



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“PROTOTIPO DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS CON SISTEMA EN BANDEJAS LIVIANAS E IDENTIFICACIÓN DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LIMA, 2023.”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Vania Marjorie Arenas Rodriguez

Asesor:

M.Sc. Bernabé Salomón Luis Alaya

<https://orcid.org/0000-0003-0520-8751>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Haniel Josue Torres Joaquin	45772010
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Angelica Ysabel Miranda Jara	40670962
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Denisse Milagros Alva Mendoza	45535817
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

PROTOTIPO DE TECHOS VERDES EXTENSIVOS CON SISTEMA EN BANDEJAS LIVIANAS E IDENTIFICACIÓN DE SUS IMPACTOS AMBIENTALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LIMA, 2023.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	faolex.fao.org Fuente de Internet	1%
4	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
5	revistas.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.archdaily.pe Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Le dedico con todo mi corazón a mi amada madre,
pues ella es mi motor y motivo de seguir adelante
en esta travesía llamada vida, a mi abuelo que desde el
cielo nos cuida, protege y siempre quiso
verme profesional.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por ser mi guía.
A mi familia por el mi soporte y por su apoyo incondicional,
quienes con su ejemplo y amor me encaminaron a seguir
con la propuesta de investigación, además siempre me
dieron fuerzas y tuvieron fe en mí.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODO	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	61
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	82
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo.....	28
Tabla 2. Ejemplo de la Matriz de Leopold.....	33
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	39
Tabla 4. Listado de materiales para el prototipo de techos verdes extensivos.....	41
Tabla 5. Esquema de tratamientos.....	47
Tabla 6. Valoración de impactos negativos e importancia.....	54
Tabla 7. Valoración de impactos positivos e importancia.....	54
Tabla 8. Resultados promedios por tratamientos según características fisicoquímicas....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de componentes de un techo verde.....	21
Figura 2. Comparación de materiales en sistema tradicional y con bandeja.....	22
Figura 3. Tipos de sistemas verdes.....	23
Figura 4. Crássula ovata gollum.....	25
Figura 5. Magnitud e impacto.....	32
Figura 6. Ubicación del área de estudio.....	37
Figura 7. Diseño de la bandeja (a) planta, (b) corte.....	44
Figura 8. Diseño de la estructura de techo verde (a) planta, (b) corte.....	45
Figura 9. Construcción del prototipo de techo verde con sistema de bandejas livianas....	46
Figura 10. Tratamientos instalados.....	48
Figura 11. Medición del tamaño de la raíz.....	49
Figura 12. Conteo del número de hojas y brotes.....	50
Figura 13. Uso del programa IMAGEJ para calcular el área foliar.....	51
Figura 14. Medición de la parte aérea de la especie vegetal.....	52
Figura 15. Frecuencia relativa de la ubicación de las viviendas potenciales.....	57
Figura 16. Frecuencia relativa de las edades intermedias de los encuestados.....	58
Figura 17. Frecuencia relativa de la tendencia de las viviendas.....	59
Figura 18. Frecuencia relativa del tipo de material de las viviendas.....	59
Figura 19. Frecuencia relativa del tipo de uso de la vivienda	60
Figura 20. Frecuencia relativa de la disponibilidad del área para la implementación del techo verde.....	60
Figura 21. Frecuencia relativa del conocimiento del cuidado ambiental en los encuestados	61
Figura 22. Frecuencia relativa de la aceptación a la tenencia de plantas en su vivienda ..	61

Figura 23. Frecuencia relativa de aceptación a la implementación de techos verdes62

Figura 24. Frecuencia relativa sobre el conocimiento de beneficios de los techos verdes.62

Figura 25. Frecuencia relativa de beneficios de techos verdes.....63

Figura 26. Frecuencia relativa del tipo de planta para implementación de techos verdes..63

Figura 27. Frecuencia relativa de disponibilidad de pago por techo verde64

Figura 28. Frecuencia relativa de la disponibilidad de espacio a ceder para implementar el techo verde.....65

Figura 29. Frecuencia relativa de la disponibilidad de realizar el mantenimiento de su techo verde.....65

Figura 30. Frecuencia relativa de la disposición para el pago mensual del mantenimiento de su techo verde66

Figura 31. Propuesta de techos verdes menos de 2m²67

Figura 32. Propuesta de techo verde de 2m² a 3m²68

Figura 33. Propuesta de techo verde de 3m² a 4m²69

Figura 34. Variación estándar del tamaño de la raíz por cada tratamiento.....73

Figura 35. Variación estándar del número de hojas por cada tratamiento.....74

Figura 36. Variación estándar del número de brotes por cada tratamiento.....74

Figura 37. Variación estándar del tamaño de la parte aérea por cada tratamiento.....75

Figura 38. Variación estándar del área foliar por cada tratamiento.....75

Figura 39. Clasificación de tratamientos según variación fenológica vegetal76

Figura 40. Efectos positivos y negativos que ocurren al implementar el prototipo.....77

Figura 41. Comparación de los impactos negativos frente a los impactos positivos.....78

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo elaborar un prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas y determinar la aceptación e identificación de los impactos ambientales del proyecto para su aplicación en el Centro Histórico de Lima. Para dicho fin se empleó una metodología mixta de diseño explicativo secuencial. En la primera etapa se utilizó como instrumento la encuesta; aplicada antes de la elaboración del prototipo con la finalidad de determinar si existe una aceptación para la implementación de los techos verdes; los resultados demostraron que el 79% de encuestados aceptaron implementar y a pagar el monto de s/ 401.00 a s/. 500.00 soles por un techo verde con dimensiones de 2 m² a 3 m². En la segunda etapa, a escala piloto, se probó la mezcla de cuatro sustratos en diferentes proporciones, frente al tratamiento testigo, donde los mejores resultados en cuanto a las características fenológicas de la especie *Crassula ovata gollum*, fue en el tratamiento T2 compuesto por tierra de chacra 50%, cascarilla de arroz 25% y perlita 25%. Finalmente, para la identificación de los impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold la cual reveló que el 85% de los impactos resultaron positivos; por lo tanto, el proyecto será beneficioso para el medio ambiente. Por lo expuesto se concluyó que el prototipo de techos verdes con sistema en bandejas livianas es aplicable en el Centro Histórico de Lima.

Palabras clave: Crassula, Leopold, sustrato, techo extensivo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las áreas verdes en Latinoamérica son bastante limitadas, fundamentalmente en las zonas limítrofes, ocasionando inconvenientes asociados a la pérdida de la flora y fauna presente en un territorio, por ejemplo; aumento de las temperaturas, creciente consumo energético, impermeabilidad, progresiva degradación de la capa de ozono y la coexistencia con emisiones de efecto invernadero (Perez, 2017). Ante ello, la Organización Mundial de Salud (OMS) señala que debería haber como mínimo un total de 9 m²/persona de zonas verdes dentro de una metrópoli, no obstante, esto no se cumple debido a que muchos espacios están destinados a la construcción de viviendas (López, et al., 2020).

En este contexto, en el Perú las ciudades de Lima, Arequipa y Tacna superan los 3 m²/persona de zonas verdes, de hecho, la capital; Lima, es la quinta ciudad más habitada en América Latina y el Caribe, sin embargo, tienen un déficit de 56 millones de m² semejante a 5 mil estadios deportivos según el Inventario de Áreas Verdes de la Municipalidad Metropolitana de Lima (SINIA, 2018). Así mismo el centro histórico de Lima presenta un área total de 1,033 hectáreas donde predominan lotes de uso residencial con el 60.71%, mientras que el 20.71% está destinado para el comercio y el 8.65% para el uso de mixto residencial/comercial, junto a otros usos como 1.67% para educación, el 0.76% para zona recreativa y el 0.33 % para salud (PROLIMA, 2019). De esta forma se obtuvo que en el centro histórico de Lima habitan un promedio de 170,000 personas debido a la concentración de diversos servicios que se desarrollan en áreas urbanas, las cuales se caracterizan por actividades antropogénicas intensivas que inevitablemente contribuye a la liberación de contaminantes atmosféricos, sonoros, visuales etc. (Zhu et al., 2012 citado en (Irga, Pettit, & Torpy, 2018).

Por consiguiente, El Centro Histórico de Lima en los últimos años la tendencia es de 3.39 m²/Hab, valor muy por debajo según lo recomendado por la OMS (SINIA, 2018). En consecuencia, se evidenció un déficit de superficie verde, el cual se traduce tanto en déficit cuantitativo que impide mitigar la intensa polución, como en carencia cualitativa que trae consigo la insuficiencia de zonas urbanas que logren optimar la calidad de vida de la población y revitalicen la zona (PROLIMA, 2019).

Por lo tanto, en la actualidad resulta indispensable tomar conciencia de la situación crítica que enfrenta la relación sociedad-naturaleza y actuar en la adopción de construcciones verdes, generando un cambio en el rubro construcción orientado a salvaguardar la conservación de la biodiversidad y a la misma especie humana (ONU, 2021). De esta forma permitirá a la persona ser participe en la solución a una escala doméstica e influenciar mediante el desarrollo de un entorno más limpio con relaciones comunitarias mejoradas. (Erdem, 2018).

El Plan Maestro del Centro histórico de Lima 2019 con visión al 2035, es un instrumento que determina las pautas a realizar en el Centro Histórico en cuanto al uso de suelo, proyectos privados o públicos, fiscalización, etc. todo ello con el objetivo de recuperar el centro de Lima; para esto el plan se compone de tres partes: lineamientos que contienen las líneas guías, diagnóstico el cual se refiere al estado actual del centro histórico de Lima y finalmente la propuesta que incluye estrategias de acción. Es así como este instrumento concluye, que existe una alta contaminación de aire y ruido que afecta la imagen del centro de Lima por lo que una de sus propuestas es mejorar el paisaje urbano haciendo uso de instrumentos que mejoren la calidad ambiental. (PROLIMA, 2019). De igual importancia, el Anuario de Estadísticas Ambientales del año 2020 menciona que las emisiones de dióxido de carbono tienen una tendencia ascendente, en los últimos diez años. (INEI, 2020), por las

razones expuestas es importante buscar estrategias que sean sostenibles en el tiempo, rentables y que no generen numerosos impactos negativos al ambiente, logrando en el tiempo llegar a la cantidad de metros recomendados de área verde por habitante en la zona de estudio.

Se construyó un prototipo de techo verde extensivo tomando en cuenta las características de infraestructura de las viviendas del Centro Histórico de Lima, por lo que se optó por sustratos ligeros fáciles de conseguir y económicos que a su vez generen un bajo impacto ambiental, dando un valor agregado a los residuos agroindustriales que causan contaminación, tal es el caso de la cascarilla de arroz. Este cereal es abundante en la zona costera y selva alta, logrando colocar al Perú como segundo país productor de arroz con más de tres millones de toneladas anuales (Heros, 2018). Por consiguiente, su subproducto, la de cascarilla de arroz, representa el 25.4% de la producción total del cultivo (MINAGRI, 2019). Ocasionalmente que este residuo voluminoso ocupe grandes espacios en vertederos y en su defecto sea eliminado por combustión, generando impactos negativos al medio ambiente y problemas a la salud. (Sanchez, 2017). Adicionalmente, se utilizó la perlita, vermiculita y tierra de chacra; todos estos sustratos fueron mezclados en diferentes proporciones para ser evaluados fisicoquímicamente y determinar el mejor medio de crecimiento para la especie vegetal utilizada.

La especie vegetal *Crássula ovata gollum*, tiene una forma especial de reducir la pérdida de agua de sus hojas sin limitar su capacidad de fotosíntesis, este proceso es conocido como metabolismo del ácido crasuláceo o CAM, de esta manera sus hojas pierden menos agua y pueden realizar la fotosíntesis normalmente durante las horas del día reciclando CO₂, esta especie vegetal también puede sobrevivir siendo rozada, pisoteada o derribada, ya que es capaz de enraizar de cualquier trozo de tallo, incluso de una sola hoja, otra peculiaridad

es que puede prosperar en pleno sol o semisombra ya que se adaptan a condiciones ambientales desfavorables, son fáciles de cultivar; sin embargo, se debe tener un buen drenaje (Malan & Notten, 2016). También se caracteriza por poder sobrevivir sin suministrar agua durante mucho tiempo debido a que sus tallos y hojas han desarrollado un tejido lechoso que contiene mucha agua, es decir un tejido de almacenamiento de agua que le da la capacidad de sobrevivir en periodos largos de sequía (Yong, 2015).

Por otra parte, es importante obtener la aceptación de los habitantes de la zona donde se planea implementar un proyecto, esto se logra, motivando la participación e información de los residentes; puesto que en la actualidad los problemas socio ambientales originados por proyectos de inversión representan el 62,5% (MINAM, 2016). Un factor socioambiental presente en los habitantes del lugar es el miedo a ser afectados por los impactos ambientales originados por el proyecto y la desconfianza en las entidades encargadas de aseverar la correcta gestión ambiental. (Defensoria del Pueblo, 2007). Ante esta circunstancia es importante identificar los impactos ambientales de un proyecto para su implementación utilizando herramientas fáciles de comprender por los pobladores de la zona. (Ponce, 2008).

Por las razones expuestas la presente investigación propone elaborar un prototipo de techo verde con sistema de bandejas livianas que pueda ser implementado en las azoteas de los habitantes de dicha zona.

El presente proyecto, se basó en otras investigaciones debido a que formaban parte del sustento del estudio y así comprender mejor el problema:

A nivel internacional Motlagh et al. (2021) desarrollaron un artículo sobre un nuevo modelo para encontrar la cubierta verde más adecuada para reducir la contaminación del aire, situándose en la problemática en Irán, para lograrlo, se empleó un estudio de fortalezas,

debilidades, oportunidades y amenazas que asocia la metodología de toma de decisiones multicriterio con un procedimientos de graduación analítica y sensible que puede ayudar a los administradores urbanos, arquitectos y constructores a seleccionar el diseño adecuado, recomendando así la aplicación de una versión optimizada de la alternativa semi-intensiva con materiales ecoeficientes y rentables, como biorresiduos y materiales reciclados.

Garibaldi y Liberato (2015) en su artículo evaluaron el crecimiento de la especie vegetativa suculenta, (*Mammillaria gracilis*, *Sempervivum montanum*, *S. tectorum*, *Ledevouria socialis* y *Crassula conmutata*) y vitroplantas (*Agave rzedowskiana*) en dos sustratos diferente, tales como tierra negra y jal en proporción de 50/50 y turba con jal con la misma proporción 50/50 en condiciones de invernadero, con el objetivo de analizar que sustrato se adapta mejor a estas plantas para su preservación y recuperación. Obtuvieron que la especie *Crássula conmutata* tuvo mejores resultados, ya que creció 1.63cm y su número de brotes fue de 9.2 en el sustrato tierra negra con jal; por ello se concluye que la especie *Crássula conmutata* tienen mejor rendimiento en dicho sustrato y a bajo costo.

Ordoñez et al. (2022) en su artículo plantearon un estudio con la finalidad de evaluar la factibilidad de poder implementar una hostería ecológica en la provincia de Napo, Ecuador. La metodología empleada fue empírica- analítica de tipo descriptiva; utilizando herramientas como la encuesta, observación y documentación. En cuanto a la encuesta, los resultados reflejan que existe la disponibilidad de colaborar, participar y consumir los servicios que ofrecería este alojamiento ecológico. Así mismo, la propuesta incluyó un análisis para la identificación de los impactos ambientales haciendo uso de la matriz de Leopold, en su análisis identificaron ocho impactos negativos; frente a ello propusieron medidas de mitigación para contrarrestar estos efectos. También identificaron impactos positivos como son la gestión de residuos orgánicos relacionados al compostaje y digestores

tubulares, permitiendo la recuperación de nutrientes en forma de abono para la zona en estudio.

Morán et al. (2013) en su tesis para obtener el grado de magister demostraron la factibilidad de adecuar y construir techos verdes sostenibles en una compañía utilizando técnicas ambientales, herramientas financieras, análisis del impacto económico, así como la medición del impacto ambiental del proyecto en la sociedad. En cuanto a la metodología se realizó una encuesta en temas de medio ambiente, construcción y desarrollo sostenible donde el 97,8 % de una muestra de 268 hogares indicó que es necesaria la conservación del medio ambiente; además el 80,85% estaría dispuesto a invertir valores superiores a \$750 en la instalación de un techo verde y por su mantenimiento pagar entre \$25 y \$50 mensuales. También determinaron que el tipo de techo verde más adecuado para el proyecto es el extensivos y el costo por m² es de \$17. En cuanto a la identificación de los impactos ambientales utilizaron la matriz de Leopold, concluyendo que la instalación de techos verdes extensivos tiene beneficios favorables para el medio ambiente.

Mero (2018) en su tesis de grado elaboró un estudio de impacto ambiental para la implementación de un parque forestal en el campus universitario de su casa de estudios en Ecuador. La investigación fue de tipo descriptiva con métodos deductivo, inductivo y analítico; conformada por tres etapas. En la primera etapa definió el área de influencia, mediante el Software ArcGis 10.5, en la segunda etapa realizó una línea base ambiental donde recopiló información y características del lugar tomando en cuenta los elementos abióticos, bióticos y socioculturales. En la tercera etapa realizó una evaluación de los impactos ambientales del proyecto haciendo uso de la matriz de Leopold e identificó 47 impactos negativos de poca magnitud e intensidad por lo que planteó medidas correctivas al

proyecto; así mismo identificó 115 impactos positivos. Por lo tanto, el proyecto fue viable y además aporta al medio ambiente.

Browne (2015) en su tesis de grado evaluó cuatro especies nativas del Monte Norpatagónico de Argentina en función a su capacidad de germinación, las cuales fueron: *Spergula salina*, *Schismus arabicus*, *Plantago patagónica* y *Pectocarya linearis*; así como su adaptabilidad a las condiciones climáticas de la zona, con la finalidad de que el mejor tratamiento pueda ser implementado en un techo verde extensivo. En una primera etapa se analizaron los factores de temperatura y especie en las semillas a nivel laboratorio, aplicando el modelo de Regresión Logística Múltiple. En la segunda etapa se evaluó la viabilidad de las semillas en un sustrato, mezcla estándar de componentes, conformada por 3 partes de tierra, 2 de compost, 1 de perlita y 1 de vermiculita, cuyo objetivo fue analizar el comportamiento de la especie germinada en un invernadero. Los resultados mostraron que la especie *Pectocarya linearis* obtuvo un mayor porcentaje germinativo con 20 °C de T máx., la cual se adapta mejor al clima de la zona y al sustrato por ello dicha especie podrá ser implementada en un techo verde de característica extensiva.

Pérez y González (2016) en su tesis establecieron el análisis de los beneficios que trae consigo la implementación de techos verdes. La investigación fue descriptiva con diseño no experimental, realizándose una búsqueda documental. Los principales beneficios varían según el tipo de techo, sus dimensiones, vegetación, composición del sustrato y la exposición al sol. Entre los más importantes están la absorción de CO₂, en su área cercana puede reducir hasta un 2% como máximo, también la mejora del aire, la belleza paisajística y el aislamiento del ruido. Fue posible concluir que los techos verdes brindan beneficios sumamente importantes en los ambientes de las diferentes localidades del mundo.

Díaz (2017) en su investigación de grado demostró la importancia de los techos verdes en el Centro Comercial Palatino de Bogotá. El estudio fue descriptivo de diseño no experimental, estuvo enfocado en tres fases, la primera fue la revisión de bibliografía, seguida de la implementación de los techos verdes y por último la aplicación de las encuestas. Los resultados demostraron que los funcionarios administrativos desconocen el tema de techos verdes, además el 63% de las personas encuestadas en el centro comercial desconocen del tema y solo el 23% habían escuchado hablar sobre los techos verdes. Fue posible llegar a la conclusión de que los techos verdes minimizan la huella de carbono y su demanda sobre los recursos naturales.

A nivel nacional Esteves (2019) publicó un artículo sobre un diseño de proposición de gestión ambiental, que condescienda la ejecución de una novedosa línea de servicios “techos verdes” en la empresa LOMBRISA, cuya metodología tuvo carácter descriptivo con métodos mixtos inductivo deductivo, analítico sintético y diseño hipotético deductivo, para lo cual se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia mediante técnicas de análisis documental. La encuesta se realizó a una muestra de treinta colaboradores de la institución privada cuyos resultados demostraron que la implantación de cubiertas verdes es rentable y ambientalmente viable.

Jaulis y Pacheco (2014) en su artículo evaluaron el crecimiento y desarrollo de Marigold (*Tagetes patula cv. Durango orange*) bajo condiciones de vivero en diferentes sustratos. Los tratamientos fueron: tierra de chacra-aserrín 1:1 (T1), tierra de chacra-compost 1:1 (T2), tierra de chacra-musgo 1:1 (T3), compost-aserrín 1:1(T4), compost-musgo 1:1 (T5), estiércol de caballo-aserrín 1:1 (T6) y estiércol de caballo-musgo 1:1 (T7); siendo estos evaluados fisicoquímicamente en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina; los parámetros evaluados fueron: conductividad eléctrica (CE), capacidad

de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), densidad aparente (DA), densidad real (DR), densidad (D) y máxima retención de humedad (MRH). En cuanto al diseño experimental se utilizó bloques completos al azar con tres repeticiones. Finalmente se obtuvo como resultado que el mejor tratamiento fue (T5) ya que la especie *Tagetes patula* cv. *Durango Orange* presentó mejores características en dicho medio de crecimiento en cuanto a su altura (cm), número de hojas (und), diámetro de tallo (cm), número de raíces (und) y número de flores (und).

Cristobal (2019) en su investigación se enfocó en explicar las bonanzas que trae consigo la implantación de los techos verdes en el ambiente. El estudio fue descriptivo de diseño no experimental, haciendo uso de la revisión documental con el fin de obtener la información relevante y necesaria para el desarrollo de la investigación, resultando que las bonanzas que trae consigo la implantación de los techos verdes son principalmente el aislamiento del ruido, manejo del agua de la lluvia, aumento de la calidad del aire, huertos familiares, entre otros. Fue posible concluir que los techos verdes en la actualidad ayudan a mejorar la calidad ambiental, brindando una mejora económica en las familias.

Cresenciana (2017) en su tesis analizó la estimación monetaria y ambiental de los servicios que otorgan los techos verdes a las familias de la urbanización el Pinar en Comas mediante una metodología descriptiva de diseño no experimental, que tuvo como muestra encuestada a 157 personas que habitan en la Mz. P2 y Mz. O2. Asimismo, los resultados mostraron que la aportación monetaria que traen consigo los techos verdes a las familias es de S/. 10 en venta de lechuga, S/.30 en betarraga y S/. 42 en rabanito en un tiempo de 2 meses, en relación con la parte ambiental se mejoró la belleza paisajística y calidad del aire.

Basilio et al. (2019) en su estudio de pre factibilidad para establecer un servicio de instalación de techos verdes y jardines verticales utilizaron la encuesta como herramienta

obteniendo la aceptabilidad de la población; además realizaron la identificación y cuantificación de los impactos ambientales del proyecto con la metodología de Leopold, en la cual determinaron que el proyecto no tuvo impactos negativos significativos; sin embargo la actividad con mayor puntuación en magnitud es la generación de residuos sólidos por los afiches debido a la publicidad del estudio en cuanto a los impactos positivos el más representativo fue el aumento de la biodiversidad debido a la creación de áreas verdes. Concluyeron que más del 60% de la población desea implementar los techos verdes en sus viviendas y con ello restablecer el ciclo ecológico alterado por la infraestructura urbana.

Rodríguez (2017) en su tesis elaboró una propuesta de diseño de techo verde con sistema extensivo en la construcción de una vivienda unifamiliar que constó de tres niveles en la ciudad de Nuevo Chimbote mediante una metodología cuantitativa descriptiva con diseño no experimental para lo cual desarrolló planos arquitectónicos considerando el peso de los materiales con la finalidad que la cubierta tenga el soporte adecuado resultando en un costo de S/6 586.73 para la construcción del área verde. Se concluyó que la carga aportada para el diseño es aceptable porque el peso de la losa aligerada es de $e = 17\text{cm}$ con una carga de 142.80 kg/m^2 .

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Techos Verdes

Los techos verdes son elementos constructivos que brindan asistencia a fin de conservar paisaje vegetal situado en la cubierta de inmueble de modo que lo vuelve una edificación sostenible, siendo soluciones arquitectónicas respetuosas con el medio ambiente las cuales contribuyen a la mejora de la calidad del aire, particularmente en las metrópolis contaminadas por las emisiones generadas por las distintas plantas industriales (Motlagh, Pons, & Hosseini, 2021), mediante la reducción de CO_2 , nivel de ruido y además mejora la belleza paisajística (Contreras & Villegas, 2019).

Los techos verdes pueden ser edificados como intensivos, semi-intensivos y extensivos. En primera instancia, los intensivos son aquellos diseñados a modo de parcelas, los cuales cuentan con capas subterráneas de sustrato que brindan soporte a las grandes vegetaciones tales como árboles o arbustos; asimismo, los semi-intensivos son aquellos que cuentan con césped y plantas en un más reducido tamaño, requiriendo ambos tipos de sistemas mencionados de un continuo mantenimiento (fertilización y riego) y por último los techos verdes extensivos, los cuales tienen poca profundidad de sustrato y el nivel de mantenimiento es muy bajo (Barbaro, Soto, & Santiago, 2017).

1.2.1.1. Componentes convencionales de un techo verde

Según Franco (2019) los componentes de un techo verde son las capas que admiten que la flora prospere adecuadamente, impidiendo filtraciones que perjudiquen la estructura del edificio, los componentes descritos por el autor son:

- **Losa:** La capa primaria que compone un techo verde está conformada por el revestimiento del edificio, el cual recogerá sus cargas. De modo que para asegurar un adecuado vaciado de las aguas y consecuentemente obviar el estancamiento, estas deben poder fluir correctamente sobre la losa, conservando una inclinación imperceptible de 2%.

Materiales: Suele ser de concreto, contando con un acabado semipulido y una humedad de concreto máxima de 4%, incluyendo tuberías de drenaje de 4" de diámetro.

- **Membranas impermeables:** Antes se aplica un pegamento específico encima de la losa en la capa principal de las membranas iniciando por la zona inferior de la cubierta y en dirección vertical a la pendiente.

Materiales: en la capa primaria de membranas el acabado debe ser liso con un arenado de 3mm de grosor; la segunda capa de membranas debe contar con un

acabado gravillado de 4 mm de grosor la cual es instalada encima de la capa principal a través de una termo fusión, desfasando sus traslapes.

- Capa de drenaje: Sobre lo anterior se necesita contar con una capa drenante que haga posible la correcta fluencia del agua, pero a su vez impida el paso de tierra.

Materiales: El drenaje suele ser de espuma de polietileno, sobre la cual se incorpora una lámina geotextil permeable cuya finalidad es impedir que las raíces alcancen la estructura inferior.

- Capa vegetal: Se compone de la tierra y vegetación, donde crecimiento menos de 15 cm con especies de un tamaño más reducido, se denomina 'capa vegetal extensiva' y es precisa para construcciones existentes. En cambio, un espesor de más de 15 cm con especies de gran tamaño se denomina 'capa vegetal intensiva' y es adecuada para construcciones nuevas a las que se pueda añadir cargas adicionales.

- Membranas líquidas en puntos críticos: se incorporan mediante pintura la cual al secarse crea una película elástica impermeable sin costuras, la cual permite sellar los puntos críticos por los cuales el agua podría filtrarse o estancarse, este procedimiento garantiza una mayor durabilidad y resistencia del sistema en general. Consecuentemente, el revestimiento resultante es transitable, permeable al vapor de agua y resistente a los rayos UV.

Figura 1.

Ejemplo de componentes de un techo verde.



Nota: Adaptado de Franco, J. (2019) Componentes de un techo verde. Archdaily. Chile.

