

Yerson

Influencia de diferentes sustratos y dos sistemas de riego sobre el desarrollo de la especie Escallo

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:481385112

Fecha de entrega

11 ago 2025, 11:23 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 ago 2025, 11:26 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Influencia de diferentes sustratos y dos sistemas de riego sobre el desarrollo de la especie Escall....pdf

Tamaño de archivo

2.5 MB

22 Páginas

11.708 Palabras

62.985 Caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Grupos de coincidencias

- 76 Sin cita o referencia 8%**
Coincidencias sin una citación ni comillas en el texto
- 27 Faltan citas 2%**
Coincidencias que siguen siendo muy similar al material fuente
- 0 Falta referencia 0%**
Las coincidencias tienen comillas, pero no una citación correcta en el texto
- 0 Con comillas y referencia 0%**
Coincidencias de citación en el texto, pero sin comillas

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
98 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
- Texto oculto**
21 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Grupos de coincidencias

- 76 Sin cita o referencia 8%**
Coincidencias sin una citación ni comillas en el texto
- 27 Faltan citas 2%**
Coincidencias que siguen siendo muy similar al material fuente
- 0 Falta referencia 0%**
Las coincidencias tienen comillas, pero no una citación correcta en el texto
- 0 Con comillas y referencia 0%**
Coincidencias de citación en el texto, pero sin comillas

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.scijournal.org	1%
2	Publicación	Rebeca Granados-Ramírez, María Guadalupe Galindo-Mendoza, Carlos Contreras...	<1%
3	Internet	www.coursehero.com	<1%
4	Internet	www.ecorfan.org	<1%
5	Trabajos entregados	University of Oklahoma on 2020-12-14	<1%
6	Internet	qdoc.tips	<1%
7	Internet	worldwidescience.org	<1%
8	Internet	eprints.uanl.mx	<1%
9	Internet	repositorio.unapikitos.edu.pe	<1%
10	Internet	es.scribd.com	<1%

11	Internet	ouci.dntb.gov.ua	<1%
12	Internet	backup.chapingo-cori.mx	<1%
13	Internet	dokumen.pub	<1%
14	Trabajos entregados	uncedu on 2025-01-31	<1%
15	Internet	link.springer.com	<1%
16	Internet	gfzpublic.gfz-potsdam.de	<1%
17	Internet	scholarbank.nus.edu.sg	<1%
18	Internet	www.researchgate.net	<1%
19	Trabajos entregados	University of Wales central institutions on 2020-11-25	<1%
20	Internet	journal.formosapublisher.org	<1%
21	Internet	mcmc.uqroo.mx	<1%
22	Trabajos entregados	uncedu on 2025-06-24	<1%
23	Internet	www.proinversion.com	<1%
24	Trabajos entregados	University of Sheffield on 2020-08-12	<1%

25	Internet	chile.unt.edu	<1%
26	Internet	inforescom.org	<1%
27	Trabajos entregados	Colegio Vista Hermosa on 2006-03-31	<1%
28	Trabajos entregados	UNESCO-IHE Institute for Water Education on 2020-06-22	<1%
29	Internet	assets-eu.researchsquare.com	<1%
30	Internet	doczz.net	<1%
31	Internet	interreg-sudoe.eu	<1%
32	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
33	Publicación	A. Sethuramiah, Rajesh Kumar. "Statistics and Experimental Design in Perspectiv...	<1%
34	Publicación	LOUIS R. ORKIN. "STATIC COMPLIANCE BEFORE AND AFTER VAGINAL DELIVERY", ...	<1%
35	Internet	prezi.com	<1%
36	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
37	Internet	rua.ua.es	<1%
38	Internet	www.revespcardiol.org	<1%

39	Internet	www.sciencegate.app	<1%
40	Publicación	Alejandro Velásquez, Pierre-Guy Marnet, Rodrigo Arias. "Improvement in nutritio...	<1%
41	Trabajos entregados	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2007-10-09	<1%
42	Trabajos entregados	Universidad Catolica de Oriente on 2020-08-24	<1%
43	Internet	aprenderly.com	<1%
44	Internet	archive.org	<1%
45	Internet	bura.brunel.ac.uk	<1%
46	Internet	centaur.reading.ac.uk	<1%
47	Internet	ddd.uab.cat	<1%
48	Internet	livrosdeamor.com.br	<1%
49	Internet	mes.openaire.eu	<1%
50	Internet	poseidon.unalmed.edu.co	<1%
51	Internet	www.scielo.br	<1%
52	Internet	www.scribd.com	<1%

53	Publicación	"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Bi...	<1%
54	Publicación	Alba Mondragón Valero. "Caracterización de materiales de almendro y mejora de...	<1%
55	Publicación	Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej...	<1%
56	Publicación	Prem Chandra Pandey, Prashant K. Srivastava, Sanjeev Kumar Srivastava. "Aquat...	<1%
57	Publicación	Sara González Orenga. "Mecanismos de tolerancia a estrés salino e hídrico en pla...	<1%
58	Publicación	Sued, Omar Gustavo. "Infección aguda/reciente por el VIH-1. Características clínic...	<1%
59	Trabajos entregados	Universidad de Costa Rica on 2019-07-05	<1%
60	Trabajos entregados	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria on 2023-12-06	<1%
61	Trabajos entregados	University of Leeds on 2025-05-15	<1%
62	Internet	hal.archives-ouvertes.fr	<1%
63	Internet	xdocs.net	<1%
64	Internet	sciendo.com	<1%

Influence of different substrates and two irrigation systems on the development of the *Escallonia Resinosa* – Chachacomo species in green areas of the San Miguel district, 2024

Influencia de diferentes sustratos y dos sistemas de riego sobre el desarrollo de la especie *Escallonia Resinosa* – chachacomo en áreas verdes del distrito de san miguel, 2024

Jhoan France Ccori Alvarez¹, Yerson, Yerson Aldo Caceres Urviola²

Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingenierías, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

KM 4 carretera a Arequipa Juliaca- - San Román, Puno, Perú.

*Corresponding author: jhoan.ccori@upeu.edu.pe telf. 962953052 - 944506039:

Abstract

Introduction. The problem of growth and development of *Escallonia Resinosa* in urban green areas is addressed through the use of substrates, irrigation and water volume in an experimental way and the values of the physical-chemical parameters of the soil are related to the experiment with the best result to monitor its development.

Objectives. To evaluate the influence of different substrates and two irrigation systems on the development of the species *Escallonia Resinosa* “Chachacomo” in green areas of the San Miguel District.

Materials and Methods. It is carried out in a green area of the San Miguel district, Juana Maria I park, using the three-factor experimental design by blocks with a 2x4x4 factorial arrangement. With a sample of 30 individuals with monitoring in the months of April, May and June.

Results.

