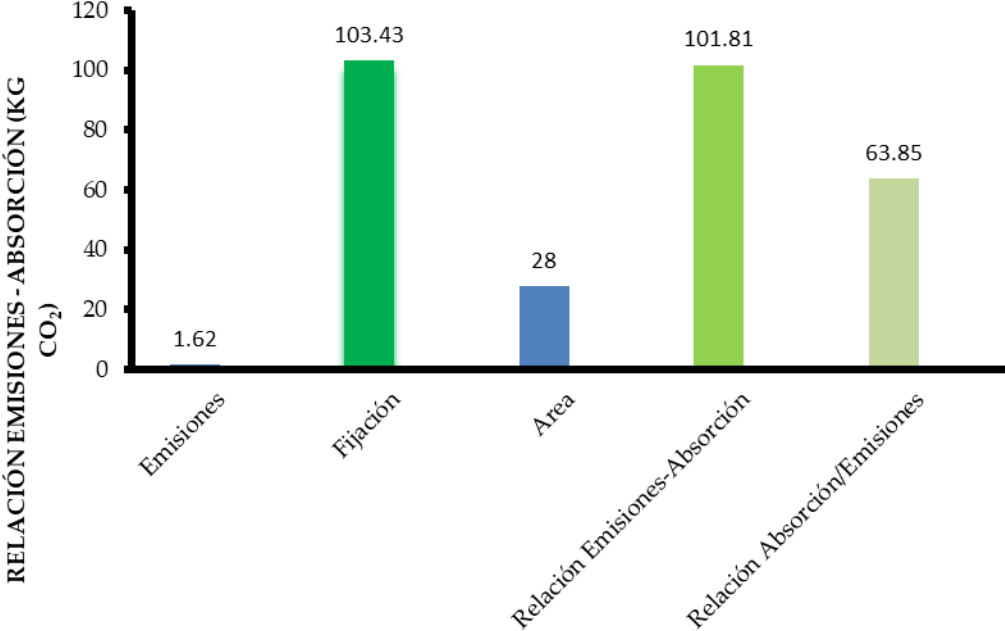


Figura 5: Resultados de relación de la huella de carbono y absorción de carbono.

Figure 5: Carbon footprint and carbon absorption ratio results.



ANEXOS

Evidencia de sumisión de artículo.

De: Esteban Jobbágy via Ecología Austral <noreply@ecologiaaustral.com.ar>

Enviado: jueves, 15 de agosto de 2024 17:02

Para: Juan Eduardo Vigo Rivera <eduardo.vigo@upeu.edu.pe>

Asunto: [EA] Acuse de recibo de envío

Juan Eduardo Vigo Rivera:

Gracias por enviar el manuscrito, "HUERTO ECOLÓGICO FAMILIAR: UNA HERRAMIENTA DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO" a Ecología Austral. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial:

URL del manuscrito: https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/authorDashboard/submission/2461

Nombre de usuario/a: jevr72

En caso de dudas, contáctenos a manuscritos@ecologiaaustral.com.ar

Eva L. Florio

Editora de compaginación y comunicación

Ecología Austral

Copia de resolución.



“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

RESOLUCIÓN N° 0655-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña, 27 de agosto de 2024

VISTO:

El expediente del (de la) bachiller **Sara Noemi Ortiz Mamani** identificado(a) con código universitario N° **201422206**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Huerto ecológico familiar: una herramienta de mitigación del cambio climático", presentado por el (la) bachiller **Sara Noemi Ortiz Mamani**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 27 de agosto de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. Declarar expedito al (a la) bachiller **Sara Noemi Ortiz Mamani**, para que sustente la tesis en formato artículo titulada "Huerto ecológico familiar: una herramienta de mitigación del cambio climático", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental, el 12 de setiembre de 2024, a las 11:00 horas, en el Auditorio Wellesley Muir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: MSc. Miguel Angel Salcedo Enriquez
Secretario: MSc. Loayda Abigail Condori Turpo
Asesor: MSc. Rose Adeline Callata Chura
Vocal 1: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera
Vocal 2: Ing. Veronika Haydeé Pari Mamani

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Jurado (05)
-Secretaría General
-Archivo