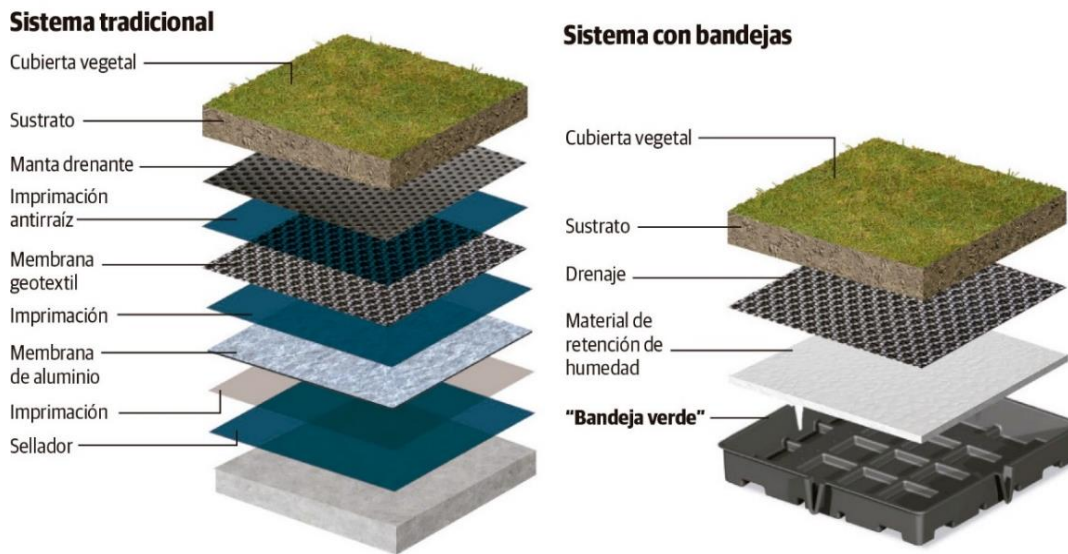
1.2.1.2. Componentes de un techo verde con sistema de bandejas livianas

Las casas en el Centro Histórico de Lima reportan distintos ciclos de avance en su habilitación urbana, de modo que se perciben construcciones desde la época colonial y posteriores, es decir, relativamente recientes, las cuales presentan materiales distintivos. El material dominante de las paredes está relacionado directamente con la tipología estructural, por lo tanto, con la vulnerabilidad. De modo que es posible percibir que en el Cercado de Lima el material predominante en la estructura de las viviendas es el ladrillo con el 47%, seguido del adobe o quincha con 33%, el concreto con el 18% y madera el 2%, todas estas situaciones son consideradas porque abarcan la zona de estudio en el análisis de vulnerabilidad ante sismos del Centro Histórico de Lima (Estacio, 2010). Por tal motivo, para evitar riesgos de destrucción por sobrecargo en el soporte de las cubiertas, los materiales de los techos verdes tienen que ser livianos y proporcionen el beneficio de ser adaptados tanto en viviendas de material noble y de albañilería, así que en los sistemas extensivos con especies vegetales de tamaños menores se puede considerar el uso de sustratos livianos como la cascarilla de arroz, perlita, vermiculita mezclados con tierra de chacra en diferentes proporciones, así como macetas y botellas de plástico porque reducen significativamente el peso total del sistema.

Asimismo, la incorporación de las bandejas verdes podrían ser reemplazadas por macetas sustituyendo la losa de concreto, cuya tecnología es desarrollada por industrias que suministran servicios de cubiertas verdes y generalmente está elaborado por polietileno con múltiples perforaciones en su plataforma elevada del plano de azotea unos 2 cm con el propósito de proporcionar una separación ventilada y también incorpora un sistema de gestión de agua (Sebastián & Analia, 2016).

Figura 2.

Comparación de materiales en sistema tradicional y con bandejas.



Nota: Masdar (2018) Jardines Verticales. Argentina.

1.2.1.3. Tipos de techos verdes

En la actualidad, preexisten diferentes tipologías de cubiertas verdes disponibles, siendo las intensivas, semi-intensivas y extensivas las más factibles para asentamientos urbanos (Motlagh, Pons, & Hosseini, 2021).

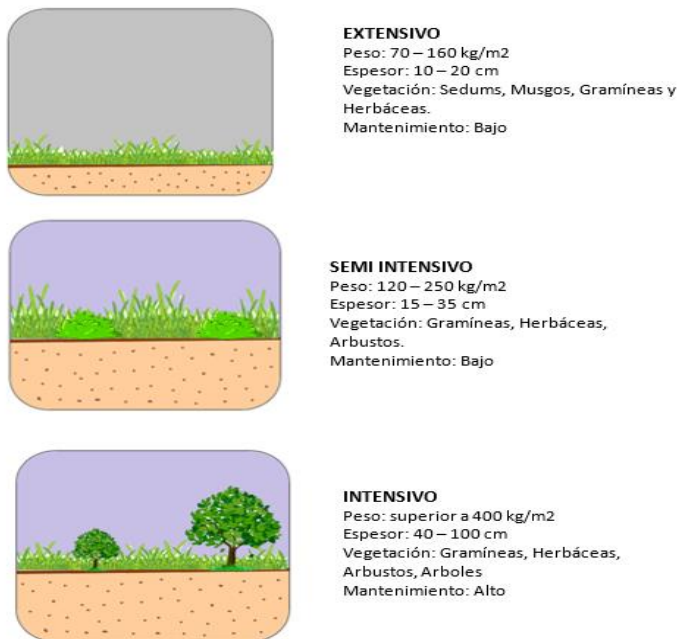
A. Techo Extensivo: Son techos verdes donde se usa un espesor de sustrato entre 5 a 15 cm, las plantas mayormente sembradas son rastreras. El sustrato está compuesto por materiales inorgánicos con la finalidad de lograr un buen drenaje.

B. Techo Semi-Intensivo: El espesor del sustrato varía entre los 15 a 25 cm, sembrando un tipo de plantas más altas. El sustrato está conformado principalmente de materia orgánica debido a que es esta la cual retiene una mayor proporción de agua.

C. Techo Intensivo: El espesor del sustrato está comprendido entre los 25 a 90 cm, existiendo arboles de cualquier tamaño, esto debido que existe una mayor profundidad de enraizamiento. La presencia de estos techos mejora el diseño paisajístico.

Figura 3.

Tipos de sistemas verdes.



Nota: Elaboración propia en base a Krellenberg et al. (2017). Cambio climático, vulnerabilidad urbana y adaptación a nivel municipal. Chile.

1.2.2. Especie vegetal según capacidad absorbente

El deterioro en la calidad del aire, los altos niveles de ruido se han transformado en una seria preocupación ya que las personas expuestas a la contaminación pueden tener resultados adversos para la salud, para ello se encontró información sobre plantas que favorecen la fitorremediación en una amplia variedad de contaminantes en mayor o menor medida (Bhargava et al.,2021). Además, se busca incorporar especies vegetales que puedan adaptarse a determinadas condiciones ambientales; es decir que resistan grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche, pocas precipitaciones, vientos, alto grado de insolación y sean resistentes al déficit de agua; estas son las plantas crasas; es decir pertenecientes a la familia de *Crassulaceae*. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2009).

Crassulaceae

Esta familia de plantas se caracteriza por sobrevivir a duras condiciones ambientales, así mismo estas plantas han evolucionado hacia una economía de agua, puesto que una de sus características principales es el engrosamiento de alguna parte de su anatomía con la finalidad de almacenar líquido, elemento imprescindible para el metabolismo celular y desarrollo de la planta. . (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2009). Por las razones expuestas se le atribuye la característica de suculentas, el autor Pino (2006); explica que dicho término se refiere al aspecto engrosado que posee una planta por la acumulación de agua en los tejidos; a su vez menciona que esta característica física es habitual en las plantas que pertenecen a la familia *Crassulaceae*.

Otro aspecto importante de estas plantas es que presentan fotosíntesis tipo CAM (Metabolismo ácido crasuláceo). Este proceso ocurre cuando las estomas no se abren durante el día, sino en la noche, absorbiendo CO₂ y almacenándolo como ácido, siendo procesado durante el día mediante la fotosíntesis. En condiciones de extrema aridez no abren sus estomas ni de día ni de noche, el oxígeno liberado se usa para la respiración y el CO₂ para la fotosíntesis permitiendo a las suculentas sobrevivir periodos muy largos de sequía aisladas del medio externo, aunque no eternamente. (Magos López, 2022).

Crássula ovata gollum

La especie vegetal en estudio pertenece al reino Plantae, de la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, sub clase Crassuloideae, orden Saxifragales , familia Crassula Ovata, género Crássula, con nombre científico *Crássula ovata gollum* y su nombre taxonómico es Crássula Ovata Gollum *J. St.-Hil.*; también es conocida como Orejas de Sherck o cuchara de jade. Es de origen oriental exactamente de Sudáfrica y Mozambique, se caracteriza por tener hojas carnosas y tubulares con terminación rojiza en los ápices, su color varía dependiendo de la estación del año, puede tener tonalidad desde verde brillante hasta verde oscuro, tiene apariencia de bonsái por lo que es atractiva para la población. Otra

característica es que se reproducen asexualmente, es decir por hoja; también es importante sembrarla en un adecuado sustrato de preferencia suelto y de buen drenaje para su propagación. (Rodríguez & Ramirez, 2019).

Figura 4.

Crássula ovata gollum.



Nota: Tomado de la Revista Bouteloua. (2008) La familia Crassulaceae en la flora alóctona valenciana.

En la actualidad no existen muchos estudios sobre la utilización de la planta *Crássula ovata gollum*, sin embargo la fundadora de la Asociación Peruana de Cactus y Suculentas (SPECS) Natividad Martínez manifestó que en su experiencia, estas plantas tienen la capacidad de liberar oxígeno, regular la temperatura y sobre todo se adaptan a condiciones desfavorables, asimismo el biólogo Reyes Santiago Jerónimo actualmente desarrolla el proyecto de azoteas verdes con estas especies vegetales en la ciudad de México, a las cuales las considera como trampas ecológicas para captar metales pesados y gases tóxicos como hidrocarburos aromáticos que se producen de una combustión incompleta de materia orgánica.

1.2.3. Sustratos

El término sustrato es aquel material que sirve como soporte físico o anclaje radicular para las plantas, que puede ser de origen natural o sintético y que colocado en un

contenedor puede mezclarse o usarse sólo dependiendo de los requerimientos de la planta; además el sustrato brinda los nutrientes a la especie vegetal. Los sustratos se clasifican en inorgánicos como, por ejemplo: roca volcánica, perlita, vermiculita, lana de roca etc. También están los orgánicos tales como cascarilla de arroz, turba, corteza de pino, etc. Es importante mencionar que el sustrato ideal no existe ya que su utilidad y eficiencia dependerán de lo requerido por la especie vegetal, así como las condiciones ambientales, materiales y recursos disponibles. Con la finalidad de mejorar el crecimiento, desarrollo y propagación de la planta. (Pastor, 1999).

Una de las propiedades más importantes de los sustratos son las físicas ya que fácilmente no son modificables a diferencia de las químicas que si pueden ser alteradas (Bracho, Pierre, & Quiroz, 2009). Las principales propiedades físicas de un sustrato son la densidad, aireación, porosidad, permeabilidad y tamaño de poros, mientras que las propiedades químicas más importantes son Ph, relación carbono nitrógeno, conductividad eléctrica. (Florián & Roca, 2011)

1.2.3.1. Características de sustratos para techos verdes extensivos

Los sustratos pueden variar mucho en su composición, sin embargo, es importante tener en cuenta las siguientes características:

Tiempo de descomposición: El tiempo de degradación debe persistir en el tiempo y no requiera adiciones frecuentes. En tal sentido los sustratos que se degradan lentamente podrían ser la piedra pómez, perlita y arcilla calcinada (ladrillo) por ende son pretendidos en la composición de los techos verdes (Castro, Aldrete, Lopez, & Ordaz, 2019).

Contenido orgánico: En cuanto al contenido orgánico en un sustrato Castro también menciona que no debe de ser excesivo ya que la descomposición de materia orgánica podría ocasionar en el corto tiempo, que la retención de humedad y la porosidad del sustrato varíen

significativamente, teniendo como consecuencia el deterioro de la sanidad y vigorosidad de las plantas.

Permeabilidad del sustrato: Un adecuado drenaje prolonga la vida de las superficies impermeables y protectoras del pavimento, así como para favorecer la vida de las especies vegetales en el techo verde, algunos componentes que contribuyen al buen drenaje y al aumento de macroporos son la perlita, piedra pómez, ladrillo molido, arena gruesa y algunos que contengan materia orgánica (Bilderback, Warren, Owen, & Albano, 2005).

Peso del sustrato: Es necesario optar por sustratos livianos o con una densidad aparente reducida para minimizar la carga en los techos donde se implementará el proyecto Gretter y Rowe (Gretter & Rowe, 2009).

Tabla 1.

Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo.

Parámetro	Cantidad	Unidad de medida	Observación
Masa de arcilla y limo	≤ 15	%	Tomado de la versión FLL 2022
Masa de materia orgánica	≤ 8	%	Para sustrato con densidad aparente (Da) $\leq 0.8 \text{ g/cm}^3$, tomado de la versión FLL 2022
Masa de materia orgánica	> 8	%	Para sustrato con densidad aparente (Da) $> 0.8 \text{ g/cm}^3$, tomado de la versión FLL 2022
Granulometría	≤ 12	mm	
Permeabilidad	≥ 0.001	cm/s	
Retención de humedad	$\geq 20 \text{ y } \leq 65$	% del volumen	Cobertura de techos verdes sin considerar al césped
Porosidad total	≥ 10	% en volumen	Cuando el sustrato este a capacidad de campo

pH	≥ 6 y ≤ 7.5	
Salinidad Máxima (C.E.)	5	dS/m
Nitrógeno (N)	≤ 0.08	Kg/m ³
Fósforo (P ₂ O ₅)	≤ 0.2	Kg/m ³
Potasio (K ₂ O)	≤ 0.7	Kg/m ³
Magnesio (MgO)	≤ 0.2	Kg/m ³

Nota: Elaboración propia. Adaptado de Directrices para la planeación, construcción y mantenimiento de techos verdes por la Sociedad de Investigación del Desarrollo del Paisaje y Paisajismo (2018).

Sustratos intervinientes

La tierra de chacra es uno de los materiales más abundantes del Perú, está compuesta por arcilla, limo y arena, tiene un porcentaje mínimo de materia orgánica y no es uniforme; mayormente se utiliza con otros sustratos. (Jaulis & Pacheco, 2014). Como por ejemplo la perlita, cuyo origen es volcánico ya que se origina por el derrame de lava, es ligera, su porcentaje de porosidad es alrededor del 95%, además su pH varía entre 6,6 y 7,5, retiene poca agua (3-4 veces su peso), al ser de color blanco refleja el calor y reduce las temperaturas del suelo. Mayormente se utiliza en macetas para aumentar la porosidad del medio. (Perliindustria, 2020). Si la necesidad es retener el agua, entonces nos referimos a la vermiculita, cuyo producto es derivado de silicatos de magnesio, aluminio y hierro; es ligera y limpia; además es un buen aislamiento térmico y acústico. (Perliindustria, 2019). Otras alternativas son el uso de sustratos provenientes de residuos agroindustriales, dándole un valor agregado tal es el caso de la cascarilla de arroz, considerado como un subproducto de lenta biodegradación abundante en la zona costera del país (Sanchez, 2017). Asimismo es un sustrato orgánico de lente degradación, ligero y que brinda nutrientes al medio de crecimiento.

1.2.4. Identificación de los impactos ambientales

La Guía que presenta el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) menciona que el primer criterio a tomar en cuenta para realizar la evaluación de los impactos ambientales es la factibilidad del proyecto, ello significa que se requiere el diseño desarrollado del proyecto, sobre facultades viables, técnicas y financieras. Además, en la descripción del proyecto se debe considerar las siguientes etapas: planificación, construcción, mantenimiento y cierre; ya que cada una de estas involucran cambios en el medio ambiente. Un segundo criterio para tomar en cuenta es saber el nivel de los impactos del proyecto que se está evaluando conocido como riesgo ambiental. Según el riesgo ambiental se clasifica en tres categorías: Declaración de Impacto Ambiental (DIA), Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd) y Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d). En esta etapa la autoridad competente establece la categoría del proyecto en base a una evaluación preliminar (MINAM, 2022).

1.2.4.1. Metodología para la identificación y caracterización de los impactos ambientales

Esta guía metodológica indica una secuencia para identificar los impactos ambientales, en primera instancia se debe de identificar las actividades del proyecto (aspectos ambientales), que puedan ocasionar impactos sobre algún componente del medio ambiente: físico como aire, suelo y agua, otro componente es el biológico que comprende a la flora y fauna y finalmente social que lo conforman social y cultural. En segundo lugar, se debe identificar los componentes ambientales susceptibles que pueden ser impactados por las diferentes etapas del proyecto. En cuanto a la descripción del proyecto debe ser analizado desde su potencial para causar un impacto al ambiente empezando por la ubicación, componentes, actividades, uso de los recursos naturales y servicios eco sistemáticos (efluentes, emisiones y residuos del proyecto). Existen muchos métodos para la

identificación y caracterización de los impactos ambientales tales como: lista de chequeo, matrices de causa y efecto, superposición de mapas, modelos de simulación, panel de expertos, diagrama de flujo y matrices. En esta investigación utilizaremos la matriz de causa y efecto, la cual consisten en tablas de doble entrada donde muestra la interacción entre las características y componentes ambientales y por otro lado las actividades del proyecto. Los métodos más clásicos para la identificación son Leopold y Battelle Columbus. (MINAM, 2018). Así mismo el autor Diego León Peláez, en su libro refuerza la idea de que la matriz de Leopold es uno de los métodos matriciales más utilizados; además menciona que fue desarrollada para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos (León, 2011).

1.2.4.2. Matriz de Leopold

Esta matriz fue desarrollada en 1971, se caracteriza por no producir un análisis cuantitativo sino más bien un conjunto de juicios de valor. Su objetivo principal es certificar que los impactos sean evaluados en la planeación del proyecto (Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971).

La matriz consta de un eje horizontal que representan las acciones que causan un impacto ambiental conformadas por 100 según el autor, mientras que el eje vertical se refiere a las condiciones ambientales que pueden afectarse debido a estas acciones cuyo número de factores es de 88. Dando como resultado 8 800 interacciones (Ponce, 2008).

El análisis del impacto ambiental hace referencia a dos aspectos:

- **Magnitud:** significa el grado, tamaño o escala que afecta al medio ambiente, se coloca en la mitad superior izquierda, además hace referencia a la intensidad, dimensión del impacto y se pondera del 1 al 10 de menor a mayor anteponiendo el signo +/- dependiendo si es positivo o negativo respectivamente (Gomez, 2019).

- **Importancia:** el segundo aspecto es la importancia sobre las acciones propuestas de las características y condiciones ambientales o zona territorial afectada. Este valor ponderal da el peso relativo del potencial de impacto; se coloca en la mitad inferior derecha del cuadro y se valora del 1 al 10 en orden creciente de importancia (Gomez, 2019).

Figura 5

Magnitud e impacto



Nota: Tomado de la Guía Metodológica para la Elaboración de una Evaluación de Impacto Ambiental (2016)

Así mismo la Guía Metodológica menciona que “La suma de los valores que arrojen las filas indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental, mientras que la suma de los valores de las columnas arrojará una valoración relativa del efecto que cada acción producirá al medio. De esta manera la Matriz de Leopold se convierte en eje del Estudio del Impacto Ambiental”.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas y la identificación de sus impactos ambientales en el Centro Histórico de Lima, 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el nivel de aceptación social para la implementación de un prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023?
- ¿Cuál será el mejor tratamiento para el prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023?
- ¿Cuáles serán los impactos ambientales del proyecto de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023?

1.4. Justificación

Los techos representan casi el 20-25% de la superficie urbana total, por lo que, si estos espacios son utilizados como áreas verdes, se produciría un considerable ahorro energético, sombreado, aislamiento térmico y evapotranspiración resaltando el rol principal de los techos verdes en el rendimiento térmico global de las construcciones y los contextos micro climáticos de los ambientes interiores (Erdem, 2018). Asimismo, la implementación de los techos verdes por lo general brinda una serie de beneficios ambientales, dentro de ellos está el incremento de la calidad del aire, reduce la escorrentía de las aguas pluviales, extiende la vida útil del techo, espacios atractivos para la vista y regulación del ruido (Klein, 2018).

De esta manera, los techos verdes se encuentran caracterizados como las tecnologías empleadas para optimizar el hábitat de una sociedad, siendo fundamentales en la actualidad, debido que en muchas localidades no existen áreas verdes y con su implementación dichas

zonas mejorarían su belleza paisajística y calidad de aire (Morales, Cristancho, & Baquero, 2017). Además, el Centro Histórico de Lima conserva numerosas construcciones de valor cultural, por lo que en los últimos años se han realizado diversas campañas para la recuperación del orden y limpieza de la zona mediante un plan maestro con lineamientos para consolidar y aportar valor a un paisaje urbano histórico mejorando las condiciones sociales, culturales, económicas y ambientales (PROLIMA, 2019).

Por lo tanto, el presente estudio buscó generar conciencia sobre la falta de áreas verdes para transformar la cultura actual de contaminación a una que disminuya la emisión de gases de efecto invernadero, a través de la implementación de techos verdes extensivos para la valorización de sus servicios, tanto ambiental como económicamente, con el propósito de aportar al desempeño de los objetivos establecidos en el Plan Maestro del Centro Histórico de Lima 2019 con visión al 2035 y servir como base para incentivar propuestas de educación y cultura ambiental tanto en el área de estudio como en otros distritos del Perú.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Elaborar un prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas identificando sus impactos ambientales en el Centro Histórico de Lima, 2023.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de aceptación social para la implementación de un prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023.
- Determinar el mejor tratamiento para el prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023
- Identificar los impactos ambientales del proyecto de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas es aplicable en el Centro Histórico de Lima, 2023.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Es favorable el nivel de aceptación social para la implementación de un prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023.
- La identificación del mejor tratamiento favorecerá al prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima, 2023.
- La identificación de los impactos ambientales del proyecto de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas sera viable en el Centro Histórico de Lima, 2023.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

El tipo de la investigación fue mixta, de diseño explicativo secuencial; debido a que se aplicó el proceso de recolección y análisis de datos cuantitativos seguidamente de datos cualitativos para la ejecución del prototipo de techos verdes extensivos con un sistema con bandejas livianas. Según su profundidad es de tipo Transversal ya que pretendió realizar la medición de la muestra en un tiempo único y descriptiva debido a que buscó la caracterización del objeto de estudio, es decir, del sistema de los techos verdes, describiendo el mejor tratamiento del prototipo; así como la recolección de datos para determinar la aceptación de este y métodos analíticos para la utilización de la matriz de Leopold con la finalidad de identificar los impactos ambientales; es decir se utilizó diferentes factores, medidas y componentes en las variables de estudio. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

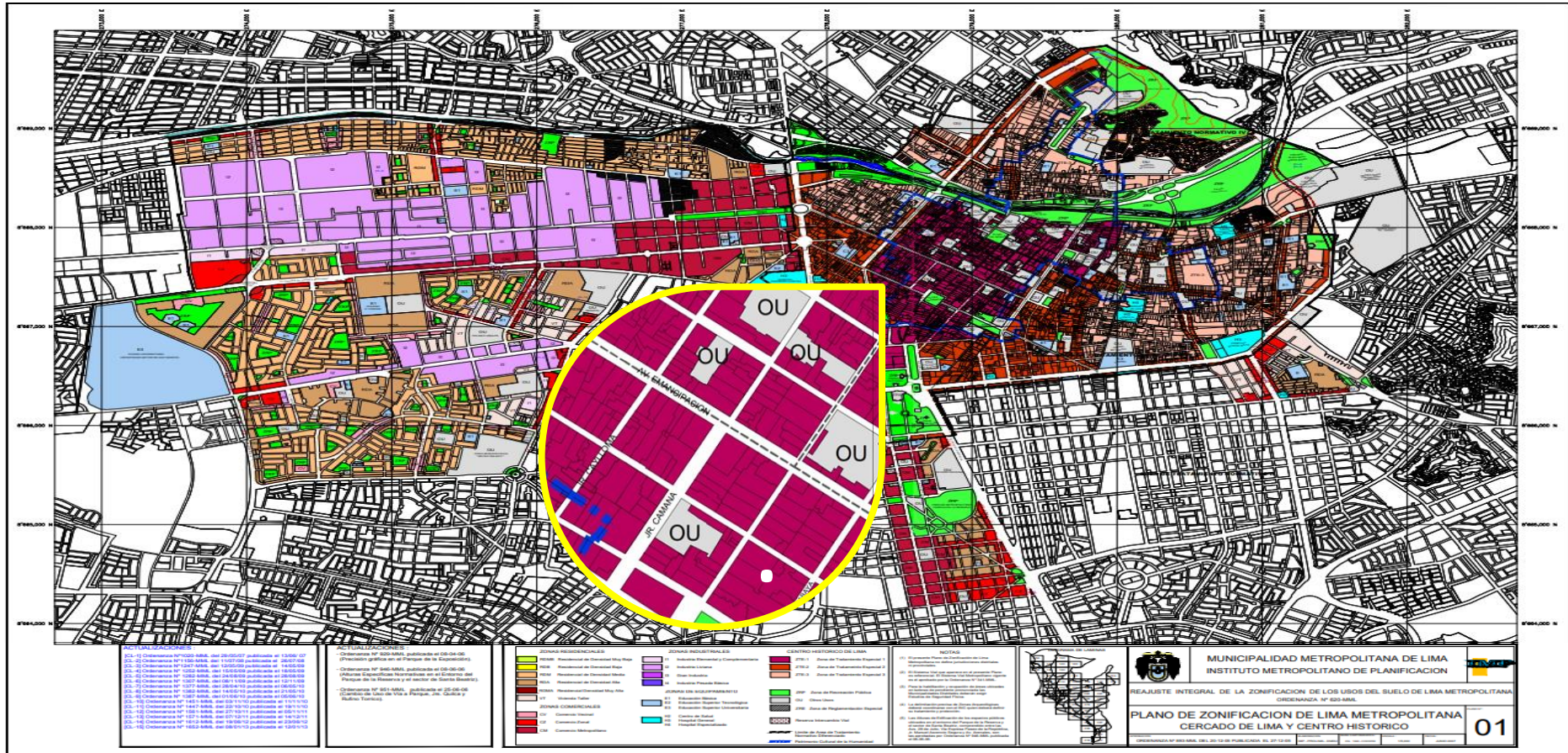
2.2. Población y muestra

La selección del sitio de estudio se realizó en base a los lineamientos del Plan Maestro del Centro Histórico de Lima al 2029 con visión al 2035. De esta manera se consideró: la Avenida Emancipación, Jirón Camaná, Avenida Caylloma y Jirón Rufino Torrico.

Estas zonas cumplieron los criterios de selección, además se consideró la población como cantidad de domicilios, mientras que la selección de la muestra representativa previa al estudio fue tanto cuantitativamente como cualitativamente y se consideró techos hábiles para la implementación de áreas verdes complementarias debido a que algunas viviendas no contaron con la estructura adecuada para el sistema en bandejas y otros no desearon participar como voluntarios.

Figura 6.

Ubicación del área de estudio.



Nota: Adaptado de Plano de zonificación de Lima Metropolitana Cercado de Lima y Centro Histórico ,2007, (<https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/licencias-de-funcionamiento/planos-de-zonificacion/PLANO-DE-ZONIFICACION.pdf>).

En este contexto, para disminuir los sesgos en la representatividad se realizó pruebas muestrales probabilísticas que combinan conglomeraciones y estratificaciones cuando la probabilidad de selección es desigual en áreas metropolitanas donde el representante del hogar emite una respuesta negativa, (Kleeberg & Ramos, 2009). Referente a ello la muestra fue determinada en función al número de domicilios registrados en la avenida Emancipación, Jirón Camaná, Avenida Caylloma y Jirón Rufino Torrico y se tomó en consideración a las familias dispuestas a implementar techos verdes extensivos en sus viviendas según la cooperatividad en la investigación de cada representante del hogar.

También se distinguió la estructura del techo para una adecuada implantación de techos verdes con sistemas de bandejas livianas, se calculó la fórmula de tamaño de muestra para poder generalizar los resultados (Hernández, et al., 2018). Para lo cual se utilizó como dato del total de la población (N), la cantidad de 720 viviendas registradas, por lo que, de acuerdo con este dato, la muestra fue 251 viviendas voluntarias para la aplicación de encuestas.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

- Tamaño de la muestra (n)
- Total de la población (N)
- Estadística de prueba (Z): 1.96
- Probabilidad de éxito (p): 0.05
- Probabilidad de fracaso (q): 0.95
- Error máximo admisible (d): 0.05

2.2.1. Variables

Identificación de variables:

Variable Independiente (X):

- Prototipo de techos verdes extensivos.

Variable dependiente (Y):

- Identificación de impactos ambientales.

2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 3.

Operacionalización de variables.