The study showed that solar irrigation with 400 ml of water and improved substrate optimized the growth of *Escallonia resinosa*, increasing the height of the seedlings by up to 6.62 cm ($p=0.0009$) and the leaf length by 21.22 mm ($p=0.0000$). The stem diameter was greater with manual irrigation and 1000 ml of water, while the bushiness was higher with manual irrigation and hydrogel substrate, with differences of up to -91.87 cm² ($p<0.001$). Additionally, the improved fertilizer increased organic matter ($p=0.986$, $p=0.0003$) and stabilized the pH ($p=-0.971$, $p=0.0012$), promoting plant development.

Conclusion. Solar irrigation with 400 ml and improved substrate optimizes the growth of *Escallonia resinosa*, while manual irrigation with more water favors stem diameter and leafiness. Improved fertilizer improves soil quality, promoting sustainable plant development.

Keywords: Development, Escallonia, irrigation, parameters, substrates.

Resumen

Introducción. Se abordó la problemática del desarrollo de *Escallonia resinosa* en áreas verdes urbanas mediante el uso experimental de distintos sustratos, sistemas de riego y volúmenes de agua. Asimismo, se relacionaron los valores de los parámetros fisicoquímicos del suelo con el tratamiento que presentó mejores resultados, con el fin de establecer criterios de monitoreo adecuados para su desarrollo de la especie *Escallonia Resinosa* “Chachacomo” en áreas verdes del Distrito de San Miguel.

Materiales y métodos. Se realiza en un área verde del distrito de San Miguel, parque Juana Maria I, se emplea el diseño experimental trifactorial por bloques con arreglo factorial 2x4x4. Con una muestra de 30 individuos con monitoreos en los meses abril mayo y junio.

Resultados. El riego solar con 400 mL de agua y sustrato mejorado favoreció el crecimiento de *Escallonia resinosa*, incrementando la altura del brinjal hasta 6.62 cm ($p=0.0009$) y la longitud foliar hasta 21.22 mm ($p=0.0000$). El mayor diámetro del tallo se logró con riego manual y 1000 mL de agua. La mayor frondosidad se obtuvo con riego manual y sustrato con hidrogel, con diferencias de hasta -91.87 cm² ($p<0.001$). El abono mejorado incrementó la materia orgánica ($p=0.986$, $p=0.0003$) y estabilizó el pH ($p=-0.971$, $p=0.0012$), favoreciendo el desarrollo vegetal.

Conclusión. El riego solar con 400 mL y sustrato mejorado optimizó el crecimiento de *Escallonia resinosa*, mientras que el riego manual con mayor volumen de agua favoreció el diámetro del tallo y la frondosidad. El abono mejorado mejoró la calidad del suelo, promoviendo un desarrollo vegetal sostenible.

Palabras clave: Desarrollo, Escallonia, parámetros, riego, sustratos .



Introduction

Several studies have highlighted the importance of investigating the growth and development of endemic plants in urban green areas, due to the low growth rates that these species experience in artificial land. Researchers such as Noya et al. (2017), Mondragón-Valero et al. (2017) and Vera et al. (2015) emphasize that these limitations constitute a significant challenge for municipalities and institutions in charge of environmental management, especially in contexts aggravated by water deficits in times of drought and climatic phenomena such as El Niño (Chen et al., 2022). In this sense, Mondragón-Valero et al. (2017) highlight the need to implement strategies that guarantee adequate hydration and optimal growth conditions, aligning with the recommendation of the World Health Organization (WHO) to ensure at least 15 m² of quality green areas per inhabitant (Zuloaga et al., 2019).

A species particularly affected by adverse conditions mentioned is *Escallonia resinosa* ("Chachacomo"), which presents limited development in size and vitality in artificial urban environments (Freudenstein et al., 2020; Vera et al., 2015). To address these issues, recent research has suggested improving the substrate and adopting efficient water systems, such as drip irrigation, combined with innovations such as the use of recycled materials (Hao & Nie, 2022; Tan et al., 2021; Zhang et al., 2021). Within this framework, this investigation aims to evaluate the effect of different substrates, including hydrogel, organic compost, foliar fertilizer and improved substrates, together with a sustainable irrigation system, on the growth of *Escallonia resinosa*.

The experimental work will be carried out with 100 specimens of this species, following the methodology proposed by Brucker Kelling et al. (2017). Key development indicators evaluated will include stem diameter, plant height, leaf length, and leafiness, under controlled conditions in an artificial environment, specifically in the Juana María I park. This study seeks to generate scientific evidence that contributes to the design of effective strategies to optimize the development of endemic species and provide innovative tools for the sustainable management of urban green areas.

Materials y methods

Study area

The study area corresponds to the Juana María I park with an area of 2366.75 m² located in the district of San Miguel (DSM) that has a surface area of 122 km². With a mostly flat configuration with some hills and crossed by the Coata River that is formed by the union of the Lampa and Cabanillas rivers

Introducción

Diversos estudios han resaltado la importancia de investigar el crecimiento y desarrollo de plantas endémicas en áreas verdes urbanas, debido a las bajas tasas de crecimiento que estas especies experimentan en suelos artificiales. Investigadores como Noya et al. (2017), Mondragón-Valero et al. (2017) y Vera et al. (2015) identificaron que estas limitaciones constituyen un desafío significativo para municipios e instituciones responsables de la gestión ambiental, particularmente en escenarios agravados por déficits hídricos en épocas de sequía y fenómenos climáticos como El Niño (Chen et al., 2022); en este sentido, Mondragón-Valero et al. (2017) destacan la necesidad de implementar estrategias que garanticen una hidratación adecuada y condiciones óptimas de crecimiento, alineándose con la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de asegurar al menos 15 m² de áreas verdes de calidad por habitante (Zuloaga et al., 2019).

Una especie particularmente afectada por condiciones adversas ya mencionadas es la *Escallonia resinosa* ("Chachacomo"), la cual presenta un desarrollo limitado en tamaño y vitalidad en ambientes urbanos artificiales (Freudenstein et al., 2020; Vera et al., 2015). Para abordar estos retos, investigaciones recientes han sugerido mejorar el sustrato y adoptar sistemas de riego eficientes, como el riego por goteo, combinados con innovaciones empleando materiales reciclados (Hao & Nie, 2022; Tan et al., 2021; Zhang et al., 2021). En este marco, esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos, incluyendo hidrogel, compost orgánico, fertilizante foliar y sustratos mejorados, junto con un sistema de riego sostenible, sobre el crecimiento de *Escallonia resinosa*.

En nuestra investigación experimental se evaluaron 100 individuos de esta especie, siguiendo la metodología propuesta por Brucker Kelling et al. (2017). Los indicadores clave de desarrollo evaluados incluyen el diámetro del tallo, la altura de las plantas, la longitud de las hojas y la frondosidad, bajo condiciones controladas en un entorno artificial, específicamente en el parque Juana María I. Este estudio genera evidencia científica que contribuye al diseño de estrategias efectivas para optimizar el desarrollo de especies endémicas y provee herramientas innovadoras para la gestión sostenible de áreas verdes urbanas.