Variables	Tipo	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
X: Prototipo de Techos Verdes Extensivos	Cuantitativa Discreta	Datos Generales	Calle de su vivienda/ Edad	Frecuencia Relativa (%)
		Características de la vivienda	Tenencia de su vivienda/ Material de su vivienda/ Uso de predio/ Uso del techo/ Espacio en el techo/	
		Percepción ambiental	Importancia/ Adquisición de plantas/ Disposición a implementar techos verdes/ Conocimientos de los beneficios/ Tipo de planta a adquirir/ Espacio a ceder para el techo verde	
		Percepción económica	Disponibilidad de pago	
	Cualitativa Nominal	Diseño de prototipo	Materiales	Tipos

	Cuantitativa Discreta	Características fisicoquímicas de los tratamientos	pH/ conductividad eléctrica/ humedad (%) / materia orgánica (%) / nitrógeno/ fósforo/ potasio/ calcio/ magnesio/ sodio/ relación carbono/nitrógeno(C/N)	Frecuencia Relativa (%)
	Cuantitativa Continua	Características fenológicas de la especie vegetal Crássula ovata gollum	Tamaño de la raíz/ número de hojas y brotes/ área foliar/ tamaño de la parte área	Frecuencia Absoluta
Y: Identificación de Impactos Ambientales	Cualitativa Nominal	Aspectos ambientales del proyecto (actividades)	Magnitud	Intensidad Afectación Duración
		Factores que conforman el ambiente	Importancia	Influencia
			Magnitud	Intensidad Afectación Duración Influencia

Nota: Elaboración propia

2.2.3. Técnicas e instrumentos

Técnicas

La técnica para la recopilación de información constó del análisis documental, así como un análisis preexperimental a nivel piloto para recabar información asociada en cuanto al nivel de aceptación del prototipo, diseño, sustratos a utilizar, especie vegetal, así como la identificación de los impactos ambientales para los techos verdes con sistema de bandejas livianas.

En la primera etapa se buscó determinar la aceptación del prototipo, por lo que se aplicó la técnica de encuesta previo a la elaboración de la propuesta, se aplicó un desapego del investigador en proporción sujeto-objeto, a fin de conseguir la neutralidad al momento de recopilar la información de modo que se evitó cualquier tipo de sesgo que pudo presentarse a causa de predilecciones subjetivas e inclinaciones personales del investigador.

En la segunda etapa se utilizó la técnica de análisis de contenido; ya que se tomó en cuenta los resultados obtenidos en la encuesta, siendo estos el área disponible, materiales, costo de inversión; todo ello con la finalidad de diseñar la estructura de los techos verdes. Así mismo se utilizó la técnica de análisis documental ya que se recopiló información para establecer los sustratos a evaluar fisicoquímicamente, tales como: tierra de chacra, cascarilla de arroz, perlita y vermiculita mezclados en diferentes porcentajes frente a la especie vegetal. En cuanto a las características fenológicas de la especie vegetal *Crássula ovata gollum*, se utilizó la técnica de la observación con la finalidad de observar su desarrollo en los diferentes medios de crecimiento.

Finalmente, en la tercera etapa se buscó identificar los impactos ambientales del proyecto para la implementación de los techos verdes, para ello se utilizó la técnica del análisis documental.

Instrumentos

Para analizar los datos de la aceptación del prototipo de techos verdes, se utilizó el instrumento Ms Excel 2016 y los resultados se mostraron en gráficos de tipo circular.

En cuanto a la fenología vegetal, se utilizó el instrumento Ms Excel 2016, aplicando la prueba estadística de ANOVA y TUKEY obteniendo una varianza significativa en los resultados por tratamiento. Los parámetros evaluados por la prueba estadística fueron: tamaño de la raíz, número de hojas, número de brotes, tamaño de la parte aérea y área foliar.

Finalmente, para la identificación de los impactos ambientales del proyecto se utilizó la metodología de Leopold, la cual es validada en la Guía para la caracterización e identificación de los impactos ambientales otorgada por el Ministerio del Ambiente, dicha guía contiene los lineamientos para el proceso de identificación y caracterización de los impactos ambientales para proyectos de inversión, públicos, privados sujetos al Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). Así mismo la metodología seleccionada para fines de la identificación y caracterización de los impactos ambientales de un proyecto de inversión concreto debe ser concordante con la legislación nacional vigente y guías específicas que publiquen las autoridades competentes. Ante ello, el marco legal bajo el cual se desarrolló la Guía mencionada lo constituyen las siguientes normas:

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del impacto Ambiental (SEIA).
- Ley N°30327, Ley de Promoción de las inversiones para el crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible.
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente. Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del SEIA.
- Decreto supremo N°005-2016-MINAM, Reglamento del Título II de la Ley N°30327, Ley de Promoción de las inversiones para el Crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible y otras medidas para optimizar y fortalecer el SEIA.

utilizó la metodología de LEOPOLD. Esta metodología esta validada por la entidad los resultados se mostraron utilizando el instrumento Ms Excel 2016 y se obtuvo los gráficos de dispersión y de áreas.

2.3.Materiales

La elección de los materiales para el proyecto requirió consideraciones de costos iniciales y características livianas para generar el mínimo peso de carga sobre los techos de las viviendas, asimismo se evaluó el ciclo de vida como el rendimiento del material, la disponibilidad y el impacto ambiental en todo su ciclo de vida, de esta manera, los materiales que se utilizaron fueron:

Tabla 4.

Listado de materiales para el prototipo de techos verdes extensivos.

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Estructura				
Maceta.	18	Und	8	144
Calamina.	1	Und	29.9	50
Triplay cortado para base superior 40x30x30 cm.	6	Und	5	30
Triplay cortado para laterales 40x30x30 cm.	24	Und	4	96
Laca.	2	Und	8	16
Ángulos.	24	Und	2	48
Botellas de plástico de 500ml.	6	Und	-	-
Clavos.	100	Und	-	2
Especie Vegetal				
<i>Crássula ovata gollum.</i>	54	Und	3	162
Sustrato				
Tierra de chacra.	3	Bolsa de 20 Kg	8	24
Perlita.	5	Bolsa de 1 Lt	15	75

Vermiculita.	5	Bolsa de 1 Lt	12	60
Cascarilla de arroz.	3	Bolsa de 1 Lt	3	9
Encuesta				
Papel impreso.	260	Und	0.5	130
Total				S/.846

Nota: Elaboración propia.

2.4.Procedimiento

Etapa 1: Aceptación del prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima

Previo a la elaboración de la encuesta, se determinó si la vivienda contaba con la estructura adecuada para la implantación de un techo verde y la disponibilidad de los participantes para colaborar en la investigación, posteriormente se revisó diversas fuentes bibliográficas con el objetivo de conseguir información cuantitativa y cualitativa asociada a las características de los materiales a utilizados, beneficios, cantidades, dimensiones. Se encuestó a un total de 251 viviendas con su consentimiento los cuales respondieron la encuesta del **Anexo 1** “Encuesta de percepción sobre techos verdes”. Los resultados fueron representados por figuras estadísticas simples para el análisis y caracterización de la información, es así que se midió el nivel de aceptación de las personas encuestadas para implementar el prototipo de techos verdes en sistema de bandeja liviana en las viviendas del Centro Histórico de Lima.

Etapa 2: Diseño y tratamientos para el prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima

a. Diseño del Prototipo.

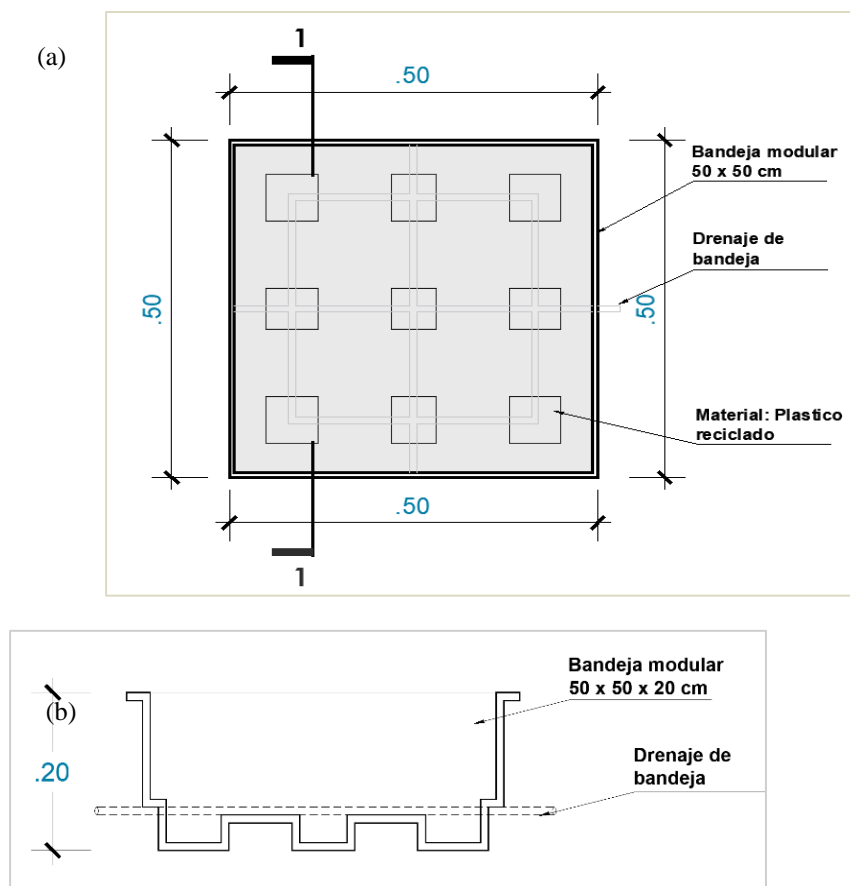
El diseño del prototipo requirió consideraciones de la norma de diseño eólico para sistemas de cubiertas vegetativas, estándar de diseño de fuego externo para techos con vegetación y procedimiento para investigar la resistencia a la penetración de raíces en techos

con vegetación, tal como se muestra en el **Anexo 2** “Estrategias para la prevención de riesgos por implementar azoteas verdes”.

Luego de tener claro algunas consideraciones para prevenir riesgos por implementar techos verdes en las azoteas, se procedió a utilizar la herramienta AutoCAD.

Figura 7.

Diseño de la bandeja (a) planta, (b) corte.

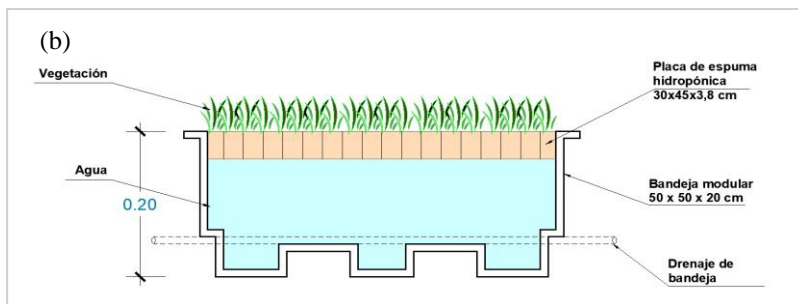
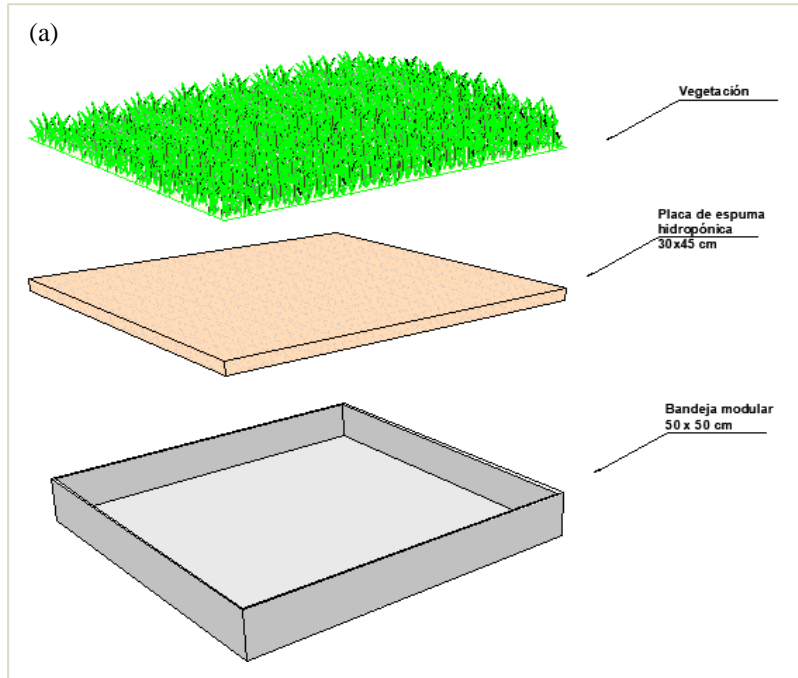


Nota: Elaboración propia

En primer lugar, la figura 7, presenta el aspecto del sistema de bandejas livianas, siendo (a) el corte horizontal y (b) el corte de perfil del sistema.

Figura 8.

Diseño de la estructura de techo verde (a) planta, (b) corte.



Nota: Elaboración propia

En la figura 8 se presentó una proyección isométrica de la estructura constructiva de los techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas y cultivo donde se resaltó la implantación de los materiales que constituyen un sistema de bandejas livianas para la cubierta de las viviendas.

Figura 9.

Construcción del prototipo de techo verde con sistema de bandejas livianas.



Nota: A) Cortado de la calamina. B) Empernar estructura cara superior. C) Ajuste de ángulos. D) Pintado de estructura. E) Instalación del sistema. F) Colocación de macetas.

En la figura 9 se muestra la construcción del prototipo el cual estuvo compuesto por materiales de fácil acceso y reutilizables como: triplay para la estructura unidos con ángulos, macetas rectangulares con un sistema de filtración, bandeja que cumple la función de retención de líquido excedente, botellas de plástico para formar una canaleta y actúe como drenaje. La estructura se diseñó teniendo en cuenta las características de un techo verde extensivo, además que sean livianas y fáciles de reubicar para poder ser implementadas en las casas del Centro Histórico de Lima.

b. Tratamientos para el prototipo de techo verdes extensivos con sistema en bandejas livianas.

Se preparó 18 unidades experimentales a escala piloto en macetas de plástico rectangular de 18.4 x 45.7 x 14.7 cm con una capacidad aproximadamente de 6 kilos cada una; cabe señalar que cada tratamiento estuvo conformado por 3 repeticiones, es decir se trabajó con 6 estructuras para los 6 tratamientos: T0 (tratamiento testigo), T1, T2, T3, T4 y T5, donde se utilizó diferentes sustratos tales como cascarilla de arroz, perlita, vermiculita con la tierra de chacra mezclados en distintas proporciones, según la siguiente tabla:

Tabla 5.

Esquema de tratamientos.

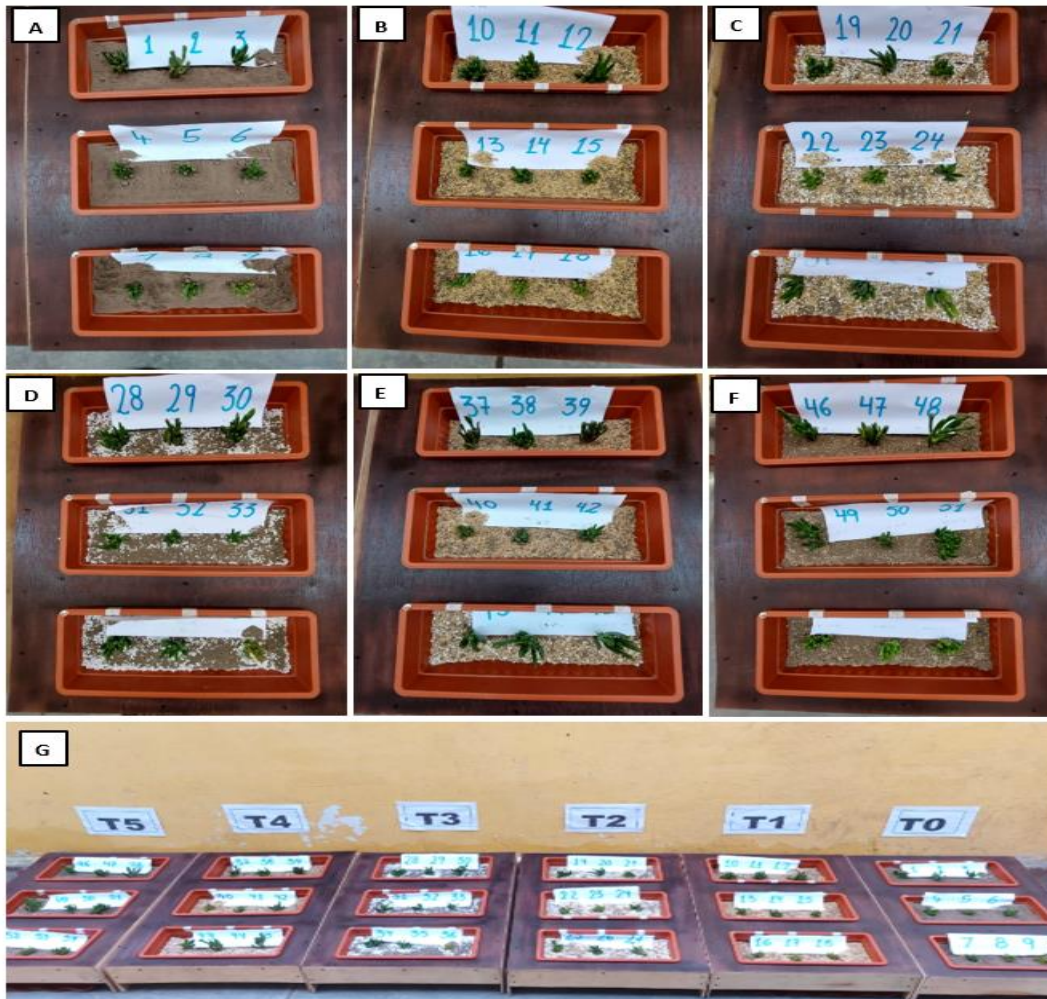
Tratamiento	Mezcla de Sustratos
T0	100% Tierra de chacra
T1	50% Tierra de chacra + 50% Cascarilla de arroz
T2	50% Tierra de chacra+ 25% Cascarilla de arroz + 25% Perlita
T3	50% Tierra de chacra + 25% Cascarilla de arroz + 25% Vermiculita
T4	70% Tierra de chacra + 30% Perlita
T5	70% Tierra de chacra + 30% Vermiculita

Nota: Elaboración propia

Una vez mezclados las 18 unidades experimentales se procedió a extraer una muestra de aproximadamente 1 kilogramo por maceta, luego se almacenó en bolsas herméticas y se rotuló para posteriormente llevarlas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, quienes evaluaron sus características fisicoquímicas en dos etapas; al inicio y al finalizar el tratamiento. Los parámetros evaluados fueron: PH, conductividad eléctrica, % humedad, % de materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, sodio y relación carbono/nitrógeno (C/N).

Figura 10.

Tratamientos instalados.



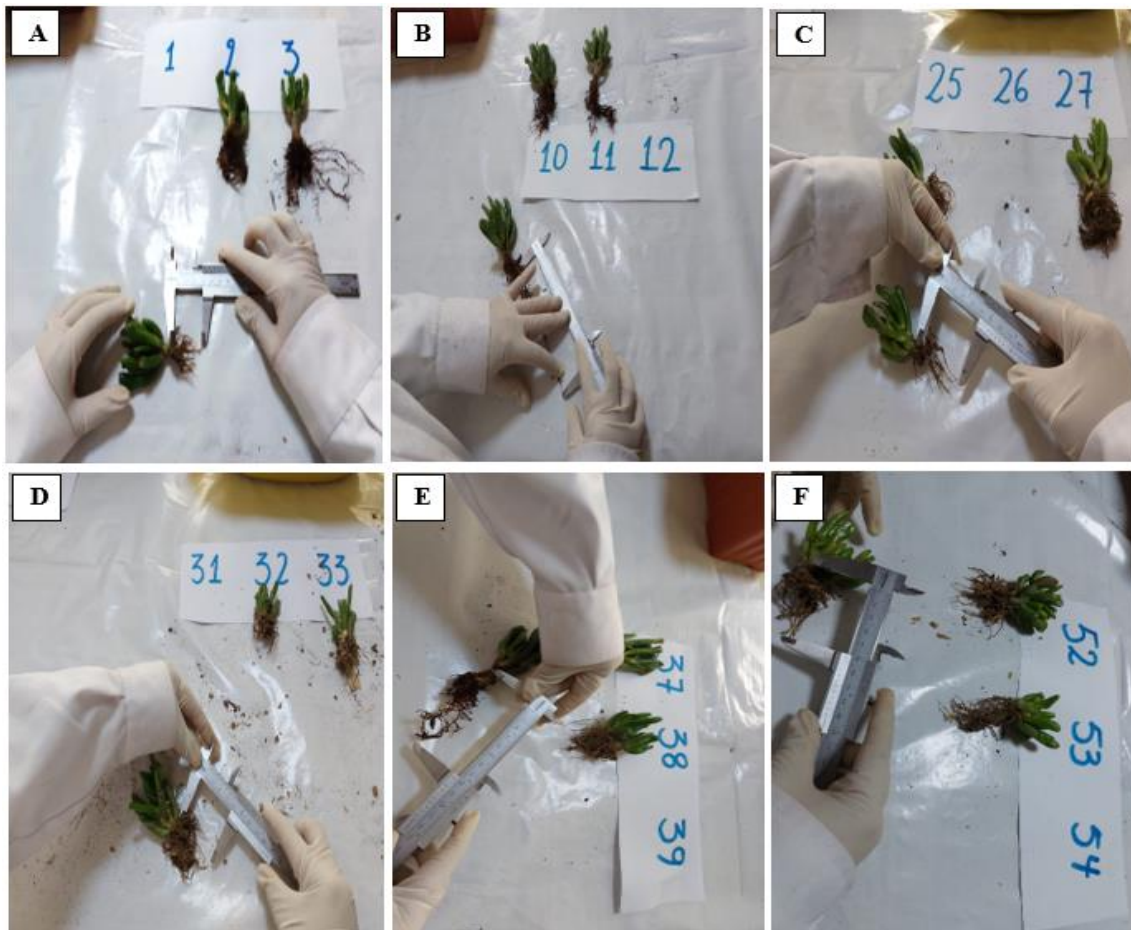
Nota: A) T0-Tratamiento testigo. B) T1- 50% Tierra de chacra + 50% Cascarilla de arroz. C) T2-50% Tierra de chacra+ 25% Cascarilla de arroz + 25% Perlita. D) T3- 50% Tierra de chacra + 25% Cascarilla de arroz + 25% Vermiculita. E) T4-70% Tierra de chacra + 30% Perlita. F) T5- 70% Tierra de chacra + 30% Vermiculita. G) Vista de todos los tratamientos con la especie vegetal.

En cuanto a la especie vegetal *Crássula ovata gollum* se utilizó 54 unidades, las cuales se consiguieron en el mercado Acho de Flores, las plantas fueron entregadas en macetas provisionales por lo que se tuvo que retirar el sustrato cuidadosamente para no dañar la raíz, luego se procedió a registrar las características fenológicas de la especie vegetal mediante métodos manuales tanto al inicio como al final del tratamiento; los parámetros evaluados fueron:

Tamaño de la raíz: Para calcular el crecimiento unitario por especie vegetal se realizó la resta de la longitud final con la longitud inicial, (Hernández G. , 1996). Luego se calculó el promedio de cada repetición y finalmente se calculó el promedio por tratamiento, esta metodología se aplicó para todas las características fenológicas de la especie vegetal. Además, en la medición se utilizó un calibrador de precisión (vernier) y se obtuvo una medida más exacta, se midió desde la base de la fronde hasta la parte más larga de la raíz, se realizó en dos periodos tal como lo muestra el **Anexo 3** “Medidas de los parámetros fenológicos de la especie *Crássula ovata gollum* al inicio y final del tratamiento.

Figura 11.

Medición del tamaño de la raíz.

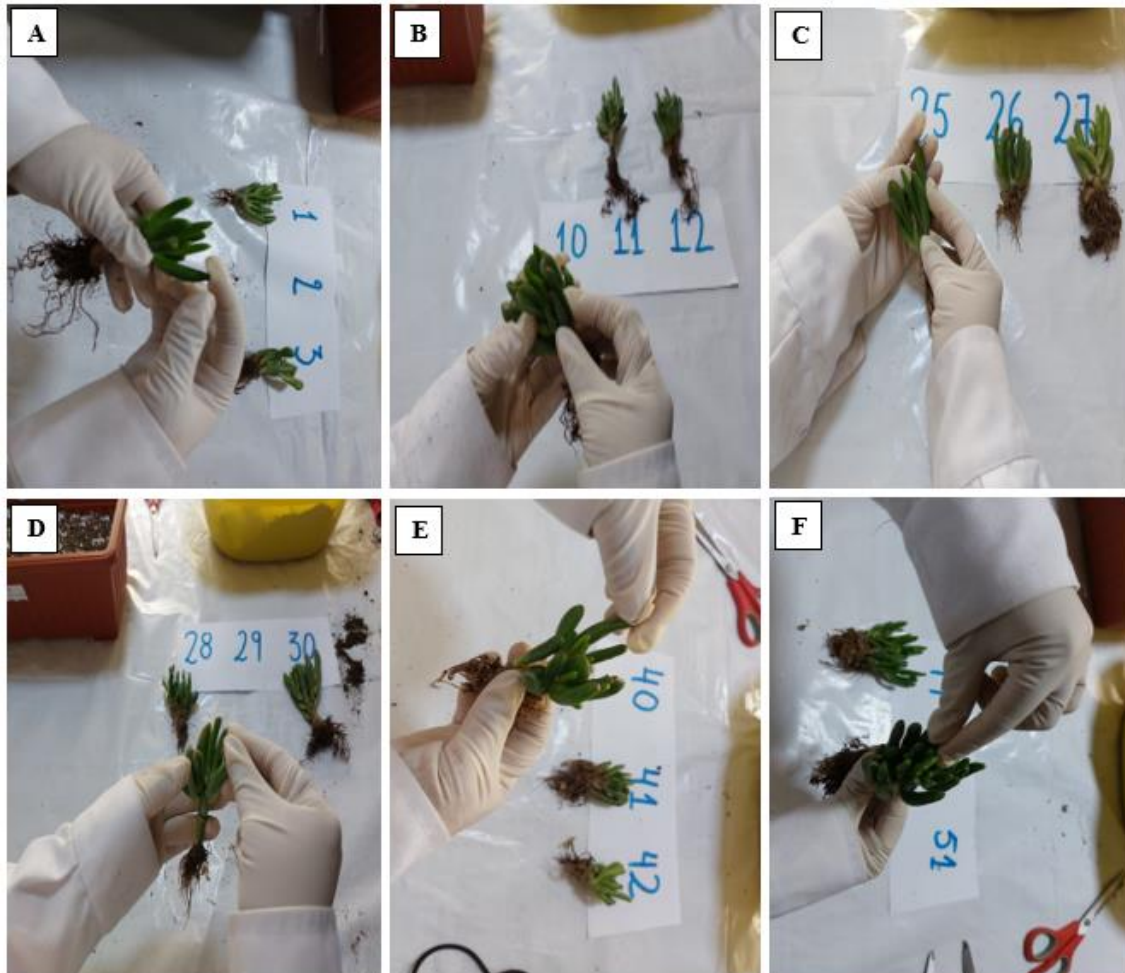


Nota: A) Medición de la especie vegetal n°1 del T0. B) Medición de la especie vegetal n°12 del T1. C) Medición de la especie vegetal n°26 del T2. D) Medición de la especie vegetal n°31 del T3. E) Medición de la especie vegetal n°39 del T4. F) Medición de la especie vegetal n°54 del T5. Se midió 54 especies vegetales.

Número de hojas y brotes: Esta especie se caracteriza por tener hojas suculentas y tubulares, las cuales fueron contadas en cada planta cuidadosamente.

Figura 12.

Conteo del número de hojas y brotes.



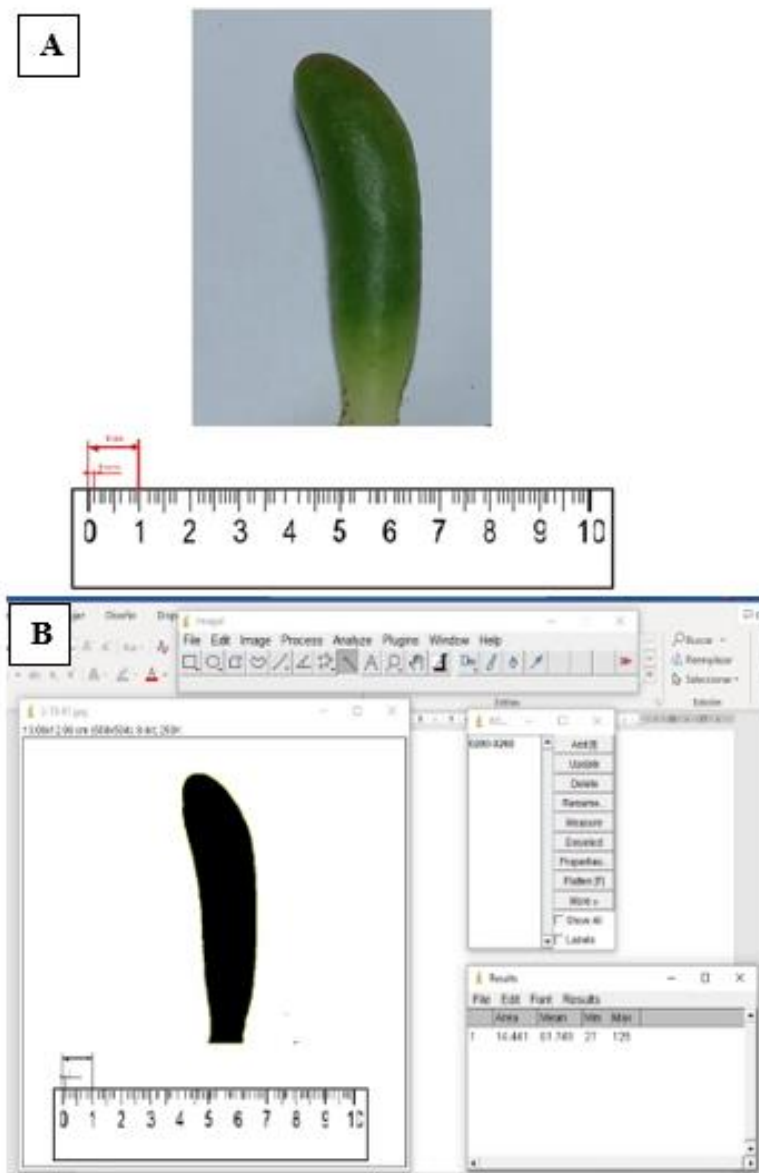
Nota: A) Conteo de la especie vegetal n°2 del T0. B) Conteo de la especie vegetal n°10 del T1. C) Conteo de la especie vegetal n°25 del T2. D) Conteo de la especie vegetal n°29 del T3. E) Conteo de la especie vegetal n°40 del T4. F) Conteo de la especie vegetal n°51 del T5. Se contó brotes y hojas a 54 especies vegetales.

Área foliar: Para el cálculo se utilizó el programa IMAGEJ; como primer paso se escogió una hoja aleatoria por cada planta (54 unidades) y a su vez se identificó para volver a realizar la medición al finalizar el tratamiento, se procedió a tomar una fotografía; la cámara se centró sobre la hoja produciendo que el plano del sensor y de la hoja estén en

paralelo evitando sombras. La foto se cargó al programa y se consideró la escala de 1:100, posteriormente se configuró la imagen, escala, contraste y se utilizó la herramienta ROI MANAGER que arrojó el valor del área foliar en cm². (Universidad Autónoma de Madrid, 2012).

Figura 13.

Uso del programa IMAGEJ para calcular el área foliar.

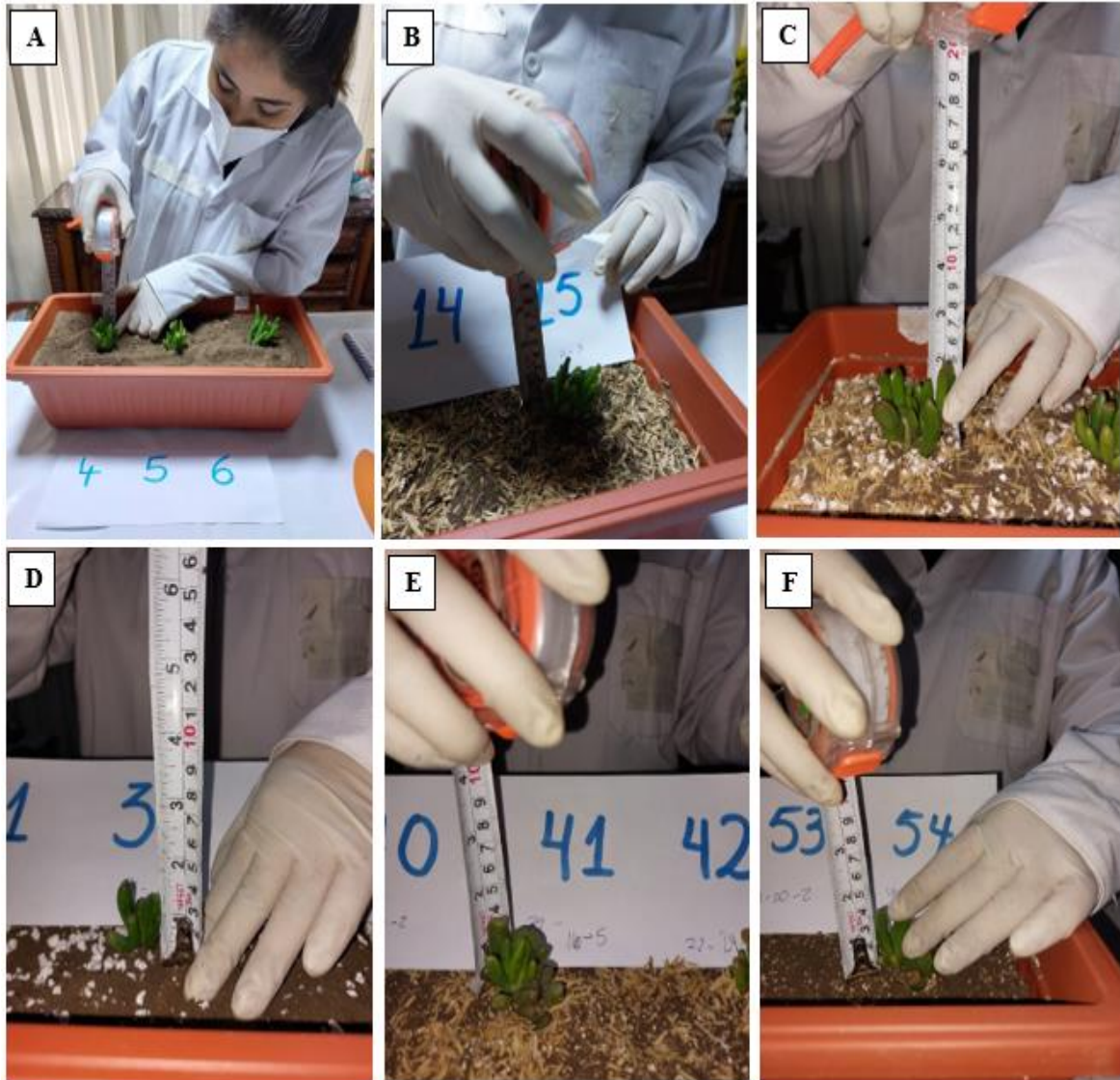


Nota: A) Fotografía de la hoja en escala de 1:100. B) Cálculo del área foliar.

Tamaño de la parte aérea: La medición se realizó desde el inicio del sustrato hasta la hoja más alta, haciendo uso de una cinta métrica.

Figura 14

Medición de la parte aérea de la especie vegetal.



Nota: A) Medición de la especie vegetal n°4 del T0. B) Medición de la especie vegetal n°15 del T1. C) Medición de la especie vegetal n°25 del T2. D) Medición de la especie vegetal n°32 del T3. E) Medición de la especie vegetal n°41 del T4. F) Medición de la especie vegetal n°54 del T5. Se midió la parte aérea a 54 especies vegetales.

Color: Se procedió a registrar el color de cada especie vegetal el cual giraba entre verde con terminación rojiza o simplemente verde o verde claro.

Etapas 3: Identificación de los impactos ambientales para implementar el prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima

En cuanto a la identificación y valoración de los impactos ambientales que genera la implementación de techos verdes en las azoteas de las viviendas ubicadas en el centro Histórico de Lima se utilizó la Matriz de Leopold tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- La magnitud, se referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto y se calificó del 1 a 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y un signo – para los negativos. Se anotó en la mitad superior izquierda de cada impacto en la matriz. En este punto se contempla la intensidad y afección en escala baja, media y alta respectivamente tal como lo muestra la Tabla N° 5 y N° 6.
- La importancia, se refiere a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio y a la zona territorial afectada, se calificó del 1 al 10 en orden creciente de importancia. Éste se colocó en la mitad inferior derecha de cada impacto en la matriz. En este punto se considera la duración en escala temporal, media y permanente y a la influencia en escala puntual, local y regional tal como lo muestra la Tabla N°5 y N°6.

Tabla 6.

Valoración de impactos negativos e importancia.

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	4
Media	Media	-5	Media	Local	5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	-8	Media	Regional	8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	10

Nota: Elaboración propia en base a Ponce (2008)

Tabla 7.

Valoración de impactos positivos e importancia.

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	Permanente	Nacional	10

Nota: Elaboración propia en base a Ponce (2008)

Para la implementación del prototipo de techos verdes se consideró cuatro etapas:

- **Planificación**, esta etapa inició con la aprobación del prototipo por parte de los habitantes del Centro de Lima mediante el instrumento encuesta, siguiendo con la promoción de este mediante las redes sociales y medios de comunicación; así como también la exhibición en ferias medioambientales que promociona el Ministerio del Ambiente. El siguiente paso es realizar la visita técnica a la vivienda que aceptó la implementación del techo verde con la finalidad de conocer la disponibilidad de espacio y capacitar. Una vez obtenido los datos anteriores se procederá a realizar la compra de los materiales.
- **Ejecución**, como primera actividad se contempló la recepción y descarga de materiales, seguido del almacenamiento en un almacén, luego realizar las mediciones y cortes de las bases de madera para las estructuras, prontamente será transportado a las viviendas que aceptaron la implementación. Ya en la vivienda se procede con el armado de la base principal y laterales de la estructura, así como la instalación de la base plástica y canaletas (botellas recicladas) para el drenaje. Finalizado el armado de la estructura se procederá con la instalación de las macetas que cuentan con evacuación en la base y la incorporación del sustrato que será el mejor tratamiento y finalmente se plantará la especie vegetal *Crássula ovata gollum*.
- **Entrega**, en esta etapa se le entrega el espacio verde al propietario de la vivienda, se absuelven algunas dudas si existiesen y se brindan las recomendaciones.
- **Seguimiento y control**, en esta etapa el propietario de la vivienda es quien hace el seguimiento y control de su espacio verde; sustrato y especie vegetal, dándole mantenimiento cada quince días.

Dichas etapas se muestran en el **Anexo 5** “Matriz de Leopold para la identificación de los impactos ambientales para implementar el prototipo de techos verdes en el Centro Histórico de Lima.”

CAPÍTULO III. RESULTADOS

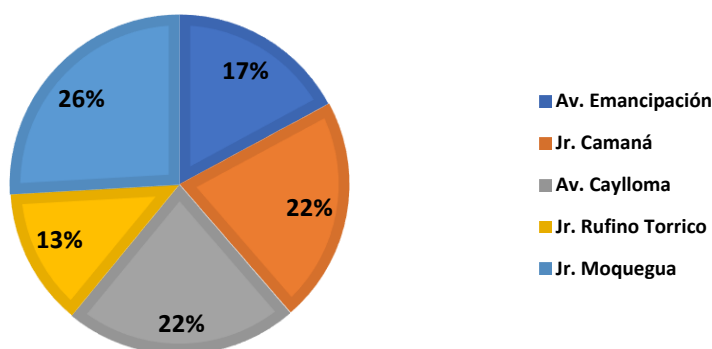
En el presente apartado, se presentan los resultados obtenidos de la recolección de datos y del mismo modo, se examinan con detenimiento a fin de determinar la aceptación de las viviendas encuestadas del Centro Histórico de Lima dispuestas a implementar el prototipo de techos verdes, así mismo se evidencian los resultados del mejor tratamiento y se muestran las figuras finales de la identificación de los impactos positivos y negativos para la implementación del prototipo. Finalmente, se discuten varias implicaciones para la aplicación de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas.

3.1. Diagnóstico de la aceptación de implementar techos verdes con sistema de bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima.

Para conocer la aceptación de los pobladores de la zona en cuestión se realizó una encuesta respecto a su material, utilización y espacio disponible en el techo, así como la percepción de los propietarios respecto a cuidado ambiental, conocimiento de beneficios de los techos verdes, tipos de plantas a implementar y disponibilidad para pagar por los techos verdes, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 15.

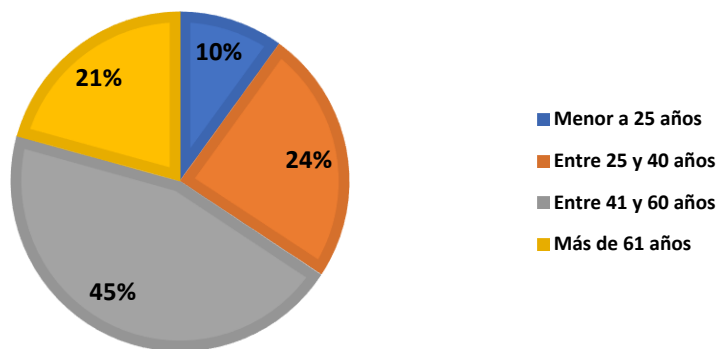
Frecuencia relativa de la ubicación de las viviendas potenciales.



Nota: De la figura 15, se pudo observar que la mayoría de los encuestados viven en el Jirón Moquegua que representa el 26%, en segundo lugar, se encontraba la Avenida Caylloma y seguidamente el Jirón Camaná con una diferencia de dos unidades, sin embargo, ambos representaban el 22%, en tercer lugar, está la Avenida Emancipación con 17%, mientras que finalmente, la minoría de viviendas se sitúan en Jirón Rufino Torrico que representaba el 13%.

Figura 16.

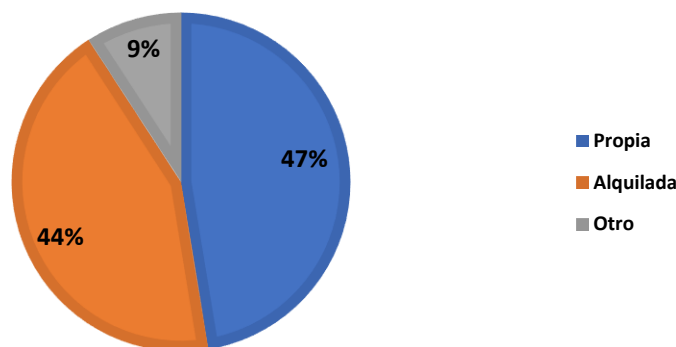
Frecuencia relativa de las edades intermedias de los encuestados.



Nota: De la figura 16, se pudo observar que la mayoría de los encuestados tienen edades dentro del rango de 41 y 60 años que representaba el 45%, luego se encuentran aquellos con 25 a 40 años, más de 61 años y menores de 25 años que constituían el 24%, 21% y 10% respectivamente.

Figura 17.

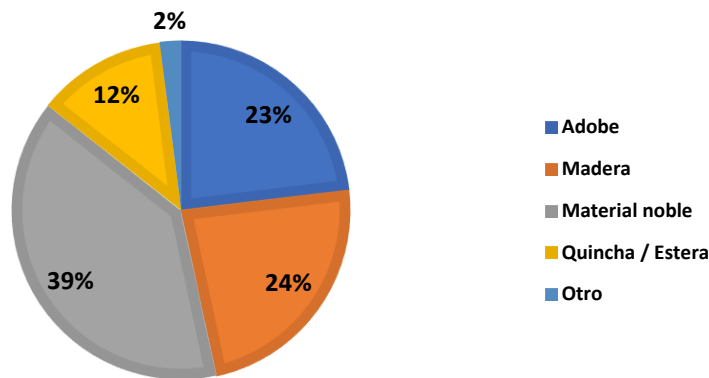
Frecuencia relativa de la tendencia de las viviendas.



Nota: De la figura 17, se pudo observar que en la mayoría de los encuestados vivían en casas propias que representa el 47%, en segundo lugar, con una diferencia del 3% predominaba una tenencia alquilada y finalmente otros representan el 9%.

Figura 18.

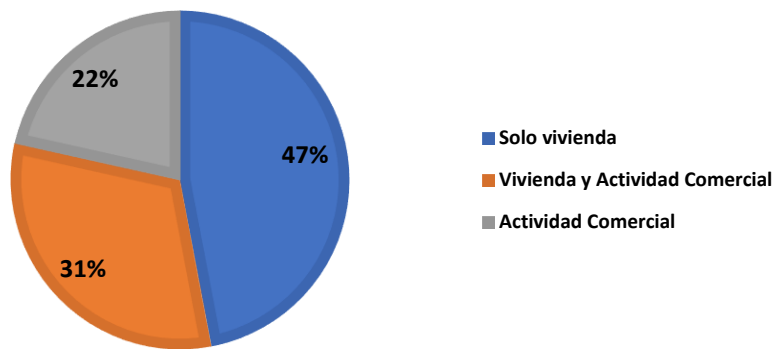
Frecuencia relativa del tipo de material de las viviendas.



Nota: De la figura 18, se pudo observar que mayormente predomina el material noble en la estructura de las casas en un 39%, seguido de la madera y adobe en un 24% y 23% respectivamente, finalmente, en menor cantidad se encontró viviendas fabricadas con quincha o esteras que representa el 12% y otros materiales con el 2%.

Figura 19.

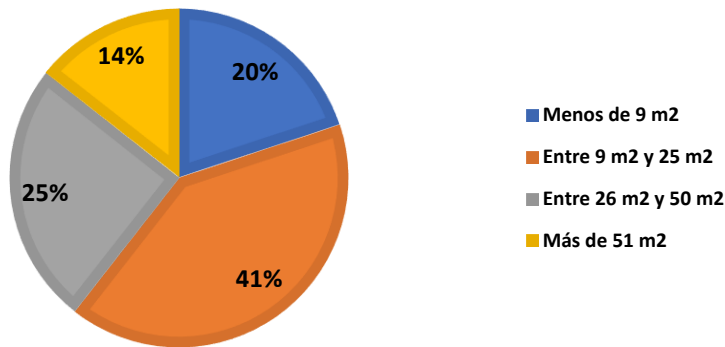
Frecuencia relativa del tipo uso de la vivienda.



Nota: De la figura 19, se pudo observar que en la mayoría de los encuestados utilizaban su vivienda como solo hogar que representa el 47%, en segundo lugar, el 31% empleaba su vivienda como habitacional y actividad comercial, mientras que el 22% solo para actividad comercial.

Figura 20.

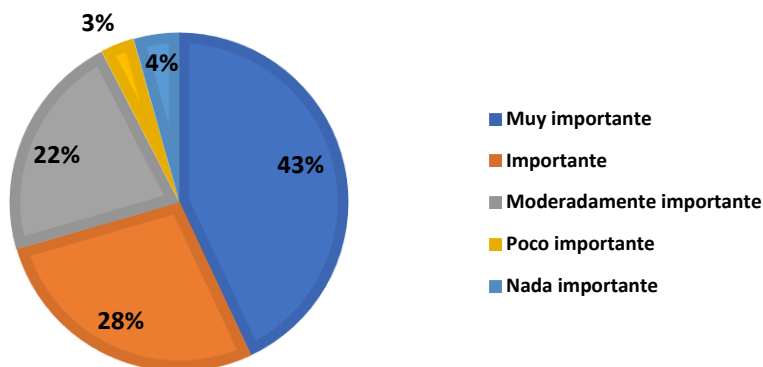
Frecuencia relativa de la disponibilidad del área para la implementación del techo verde.



Nota: De la figura 20, se pudo observar que predominan techos con espacios disponibles de 9 m² a 25 m² en un 41%, seguido de aquellos con dimensiones de entre 26 a 50 m² y menos de 9 m² en un 20% y más de 51 m² en un 14%.

Figura 21.

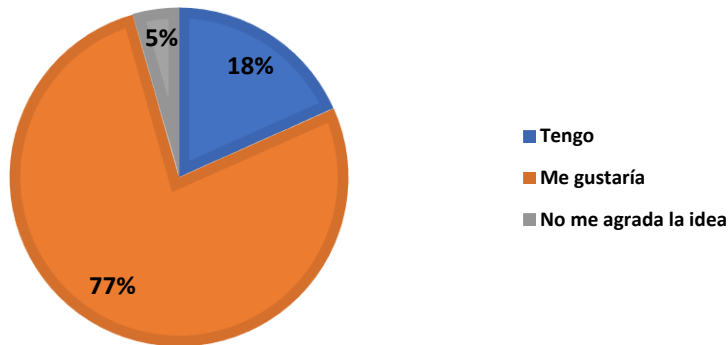
Frecuencia relativa del conocimiento del cuidado ambiental en los encuestados.



Nota: De la figura 21, se pudo observar que, en la mayoría de los encuestados, es decir, el 43% consideraba que el cuidado ambiental es muy importante, mientras que el 28% consideraba solo importante, luego la percepción disminuye en moderadamente, poco importante y nada importante en un 22%, 3% y 4% respectivamente.

Figura 22.

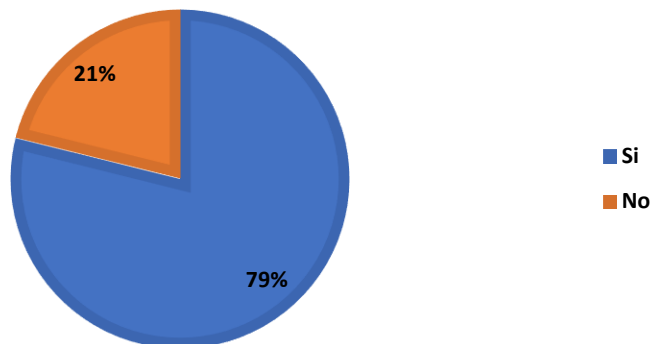
Frecuencia relativa de la aceptación a la tenencia de plantas en su vivienda.



Nota: De la figura 22, se pudo observar que la mayoría de los encuestados, es decir, al 77% le gustaría tener plantas en sus viviendas, mientras que el 18% indicó que ya posee algunas plantas dentro de sus viviendas y el 5% no le gustan las plantas.

Figura 23.

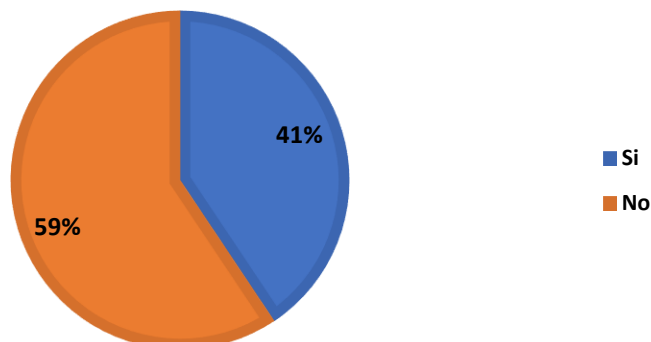
Frecuencia relativa de aceptación a la implementación de techos verdes.



Nota: De la figura 23, se pudo observar que la mayoría de los encuestados, es decir, el 79% aceptan la implementación de techos verdes, mientras que el 21% indicó que no le agradaba la idea de tener techos verdes.

Figura 24.

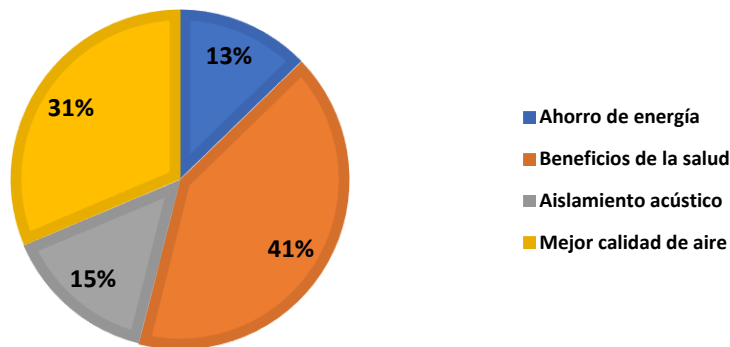
Frecuencia relativa sobre el conocimiento de los beneficios de los techos verdes.



Nota: De la figura 24, se pudo observar que el 41% de los encuestados conocen los beneficios de los techos verdes, en contraposición existe un 59%, por lo tanto, predomina el desconocimiento respecto al tema.

Figura 25.

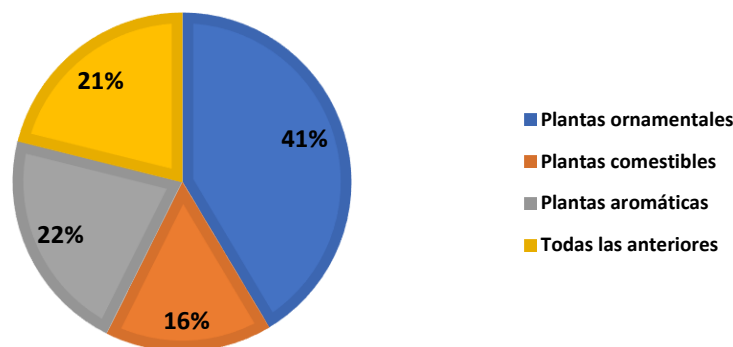
Frecuencia relativa de los beneficios de los techos verdes.



Nota: De la figura 25, se pudo observar que el 41% mencionan que la implementación del techo verde trae consigo beneficios a la salud, mientras que el 31% concibe una mejora en la calidad de aire, luego, está los beneficios acústicos con el 15% y la minoría considera un ahorro energético en un 13%.

Figura 26.

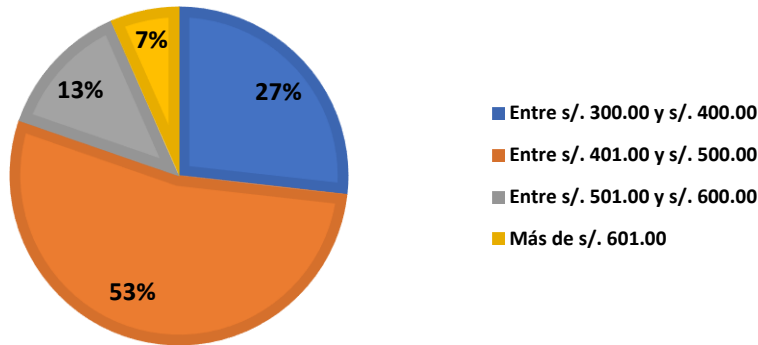
Frecuencia relativa del tipo de planta para la implementación de techos verdes.



Nota: De la figura 26, se pudo observar que predomina la preferencia por todo tipo de planta ornamental en un 41% y aromáticas se sitúan en segundo lugar de favoritismos, las cuales representaban el 22%, finalmente, la minoría quiere plantas comestibles que representa el 16%. Sin embargo, por el motivo de la presencia de contaminación en la zona de estudio, no es posible implementar plantas comestibles para evitar posibles enfermedades.

Figura 27.

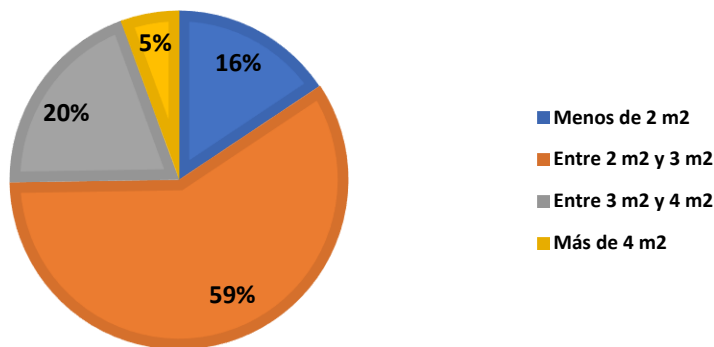
Frecuencia relativa de disponibilidad de pago por techo verde.



Nota: De la figura 27, se pudo observar que, en la mayoría de los encuestados, es decir, el 53% está dispuesto a pagar por el techo verde el monto entre s/. 401.00 – s/. 500.00; mientras que el 27% estima un pago entre s/. 300.00 - s/. 400.00. Finalmente, otras personas consideraron estar dispuestas a pagar entre s/. 501.00 a s/. 600.00 y más de s/. 601.00 en un 13% y 7% respectivamente.

Figura 28.