Materiales y métodos

Area de estudio

El área de estudio corresponde al parque Juana María I con un área de 2366.75 m² (Figura 2) ubicada en el distrito de San Miguel (DSM) que tiene una superficie 122 km² (Figura 1). Con una configuración en su mayor parte, plana, con algunos cerros y surcada por el Río Coata que se forma de la unión de los ríos Lampa y Cabanillas.

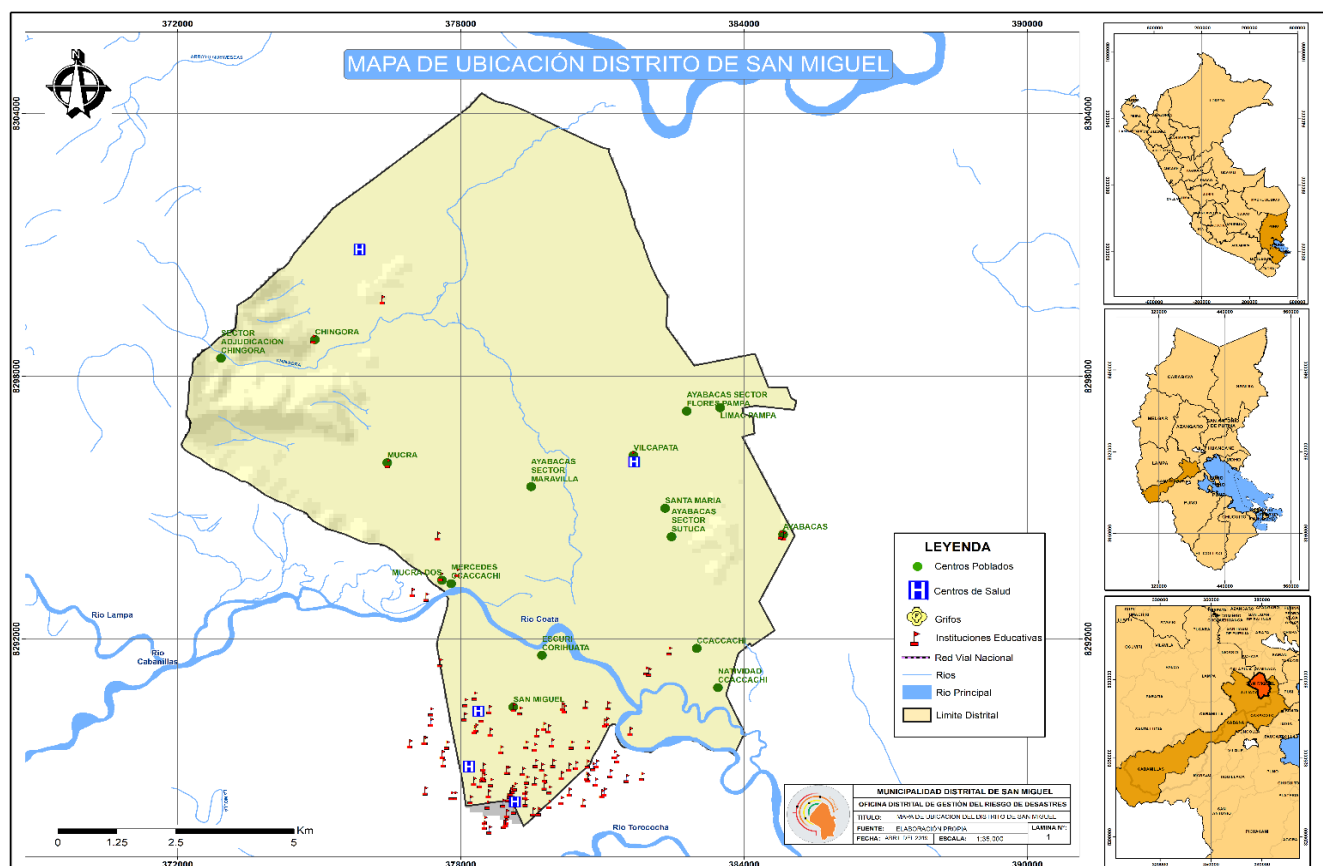


Figure 1. Location of the study area in the San Miguel District Source: Own elaboration

Figura 1. localización de la zona de estudio en el Distrito de San Miguel Fuente: Elaboración propia

The DSM borders to the north with the provinces of Lampa and Azángaro. To the East with Huancané and the district of Caracoto and to the Southeast and West with the city of Juliaca.

It has a population of 62,463 Han with a density of 511.99 Hab/Km² (INEI, 2023).

From a spatial point of view, the research is carried out within the facilities of the Juana María I park. Coordinates: Latitude 15°28'32.32"S; Longitude 70° 7'27.99"O

La DSM limita por el norte con las provincias de Lampa y Azángaro. Por el Este con Huancané y el distrito de Caracoto y por el Sureste y oeste con la ciudad de Juliaca. Tiene una población de 62463 Han con una densidad de 511,99 Hab/Km² (INEI,2023).

Desde un punto de vista espacial, la investigación se desarrollo dentro de las instalaciones del parque el Juana María I Coordenadas: Latitud 15°28'32.32"S; Longitud 70° 7'27.99"O.



Figure 2. Location of Juana Maria Park I special photograph (Google Earth, 2023)

Figura 2. Ubicación de parque Juana María I fotografía especial (Google Earth, 2023)

Sample size

The sample size of *Escallonia resinosa* “Chachacomo” specimens was estimated from a total of 3000 individuals, based on the following statistical formula since the total population is known as mentioned by Guerra Dávila (2014).

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

$$n = \frac{(1.96)^2 \times 3000 \times 0.98 \times 0.02}{(1.96)^2(0.98 \times 0.02) + (0.05)^2(3000 - 1)}$$

$$n = \frac{225.89}{7.57}$$

$$n = 30$$

n= Sample size sought

N= Size of the population or universe

Z= Statistical parameter that depends on the level of confidence

e= Maximum accepted estimation error

p= Probability of the event studied occurring (success)

=(1-p) = Probability of the event studied not occurring

30 units of “Chachacomo” *Escallonia Resinosa* are taken into consideration for each experiment as an experimental sample, which, slightly higher than the calculated sample size.

Sampling

The sampling is of the probabilistic type using simple random sampling, giving a random number to 30 individuals for each experiment that will be carried out, randomly selecting them for this study.

Unit of análisis

The units of analysis for each experiment are arranged according to the dependent variables that were monitored and measured as planned (Table 1).

Table 1. Variables and units of measurement

Tabla 1. Variables y unidades de medida

Unit of análisis / Unidad de análisis	Unit of measurement / Unidad de medida	Description of unit of measure / Descripción de unidad de medida
Leaf length / Longitud de las hojas	mm	Millimeters / Milímetros
Stem diameter / Diámetro del tallo	mm	Millimeters / Milímetros
Sapling height / Altura de brinzal	cm	Centimeters / Centímetros
Shrubby foliage / Frondosidad arbustiva	cm ²	Square Centimeters / Centímetros Cuadrados

Monitoring frequency

The periodicity of monitoring of morphological characteristics (leaf length, stem diameter, sapling

Tamaño de muestra

Se estimó el tamaño de muestra de especímenes de *Escallonia resinosa* “Chachacomo” de un total de 3000 individuos, en base a la siguiente fórmula estadística ya que se conoce el total de la población según lo menciona Guerra Dávila (2014).