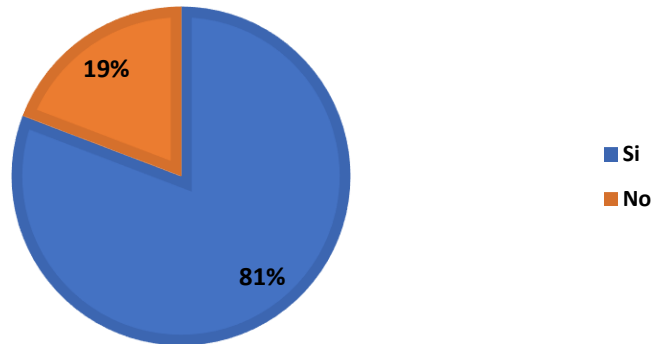
Frecuencia relativa de la disponibilidad de espacio a ceder para implementar el techo verde.



Nota: De la figura 28, se pudo observar que el 59% de los encuestados están dispuestos a ceder un espacio entre 2 m² y 3m² del techo disponible de su vivienda para implementar el techo verde.

Figura 29.

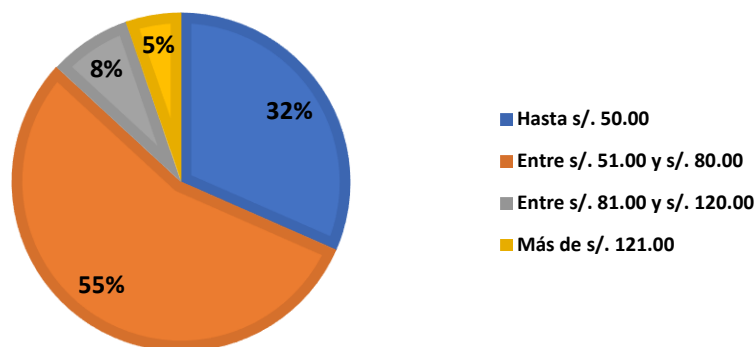
Frecuencia relativa de la disponibilidad de realizar el mantenimiento de su techo verde.



Nota: De la figura 29, se pudo observar que el 81% de los encuestados están dispuestos a realizar el mantenimiento de su techo verde, es decir, en contraposición existe un 19% a no realizar el mantenimiento de su techo verde.

Figura 30.

Frecuencia relativa de la disposición para el pago mensual del mantenimiento de su techo verde.



Nota: De la figura 30, fue posible observar que la mayoría de los encuestados que no están dispuestos a realizar el mantenimiento de su techo verde que son 38 encuestados (según el gráfico 15), el 55% estima un gasto mensual entre s/. 51.00 a s/. 80.00, seguidamente predominan los valores de hasta s/. 50.00 mensuales en un 32%, mientras que el 8% consideró pagar entre s/. 81.00 a s/. 120.00 mensuales y más de s/. 121.00 en un 5%.

Por otro lado, los cultivos para los techos verdes se consideraron ornamentales a excepción de comestibles debido a que la zona de estudio presenta una calidad de aire moderada cuyos valores se encuentran entre 51 – 100 ICA según la plataforma a tiempo real

de Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) de la Municipalidad de Lima y hace referencia a que las personas excepcionalmente sensibles deben de reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado al aire libre y así mismo prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar (Senamhi, 2023). Por consiguiente para esta investigación se tomó en cuenta al tipo de planta ornamental no solo por preferencia sino porque existen ciertos contaminantes que pueden ser absorbidos por las plantas y por ende a la cadena alimentaria, considerados como una realidad oculta según lo expuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura donde clasifican a los contaminantes en cuatro grupos siendo el último grupo el que está formado por aquellos elementos como arsénico, cadmio, cobalto, molibdeno, selenio, talio y compuestos orgánicos volátiles; los que representan el mayor riesgo de contaminación a la cadena alimentaria porque se trasladan con facilidad a brotes, frutos o tubérculos y con ello el origen de riesgos para la salud humana y animal (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019). Cabe señalar que algunos de los compuestos orgánicos volátiles están presentes en la generación de gases contaminantes producto del parque automotriz, el cual representa el 70% de la contaminación del aire y el 30% restante se origina producto de industrias, comercio y ciudadanos (Concepción, 2017). Asimismo, se puede considerar la reserva de las plantas en el vivero municipal del Centro Histórico de Lima como donativo para el proyecto mediante un formato de solicitud como muestra el **Anexo 4** “Formato de solicitud de plantas SERPAR”.

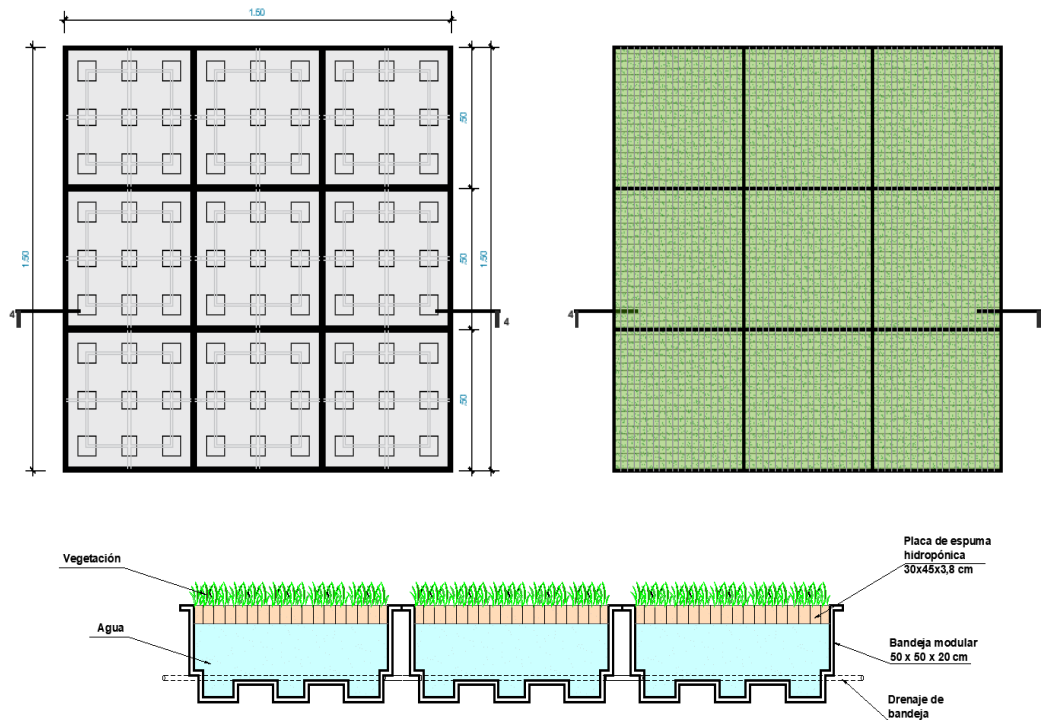
3.2. Diseño y tratamientos para el prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima.

Diseño

Según la encuesta el espacio disponible a ceder predominante es entre 2 m² a 3 m², sin embargo, se consideró espacios de 3 m² a 4m² y menos de 2m² como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 31.

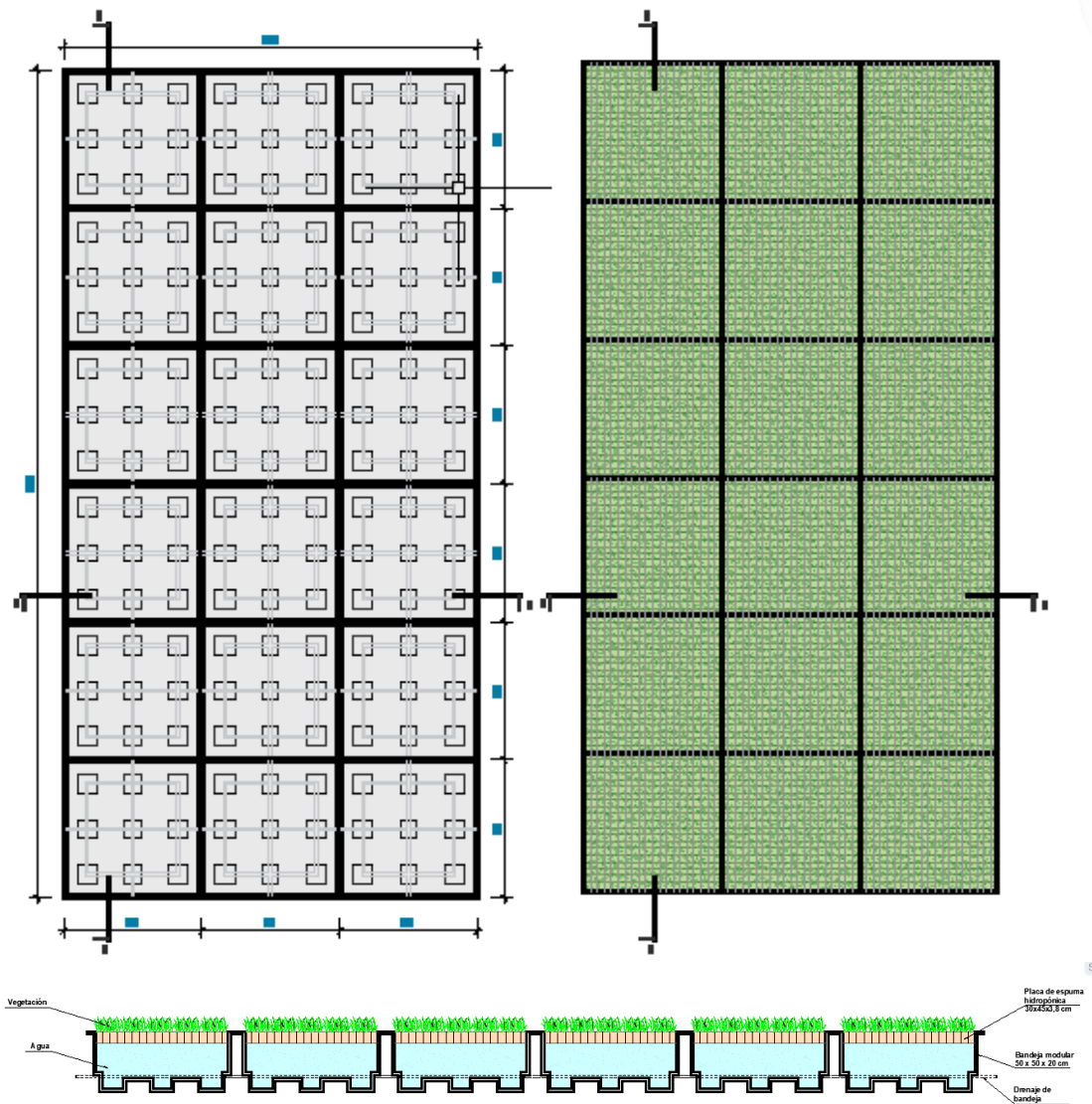
Propuesta techos verde menos de 2 m².



Nota: Elaboración propia

Figura 32.

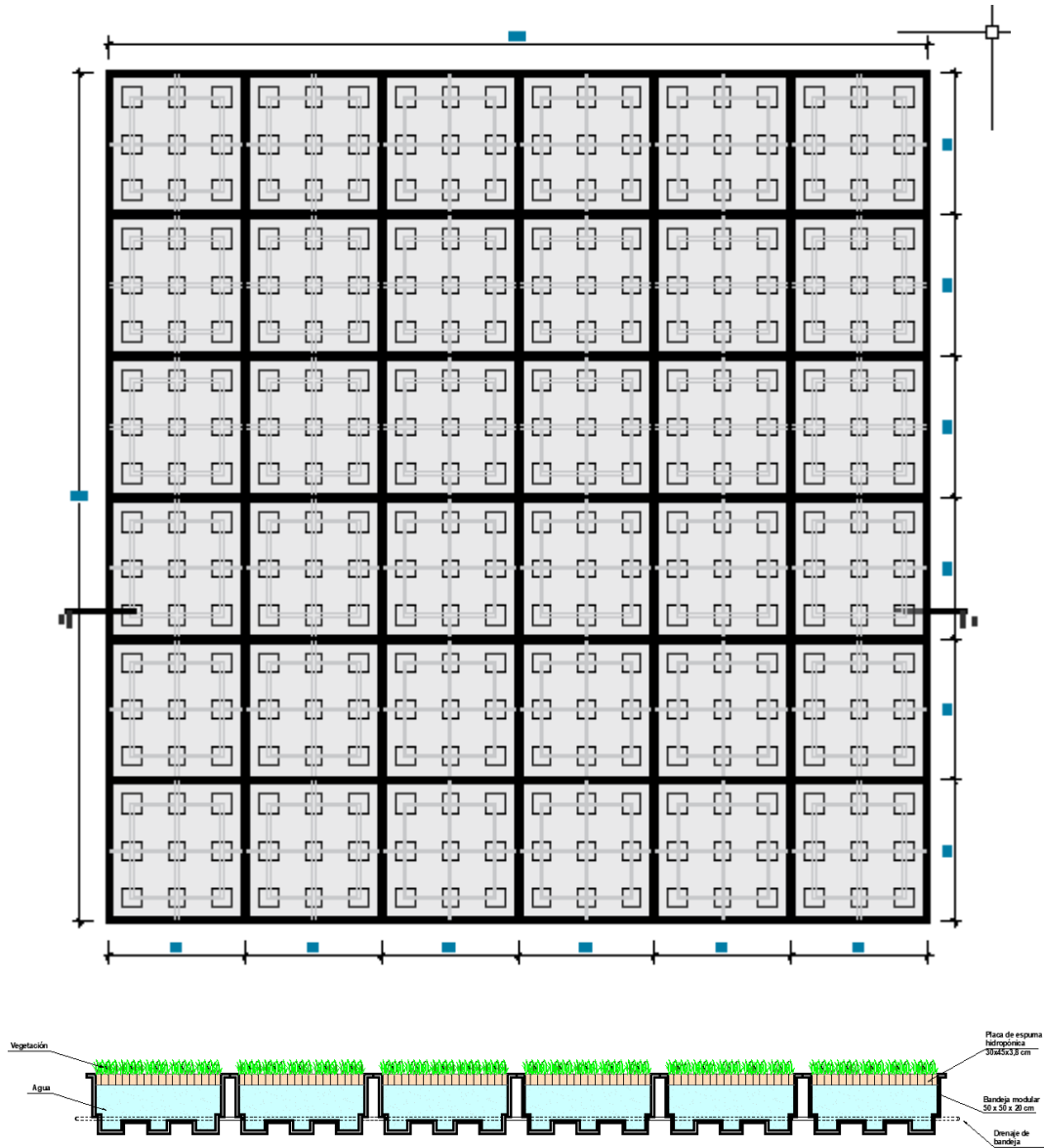
Propuesta de techo de 2. m² a 3 m².



Nota: Elaboración propia

Figura 33.

Propuesta de 3. m² a 4 m².



Nota: Elaboración propia

Parámetros fisicoquímicos de los sustratos para un techo extensivo

En cuanto a las características fisicoquímicas de los tratamientos según el análisis del laboratorio de suelos de la UNALM se obtuvo los siguientes resultados promedios por tratamiento:

Tabla 8.

Resultados promedios por tratamientos según características fisicoquímicas.

Tratamiento	pH	C.E dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CAO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
T0	7.34	0.83	0.85	0.07	0.27	0.32	2.27	1.30	6.97	0.16	6.69
T1	7.14	0.77	4.40	0.08	0.23	0.34	2.32	1.23	7.61	0.17	32.23
T2	7.32	0.72	2.63	0.07	0.22	0.29	2.33	1.20	7.63	0.18	22.39
T3	7.50	0.61	0.57	0.05	0.19	0.28	2.45	1.30	7.08	0.19	7.92
T4	7.27	0.68	2.29	0.08	0.21	0.31	2.29	1.67	7.33	0.17	17.91
T5	7.39	0.59	0.95	0.06	0.20	0.31	2.24	1.67	7.02	0.17	9.90

Nota: Elaboración propia.

Los resultados promedios de los parámetros físicos y químicos demostraron que:

En cuanto al pH todos los tratamientos se encontraron dentro del rango establecido en la Tabla 1 “Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo”, siendo estos resultados alcalinos y el que tuvo mayor valor fue el T3 con pH 7.5.

Con respecto a la salinidad máxima (C.E. dS/m) según los valores hallados se observó que todos los tratamientos están dentro del rango establecido en la Tabla 1 “Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo” que es de 0 a 5 dS/m. Lo cual indica que los tratamientos poseen baja concentración de sales y permitirá el crecimiento de la planta.

Con relación a la materia orgánica (M.O.) se determinó que los datos obtenidos con mayor porcentaje fueron la T1 con 4.40%, en segundo lugar, está la T2 con 2.63% y en tercer lugar la T4 con 2.29%. Según la página española AGRINOVA “La utopía del 5% de materia orgánica”, la T1 sería un suelo extremadamente rico de la misma forma la T2 y T4 serían medianamente ricos. Sin embargo, la T0, T3 y T5 serían suelos pobres en materia orgánica.

Con respecto al nitrógeno (N) se observa que todos los valores obtenidos están entre 0.06% y 0.08%.

En el Óxido de fosforo (P_2O_5) se evidencia que el tratamiento T3 tiene el menor valor con 0.19% seguido por el T5 con 0.20%; cuyos valores están dentro del rango establecido en la Tabla 1 “Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo”, es decir un parámetro menor o igual a 0.2%. Con relación a los demás tratamientos se obtuvo que T4, T1, T2 y T0 obtuvieron 0.21%, 0.23%, 0.22% y 0.27% respectivamente, dichos valores sobrepasan por una mínima diferencia al rango ideal.

En el Óxido de Potasio (K_2O), se notó que los tratamientos estuvieron dentro del rango establecido por los valores dados de la Tabla 1 “Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo”, es decir un parámetro menor o igual a 0.7% siendo

estos para la T0, T1, T2, T3, T4 y T5 los valores de 0.32%, 0,34%, 0.29%, 0.28%, 0.31% y 0.31% respectivamente. Se evidenció que no existe evidencia significativa entre los tratamientos con respecto a este parámetro.

En el Óxido de Calcio (CaO) se apreció que los resultados para los tratamientos T0, T1, T2, T3, T4 y T5 fueron 2.27%, 2.32%, 2.33%, 2.45%, 2,29% y 2.24% respectivamente.

Con Óxido de Magnesio (MgO) se obtuvo que todos los valores estuvieron por encima del rango establecido en la Tabla 1 “Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo”, es decir un parámetro menor o igual al 0.2%.

Respecto al porcentaje de Humedad (Hd) se evidenció que los valores más altos lo obtuvieron el tratamiento T2 con 7.63% y le sigue el tratamiento T1 con 7.61% y el T4 con 77.3%. Una humedad superior al 65% puede indicar condiciones de insuficiente de aireación, por falta de acondicionador y valores inferiores al 20% pueden reflejar insuficiente de estabilización del sustrato, por falta de humedad.

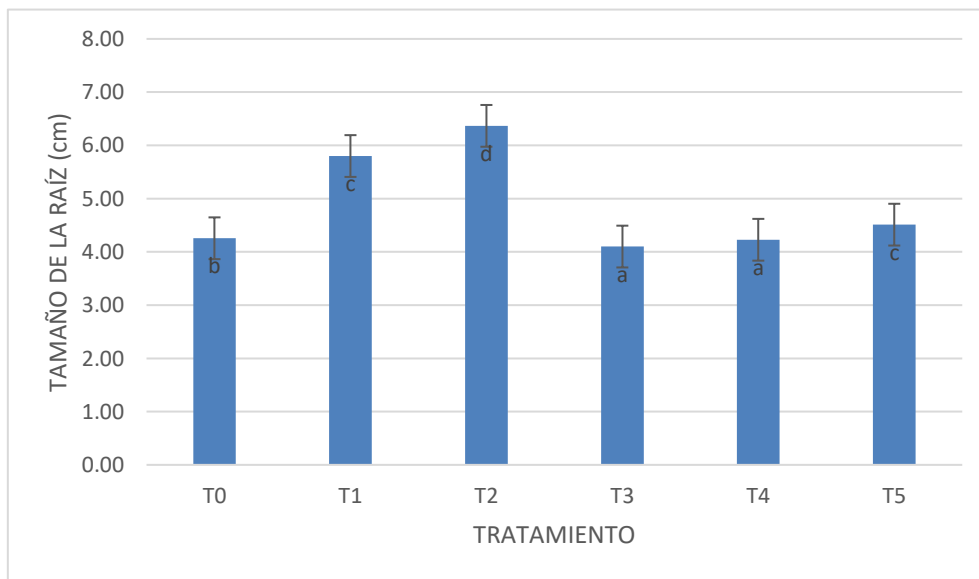
Con respecto a la relación Carbono /Nitrógeno (C/N) se observó que la T1 tuvo 32.23, T2 tuvo 22,39 y T4 tuvo 17,91. Verificamos que en todos los tratamientos se usó la cascarilla de arroz., además Si el valor arrojado es muy elevado indica que se puede disminuir la disponibilidad de nitrógeno para las plantas.

Características fenológicas de la especie *Crássula ovata gollum*

Según las características fisicoquímicas de la especie *Crássula ovata gollum* se obtuvieron los siguientes resultados promedios de los 6 tratamientos:

Figura 34.

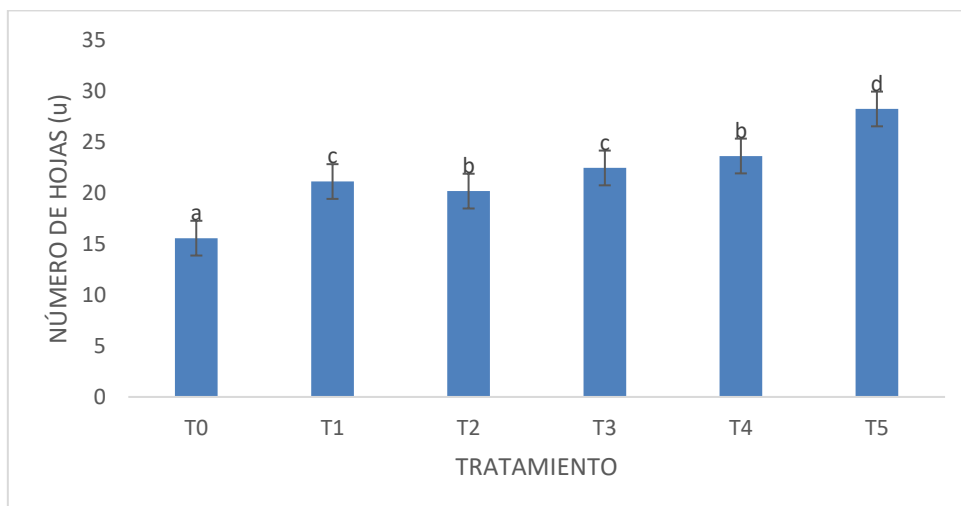
Variación estándar del tamaño de la raíz por cada tratamiento.



Nota: La figura 34 muestra el tamaño de la raíz promedio (n=9) en la especie vegetal *Crássula ovata gollum* en los diferentes tratamientos. Del análisis estadísticos Tukey se obtuvo una probabilidad de 0.011, rechazando la H0 planteada al inicio ($p > 0.05$). Para saber que tratamiento tiene una varianza significativa del resto, se procedió al cálculo de la diferencia honestamente significativa (HSD = 2.17); obteniendo como resultado que el T2 y T3 tienen una varianza significativa.

Figura 35.

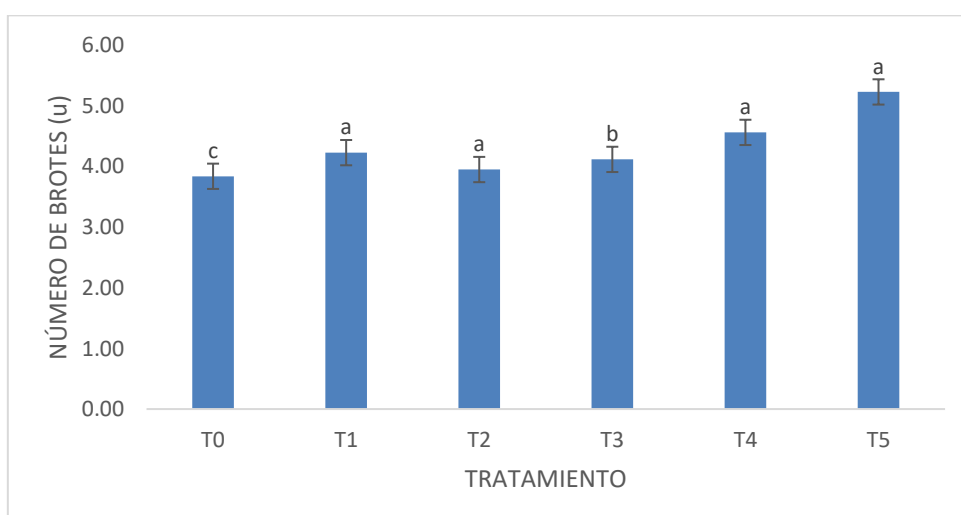
Variación estándar del número de hojas por cada tratamiento.



Nota: La figura 35 muestra el número de brotes (n=9) en la especie vegetal *Crássula ovata gollum* en los diferentes tratamientos. Del análisis estadísticos Tukey se obtuvo una probabilidad de 0.031, rechazando la H0 planteada al inicio ($p > 0.05$). Para saber que tratamiento tiene una varianza significativa del resto, se procedió al cálculo de la diferencia honestamente significativa (HSD = 10.53); obteniendo como resultado que el T0 y T5 tienen una varianza significativa.

Figura 36.

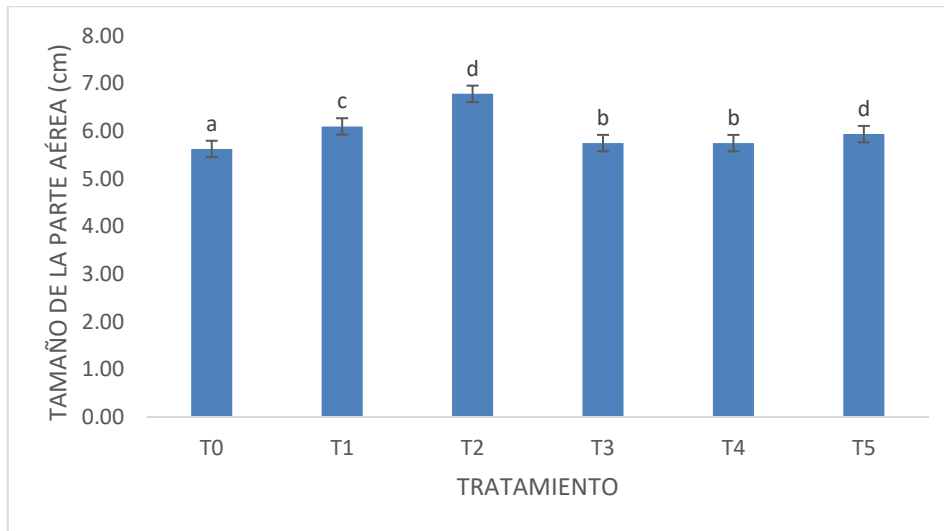
Variación estándar del número de brotes por cada tratamiento.



Nota: La figura 36 muestra el número brotes promedio (n=9) en la especie vegetal *Crássula ovata gollum* en los diferentes tratamientos. Del análisis estadísticos Tukey se obtuvo una probabilidad de 0.71, aceptando la H0 planteada al inicio ($p > 0.05$).

Figura 37.

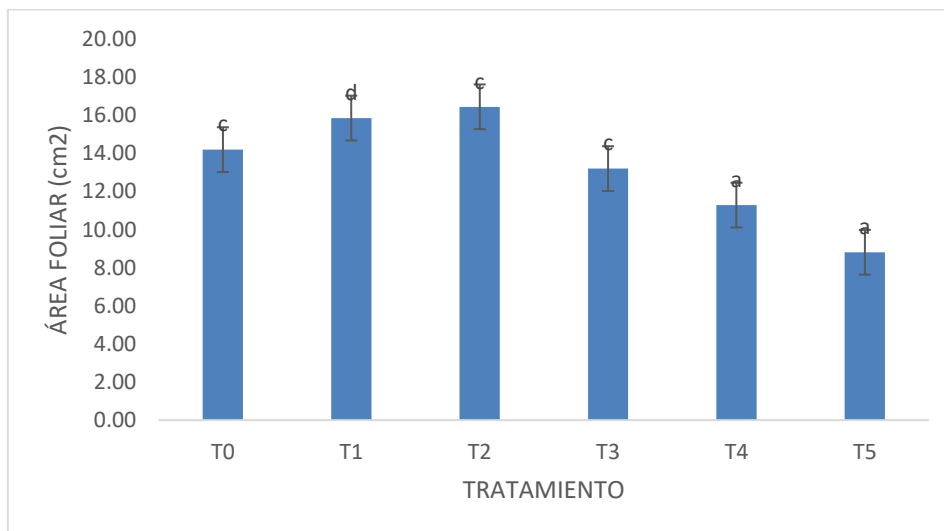
Variación estándar del tamaño de la parte aérea por cada tratamiento.



Nota: La figura 37 muestra el tamaño de la parte aérea (n=9) en la especie vegetal *Crássula ovata gollum* en los diferentes tratamientos. Del análisis estadísticos Tukey se obtuvo una probabilidad de 0.57, aceptando la H0 planteada al inicio ($p > 0.05$).

Figura 38.

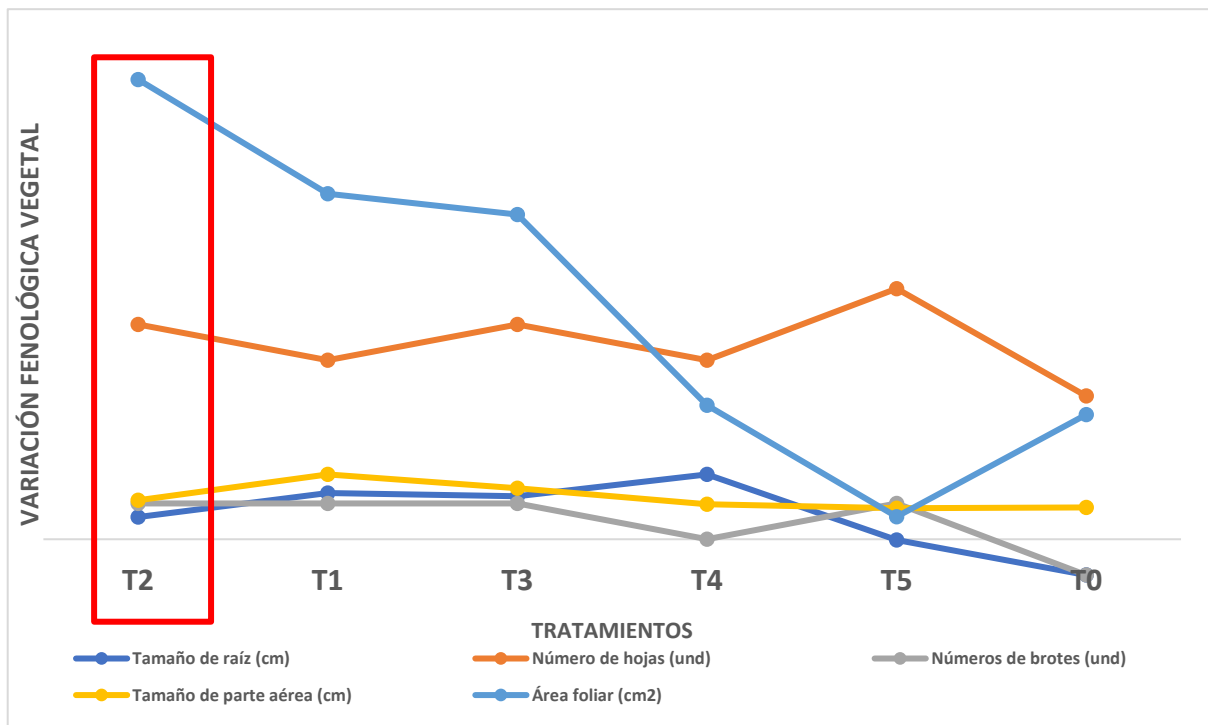
Variación estándar del aérea foliar por cada tratamiento.



Nota: La figura 38 muestra el aérea foliar (n=9) en la especie vegetal *Crássula ovata gollum* en los diferentes tratamientos. Del análisis estadísticos Tukey se obtuvo una probabilidad de 0.0039, rechazando la H0 planteada al inicio ($p > 0.05$). Para saber que tratamiento tiene una varianza significativa del resto, se procedió al cálculo de la diferencia honestamente significativa (HSD = 5.95); obteniendo como resultado que el T1, T2 y T5 tienen una varianza significativa.

Figura 39.

Clasificación de tratamientos según su variación fenológica vegetal.



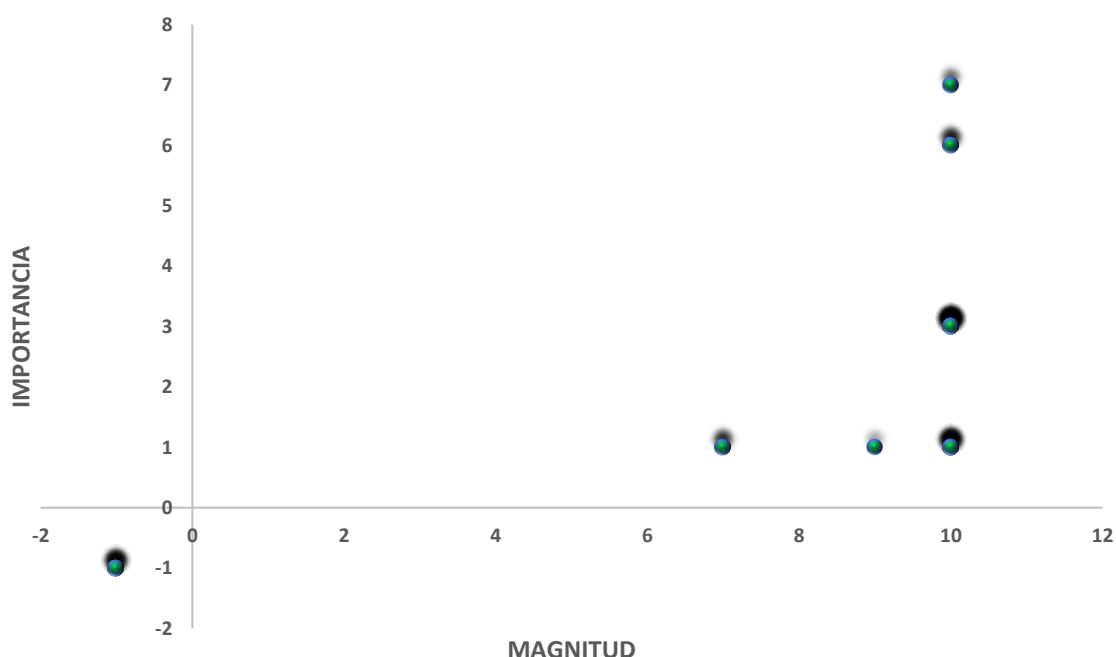
Nota: En la figura 39, se observó que el T2 mostró mejores resultados frente a los demás tratamientos. Este tratamiento compuesto de tierra de chacra 50%, más cascarilla de arroz 25%, más perlita 25% ayudo al crecimiento de la especie *Crassula ovata gollum*; ya que está compuesta de sustratos orgánicos e inorgánicos que en conjunto brindan nutrientes y aeración al medio del crecimiento. Otros de los tratamientos favorables para la especie *Crassula ovata gollum* es el T1; seguido del T3. Logrando inferir que los tratamientos compuestos con cascarilla de arroz contribuyen al desarrollo fenológico de la especie vegetal.

3.3. Identificación de los impactos ambientales para implementar el prototipo de techos verdes extensivos con sistema en bandejas livianas en el Centro Histórico de Lima.

Según la valoración que arrojó la Matriz de Leopold para identificar los impactos positivos y negativos se deduce lo mostrado en las siguientes figuras:

Figura 40.

Efectos positivos y negativos que ocurren al implementar el prototipo.



Nota: En el caso de la figura 40, los efectos positivos que ocasiona el proyecto son mucho más substanciales que los negativos, tanto en magnitud como en importancia, por esta razón se evidencia una mayor aglomeración de impactos positivos en el primer cuadrante del plano cartesiano; así mismo en menor medida se observan impactos negativos en el tercer cuadrante. Por lo tanto, el proyecto será beneficioso para el medio ambiente.

Figura 41.

Comparación de los impactos negativos frente a los impactos positivos



Nota: En el caso de la figura 41, se puede observar con facilidad cómo los efectos positivos que ocasiona el proyecto son mayores respecto a los negativos. Además, se evidenció que la implementación del proyecto genera 66 impactos positivos; es decir representa el 84.6% frente a los impactos negativos con 12, el cual representa el 15.4% siendo estos de bajo impacto. Por ello implementar el proyecto traerá beneficios al medio ambiente y a la sociedad.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Con respecto a la aceptación de implementar techos verdes extensivos, en la investigación de Morán, Merizalde y Plaza (2013) evidenciaron que el 71,4% de la población encuestada estuvo dispuesta a cambiar su techo actual por un techo verde, siempre y cuando generen beneficios adicionales como por ejemplo la regulación de la temperatura, ahorro de energía eléctrica, limpieza del aire, regulación de la humedad, entre otros; así mismo en el artículo de Áviles, Murillo y Alcívar (2017) demostraron la aceptación de su propuesta donde obtuvieron el 94.6% de aceptación ya que las personas estaban dispuestas a apoyar iniciativas ecológicas en desarrollo como la implementación de techos verdes en hotelorías. Dichos resultados son similares con la presente investigación pues se demostró la aceptación de implementar techos verdes extensivos con bandejas livianas obteniendo el 79% de aceptación de los encuestados por ende siempre que los pobladores entiendan los beneficios que trae implementar un techo verde estarán dispuestos a cambiar su techo convencional por uno que aporte cambios positivos en su entorno.

Por otro lado, Salas (2017) en su investigación determinó que el 96.6% de encuestados estuvieron dispuestos a pagar montos entre e \$ 1 000 a \$ 2 000 dólares; sin embargo, el 98% de las personas les gustaría que al pagar sus impuestos puedan obtener un descuento económico por la implementación de techos verdes, lo cual contribuiría con la Ordenanza N° 232 dada por la Municipalidad de San Miguel. Bajo esos datos, los encuestados en la presente investigación indicaron que están dispuestos a pagar por la adquisición de un techo verde extensivo un monto entre s/401.00 a s/500.00 soles y a ceder entre 2m² y 3m² del espacio disponible en sus azoteas para la implementación de este, además el 81% de los encuestados no están dispuestos a realizar su propio mantenimiento del espacio, por lo que podrían pagar un monto entre s/51.00 – s/80.00 soles mensuales.

Entonces es factible que los pobladores estén dispuestos a pagar y a ceder espacio en su azotea para su techo verde al saber que el proyecto traerá beneficios ambientales y socioeconómicos.

En cuanto a la percepción ambiental, Díaz (2017) en su investigación demostró que los encuestados desconocen el tema de Techos Verdes en un 63% y solo el 23% habían escuchado hablar sobre los techos verdes. Por otro lado, en relación con aquellos que conocen los beneficios el 22% concibe una mejora en la calidad del aire, luego está los beneficios para la salud con el 11% y la minoría consideró un aislamiento térmico y ahorro energético en un 5% y 3% respectivamente. En la presente investigación se obtuvo que el 43% y el 28% de los encuestados consideró al medio ambiente como muy importante e importante respectivamente, no obstante, el 49% desconoce los beneficios de un techo verde, de estos el 41% manifiesta que sería bueno para la salud y el 31% mejoraría la calidad del aire. Por otra parte, al 77% le gustaría tener plantas mientras que el 18% ya las posee; además la especie vegetal preferente fueron las ornamentales. Entonces se entiende que los pobladores entienden la problemática ambiental que atraviesa la ciudad; sin embargo, desconocen a detalle los beneficios de implementar techos verdes.

En consideración al diseño del techo verde, Motlagh et al. (2021) en su artículo realizaron la aplicación de una versión optimizada de la alternativa semi-intensiva que ofrece un medio de crecimiento para plantar césped, plantas perennes y arbustos: además propone insumos ecoeficientes y rentables como biorresiduos y materiales reciclados. Sin embargo el presente estudio consideró que fuera de manera extensiva con sistema en bandejas livianas conformado en su mayoría por materiales económicos y fáciles de adquirir, por ejemplo triplay, ángulos, botellas de plástico y medios de crecimiento ligeros como cascarilla de

arroz, perlita y tierra de chacra ya que es la alternativa más viable debido a las características de infraestructura del Centro Histórico de Lima.

Con relación a la elección del mejor medio de crecimiento, en el artículo de Cruz et al. (2019) evaluaron las propiedades físicas de mezclas de lombricompost (L) con cascarilla de arroz (C), piedra pómez (P) y tezontle (T) en proporciones de 80:20, 65:35 y 20:80 v/v respectivamente, los mejores resultados demostraron que las mezclas L/C 20:80 y L/T 80:20 tienen mejor capacidad de aireación y densidad aparente. A sí mismo en el artículo de Alanoca et al. (2021) evaluaron las características fenológicas de la col rizada en tres diferentes sustratos con dosis de biol resultando como mejor tratamiento el T13 conformado por cascarilla de arroz más tierra preparada estándar (2:1:1:2) con una dosis de biol al 10% donde en conjunto se obtuvo mayor número de hojas, crecimiento y área foliar de la especie vegetal evaluada. De igual modo en la investigación de Guamangate y Orovio (2021) determinaron que el mejor tratamiento fue con la cascarilla de arroz, ya que fue el sustrato más apropiado para plantas de teca por su rentabilidad. Dichos resultados son similares con la presente investigación donde el mejor tratamiento fue la T2 compuesto por tierra de chacra 50%, cascarilla de arroz 25% y perlita 25%; luego destacó el tratamiento T1 compuesto por tierra de chacra 60%, cascarilla de arroz 40%; seguido del T3 compuesto por tierra de chacra 70% y perlita 30%, estos tratamientos fueron evaluados según sus características fisicoquímicas en cuanto a pH, MO, C.E. relación C/N entre otros ayudando al rendimiento de la especie vegetal, por ello los medios de crecimiento con presencia de cascarilla de arroz son más favorables para la especie vegetal, pues es un sustrato liviano, posee buen drenaje, aireación, es de origen biológico, posee tasa de descomposición baja, alto grado de silicio y presenta buena inercia química.

En cuanto al rendimiento y características de la especie vegetal, en el artículo de Garibaldi y Liberato (2015) evaluaron el crecimiento de la especie vegetativa suculenta, (*Mammillaria gracilis*, *Sempervivum montanum*, *S. tectorum*, *Ledebouria socialis* y *Crassula conmutata*) y vitroplantas (*Agave rzedowskiana*) en tierra negra y jal en proporción de 50/50 y turba con jal 50/50 donde obtuvieron que la especie *Crassula conmutata* tuvo mejores resultados ya que creció 1.63cm y su número de brotes fue de 9.2 en el sustrato tierra negra con jal. De igual forma Serrato (2014) en su tesis instaló un muro con 6 plantas crasas, 2 niveles por factor con 12 repeticiones: *Echeveria simulans*, *Haworthia fasciata*, *Mammillaria compressa*, *Mammillaria voburnensis*, *Sedum moranense* y *Sempervivum tectorum*. a las cuales les otorgó suministro hídrico sólo mediante lluvia directa y un abono orgánico donde evaluó la tasa de crecimiento relativo, porcentaje de supervivencia, cobertura y altura, concluye que el muro verde de cero riegos fue funcional y estable, pues la supervivencia de las plantas fue del 100%. En la presente investigación se evaluó a la especie *Crássula ovata gollum* en diferentes medios de crecimiento destacando el tratamiento T2 ya que se obtuvo los mejores resultados en cuanto al área foliar con 12.84 cm², número de brotes 1 und, tamaño de la parte aérea con 1.09 cm y mantuvo el color característico de la especie; por lo tanto, la especie *Crássula ovata gollum* se puede adaptar a condiciones climáticas extremas, es decir a temperatura altas y bajas entre el día y la noche, pocas precipitaciones, vientos, alto grado de insolación además de ser resistente al déficit de agua y desarrollarse mejor en sustratos que presenten aireación y buen drenaje.

En relación con la evaluación de los impactos ambientales, Mero (2018) en su tesis de grado realizó la valoración de los impactos ambientales generados por implementar un parque forestal en su casa de estudios, donde obtuvo 115 impactos positivos y 47 negativos de baja magnitud e intensidad por lo que propuso acciones correctivas para mitigar los impactos negativos; concluyendo que el proyecto es viable para el medio ambiente. Por

otro lado, en la investigación de Morán, Merizalde y Plaza (2013) en su proyecto e Eco-Roofs solo analizaron los impactos generados producto de las actividades operacionales de instalación de un techo verde, pese a ello obtuvieron 136 impactos positivos y 22 impactos negativos llegando a la misma conclusión. Sin embargo, en la presente investigación se evaluó los impactos ambientales utilizando la matriz de Leopold teniendo en cuenta las cuatro etapas de un proyecto: planeación, ejecución, cierre y mantenimiento tal como lo propone la Guía para la caracterización e identificación de los impactos ambientales; donde se generó 66 impactos positivos y 12 impactos negativos los cuales fueron de utilidad para una línea base y así poder ejecutar la propuesta con una mínima o nula generación de cargas ambientales; entonces la implementación de techos verdes con bandejas livianas es viable en el Centro Histórico de Lima ya que al utilizar la metodología de Leopold resulta que el número de beneficios positivos al medio ambiente son superiores que los impactos negativos.

Con relación a la generación de impactos ambientales Torres (2022) en su investigación también utilizó la metodología de Leopold para determinar la viabilidad de su proyecto de construcción de vías peatonales, vehiculares y áreas verdes, obtuvo que el mayor grado de significancia fue en la etapa de construcción porque involucró demoliciones, disposición de residuos, generación de ruido, afectación del aire y con respecto a los impactos positivos consiguió la generación de empleo. Así mismo en la valoración de techos verdes extensivos con bandejas livianas se consiguió una afectación en cuanto al uso de energía, combustible y generación de efluentes, pero con baja grado de importancia; en cuanto a los impactos positivos resaltan la generación de empleo, la reutilización de botellas de plástico, desechos agrícolas como la cascarilla de arroz, la mejora de la calidad del aire, paisaje urbano y beneficios a la salud. Por ende, se determinó que en la etapa de ejecución siempre se generan impactos negativos debido a que existe

una mayor intervención del hombre con el medioambiente; sin embargo, es posible aplicar medidas correctivas que minimicen los impactos negativos.

4.2. Limitaciones

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se han identificado limitaciones asociadas a la voluntad de intervención por parte de la población en el área de estudio para la aplicación de las encuestas, por lo que la distribución de los posibles techos verdes no será uniforme en el área de estudio, por tanto, existe una menor correlación espacial de los beneficios ecosistémicos de las cubiertas verdes.

4.3. Implicaciones

Por otro lado, debido a la situación actual en la que el mundo entero se encuentra a causa de la pandemia por la COVID-19 que presenta dificultades no previstas en una prepandemia para realizar un trabajo de campo adecuado y hacer observación directa en la instalación de los techos verdes in situ, con la medición de los indicadores mediante análisis de parámetros físicos y químicos para evaluar los beneficios que representen la solución a la problemática de contaminación en el Centro Histórico de Lima. prácticas de ahorro de agua y cuidado ambiental.

4.4. Conclusiones

Se elaboró el prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas el cual es aplicable en el Centro Histórico de Lima demostrando la aceptación del proyecto, dando un valor agregado al residuo agroindustrial, cascarilla de arroz, se probó la adaptabilidad de la especie vegetal *Crássula ovata gollum*, se diseñó un prototipo para techos extensivos tomando en cuenta las características de infraestructura de la zona en estudio y a su vez se utilizó materiales reutilizables y económicos; además el proyecto destacó por sus impactos ambientales positivos que benefician al medio

ambiente. Todo ello contribuyó a los objetivos del Plan Maestro del Centro Histórico de Lima 2019 con visión al 2035.

El nivel de aceptación social para implementar el prototipo de techos verdes extensivos en el Centro Histórico de Lima fue favorable con el 79% de aceptación a la implementación del proyecto.

Respecto al mejor tratamiento, se identificó que fue el T2 debido a que la especie vegetal *Crássula ovata gollum* tuvo los mejores resultados en cuanto a sus características fenológicas con respecto a los demás medios de crecimiento. En cuanto a las características fisicoquímicas de cada sustrato se evidenció que los tratamientos que presentaron cascarilla de arroz se encontraron dentro del rango establecido en la Tabla 1 “Parámetros físicos y químicos de los sustratos para techo verde extensivo”. Por ello se infiere que los tratamientos compuestos con cascarilla de arroz contribuyen al desarrollo fenológico de la especie vegetal.

Se identificó que, del total de impactos generados, el 84.62% corresponde a los impactos positivos; teniendo como los más representativos el empleo, la reutilización de botellas de plástico, la utilización de la especie vegetal *Crássula ovata gollum*, la cascarilla de arroz como parte del mejor tratamiento, la mejora de la calidad del aire y el paisaje urbano, así como beneficios a la salud. Respecto a los impactos negativos son representados por el 15.38%, los cuales se generarían por el uso de energía tal es el caso de la electricidad y el combustible; además de la generación de efluentes; sin embargo, estos son de bajo impacto. Por ello con un plan de mitigación se podrían reducir sus efectos dando una oportunidad de mejora a favor del cuidado ambiental del Centro Histórico de Lima.

REFERENCIAS

- Alanoca , J., Aruhuisa , C., Bustillos , L., Capiona , D., Choquehuanca , R., Helguero , A., & Tinco, E. (2021). Evaluación inicial de la col rizada (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) en tres diferentes sustratos en macetas. *Revista Estudiantil Agro-Vet*. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2523-20372021000100006&script=sci_arttext&tln=es
- Avilés, T. Y., Murillo, M. V., & Alcívar, R. (2017). Modelo de Gestión Operativa y Financiera:Techos Verdes para Hosterías Cantón Salinas. *Polo del Conocimiento*. Obtenido de file:///C:/Users/USR-33/Downloads/129-348-2-PB.pdf
- Barbaro, L., Soto, S., & Santiago, M. (2017). *Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos)*. (E. I. CNIA., Ed.) 1ra. Edición. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/sustrato_para_techos_verdes_sustentables_extensivos.pdf
- Basilio, A., Gregorio, A., Hinostroza, J., & Salva, J. (2019). *Estudio de pre factibilidad para el establecimiento de un servicio de instalación de techos verdes y jardines verticales*. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/31393395-f93c-49e9-a040-83b428c82172/content>
- Bhargava, B., Malhotra, S., Chandel, A., Rakwal, A., Kashwap, R. R., & Kumar, S. (2021). Mitigación de los contaminantes del aire interior utilizando plantas en macetas de palma Areca en entornos de la vida real. *Volumen de Investigación de Ciencias Ambientales y Contaminación*, 28, 8898–8906. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-020-11177-1>
- Bilderback, T., Warren, S., Owen, J., & Albano, J. (2005). Los sustratos sanos también necesitan exámenes físicos. *Ciencia de cultivo de viveros*. Obtenido de file:///C:/Users/USR-33/Downloads/Bilderback%20et%20al%202005%20Healthy-substrates%20need%20physical%20too%20HortTechnology.pdf
- Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el Estado Lara, Venezuela. *Biagro*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85714162006.pdf>
- Browne, J. (2015). “*Desarrollo de un Techo Vivo con Especies Nativas del Monte; restitución de superficie natural en la trama urbana de zonas áridas*”

- Norpatagónicas. Argentina. Obtenido de <http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncomaid/6771/Tesis%20Jeremias%20Browne%20%28Final%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, S., Aldrete, A., Lopez, J., & Ordaz, V. (2019). Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. *Madera y bosques*. doi:10.21829/myb/2019.2521520
- Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada. (s.f.). *Valoración económica. Metodologías de valoración*. Recuperado el Junio de 2021, de La valoración ambiental: <http://www.ugr.es/~buribe/3127/1y2ciclo/emarn/Temas/tema06/1.php>
- Concepción, E. (2 de octubre de 2017). ONG Aire Limpio: "Parque automotor origina el 70% de la contaminación del aire en Lima". Lima, Perú. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/actualidad/el-parque-automotor-origina-el-70-de-la-contaminacion-del-aire-en-lima-noticia-1080213?ref=rpp>
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (marzo de 2009). Proyecto flora Ibérica: el reto más ambicioso de la botánica española. *El diario del Jardín Botánico*, págs. 1-9. Obtenido de <https://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubrjb/diariorjb2.pdf>
- Contreras, O., & Villegas, P. (2019). Techos verdes para la gestión integral del agua: caso de estudio Chapinero, Colombia. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(5). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222019000500282&script=sci_arttext
- Cresenciana, V. (2017). *Valoración económica y ambiental de los servicios que ofrecen los techos verdes a las familias de la urbanización el Pinar – Comas, 2017*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3634/Victorio_TCM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cristobal, J. (2019). *Techos verdes y sus beneficios*. Lima: Universidad Científica. Obtenido de <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1477/TB-Cristobal%20J.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruz, E., Can, Á., Pineda, J., Moreno, D., Auilar, G., & García, j. (2019). Relación entre las propiedades físicas de mezclas de lombricompost con tezontle, piedra pomez y

- cascarilla de arroz. *Agrociencias*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Joel-Pineda/publication/331478181_Relationship_between_the_physical_properties_of_the_lombricompost_mixtures_with_tuff_pumice_and_rice_husk/links/5c813b8792851c6950607374/Relationship-between-the-physical-properties-of
- Defensoria del Pueblo. (2007). *Informe Extraordinario. Los conflictos socioambientales por actividades extractivas en el Perú*. Perú. Obtenido de https://www.defensoria.gob.pe/modules/Downloads/informes/extraordinarios/inf_extraordinario_04_07.pdf
- Dellavedova, M. G. (2016). *Guía Metodológica para la Elaboración de una Evaluación de Impacto Ambiental*. La Plata. Obtenido de file:///C:/Users/vania/Downloads/Ficha-N%C2%BA-17-Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf
- Díaz, K. (2017). *Implementación de techos verdes en el Centro Comercial Palatino de Bogotá*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16518>
- Erdem, A. (2018). Cubiertas y fachadas verdes: una revisión exhaustiva. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(1). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117313680>
- Espora. (2019). *urbanespora*. Obtenido de <http://www.urbanespora.com/wp-content/uploads/Espora-Cubierta-Verde-Modulos.pdf>
- Estacio, J. (2010). *Análisis de vulnerabilidad ante sismos del Centro Histórico de Lima*. Sistema Nacional de Defensa Civil. LIMA, PERÚ: Cooperazione Internazionale.
- Esteves, A. (2019). Propuesta de gestión ambiental para la implementación de una nueva línea de servicios “Techos verdes” en la empresa “Lombrisa” Lambayeque-Perú. 2016. *Revista YACHAQ*, 1(1), 79-98. doi:<https://doi.org/10.46363/yachaq.v1i1.48>
- Florián, P., & Roca, D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo*. Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf

- Franco, J. T. (28 de Enero de 2019). *Archdaily*. Obtenido de ¿Cuáles son las capas de un techo verde y cómo impermeabilizarlo utilizando membranas líquidas?: <https://www.archdaily.pe/pe/909268/cuales-son-las-capas-de-un-techo-verde-y-como-impermeabilizarlo-utilizando-membranas-liquidadas>
- Garibaldi, E., & Portillo, L. (2015). Crecimiento de plantas suculentas en dos tipos de sustratos. *Nakari*, 33-40. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Liberato-Portillo/publication/324526951_CRECIMIENTO_DE_PLANTAS_SUCULENTAS_EN_DOS_TIPOS_DE_SUSTRATOS/links/5ad2c52a458515c60f51dfbb/CRECIMIENTO-DE-PLANTAS-SUCULENTAS-EN-DOS-TIPOS-DE-SUSTRATOS.pdf
- Gomez, M. E. (2019). *La gestión integrada de residuos y desechos sólidos como estrategia para la prevención de impactos ambientales negativos en el casco urbano de Chicacao, Suchitepequez, Guatemala*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12906/1/TRABAJO%20DE%20GRADUACION%20C3%93N.pdf>
- Gretter, K., & Rowe, B. (2009). La profundidad del sustrato influye en la comunidad de plantas de Sedum en un techo verde. *Ciencia Hortícola*. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.2.401>
- Guamangate, Y., & Orovio, D. (2021). *Tres tipos de sustratos en la germinación de las plantas de Teca (Tectona grandis Linn F.) en el recinto Chipe Hamburgo 2, Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7740/1/UTC-PIM-000353.pdf>
- Guillot, D., Laguna, E., & Rosselló, J. A. (2008). La familia Crassulaceae en la flora alóctona valenciana. *Bouteloua*, 4. Obtenido de http://www.floramontiberica.org/bouteloua/monogbouteloua_04_crassulaceae.pdf
- Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A., & Moreno, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabí, Ecuador: Área de innovación y desarrollo S.L. doi:<https://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Hernández, G. (1996). Tasas de elongación de frondos de *macrocystis pyrifera*(L.)AG.en Baja California Sur México. *Ciencias Marinas*, 57-72. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/480/48022105.pdf>