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

$$n = \frac{(1.96)^2 \times 3000 \times 0.98 \times 0.02}{(1.96)^2(0.98 \times 0.02) + (0.05)^2(3000 - 1)}$$

$$n = \frac{225.89}{7.57}$$

$$n = 30$$

n= Tamaño de muestra buscado

N= Tamaño de la población o universo

Z=Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

e= Error de estimación máximo aceptado

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

=(1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Se toma en consideración 30 unidades de “Chachacomo” *Escallonia Resinosa* por cada experimento cual es ligeramente superior al tamaño muestral calculado

Muestreo

El muestreo es de tipo probabilístico empleando el muestreo aleatorio simple, dando un numero aleatorio a 30 individuos, por cada experimento que se realizo, seleccionándolos aleatoriamente para este estudio.

Unidad de análisis

Las unidades de análisis por cada experimento están dispuestas según las variables dependientes que se monitorearon y midieron según lo planificado (Tabla 1).

Periodicidad de monitoreo

Se programo la periodicidad de monitoreo de características morfológicas (longitud de hoja,

height and bushy foliage) was scheduled for each seedling; twice a week during the months of April, May and June 2024, for a total of 30 *in situ* monitorings. The high growth rate of this species means that it develops enough for 3 months to have significant data on the application of our experiments (Cabezas Gutiérrez et al., 2020; Coronado Silva & Prato Sarmiento, 2019).

After monitoring the morphological characteristics of each specimen, the corresponding volume of water was added for each system (1000 ml, 800 ml, 600 ml and 400 ml) (Bretzel et al., 2020; Fuentes & Zumbardo, 2018; Lu et al., 2024; Mendoza & Rivera, 2016; Paradelo et al., 2019).

Experimental design

ANOVA test interaction of variables and all their possible combinations (Table 2).

The study will be of a multifactorial or trifactorial experimental type by blocks with a 2x4x4 factorial arrangement according to the 3-factor mathematical statistical mode (Table 3):

, altura del brinzal y frondosidad arbustiva) para cada plántula; dos veces por semana durante los meses abril, mayo y junio del 2024, siendo un total de 30 monitoreos *in situ*, la alta tasa de crecimiento de esta especie hace que durante 3 meses se desarrolle lo suficiente como para tener datos significativos de la aplicación de nuestros experimentos (Cabezas Gutiérrez et al., 2020; Coronado Silva & Prato Sarmiento, 2019).

Después de realizar el monitoreo de características morfológica en cada ejemplar, se procedió a añadir el volumen de agua correspondiente para cada sistema (1000ml 800ml, 600 ml y 400 ml) (Bretzel et al., 2020; Fuentes & Zumbardo, 2018; Lu et al., 2024; Mendoza & Rivera, 2016; Paradelo et al., 2019)

Diseño experimental

Prueba ANOVA interacción de variables y todas sus posibles combinaciones (Tabla 2).

El estudio será de tipo experimental multifactorial o trifactorial por bloques con arreglo factorial 2x4x4 según el modelo estadístico matemático de 3 factores (Tabla 3):

Table 2. 2x4x4 experimental design matrix
Tabla 2. Matriz de diseño experimental 2x4x4

Volumes / Volúmenes ml	Type of irrigation / Tipo de riego							
	Manual				Solar			
	Substrates /Sustratos				Substrates / Sustratos			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1000	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃
800	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃
600	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃
400	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃	* ₁ * ₂ * ₃

Table 3 Variable coding
Tabla 3 Codificación de variables

Type of irrigation /Tipo de riego : E ₁		Water Volumes /Volúmenes De Agua : E ₂		Substrate type / Tipo de sustrato : E ₃	
1	Manual	W	1000ml	A	Hydrogel /Hidrogel
2	Solar	X	800ml	B	Organic fertilizer /Abono orgánico
		Y	600ml	C	Fertilizer /Fertilizante
R	Repetitions /Repeticiones	Z	400ml	D	Improved fertilizer / Abono Mejorado

Three-way ANOVA / ANOVA de tres factores

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \delta_k + (\alpha\gamma)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\gamma\delta)_{jk} + (\alpha\gamma\delta)_{ijk} + E_{ijkl}$$

i: 1,2..., E₁; **j:** 1,2..., E₂; **k:** 1,2..., E₃; **l:** 1,2..., r o repetitions /o repeticiones

Y_{ijkl}: Values of the dependent variables (leaf length, stem diameter, sapling height, bush foliage) when using the i-th factor 1 or E₁, j-th factor 2 or E₂ and the k-th factor 3 or E₃

Y_{ijkl}: Valores de las variables dependientes (longitud de hojas, diámetro de tallo, altura del brinzal, frondosidad arbustiva) al utilizar el i-ésimo factor 1 o E₁, j-ésimo factor 2 o E₂ y el k-ésimo factor 3 o E₃

μ: Overall mean of the values of the dependent variables (leaf length, stem diameter, sapling height, bush foliage)

μ: Media general de los valores de las variables dependientes (longitud de hojas, diámetro de tallo, altura del brinzal, frondosidad arbustiva)

α_i: Effect of the j-th Factor 1 or E₁

α_i: Efecto del j-ésimo Factor 1 o E₁

γ_j: Effect of the j-th Factor 2 or E₂

γ_j: Efecto del j-ésimo Factor 2 o E₂

δ_k: Effect of the k-th Factor 3 or E₃

δ_k: Efecto del k-ésimo Factor 3 o E₃

(αγ)_{ij}: Effect of the interaction of the combination of the i-th factor 1 and the j-th factor 2

(αγ)_{ij}: Efecto de la interacción de la combinación del i-ésimo factor 1 y el j-ésimo factor 2

(αδ)_{ik}: Interaction effect of the combination of the i-th factor 1 and the k-th factor 3

(αδ)_{ik}: Efecto de la interacción de la combinación del i-ésimo factor 1 y el k-ésimo factor 3

(γδ)_{jk}: Interaction effect of the combination of the j-th factor 2 and the k-th factor 3

(γδ)_{jk}: Efecto de la interacción de la combinación del j-ésimo factor 2 y el k-ésimo factor 3

(αγδ)_{ijk}: Interaction effect of the combination of the i-th factor 1, j-th factor 2 and k-th factor 3

(αγδ)_{ijk}: Efecto de la interacción de la combinación del i-ésimo factor 1, j-ésimo factor 2 y el k-ésimo factor 3

E_{ijkl}: Effect of experimental error when using the i-th factor 1, with the j-th factor 2 and the k-th factor 3

E_{ijkl}: Efecto del error experimental al usar el i-ésimo factor 1, con el j-ésimo factor 2 y el k-ésimo factor 3

The ANOVA analysis of variance was performed for the seedling growth indicators: leaf length, sapling height, stem diameter and bush foliage, for each experimental unit, in cases where there were significant statistical differences in the indicators, the specificity test

or Tukey contrast will be performed, likewise, the multiple linear regression test was performed using Spearman's Rho test where relationships were established between leaf length, stem diameter and bush foliage with respect to sapling height (Canizal & Espinoza, 2018; Fuentes & Zumbardo, 2018; Gonzalez & Ortega, 2017; Guerra Dávila, 2014; Lanza & Rojas, 2022; Mondragón-Valero et al., 2017; Noya et al., 2017; Tello & Flores, 2023; Terreros & La Torre, 2023; Vera et al., 2015; Zhang et al., 2021). Statistical tests are processed using SPSS software and organized using Microsoft Excel software.

Se realizó el análisis de varianza ANOVA, para los indicadores de crecimiento de las plántulas: longitud de hoja, altura de brinzal, diámetro tallo y frondosidad arbustiva, para cada unidad experimental, en los casos que existirán diferencias estadísticas significativas

en los indicadores, se procederá a realizar prueba de especificidad o contrastación de Tukey, así mismo, se realizó la prueba de regresión lineal múltiple empleando la prueba Rho de Spearman donde se establecieron relaciones entre longitud de hoja, diámetro tallo y frondosidad arbustiva respecto a la altura del brinzal (Canizal & Espinoza, 2018; Fuentes & Zumbardo, 2018; Gonzalez & Ortega, 2017; Guerra Dávila, 2014; Lanza & Rojas, 2022; Mondragón-Valero et al., 2017; Noya et al., 2017; Tello & Flores, 2023; Terreros & La Torre, 2023; Vera et al., 2015; Zhang et al., 2021). Las pruebas estadísticas se procesan con el software SPSS y se organizan empleando el software Microsoft Excel,

Spearman's Rho test / prueba de Rho de Spearman

The following mathematical statistical model of Spearman's rho is used for each of the parameters.

Se emplea el siguiente modelo estadístico matemático de rho de Spearman para cada uno de los parámetros.

$$p = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

n = número de pares de datos.

d_i = diferencia entre los rangos de cada observación.

Results and Discussion

Height of the sapling

Three-way analysis of variance (ANOVA) assessed the effect of irrigation type, water volume, and substrate type on sapling height (Table 4). The results indicated that all major factors significantly influence sapling height. Specifically, irrigation type showed a significant effect ($F = 5.587$, $p = 0.021$), as did substrate type ($F = 3.714$, $p = 0.016$) and water volume, which had the greatest impact with ($F = 13.921$, $p < 0.001$).

Among these factors, water volume explained a higher proportion of the variability in sapling height, followed by substrate type and, to a lesser extent, irrigation type.

In addition, interactions between the factors were observed. The three-way interaction (irrigation $\times$ substrate $\times$ water volume) was significant ($F = 2.899$, $p = 0.006$), indicating that the combination of these three factors jointly affects sapling height. However, some two-way interactions were not significant, such as irrigation type $\times$ substrates ($F = 1.018$, $p = 0.391$) and irrigation type $\times$ water volume ($F = 0.138$, $p = 0.937$), suggesting that these factors do not significantly affect each other (Figure 3).

Overall, the ANOVA model explained 59.3% of the total variability in sapling height ($R^2 = 0.593$, adjusted $R^2 = 0.396$), indicating a moderate influence of individual factors and their combinations in determining sapling growth.

Table 4. Univariate ANOVA test results in SPSS Height of the sapling
Tabla 4. Resultados de prueba ANOVA univariado en SPSS para la altura del brinzal

Dependent variable: Brinzal Height					
Variable dependiente: Altura de brinzal					
Origin / Origen	Type III sum of squares / Tipo III de suma de cuadrados	gl	Root mean square / Media cuadrática	F	Sig.
Corrected model / Modelo corregido	228.014 ^a	31	7.355	3.012	0.000
Intersection / Intersección	169661.86654	1	169661.867	69471.06	0.000
Type of irrigation / Tipo de riego	13.645	1	13.645	5.587	0.021
Substrates / Sustratos	27.208	3	9.069	3.714	0.016
Water volumes / Volúmenes de agua	101.995	3	33.998	13.921	0.000
Type of irrigation * substrates / Tipo de riego * sustratos	7.456	3	2.485	1.018	0.391
Type of irrigation * water volumes / Tipo de riego * volúmenes de agua	1.014	3	0.338	0.138	0.937

Resultados y discusión

Altura del brinzal

El análisis de varianza (ANOVA) de tres factores evaluó el efecto del tipo de riego, volumen de agua y tipo de sustrato sobre la altura del brinzal (Tabla 4). Los resultados indicaron que todos los factores principales influyen significativamente en la altura del brinzal. Específicamente, el tipo de riego mostró un efecto significativo ($F = 5.587$, $p = 0.021$), al igual que el tipo de sustrato ($F = 3.714$, $p = 0.016$) y el volumen de agua, que tuvo el mayor impacto con ($F = 13.921$, $p < 0.001$).

Entre estos factores, el volumen de agua explicó una proporción más alta de la variabilidad en la altura del brinzal, seguido por el tipo de sustrato y, en menor medida, el tipo de riego.

Además, se observaron interacciones entre los factores. La interacción triple (riego $\times$ sustrato $\times$ volumen de agua) fue significativa ($F = 2.899$, $p = 0.006$), indicando que la combinación de estos tres factores afecta de manera conjunta la altura del brinzal. Sin embargo, algunas interacciones de dos factores no fueron significativas, como la de tipo de riego $\times$ sustratos ($F = 1.018$, $p = 0.391$) y la de tipo de riego $\times$ volumen de agua ($F = 0.138$, $p = 0.937$), lo que sugiere que estos factores no se afectan mutuamente de manera considerable (Figura 3).

En conjunto, el modelo ANOVA explicó el 59.3% de la variabilidad total en la altura del brinzal ($R^2 = 0.593$, R^2 ajustado = 0.396), lo que indica una influencia moderada de los factores individuales y sus combinaciones en la determinación del crecimiento del brinzal.

Substrates * water volumes /	12.985	9	1.443	0.591	0.800
Sustratos * volúmenes de agua					
Type of irrigation * substrates * water volumes /	63.711	9	7.079	2.899	0.006
Tipo de riego * sustratos * volúmenes de agua					
Error	303.951	64	2.442		
Total	25425.345	96			
Total corregido	651.187	95			
a. R al cuadrado = .593 (R al cuadrado ajustada = .396)					

The Tukey contrast results (**Table 5**) identified specific comparisons with significant differences in the mean height of the bristles. The Solar Treatment, 400 ml, Sustrato Improved is positioned as one of the most efficient in terms of water use and shows competitive growth, being used as a reference in multiple significant comparisons. However, in several cases it was surpassed in height by other treatments that combined greater volumes of water and different substrates.