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Heros, E. (2018). *UNALM frente al cambio climático en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Lima. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/unalm-frente-al-cambio-climatico-en-el-cultivo-de-arroz-oryza-sativa-l/>
- INEI. (2020). *Anuario de Estadísticas Ambientales*. Perú. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf
- Irga, P. J., Pettit, T. J., & Torpy, F. R. (2018). La fitorremediación de la contaminación del aire interior: una revisión del desarrollo tecnológico desde la planta en maceta hasta los biofiltros funcionales de pared verde. *Reseñas en Ciencias Ambientales y Bio/Tecnología*, 17, 395–415. doi:<https://doi.org/10.1007/s11157-018-9465-2>
- Jaulis, J., & Pacheco, A. (2014). *Producción de Marigold (Tagetes patula cv. Durango orange) en diferentes medios de crecimiento, bajo condiciones de vivero de la Universidad Nacional Agraria la Molina*. Lima, Perú. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i1.762>
- Kleeberg, F., & Ramos, J. (2009). Aplicación de las técnicas de muestreo en los negos y la insutria. *Ingeniería Insutrial*(27), 11-40.
- Klein, B. (2018). *Nueve maneras en que los techos verdes generan ciudades y edificios más verdes*. Obtenido de <https://www.facilitiesnet.com/roofing/article/9-Ways-Green-Roofs-Bring-Greener-Cities-Buildings--18054>
- Krellenberg, K., Welz, J., & Link, F. (2017). *Cambio climático, vulnerabilidad urbana y adaptación a nivel municipal*. Santiago de Chile: Ril Editores.
- León, J. D. (2011). *Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo* (Johan Alexander Correa ed.). Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf>
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). *Un procedimiento para evaluar un impacto ambiental*. Washington.
- López, N., Domínguez, C., Barreto, W. M., López, L., Soria, M., Lizano, R., & Montesinos, V. (2020). Almacenamiento de agua de lluvia en medios urbanos utilizando techos

- verdes. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 32(2). Retrieved from http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962020000200054
- Magos López, N. A. (10 de Octubre de 2022). *Dirección de la Comunicación de la Ciencia*. Obtenido de Las plantas del futuro Fotosíntesis CAM: <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/plantasdelfuturofotosintesiscam/>
- Malan, C., & Notten, A. (2016). *Crassula ovata Planta África*. Jardín Botánico Nacional de Kirstenbosch. Obtenido de http://opus.sanbi.org/bitstream/20.500.12143/3254/1/Crassulaovata_PlantzAfrica.pdf
- Masdar. (2018). *JARDINES VERTICALES*. Obtenido de <https://masdarjardines.com.ar/>
- Mero, R. A. (2018). *Estudio de Impacto ambiental del proyecto: "Implementación del parque forestal de la UNESUM*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1070/1/UNESUM-ECUADOR-ING.M-2018-13.pdf>
- MINAGRI. (2019). *Análisis económico por cultivo priorizado*. Obtenido de <https://gestionparticipativa.pe.iica.int/Procesos/Marco-Orientador-Cultivos/Presentacion/Analisis-economico-por-cultivo-priorizado/Arroz-en-cascara.aspx>
- MINAM. (2016). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Perú. Obtenido de <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/443/BIV01713.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAM. (2018). *Guía para la elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - SEIA*. Perú. Obtenido de http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/368-2018-rm_1.pdf
- MINAM. (2022). *Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA*. Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2908982/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Identificaci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20impactos%20ambientales%20en%20el%20marco%20del%20SEIA.pdf?v=1647283733>

- Ministerio del Ambiente. (2016). *Gúia de valoración económica del patrimonio natural*. Lima: MINAM. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GVEPN-30-05-16-baja.pdf>
- Morales, J., Cristancho, M., & Baquero, G. (2017). Tendencias en el diseño, construcción y operación de techos verdes para el mejoramiento de la calidad del agua lluvia. Estado del arte. *Ingeniería del Agua*, 21(3). Obtenido de https://watermark.silverchair.com/ia20176939.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooa n9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAmUwggJhBgkqhkiG9w0BBwagg JSMIICTgIBADCCAkGCSqGSIb3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQM9 mtlJthMDxzZMoV6AgEQgIICGKrxv0ZSBFYDGdY66TDejMGr8GKk_vnFYNu POXCU0TdP
- Morán, P., Merizalde, F., & Plaza, V. (2013). *Plan de Negocios: Eco-Roofs*. Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/30692/D-P11809.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Motlagh, S. H., Pons, O., & Hosseini, S. M. (2021). Modelo de sostenibilidad para evaluar la idoneidad de las alternativas de techos verdes para la reducción de la contaminación del aire urbano aplicado en Teherán. *Edificación y Medio Ambiente*, 194, 107683. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107683>
- ONU. (18 de febrero de 2021). *Noticias ONU*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2021/02/1488332>
- Ordoñez, P. A., Chicaiza, C. D., & Reyes, M. V. (2022). Factibilidad para implementar una hostería ecológica en el cantón Archidona, Napo-Ecuador. *Diario Mundo verde*, 1-15. doi:<https://doi.org/10.53313/gwj51012>
- Organización de las Naciones Unidas. (8 de diciembre de 2018). *Hace falta un cambio radical para construir edificios más ecológicos*. Obtenido de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2018/12/1447561>
- Pastor, N. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 1-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Pedraza, L. (2015). LA BIODEPURACIÓN DEL AIRE CON PLANTAS PURIFICANTES Y ORNAMENTALES, COMO ALTERNATIVA AMBIENTAL EN EL SIGLO XXI. *Tesis*, 177. Colombia. Obtenido de

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3767/PedrazaOrtizLadyJohana2016.pdf;jsessionid=C37035F5AA8F2F12023A3FD3CC9F64D6?sequence=1>

Perez, L. (2017). Techos verdes, una estrategia frente al cambio climático. *RIA. Revista de Investigaciones*, 43(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/864/86451165004.pdf>

Pérez, L., & González, D. (2016). *Techos verdes apropiados para viviendas en La Habana*. La Habana. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gonzalez-Couret-Dania/publication/313821441_APPROPRIATE_GREEN_ROOFS_FOR_HOUSING_IN_HAVANA/links/58a75b4aa6fdcc0e078aedd7/APPROPRIATE-GREEN-ROOFS-FOR-HOUSING-IN-HAVANA.pdf

Perliindustria. (2020). *Fiha Técnica Perlita V-13*. Barcelona. Obtenido de <https://perliindustria.com/pdf/es/PerlitaV13.pdf>

Perliindustria. (2019). *icha técnica vermiculita V RA*. Barcelona. Obtenido de <https://perliindustria.com/pdf/es/VermiculitaV3.pdf>

Pino Infante, G. (2006). *Estado actual de las suculentas en el Perú*. Perú.

Ponce, V. (2008). *La matriz de Leopold para la valoración del impacto ambiental*. Obtenido de http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html

PROLIMA. (5 de diciembre de 2019). *Plan Maestro del Centro Histórico de Lima (al 2029 con visión al 2035)*. Obtenido de Municipalidad de Lima: <https://aplicativos.munlima.gob.pe/extranet/plan-maestro/>

Rodríguez, D., & Ramirez, M. (2019). *Flora Suculenta en el Municipio de la Plata (Huila)*. La Plata. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7212/Flora_suculenta.pdf?sequence=1

Rodríguez, J. (2018). Una aproximación a la valoración económica y social de las externalidades ambientales para el entorno residencial de la base aérea de gando a través de precios hedónicos. El valor del ruido. *Tesis*, 251. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:ED-Pg-EcoyEmp-Jfrodriquez>

Rodríguez, M. (2017). Propuesta de diseño de techo verde en azotea para vivienda en zona de expansión urbana en el Distrito de Nuevo Chimbote, 2017. *Tesis*. Nuevo

- Chimbote, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12237/rodriguez_pm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, McLaughlin, & Pennock. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Salas, F. (2017). *Propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada de Estados Unidos en el Distrito de San Miguel, para cumplir con la meta 8 de biodiversidad de Aichi*. San Miguel-Perú. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/2856/salas_af.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sanchez, M. (2017). *Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de cascarilla de arroz y puzolana natural*. Obtenido de <file:///C:/Users/USR-33/Downloads/ICbetakj.pdf>
- Sebastián, M., & Analia, F. (2016). Cubiertas verdes y jardines verticales. Sistemas constructivos que optimizan el control térmico de la envolvente Edilicia. *Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 09.39-09.46. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66894/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Senamhi. (7 de mayo de 2023). *Pronóstico de la calidad del Aire, para Lima Metropolitana*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/servicios/?dp=lima&p=pronostico-calidad-del-aire>
- Serrato, S. (2014). *Modelo de muros verdes con plantas crasas para el oriente de la ciudad de México*. México. Obtenido de https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_serrato_gallardo.pdf
- SINIA. (2018). *Indicador: Superficie de área verde urbana por habitante en Lima Metropolitana*. Lima. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/998>
- SINIA. (2018). *Indicador: Superficie de área verde urbana por habitante en Lima Metropolitana*. Lima. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/998>
- Sociedad de Investigación del Desarrollo del Paisaje y Paisajismo. (2018). *Lineamientos para la Planificación, Ejecución y Conservación de sitios con Techo Verde*. Obtenido de

https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2019/01/FLL_greenroofguidelines_2018.pdf

Torres, B. (2022). *Impactos ambientales en la construcción de vías vehiculares, peatonales, áreas verdes en Av. Juan Velazco Alvarado- Distrito de Pillco Marca-Huánuco 2020*. Huánuco. Obtenido de <file:///C:/Users/USR-33/Downloads/TORRES%20YLANZO,%20Benjamin%20Alessandro.pdf>

Universidad Autónoma de Madrid. (2012). *Protocolo para la medición de características funcionales. Proyecto inventario florístico de la región Madidi*. Madrid. Obtenido de <http://www.mobot.org/mobot/research/madidi/protocolos/ProtocoloCaracterFuncionales.pdf>

Yong, S. (2015). Efecto de varias luces suplementarias sobre el crecimiento de *Crassula ovata* en la temporada de invierno. *Revista de investigación de flores*. doi:10.11623/frj.2015.23.2.14

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de percepción sobre techos verdes

<p>El siguiente cuestionario pretende conocer cuál es la percepción sobre techos verdes en el Centro Histórico de Lima, para así orientar la elaboración de una propuesta de diseño de techos verdes extensivos con sistema en bandejas, por lo tanto, luego de la presentación del diseño y el proceso de instalación. Los datos de la encuesta son anónimos, además tanto su contenido como los resultados serán tratados con la máxima confidencialidad.</p>	
<p>Instrucciones: Responda cada uno de los ítems del cuestionario de acuerdo con su condición y punto de vista, haciendo uso de un aspa “x” para indicar la respuesta.</p>	
<p>I. DATOS GENERALES</p>	
1	¿En qué calle vive actualmente?
	Avenida Emancipación
	Jirón Camaná
	Avenida Caylloma
	Jirón Rufino Torrico
	Jirón Moquegua
2	¿En qué rango de edad se encuentra usted?
	Menor a 25 años
	Entre 26 y 40 años
	Entre 41 y 60 años
	Más de 61 años
<p>II. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA</p>	
3	¿Cuál es la tenencia de su vivienda?
	Propia
	Alquilada
	Otro (señale)
4	¿Cuál es el material de su vivienda?
	Adobe
	Madera
	Material noble
	Quincha / Estera
	Otro (señale)
5	¿Cuál es el uso del predio?
	Solo vivienda
	Vivienda y Actividad Comercial
	Actividad Comercial
6	El techo de su vivienda lo usa para:
	Tendedor
	Mascotas
	Ático
	Plantas
	Todas las anteriores
	Ninguna
7	¿Cuánto espacio tiene disponible en el techo de su vivienda?
	Menos de 9 m ²
	Entre 9 m ² y 25 m ²
	Entre 25 y 50 m ²

	Más de 50 m ²
III. PERCEPCIÓN AMBIENTAL	
8	¿Dentro de su estilo de vida, que tan importante es para usted el cuidado del medio ambiente?
	Muy importante
	Importante
	Moderadamente importante
	Poco importante
	Nada importante
9	¿Usted tiene o le gustaría tener plantas en casa, ya sea en macetas o jardines?
	Tengo
	Me gustaría
	No me agrada la idea
10	¿Usted estaría dispuesto a implementar techos verdes en su vivienda?
	a) Si
	b) No
11	¿Sabe cuáles son los beneficios que le provee los techos verdes?
	a) Sí
	b) No
12	De haber respondido con un SI a la pregunta anterior ¿sobre qué beneficios tiene conocimientos?
	Ahorro de energía
	Beneficios de la salud
	Aislamiento acústico
	Mejor calidad de aire
13	¿Qué tipo de plantas desearías tener si se le presenta una propuesta de instalación de techos verdes?
	Plantas ornamentales
	Plantas comestibles
	Plantas aromáticas
	Todas las anteriores
14	¿Cuánto espacio de su techo disponible ud está dispuesto a ceder para implementar el techo verde?
	Menos de 2m ²
	Entre 2 m ² y 3m ²
	Entre 3m ² y 4 m ²
	Más de 4m ²
IV. PERCEPCIÓN ECÓNOMICA	
15	¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por metro cuadrado en la instalación de techos verdes? Sabiendo que en el actual mercado el precio varía entre S/200.00 - S/500.00 por metro cuadrado.
	Entre s/ 300.00 – s/. 400
	Entre s/ 401.00 – s/ 500.00
	Entre s/ 501.00 – s/ 600.00
	Más de s/ 601.00
16	¿Estaría dispuesto a pagar un monto adicional por un servicio eco amigable?
	Si
	No

17	Habiendo aceptado lo anterior pregunta; indique el monto
	Hasta s/ 50.00
	Entre s/ 50.00 – s/ 80.00
	Entre s/ 80.00 – s/ 120.00
	Más de s/ 120.00

Fuente: Adaptado de MINAM (2019)¹ y Basilio et al (2019)²

1. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-caracterizacion-residuos-solidos-municipales>
2. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/9121>

Anexo 2. Estrategias para la prevención de riesgos por implementar azoteas verdes.

Tabla 1.

Estrategias para prevención de riesgos.

Estrategias	Propósito	Escenarios	Pautas
<p>Norma de Diseño Eólico para Sistemas de Cubiertas Vegetativas RP14 (SPRI, 2016)</p>	<p>Evitar la remoción de la vegetación cuando el viento sopla por encima de la vivienda que puede causar graves daños tanto al techo verde como a la estructura.</p>	<p>Cuando se utilice bandejas contorneadas entrelazadas con más de 100 mm de profundidad para los medios de crecimiento.</p>	<p>Se debe instalar una caja de drenaje perforada envuelta con una tela de filtro sobre el drenaje para mantener los medios de crecimiento como ayudante para mantener las raíces de las plantas fuera del desagüe.</p> <p>A menudo se incorporan capas de aire/drenaje y la caja de drenaje debe tener una tapa, la cual debe inspeccionarse dos veces al año para asegurarse de que esté limpia.</p> <p>Por otro lado, los medios de crecimiento deben tener un peso seco mínimo de 49 kg/m² de material orgánico más material inorgánico, incluyendo piedras para aumentar el soporte.</p>
<p>Estándar de diseño de fuego externo para techos con vegetación VF-1 (SPRI, 2017)</p>	<p>Disminuir el riego potencial de incendio de la vegetación debido a eventos naturales en el área.</p>	<p>Cuando el techo vegetal comparte una parte de la superficie con un sistema de techo convencional.</p>	<p>Se debe instalar una zona fronteriza con borde continuo mínimo de 1 m de ancho libre de vegetación y media creciente.</p> <p>No se recomiendan los techos con vegetación donde la velocidad del viento de diseño es superior a 62 m / s (140 mph).</p> <p>Se debe eliminar el follaje muerto y el nivel de humedad de la media creciente debe ser revisado regularmente.</p>
<p>Procedimiento para investigar la resistencia a la penetración de raíces en techos con vegetación VR-1 (SPRI, 2011)</p>	<p>Verificar la protección de la cubierta, pues las raíces de las plantas pueden hundirse en el techo de la casa, rasgando el material y comprometiendo la estructura general.</p>	<p>Cuando la membrana está compuesta por múltiples capas de diferentes materiales, se evalúa la capa de la superficie superior del material a probar</p>	<p>Escala de la cobertura de superficie: Inadecuado = <50%, Adecuado = 50–75%, Bueno => 75%.</p> <p>Las dimensiones internas de los recipientes utilizados en la prueba no deben ser inferiores a 500 mm x 500 mm x 200 mm.</p> <p>Si durante la fase de prueba se pierde más del 25% de las plantas, la investigación se iniciará de nuevo, es decir, se realizarán nuevas plantaciones.</p>

Nota: Industria de techos de una sola capa, 2021.

Anexo 3. Medidas de los parámetros fenológicos de la especie *Crássula ovata gollum* al inicio y final del tratamiento

Tabla 2.

Medidas de los parámetros fenológicos de la especie Crássula ovata gollum al inicio y final del tratamiento.

		FENOLOGÍA VEGETAL	PARÁMETROS INICIALES	PARÁMETROS FINALES	
TRATAMIENTO 0	R1	PLANTA 1	Tamaño de la raíz (cm)	38	39
			Número de hojas	20	20
			Número de brotes	6	6
			Color	VERDE /PUNTA ROJIZO	VERDE /PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4.6	55
			Área foliar (cm ²)	13.857	17.17
		PLANTA 2	Tamaño de la raíz (cm)	83	53
			Número de hojas	13	13
			Número de brotes	1	2
			Color	VERDE /PUNTA ROJIZO	VERDE /PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4.9	68
			Área foliar (cm ²)	14.441	21.6
		PLANTA 3	Tamaño de la raíz (cm)	49	52
			Número de hojas	9	14
			Número de brotes	5	3
			Color	VERDE /PUNTA ROJIZO	VERDE OSCURO/PUNTAS ROJAS
			Tamaño de la parte aérea (cm)	7	72
			Área foliar (cm ²)	12.865	20.14
	R2	PLANTA 4	Tamaño de la raíz (cm)	55	29
			Número de hojas	11	22
			Número de brotes	13	5
			Color	VERDE	VERDE /PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4.8	67
			Área foliar (cm ²)	11.535	19.65
PLANTA 5		Tamaño de la raíz (cm)	28	28	
		Número de hojas	14	20	
		Número de brotes	7	1	
		Color	VERDE /PUNTA ROJIZO	VERDE /PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	4.3	47	
		Área foliar (cm ²)	12.572	12.9	
PLANTA 6	Tamaño de la raíz (cm)	68	37		
	Número de hojas	9	14		
	Número de brotes	4	4		

		Color	VERDE	VERDE/PUNTA ROJIZO	
TRATAMIENTO 1	R3	Tamaño de la parte aérea (cm)	5.7	68	
		Área foliar (cm ²)	24.607	17.18	
		PLANTA 7	Tamaño de la raíz (cm)	38	40
			Número de hojas	16	18
			Número de brotes	2	1
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	5	52	
		Área foliar (cm ²)	8.109	11.59	
		PLANTA 8	Tamaño de la raíz (cm)	34	32
	Número de hojas		17	17	
	Número de brotes		2	2	
	Color		VERDE CLARO/PUNTA ROJIZO	VERDE CLARO/PUNTA ROJIZO	
	Tamaño de la parte aérea (cm)		5.1	61	
	Área foliar (cm ²)		8.442	11.24	
	PLANTA 9	Tamaño de la raíz (cm)	35	28	
		Número de hojas	15	18	
		Número de brotes	1	4	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	5.2	56	
		Área foliar (cm ²)	5.581	11.83	
	R1	PLANTA 10	Tamaño de la raíz (cm)	105	83
Número de hojas			27	40	
Número de brotes			9	6	
Color			VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
Tamaño de la parte aérea (cm)			5.7	87	
Área foliar (cm ²)			10.256	24.24	
PLANTA 11		Tamaño de la raíz (cm)	39	56	
		Número de hojas	29	41	
		Número de brotes	3	5	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	7.7	95	
		Área foliar (cm ²)	10.144	17.4	
PLANTA 12		Tamaño de la raíz (cm)	40	68	
		Número de hojas	17	25	
		Número de brotes	3	6	
	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	7.6	90		
	Área foliar (cm ²)	30.215	39.64		
R2	PLANTA 13	Tamaño de la raíz (cm)	47	82	
		Número de hojas	19	21	
		Número de brotes	3	4	

	R3	PLANTA 14	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5	68
			Área foliar (cm ²)	7.858	20.61
		PLANTA 15	Tamaño de la raíz (cm)	40	74
			Número de hojas	17	22
			Número de brotes	3	8
		PLANTA 16	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5.6	71
			Área foliar (cm ²)	7.82	14.4
			Tamaño de la raíz (cm)	58	43
	Número de hojas		18	20	
	Número de brotes		7	5	
	PLANTA 17	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	4.6	56	
		Área foliar (cm ²)	7.458	12.16	
		Tamaño de la raíz (cm)	42	47	
		Número de hojas	12	15	
		Número de brotes	4	1	
	PLANTA 18	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	4.2	63	
Área foliar (cm ²)		7.881	19.45		
Tamaño de la raíz (cm)		41	70		
Número de hojas		11	12		
Número de brotes		1	3		
PLANTA 19	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	3.3	46		
	Área foliar (cm ²)	7.33	24.23		
	Tamaño de la raíz (cm)	52	57		
	Número de hojas	17	17		
	Número de brotes	1	4		
PLANTA 20	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	3	54		
	Área foliar (cm ²)	10.188	13.84		
	Tamaño de la raíz (cm)	83	83		
	Número de hojas	26	38		
	Número de brotes	8	5		
R1	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	6.5	82		
	Área foliar (cm ²)	9.983	18.15		
	Tamaño de la raíz (cm)	84	56		
	Número de hojas	16	30		
	Número de brotes	7	7		
TRATAMIENTO 2	Color	VERDE	VERDE/PUNTA ROJIZO		

	R2	PLANTA 21	Tamaño de la parte aérea (cm)	5.2	58
			Área foliar (cm ²)	8.231	41.595
			Tamaño de la raíz (cm)	142	68
			Número de hojas	17	22
			Número de brotes	3	1
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	7.4	86
	Área foliar (cm ²)	9.546	20.603		
	R3	PLANTA 22	Tamaño de la raíz (cm)	42	82
			Número de hojas	17	20
			Número de brotes	2	2
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	3.6	46
			Área foliar (cm ²)	10.257	20.634
		PLANTA 23	Tamaño de la raíz (cm)	41	74
			Número de hojas	19	24
			Número de brotes	3	5
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4.4	64
			Área foliar (cm ²)	11.764	19.847
		PLANTA 24	Tamaño de la raíz (cm)	37	43
Número de hojas			11	18	
Número de brotes	3		3		
Color	VERDE		VERDE/PUNTA ROJIZO		
Tamaño de la parte aérea (cm)	4.2		62		
Área foliar (cm ²)	13.12		20.689		
R3	PLANTA 25	Tamaño de la raíz (cm)	32	47	
		Número de hojas	14	17	
		Número de brotes	5	1	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	7.4	82	
		Área foliar (cm ²)	7.674	14.14	
	PLANTA 26	Tamaño de la raíz (cm)	41	70	
		Número de hojas	18	21	
		Número de brotes	3	4	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	9.1	95	
PLANTA 27	Área foliar (cm ²)	10.289	21.662		
	Tamaño de la raíz (cm)	43	57		
	Número de hojas	16	19		
	Número de brotes	4	5		
	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	8.3	84		

TRATAMIENTO 3	R1	PLANTA 28	Área foliar (cm ²)	9.227	28.307
			Tamaño de la raíz (cm)	38	55
			Número de hojas	32	46
			Número de brotes	5	4
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5.4	58
		Área foliar (cm ²)	8.453	16.272	
		PLANTA 29	Tamaño de la raíz (cm)	38	42
			Número de hojas	24	37
			Número de brotes	7	8
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5.6	65
			Área foliar (cm ²)	5.315	11.916
		PLANTA 30	Tamaño de la raíz (cm)	49	41
			Número de hojas	22	30
			Número de brotes	6	8
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	7.8	94
	Área foliar (cm ²)		9.192	21.457	
	R2	PLANTA 31	Tamaño de la raíz (cm)	32	41
			Número de hojas	14	18
			Número de brotes	0	3
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4.6	68
			Área foliar (cm ²)	9.917	28.305
		PLANTA 32	Tamaño de la raíz (cm)	31	62
			Número de hojas	13	16
			Número de brotes	2	2
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE
			Tamaño de la parte aérea (cm)	3.8	58
			Área foliar (cm ²)	11.351	20.081
		PLANTA 33	Tamaño de la raíz (cm)	25	53
			Número de hojas	12	12
			Número de brotes	2	3
Color			VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
Tamaño de la parte aérea (cm)			4.3	66	
Área foliar (cm ²)			8.274	18.966	
R3	PLANTA 34	Tamaño de la raíz (cm)	28	41	
		Número de hojas	28	32	
		Número de brotes	4	6	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	5.1	64	
		Área foliar (cm ²)	8.367	9.528	
		Tamaño de la raíz (cm)	45	46	

		PLANTA 35	Número de hojas	14	19
			Número de brotes	2	4
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4.7	61
			Área foliar (cm ²)	9.84	20.757
		PLANTA 36	Tamaño de la raíz (cm)	29	42
			Número de hojas	15	20
			Número de brotes	3	5
			Color	VERDE CLARO/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	4	47
TRATAMIENTO 4	R1	PLANTA 37	Área foliar (cm ²)	7.188	12.249
			Tamaño de la raíz (cm)	18	46
			Número de hojas	24	33
			Número de brotes	3	6
			Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
		PLANTA 38	Tamaño de la parte aérea (cm)	6.2	63
			Área foliar (cm ²)	6.39	14.505
			Tamaño de la raíz (cm)	38	45
			Número de hojas	32	31
			Número de brotes	3	6
PLANTA 39	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	7.4	91		
	Área foliar (cm ²)	7.307	17.949		
	Tamaño de la raíz (cm)	73	56		
	Número de hojas	27	30		
R2	PLANTA 40	Número de brotes	9	5	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	4.7	54	
		Área foliar (cm ²)	6.648	17.883	
		Tamaño de la raíz (cm)	28	55	
	PLANTA 41	Número de hojas	20	23	
		Número de brotes	2	7	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
		Tamaño de la parte aérea (cm)	3.5	61	
		Área foliar (cm ²)	7.529	8.749	
PLANTA 42	Tamaño de la raíz (cm)	39	48		
	Número de hojas	16	22		
	Número de brotes	5	3		
	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
	Tamaño de la parte aérea (cm)	4	45		
PLANTA 42	Área foliar (cm ²)	8.713	8.475		
	Tamaño de la raíz (cm)	22	71		
	Número de hojas	24	21		
		Número de brotes	2	3	

TRATAMIENTO 5	R3	PLANTA 43	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5.7	65
			Área foliar (cm ²)	8.411	12.844
		PLANTA 44	Tamaño de la raíz (cm)	32	54
			Número de hojas	12	15
			Número de brotes	2	2
			Color	VERDE	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5.3	59
			Área foliar (cm ²)	10.126	12.626
			PLANTA 45	Tamaño de la raíz (cm)	22
	Número de hojas	19		35	
	Número de brotes	10		5	
	Color	VERDE		VERDE/PUNTA ROJIZO	
	Tamaño de la parte aérea (cm)	4.8		62	
	Área foliar (cm ²)	15.338		14.341	
	R1	PLANTA 46	Tamaño de la raíz (cm)	27	46
			Número de hojas	14	27
			Número de brotes	3	6
			Color	VERDE	VERDE/PUNTA ROJIZO
			Tamaño de la parte aérea (cm)	5.7	61
Área foliar (cm ²)			14.183	10.947	
PLANTA 47		Tamaño de la raíz (cm)	33	47	
		Número de hojas	20	31	
		Número de brotes	4	6	
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
PLANTA 48	Tamaño de la parte aérea (cm)	4.2	59		
	Área foliar (cm ²)	7.324	8.642		
	Tamaño de la raíz (cm)	25	30		
	Número de hojas	12	33		
	Número de brotes	4	7		
	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO		
R2	PLANTA 49	Tamaño de la parte aérea (cm)	6.1	71	
		Área foliar (cm ²)	10.465	13.473	
		Tamaño de la raíz (cm)	120	32	
		Número de hojas	22	23	
		Número de brotes	2	4	
		Color	VERDE	VERDE/PUNTA ROJIZO	
	PLANTA 49	Tamaño de la parte aérea (cm)	8.9	105	
		Área foliar (cm ²)	10.919	12.544	
		Tamaño de la raíz (cm)	22	48	
		Número de hojas	38	45	
PLANTA 49	Número de brotes	5	4		
	Color	VERDE	VERDE/PUNTA ROJIZO		

R3		Tamaño de la parte aérea (cm)	6.5	73
		Área foliar (cm ²)	10.543	7.954
	PLANTA 50	Tamaño de la raíz (cm)	22	52
		Número de hojas	12	16
		Número de brotes	4	8
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
		Tamaño de la parte aérea (cm)	4.6	52
		Área foliar (cm ²)	9.694	6.799
	PLANTA 51	Tamaño de la raíz (cm)	63	71
		Número de hojas	41	60
		Número de brotes	8	5
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
		Tamaño de la parte aérea (cm)	6.5	73
		Área foliar (cm ²)	8.699	8.154
	PLANTA 52	Tamaño de la raíz (cm)	40	43
		Número de hojas	32	31
		Número de brotes	6	4
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
		Tamaño de la parte aérea (cm)	3.7	42
		Área foliar (cm ²)	7.099	4.897
	PLANTA 53	Tamaño de la raíz (cm)	42	38
		Número de hojas	20	22
		Número de brotes	2	3
		Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO
Tamaño de la parte aérea (cm)		4.7	46	
Área foliar (cm ²)		2.847	8.153	
PLANTA 54	Tamaño de la raíz (cm)	40	44	
	Número de hojas	24	26	
	Número de brotes	8	10	
	Color	VERDE/PUNTA ROJIZO	VERDE/PUNTA ROJIZO	
	Tamaño de la parte aérea (cm)	4.3	52	
	Área foliar (cm ²)	8.787	11.473	

Nota: Elaboración propia

Anexo 4. Formato de solicitud de plantas – SERPAR.