For example, the combination Manual, 1000 ml, Abono presented an average difference of 5.13 cm more in height than Solar, 400 ml, Improved ($p = 0.042$), which means that, under manual water with greater volume of water and use of abono, the plants grew on average 5.13 cm more during the period evaluated. In a similar way, the combination Manual, 1000 ml, Fertilizer registered 6.62 cm more in height than Solar, 400 ml, Improved ($p = 0.0009$), showing that the use of a greater volume of water together with fertilization favored a significant increase in plant development.

Altogether, these findings confirm that the effect of a factor is conditioned by the levels of others, and that the simultaneous optimization of the water system, the volume of water and the type of substrate is crucial to maximizing the growth of *Escallonia resinosa*, improving its adaptation and vigor under controlled management conditions).

Los resultados del contraste de Tukey (**Tabla 5**) identificaron comparaciones específicas con diferencias significativas en la altura promedio de los brinzales. El tratamiento Solar, 400 ml, Sustrato Mejorado se posicionó como uno de los más eficientes en términos de uso de agua y mostró un crecimiento competitivo, siendo utilizado como referencia en múltiples comparaciones significativas. Sin embargo, en varios casos fue superado en altura por otros tratamientos que combinaron mayores volúmenes de agua y diferentes sustratos.

Por ejemplo, la combinación Manual, 1000 ml, Abono presentó una diferencia promedio de 5.13 cm más en altura que Solar, 400 ml, Mejorado ($p = 0.042$), lo que significa que, bajo riego manual con mayor volumen de agua y uso de abono, las plantas crecieron en promedio 5.13 cm adicionales durante el periodo evaluado. De manera similar, la combinación Manual, 1000 ml, Fertilizante registró 6.62 cm más en altura que Solar, 400 ml, Mejorado ($p = 0.0009$), evidenciando que el uso de un mayor volumen de agua junto con fertilización favoreció un incremento significativo en el desarrollo vegetal.

En conjunto, estos hallazgos confirman que el efecto de un factor se ve condicionado por los niveles de los otros dos, y que la optimización simultánea del sistema de riego, el volumen de agua y el tipo de sustrato es determinante para maximizar el crecimiento de *Escallonia resinosa*, mejorando su adaptación y vigor en condiciones de manejo controlado.

Table 5. Tukey post hoc test results
Tabla 5. resultados de prueba post hoc de Tukey

Column / Columna	comparison /comparación	Difference of Means / Diferencia de Medias	p Adjusted / p Ajustado	Lower Limit / Límite Inferior	Upper Limit / Límite Superior	Significant Difference/ Diferencia Significativa
22	MANUAL_1000ML_ABONO vs SOLAR_400ML_MEJORADO	5.13	0.0421	0.0775	10.1825	TRUE / VERDADERO
52	MANUAL_1000ML_FERTILIZANTE vs SOLAR_400ML_MEJORADO	6.6182	0.0009	1.5657	11.6707	TRUE / VERDADERO
79	MANUAL_1000ML_HIDROGEL vs SOLAR_400ML_FERTILIZANTE	5.1197	0.0431	0.0672	10.1722	TRUE / VERDADERO
81	MANUAL_1000ML_HIDROGEL vs SOLAR_400ML_MEJORADO	6.8883	0.0004	1.8358	11.9408	TRUE / VERDADERO
211	MANUAL_400ML_MEJORADO vs SOLAR_400ML_MEJORADO	5.7455	0.0096	0.693	10.798	TRUE / VERDADERO

232	MANUAL_600ML_ABONO vs SOLAR_400ML_FERTILIZANTE	5.6768	0.0114	0.6243	10.7293	TRUE / VERDADERO
234	MANUAL_600ML_ABONO vs SOLAR_400ML_MEJORADO	7.4454	0.0001	2.3929	12.4979	TRUE / VERDADERO
256	MANUAL_600ML_FERTILIZANTE vs SOLAR_400ML_MEJORADO	5.6874	0.0111	0.6349	10.7399	TRUE / VERDADERO

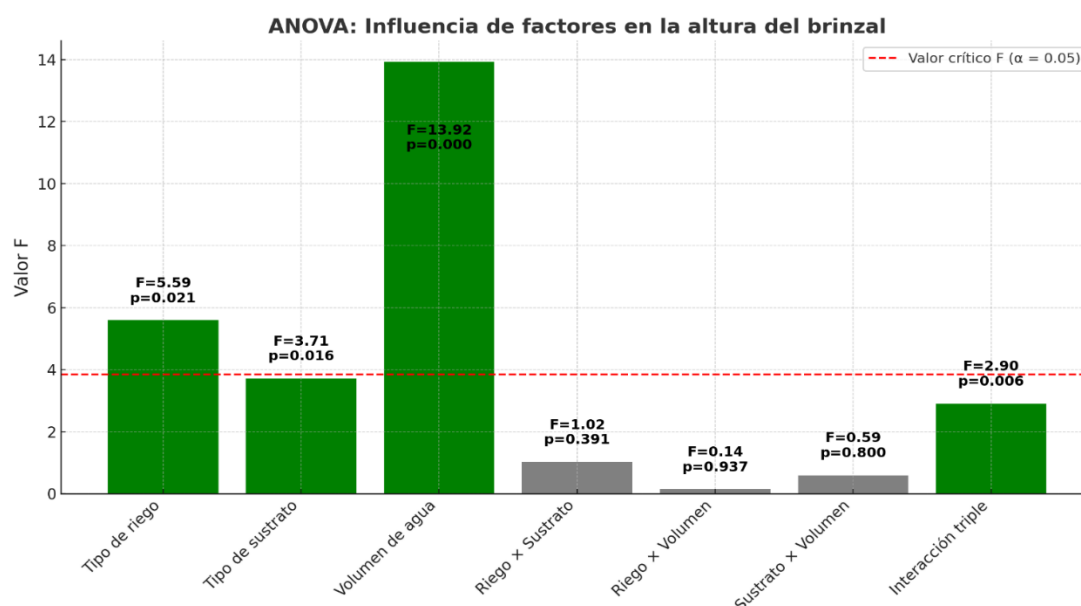


Figure 03. Influence of factors on the height of the brushwood
Figura 03. Influencia de factores en la altura del brinjal

The results of this study coincide with previous research highlighting the importance of the interaction between irrigation, substrates and water volumes in plant systems, highlighting that solar irrigation with reduced volumes (400 ml) and improved substrates optimizes water efficiency by increasing water retention and reducing leaching losses (Bandenay et al., 2018). Furthermore, the superiority of improved substrates is linked to their ability to balance aeration and water retention, promoting optimal plant development (Bernaola-Paucar et al., 2022; Bretzel et al., 2020). Technologies such as water retainers have been shown to be effective under water stress conditions (Brucker Kelling et al., 2017), while the use of specific substrates facilitates adaptation to degraded soils by promoting more robust growth (Cabezas Gutiérrez et al., 2020). Finally, the relevance of initial conditions in the management of plant species is reinforced, especially in nurseries and controlled systems (Coronado Silva and Prato Sarmiento, 2019).

Los resultados de este estudio coinciden con investigaciones previas que resaltan la importancia de la interacción entre riego, sustratos y volúmenes de agua en sistemas vegetales, destacando que el riego solar con volúmenes reducidos (400 ml) y sustratos mejorados optimiza la eficiencia hídrica al incrementar la retención de agua y reducir las pérdidas por lixiviación (Bandenay et al., 2018). Además, la superioridad de los sustratos mejorados está vinculada con su capacidad para equilibrar aireación y retención hídrica, promoviendo un desarrollo óptimo de las plantas (Bernaola-Paucar et al., 2022; Bretzel et al., 2020). Tecnologías como hidrorretenedores han mostrado ser efectivas en condiciones de estrés hídrico (Brucker Kelling et al., 2017), mientras que el uso de sustratos específicos facilita la adaptación a suelos degradados al favorecer un crecimiento más robusto (Cabezas Gutiérrez et al., 2020). Por último, se refuerza la relevancia de las condiciones iniciales en el manejo de especies vegetales, especialmente en viveros y sistemas controlados (Coronado Silva y Prato Sarmiento, 2019).

Blade Length

The ANOVA analysis shows that leaf length is significantly influenced by the main effects of irrigation type, water volume and substrate type, as well as by their

Longitud de hoja

El análisis ANOVA muestra que la longitud de las hojas está significativamente influenciada por los efectos principales del tipo de riego, volumen de agua y tipo de

two- and three-factor interactions, explaining 90.2% of the variability ($R^2=0.902$) in leaf length, demonstrating excellent explanatory power (**Table 6**). Irrigation type has the greatest impact ($F=164.256$, $p<0.001$), while the interactions between irrigation $\times$ water volume ($F=26.525$, $p<0.001$) and irrigation $\times$ substrate ($F=20.678$, $p<0.001$), indicate that the effects of one factor critically depend on the level of the others.

The three-factor interaction ($F=5.915$, $p<0.001$) highlights that the effect of irrigation and water varies significantly by substrate, suggesting the need for integrated agricultural strategies to maximize leaf growth (**Figure 4**).

sustrato, así como por sus interacciones de dos y tres factores, explicando el 90.2% de la variabilidad ($R^2=0.902$) en la longitud de las hojas, lo que demuestra una excelente capacidad explicativa (**Tabla 6**). El tipo de riego tiene el mayor impacto ($F=164.256$, $p<0.001$), mientras que las interacciones entre riego $\times$ volumen de agua ($F=26.525$, $p<0.001$) y riego $\times$ sustrato ($F=20.678$, $p<0.001$), indican que los efectos de un factor dependen críticamente del nivel de los otros.

La interacción de tres factores ($F=5.915$, $p<0.001$) resalta que el efecto del riego y el agua varía significativamente según el sustrato, sugiriendo la necesidad de estrategias agrícolas integradas para maximizar el crecimiento foliar (**Figura 4**).

Table 6. Univariate ANOVA test results in SPSS Blade length

Tabla 6. Resultados de prueba ANOVA univariado en SPSS para la longitud de hoja

Dependent variable: Blade length					
Variable dependiente: Longitud de hoja					
Origin / Origen	Type III sum of squares / Tipo III de suma de cuadrados	gl	Root mean square / Media cuadrática	F	Sig.
Corrected model / Modelo corregido	2069.514a	31	66.759	18.978	0.000
Intersection / Intersección	43763.230	1	43763.230	12440.743	0.000
Type of irrigation / Tipo de riego	577.809	1	577.809	164.256	0.000
Substrates / Sustratos	253.825	3	84.608	24.052	0.000
Water volumes / Volúmenes de agua	262.354	3	87.451	24.860	0.000
Type of irrigation * substrates / Tipo de riego * sustratos	218.221	3	72.740	20.678	0.000
Type of irrigation * water volumes / Tipo de riego * volúmenes de agua	279.924	3	93.308	26.525	0.000
Substrates * water volumes / Sustratos * volúmenes de agua	290.127	9	32.236	9.164	0.000
Type of irrigation * substrates * water volumes / Tipo de riego * sustratos * volúmenes de agua	187.254	9	20.806	5.915	0.000
Error	225.135	64	3.518		
Total	46057.879	96			
Total corregido	2294.649	95			

a. R al cuadrado = . 0.902

The ANOVA analysis shows that the most significant interactions include the combined effects of irrigation type, water volume, and substrate type ($p < 0.001$). Tukey's test (**Appendix 2**) identified the most marked difference in length today between the combination of Manual, 400 ml, Fertilizer and Solar, 800 ml, Best, with an average difference of 21.22 mm (95% CI: 15.15 – 27.28, $p = 0.0000$). This means that, under manual water with a lower

El análisis ANOVA muestra que las interacciones más significativas incluyen los efectos combinados del tipo de riego, volumen de agua y tipo de sustrato ($p < 0.001$). La prueba de Tukey (**Apéndice 2**) identificó la diferencia más marcada en longitud de hoja entre la combinación Manual, 400 ml, Fertilizante y Solar, 800 ml, Mejorada, con una diferencia promedio de 21.22 mm (IC 95%: 15.15 – 27.28, $p = 0.0000$). Esto sugiere que