Señor:

CECILIA MONICA ESPICHE ELIAS

Secretario General de SERPAR – LIMA

Presento mi solicitud para participar en el Programa de Arborización y de esta manera contribuir para ser de Lima, una ciudad más verde y arbolada.

1.- ORGANIZACIÓN SOLICITANTE:				
Nombre de la organización e institución:				
Dirección:	Zona:			
Distrito:				
Referencia cómo llegar:				
N° de lotes:	N° de Habitantes:			
2.- DATOS DE LA PERSONA RESPONSABLE Y/O REPRESENTANTES DE LA ORG, AA.HH, ASOC. I.E., OTROS:				
Nombres y Apellidos:				
Cargo:	N° DNI:			
Dirección:				
Distrito:	Zona:			
Referencia cómo llegar:				
Teléfono Casa:	Celular:			
Correo Electrónico:				
3.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA A ARBORIZAR:				
Parque Principal <input type="checkbox"/>	Frontis de casa <input type="checkbox"/>	Espacios públicos <input type="checkbox"/>		
Avenida <input type="checkbox"/>	Berma Central o lateral <input type="checkbox"/>	Patio de I.E <input type="checkbox"/>		
Zona Ribereña <input type="checkbox"/>	Ladera de cerros <input type="checkbox"/>	Campo deportivo <input type="checkbox"/>		
4.- USO DE LA ZONA A ARBORIZAR:				
Recreacional <input type="checkbox"/>	Protección <input type="checkbox"/>	Ornamental <input type="checkbox"/>		
Cerco Perimétrico <input type="checkbox"/>	Uso productivo <input type="checkbox"/>	Otro señalar: _____		
5.- AREA A INTERVENIR (metros lineales, m² o Ha)				
6.- TIPO Y FUENTE DE AGUA				
TIPO	FUENTE			
Potable <input type="checkbox"/>	Tratadas <input type="checkbox"/>	SEDAPAL <input type="checkbox"/>	Camión cisterna <input type="checkbox"/>	
Regadío <input type="checkbox"/>	Aguas grises <input type="checkbox"/>	Canal o sequia <input type="checkbox"/>	Desagüe <input type="checkbox"/>	
		Plana de tratamiento <input type="checkbox"/>		
7.- Nro. ÁRBOLES REQUERIDOS:				
8.- Nro. DE PERSONAS INTERESADAS EN LA ARBORIZACIÓN:				
9.- COMO SE ENTERO DEL PROGRAMA:				
Programa de Arborización <input type="checkbox"/>		Ger. Part. Vec. <input type="checkbox"/>	Otro señalar: _____	
Nombre y Apellido del Promotor:				
Televisión <input type="checkbox"/>	Volantes <input type="checkbox"/>	Radio <input type="checkbox"/>	Periódico <input type="checkbox"/>	Conocido <input type="checkbox"/>
Firma del solicitante:	Fecha:			

10.- EN TAL SENTIDO SE ADJUNTAN LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS (*):

Copia de credencial o documento correspondiente reconocido por la Municipalidad como dirigente de la organización	<input type="checkbox"/>
Copia de DNI del dirigente o autoridad de la organización o institución educativa solicitante	<input type="checkbox"/>
Copia del documento de posesión y/o reconocimiento de la ficha registral por la SUNARP de la zona donde se realizará la arborización	<input type="checkbox"/>
Copia del plano ubicación de la organización o institución educativa solicitante, señalando el lugar donde se realizara la plantación.	<input type="checkbox"/>
Firma del solicitante:	Fecha:

Anexo 5. Matriz de Leopold para la identificación de los impactos ambientales para implementar el prototipo de techos verdes en el Centro Histórico de Lima.

Tabla 3.

Matriz de Leopold para la identificación de los impactos ambientales para implementar el prototipo de techos verdes en el Centro Histórico de Lima.

			1.- PLANIFICACIÓN										2.- EJECUCIÓN										3.- ENTREGA		4.- SEGUIMIENTO Y CONTROL				IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO		
			PROPÓSITO DEL PROYECTO	PROMOCIÓN DEL PROYECTO POR REDES SOCIALES Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN	UBICACIÓN DEL PROYECTO	INSTALACIÓN DE TECHOS VERDES EN LA VIVIENDA QUE ACEPTARON LA IMPLEMENTACIÓN	ADQUISICIÓN DE MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES EN AZOTEAS	TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y DESCARGA DE MATERIALES	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES	MEDICIÓN Y CORTE DE LAS BASES DE MADERA PARA LAS ESTRUCTURAS	TRANSPORTE DE MATERIALES A LAS VIVIENDAS QUE ACEPTARON LA IMPLEMENTACIÓN	IMPACTO DE ÁREA DISPONIBLE	MANEJO DE ESTRUCTURA DE MADERA BASE PRINCIPAL, LATERALES	CORTE E INSTALACIÓN DE BASE PLÁSTICA Y CAJETAS PARA DRENAJE	INSTALACIÓN DE MACETOS CON ENLACE EN LA BASE DE MADERA	INCORPORACIÓN DEL SISTEMA	PAINTACIÓN DE SUCULENAS	REGO	CEBACION DE ESPACIOS VERDES PASAJES EN AZOTEAS	CONTROL DE CALIDAD DEL SUELO Y ESPESOR (IMPEDIA MENSURA)	MANTENIMIENTO (REGO QUINCENAL)	PROMEDIO POSITIVO	PROMEDIO NEGATIVO	PROMEDIO ARITMÉTICO									
ABIÓTICO	1.- SUELO	CALIDAD	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	0	150	637	230	1775
		USO DE CASCARILLA DE ARROZ, TIERRA DE CHACRA, PERLITA	/	/	/	10	7	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	4	0			
	2.- AGUA	USO DE AGUA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	3	0	90			
		EFLUENTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-1	1	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	0	2			
	3.- AIRE	RUIDO	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	2	0	60			
		REDUCCIÓN DE CO2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	2	0	60			
BIÓTICO	4.- FLORA	CALIDAD	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	2	0	120				
		GENERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (POLVILLO)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-1	1	10	3	10	3	10	3	10	3	0	1	-1				
		REGULA TEMPERATURA AMBIENTAL	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	2	0	60			
		CAPTURA DE CO2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	2	0	60			
	5.- FAUNA	MAXIMIZA EL RECURSO HÍDRICO	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	2	0	60			
		PRODUCCIÓN DE OXÍGENO	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	2	0	120			
	6.- CALIDAD DE VIDA	ESPECIE VEGETAL (Crassula ovata gottum)	/	/	/	10	7	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	4	0	160			
		HABITAD	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	3	0	90			
	SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	7.- INTERESES ESTÉTICOS	SALUD	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	3	1	89			
			SEGURIDAD	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	0	1	-1		
8.- PEA		RECREACIÓN	/	/	7	1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	3	0	67			
		PAISAJISMO URBANO	/	/	7	1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	3	0	67			
9.- ENERGÍA	ORNATO Y ESTÉTICA EN AZOTEAS	/	/	7	1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	3	0	67				
	EMPLERO	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	17	0	170				
OTROS	10.- INFRAESTRUCTURA	COMERCIALIZACIÓN DE ESPECIE VEGETAL	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0				
		ELECTRICA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	2	-2			
	COMBUSTIBLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-1	1	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	0	2	-2				
	MATERIAL NO RECICLADO (PERFILES DE FIERRO, CLAVOS, MACETAS DE PLÁSTICO, CALAMINA, TRIPLAY, BARNIS)	/	/	-1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	0	1	-1				
MATERIAL RECICLADO	/	/	7	1	10	6	/	/	/	/	/	/	/	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	3	0	127					
RESIDUOS SÓLIDOS	/	/	-1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9	1	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	1	2	7					
PROMEDIO POSITIVO			1	1	5	1	4	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	3	11	5	14	7	4	66								
PROMEDIO NEGATIVO			0	0	2	2	0	1	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	12							
PROMEDIO ARITMÉTICO			10	10	36	8	8	210	9	10	7	9	19	9	20	10	20	370	120	460	210	119				1775							

Nota: Elaboración propio.

Anexo 6. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,acepto participar voluntariamente en esta investigación conducida por la Bachiller Vania Marjorie Arenas Rodriguez. He sido informado (a) que el objetivo de este estudio es elaborar un prototipo de techos verdes extensivos con sistema de bandejas livianas y determinar la aceptación e identificación de los impactos ambientales del proyecto para su aplicación en el Centro Histórico de Lima.

Me han informado también que tendré que responder a un cuestionario sobre “**Encuesta de percepción sobre techos verdes, con la finalidad de determinar la aceptación del prototipo**”, lo cual tomará aproximadamente entre 15 a 20 minutos.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y tener preguntas sobre mi participación en este estudio puedo contactar a la responsable de esta investigación al teléfono 9685908.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando haya concluido. Para esto puedo contactar al bachiller en mención líneas arriba.

DNI DEL PARTICIPANTE

NOMBRE DEL PARTICIPANTE

Fecha:

Anexo 7. Evidencia fotográfica de la investigación.



Nota: Llenado a la maceta del tratamiento 0 – tierra de chacra 100%.



Nota: Mezcla de sustratos del tratamiento 1 – tierra de chacra 60 % + cascarilla de arroz 40%.



Nota: Pesado del sustrato perlita para el tratamiento 3 – Tierra de chacra 70% + perlita 30%.



Nota: Rastrilleo del tratamiento 2 - tierra de chacra 50% + cascarilla de arroz 25% + perlita 25%.



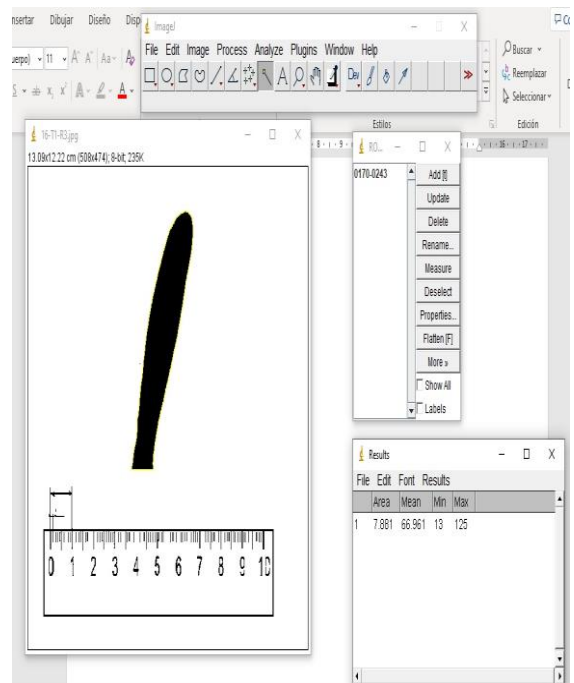
Nota: Medición del tamaño aéreo de la *Crassula ovata gollum* N° 29.



Nota: Medición del tamaño de la raíz de la *Crassula ovata gollum* N°12



Nota: Fotografía de la especie vegetal *Crassula ovata gollum* 54 unidades.



Nota: Medición del área foliar con el programa IMAGEJ



Nota: Construcción de la estructura para el prototipo de techos verdes en bandejas livianas.



Nota: Construcción de la estructura para el prototipo de techos verdes en bandejas livianas.



Nota: Construcción de la estructura para el prototipo de techos verdes en bandejas livianas.



Nota: Construcción de la estructura para el prototipo de techos verdes en bandejas livianas.



Nota: Colocación de las macetas en la estructura




Nota: Instalación de la estructura.




Nota: Prototipo de techos verdes instalados.

Anexo 8. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T0 (Tierra de Chacra 100%)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES




INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : VANIA MARJORIE ARENAS RODRIGUEZ
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CERCADO DE LIMA
 MUESTRA DE : SUSTRATO (TIERRA DE CHACRA)
 REFERENCIA : H.R. 77808
 BOLETA : 5370
 FECHA : 07/10/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
573	TDR1	7.33	0.88	1.73	0.08	0.29	0.32
574	TDR2	7.34	0.81	0.55	0.07	0.24	0.33
575	TDR3	7.34	0.81	0.28	0.07	0.28	0.32


Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
573	TDR1	2.15	1.31	6.87	0.15	12.71
574	TDR2	2.01	1.15	6.97	0.14	4.89
575	TDR3	2.85	1.43	7.07	0.20	2.47

M.O. por oxidación.




Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Anexo 9. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T1 (Tierra de Chacra 60% más cascarilla de arroz 40%)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : VANIA MARJORIE ARENAS RODRIGUEZ

PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CERCADO DE LIMA

MUESTRA DE : TIERRA DE CHACRA 60% Y CASCARILLA DE ARROZ 40%

REFERENCIA : H.R. 77809


BOLETA : 5370

FECHA : 07/10/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
576	T1R1	7.17	0.76	4.74	0.07	0.22	0.36
577	T1R2	7.05	0.80	3.69	0.08	0.26	0.34
578	T1R3	7.19	0.76	4.76	0.08	0.20	0.32

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
576	T1R1	2.18	1.24	7.65	0.17	36.84
577	T1R2	2.51	1.35	7.56	0.18	26.96
578	T1R3	2.28	1.11	7.63	0.17	32.88

M.O. por oxidación.



Dr. Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

Anexo 10. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T2 (Tierra de Chacra 50% más cascarilla de arroz 25% más perlita 25%)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : VANIA MARJORIE ARENAS RODRIGUEZ
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CERCADO DE LIMA
 MUESTRA DE : TIERRA DE CHACRA 50%, CASCARILLA DE ARROZ 25% Y PERLITA 25%
 REFERENCIA : H.R. 77810
 BOLETA : 5370
 FECHA : 07/10/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
579	T2R1	7.29	0.66	3.11	0.07	0.21	0.28
580	T2R2	7.33	0.69	2.25	0.07	0.21	0.28
581	T2R3	7.34	0.80	2.52	0.07	0.23	0.30

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
579	T2R1	2.44	1.14	7.66	0.20	27.59
580	T2R2	2.30	1.13	7.77	0.18	19.98
581	T2R3	2.25	1.33	7.45	0.17	19.59

M.O. por oxidación.



Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Anexo 11. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T3 (Tierra de Chacra 70% más perlita 30%)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : VANIA MARJORIE ARENAS RODRIGUEZ

PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CERCADO DE LIMA

MUESTRA DE : TIERRA DE CHACRA 70% Y PERLITA 30%

REFERENCIA : H.R. 77812

BOLETA : 5370

FECHA : 07/10/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
585	T3R1	7.47	0.64	0.29	0.06	0.17	0.26
586	T3R2	7.46	0.62	0.29	0.06	0.19	0.25
587	T3R3	7.56	0.57	1.14	0.04	0.20	0.33


Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
585	T3R1	2.46	1.26	7.14	0.19	2.99
586	T3R2	2.48	1.41	7.08	0.20	3.00
587	T3R3	2.40	1.24	7.03	0.18	17.78

M.O. por oxidación.




Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Anexo 12. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T4 (Tierra de Chacra 50% más cascarilla de arroz 25% más vermiculita 25%)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES




INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : VANIA MARJORIE ARENAS RODRIGUEZ
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CERCADO DE LIMA
 MUESTRA DE : TIERRA DE CHACRA 50%, CASCARILLA DE ARROZ 25% Y VERMICULITA 25%
 REFERENCIA : H.R. 77811
 BOLETA : 5370
 FECHA : 07/10/2022

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
582	T4R1	7.24	0.72	2.02	0.09	0.19	0.31
583	T4R2	7.30	0.69	1.95	0.10	0.23	0.32
584	T4R3	7.26	0.64	2.91	0.06	0.20	0.31


N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
582	T4R1	2.13	1.75	7.29	0.16	12.55
583	T4R2	2.31	1.67	7.34	0.17	11.03
584	T4R3	2.44	1.58	7.35	0.18	30.14

M.O. por oxidación.




Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Anexo 13. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T5 (Tierra de Chacra 70% más vermiculita 30%)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : VANIA MARJORIE ARENAS RODRIGUEZ

PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CERCADO DE LIMA

MUESTRA DE : TIERRA DE CHACRA 70% Y VERMICULITA 30%

REFERENCIA : H.R. 77813


BOLETA : 5370

FECHA : 07/10/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
588	T5R1	7.39	0.59	1.42	0.05	0.19	0.30
589	T5R2	7.44	0.55	0.87	0.07	0.20	0.32
590	T5R3	7.35	0.62	0.57	0.06	0.21	0.31

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
588	T5R1	2.35	1.67	6.95	0.18	16.09
589	T5R2	2.20	1.67	7.04	0.17	7.72
590	T5R3	2.17	1.66	7.07	0.15	5.90

M.O. por oxidación.



Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

Anexo 14. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T5 (Tierra de Chacra 70% más vermiculita 30%)

TAMAÑO DE LA RAÍZ (cm)					
TO	T1	T2	T3	T4	T5
3.85	9.40	8.00	4.65	3.20	4.00
6.80	4.75	10.00	4.00	4.15	2.75
5.05	5.40	11.25	4.50	6.45	7.60
4.20	6.45	4.75	3.65	4.15	3.50
2.80	5.70	5.50	4.65	4.35	3.70
5.25	5.05	4.10	3.90	4.65	6.70
3.90	4.45	4.10	3.45	4.30	4.15
3.30	5.55	4.55	4.55	3.15	4.00
3.15	5.45	5.05	3.55	3.65	4.20

Media 4.26 5.80 6.37 4.10 4.23 4.51

H0 El promedio del tamaño de la raíz en los 6 tratamientos es igual, con un 95% de confiabilidad

H1 En al menos un tratamiento el promedio del tamaño de la raíz es distinto, con 95% de confiabilidad

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Columna 1	9	38.3	4.255555556	1.580277778	b
Columna 2	9	52.2	5.8	2.153125	c
Columna 3	9	57.3	6.366666667	7.29875	d
Columna 4	9	36.9	4.1	0.243125	a
Columna 5	9	38.05	4.227777778	0.962569444	a
Columna 6	9	40.6	4.511111111	2.482986111	c

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	41.54689815	5	8.30937963	3.386783659	0.010619052	2.408514119
Dentro de los grupos	117.7666667	48	2.453472222			
Total	159.3135648	53				

HSD	2.17	Diferencia Honestamente Significativa
Multiplicador	4.16	Valor de Q α -Tukey
MSe	2.453472222	Cuadrado del error medio
n	9	Cuenta

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
T0	0	-1.54	-2.11	0.16	0.03	-0.26
T1	1.54	0	-0.57	1.70	1.57	1.29
T2	2.11	0.57	0	2.27	2.14	1.86
T3	-0.16	-1.70	-2.27	0	-0.13	-0.41
T4	-0.03	-1.57	-2.14	0.13	0	-0.28
T5	0.26	-1.29	-1.86	0.41	0.28	0

Anexo 15. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T5 (Tierra de Chacra 70% más vermiculita 30%)

Número de Hojas (u)						
TO	T1	T2	T3	T4	T5	
20.00	33.50	32.00	39.00	28.50	25.50	
13.00	35.00	23.00	30.50	31.50	22.50	
11.50	21.00	19.50	26.00	28.50	22.50	
16.50	20.00	18.50	16.00	21.50	41.50	
17.00	19.50	21.50	14.50	19.00	14.00	
11.50	19.00	14.50	12.00	22.50	50.50	
17.00	13.50	15.50	30.00	13.50	31.50	
17.00	11.50	19.50	16.50	27.00	21.00	
16.50	17.00	17.50	17.50	20.50	25.00	
Media	15.56	21.11	20.17	22.44	23.61	28.22

HO El promedio del número de hojas en los 6 tratamientos es igual, con un 95% de confiabilidad
H1 En al menos un tratamiento el promedio del número de hojas es distinto, con 95% de confiabilidad

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Columna 1	9	140	15.5555556	8.40277778	a
Columna 2	9	190	21.1111111	65.2361111	c
Columna 3	9	181.5	20.1666667	26.8125	b
Columna 4	9	202	22.4444444	85.2777778	c
Columna 5	9	212.5	23.6111111	32.5486111	b
Columna 6	9	254	28.2222222	127.6319444	d

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	783.537037	5	156.7074074	2.718178716	0.030549607	2.408514119
Dentro de los grupos	2767.277778	48	57.65162037			
Total	3550.814815	53				

HSD 10.53 Diferencia Honestamente Significativa
Multiplicador 4.16 Valor de Qα -Tukey
MSe 57.65162037 Cuadrado del error medio
n 9 Cuenta

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
T0	0	-5.56	-4.61	-6.89	-8.06	-12.67
T1	5.56	0	0.94	-1.33	-2.50	-7.11
T2	4.61	-0.94	0	-2.28	-3.44	-8.06
T3	6.89	1.33	2.28	0	-1.17	-5.78
T4	8.06	2.50	3.44	1.17	0	-4.61
T5	12.67	7.11	8.06	5.78	4.61	0

Anexo 16. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T5 (Tierra de Chacra 70% más vermiculita 30%)

Número de Brotes (u)					
T0	T1	T2	T3	T4	T5
6.00	7.50	6.50	4.50	4.50	5.00
1.50	4.00	7.00	7.50	4.50	5.50
4.00	4.50	2.00	7.00	7.00	3.00
9.00	3.50	2.00	1.50	4.50	4.50
4.00	5.50	4.00	2.00	4.00	6.00
4.00	6.00	3.00	2.50	2.50	6.50
1.50	2.50	3.00	5.00	2.00	5.00
2.00	2.00	3.50	3.00	7.50	2.50
2.50	2.50	4.50	4.00	4.50	9.00
3.83	4.22	3.94	4.11	4.56	5.22

HO El promedio del número de brotes en los 6 tratamientos es igual, con un 95% de confiabilidad

H1 En al menos un tratamiento el promedio del número de brotes es distinto, con 95% de confiabilidad

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Columna 1	9	34.5	3.833333333	5.9375	c
Columna 2	9	38	4.222222222	3.381944444	a
Columna 3	9	35.5	3.944444444	3.215277778	a
Columna 4	9	37	4.111111111	4.486111111	b
Columna 5	9	41	4.555555556	3.215277778	a
Columna 6	9	47	5.222222222	3.694444444	a

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11.7037037	5	2.340740741	0.586883343	0.709893209	2.40851412
Dentro de los grupos	191.4444444	48	3.988425926			
Total	203.1481481	53				

HSD 2.77 Diferencia Honestamente Significativa
 Multiplicador 4.16 Valor de Q α -Tukey
 MSe 3.988425926 Cuadrado del error medio
 n 9

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
T0	0	-0.39	-0.11	-0.28	-0.72	-1.39
T1	0.39	0	0.28	0.11	-0.33	-1.00
T2	0.11	-0.28	0	-0.17	-0.61	-1.28
T3	0.28	-0.11	0.17	0	-0.44	-1.11
T4	0.72	0.33	0.61	0.44	0	-0.67
T5	1.39	1.00	1.28	1.11	0.67	0

Anexo 17. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T5 (Tierra de Chacra 70% más vermiculita 30%)

Tamaño de la parte aérea (cm)					
TO	T1	T2	T3	T4	T5
5.05	7.20	7.35	5.60	6.25	5.05
5.85	8.60	5.50	6.05	8.25	6.60
7.10	8.30	8.00	8.60	5.05	9.70
5.75	5.90	4.10	5.70	4.80	6.90
4.50	6.35	5.40	4.80	4.25	4.90
6.25	5.10	5.20	5.45	6.10	6.90
5.10	5.25	7.80	5.75	5.60	3.95
5.60	3.95	9.30	5.40	5.50	4.65
5.40	4.20	8.35	4.35	5.90	4.75
Media	5.62	6.09	6.78	5.74	5.93

HO El promedio del tamaño de la parte aérea en los 6 tratamientos es igual, con un 95% de confiabilidad

H1 En al menos un tratamiento el promedio del tamaño de la parte aérea es distinto, con 95% de confiabilidad

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Columna 1	9	50.6	5.622222222	0.569444444	a
Columna 2	9	54.85	6.094444444	2.794652778	c
Columna 3	9	61	6.777777778	3.111319444	d
Columna 4	9	51.7	5.744444444	1.414027778	b
Columna 5	9	51.7	5.744444444	1.296527778	b
Columna 6	9	53.4	5.933333333	3.16625	d

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8.014305556	5	1.602861111	0.778577854	0.570049749	2.408514119
Dentro de los grupos	98.81777778	48	2.058703704			
Total	106.8320833	53				

HSD 1.99 Diferencia Honestamente Significativa
 Multiplicador 4.16 Valor de Q α -Tukey
 MSe 2.058703704 Cuadrado del error medio
 n 9 Cuenta

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
T0	0	-0.47	-1.16	-0.12	-0.12	-0.31
T1	0.47	0	-0.68	0.35	0.35	0.16
T2	1.16	0.68	0	1.03	1.03	0.84
T3	0.12	-0.35	-1.03	0	0.00	-0.19
T4	0.12	-0.35	-1.03	0.00	0	-0.19
T5	0.31	-0.16	-0.84	0.19	0.19	0

Anexo 18. Informe de análisis de Materia Orgánica del Tratamiento T5 (Tierra de Chacra 70% más vermiculita 30%)

Área foliar (cm2)					
TO	T1	T2	T3	T4	T5
15.51	17.25	14.07	12.36	10.45	7.98
18.02	13.77	24.91	8.62	12.63	11.97
16.50	34.93	15.07	15.32	12.27	11.73
15.59	14.23	15.45	19.11	8.14	9.25
12.74	11.11	15.81	15.72	8.59	8.25
20.89	9.81	16.90	13.62	10.63	8.43
9.85	13.67	10.91	8.95	11.38	6.00
9.84	15.78	15.98	15.30	14.84	5.50
8.71	12.01	18.77	9.72	12.57	10.13
14.18	15.84	16.43	13.19	11.28	8.80

- HO El promedio del área foliar en los 6 tratamientos es igual, con un 95% de confiabilidad
H1 En al menos un tratamiento el promedio del área foliar es distinto, con 95% de confiabilidad

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Columna 1	9	127.6545	14.18383333	17.32790156	c
Columna 2	9	142.56	15.84	56.41089594	d
Columna 3	9	147.859	16.42877778	14.64260588	c
Columna 4	9	118.714	13.19044444	12.78582534	c
Columna 5	9	101.482	11.27577778	4.414740569	a
Columna 6	9	79.233	8.803666667	5.05759275	a

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	372.1275195	5	74.42550391	4.03610621	0.003880298	2.408514119
Dentro de los grupos	885.1164963	48	18.43992701			
Total	1257.244016	53				

HSD 5.95 Diferencia Honestamente Significativa
Multiplicador 4.16 Valor de Qα -Tukey
MSe 18.43992701 Cuadrado del error medio
n 9 Cuenta

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
T0	0	-1.66	-2.24	0.99	2.91	5.38
T1	1.66	0	-0.59	2.65	4.56	7.04
T2	2.24	0.59	0	3.24	5.15	7.63
T3	2.24	-2.65	-3.24	0	1.91	4.39
T4	-2.91	-4.56	-5.15	-1.91	0	2.47
T5	-5.38	-7.04	-7.63	-4.39	-2.47	0