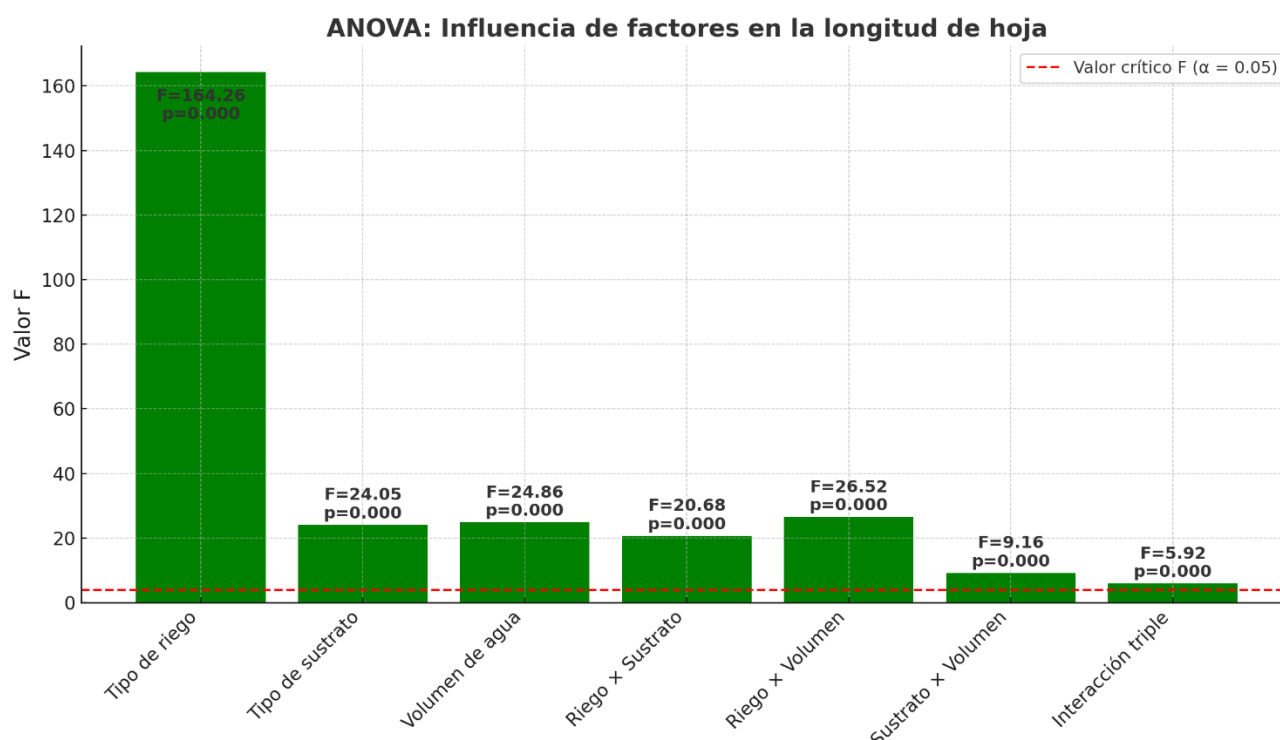


Figure 04. Influence of factors on the leaf length
Figura 04. Influencia de factores en la longitud de hoja

volume of water and use of fertilizer, the leaves were on average 21.22 mm wider than those obtained with solar water, a higher volume of water and improved substrate, during the evaluation period.

This difference reflects that, although treatment with 800 ml solar water and improved substrate is efficient in water management, management with 400 ml manual water and fertilizer favors greater leaf expansion. A possible explanation is that the lower volume of water combined with fertilization stimulated a water and nutritional balance that prioritized leaf development over other plant organs.

6

The significant interaction between irrigation type, water volume, and substrate type on leaf length supports previous research highlighting the combined effect of environmental factors on plant growth. Lu et al. (2024) and Mondragón-Valero et al. (2017) demonstrated that substrate characteristics modify how plants respond to irrigation and water availability, while Mendoza and Rivera (2016) underlined the importance of proper irrigation system design to optimize leaf development. Similarly, Melo et al. (2019) showed how water and soil conditions influence leaf architecture. This study reinforces that integrated management of irrigation, water and substrate is essential to maximize plant productivity, with key implications for sustainable agriculture and ecological restoration.

bajo riego manual con menor volumen de agua y uso de fertilizante, las hojas fueron en promedio 21.22 mm más largas que las obtenidas con riego solar, mayor volumen de agua y sustrato mejorado, durante el periodo de evaluación. Esta diferencia refleja que, aunque el tratamiento con riego solar de 800 ml y sustrato mejorado es eficiente en la gestión del agua, el manejo con riego manual de 400 ml y fertilizante favoreció una mayor expansión foliar. Una posible explicación es que el menor volumen de agua combinado con fertilización estimuló un balance hídrico y nutricional que priorizó el desarrollo foliar frente a otros órganos de la planta.

La interacción significativa entre el tipo de riego, el volumen de agua y el tipo de sustrato en la longitud de las hojas respalda investigaciones previas que destacan el efecto combinado de factores ambientales en el crecimiento vegetal. Lu et al. (2024) y Mondragón-Valero et al. (2017) demostraron que las características del sustrato modifican cómo las plantas responden al riego y la disponibilidad hídrica, mientras que Mendoza y Rivera (2016) subrayaron la importancia del diseño adecuado de sistemas de riego para optimizar el desarrollo foliar. De manera similar, Melo et al. (2019) evidenciaron cómo las condiciones hídricas y edáficas influyen en la arquitectura foliar. Este estudio refuerza que el manejo integrado de riego, agua y sustrato es esencial para maximizar la productividad vegetal, con implicaciones clave para la agricultura sostenible y la restauración ecológica.

Stem diameter:

The results of the ANOVA analysis of inter-subject effects for the dependent variable "stem diameter" show that the three main factors (type of irrigation, volume of water and type of substrate) have statistically significant effects ($p < 0.001$) on stem diameter, with high f values reflecting a considerable influence on the variation of the dependent variable (Table 7). However, the interactions of two factors (irrigation type $\times$ substrate type and water volume $\times$ substrate type) are marginally significant ($p = 0.045$ and $p = 0.070$, respectively), while the interaction between the three factors does not reach statistical significance ($p = 0.819$), indicating that the combined effects of the three factors do not explain a substantial proportion of the additional variation in stem diameter. These findings suggest that individual effects of the factors are dominant in explaining stem diameter, but complex interactions between them are limited in this experimental design (Figure 5).

Diámetro del tallo:

Los resultados del análisis ANOVA de efectos inter-sujetos para la variable dependiente "diámetro de tallo" muestran que los tres factores principales (tipo de riego, volumen de agua y tipo de sustrato) tienen efectos estadísticamente significativos ($p < 0.001$) sobre el diámetro del tallo, con valores f elevados que reflejan una influencia considerable en la variación de la variable dependiente (Tabla 7). Sin embargo, las interacciones de dos factores (tipo de riego $\times$ tipo de sustrato y volumen de agua $\times$ tipo de sustrato) son marginalmente significativas ($p = 0.045$ y $p = 0.070$, respectivamente), mientras que la interacción entre los tres factores no alcanza significancia estadística ($p = 0.819$), indicando que los efectos combinados de los tres factores no explican una proporción sustancial de la variación adicional en el diámetro del tallo. Estos hallazgos sugieren que los efectos individuales de los factores son dominantes en la explicación del diámetro del tallo, pero las interacciones complejas entre ellos son limitadas en este diseño experimental (Figura 5).

Table 7. Univariate ANOVA test results in SPSS stem diameter

Tabla 7. Resultados de prueba ANOVA univariado en SPSS para diámetro del tallo

Dependent variable: stem diameter					
Variable dependiente: diámetro de tallo					
Origin / Origen	Type III sum of squares / Tipo III de suma de cuadrados	gl	Root mean square / Media cuadrática	F	Sig.
Corrected model / Modelo corregido	549.980 ^a	31	17.741	55.856	0.000
Intersection / Intersección	3464.032	1	3464.032	10905.995	0.000
Type of irrigation / Tipo de riego	98.910	1	98.910	311.405	0.000
Substrates / Sustratos	258.469	3	86.156	271.251	0.000
Water volumes / Volúmenes de agua	180.459	3	60.153	189.383	0.000
Type of irrigation * substrates / Tipo de riego * sustratos	1.508	3	0.503	1.583	0.202
Type of irrigation * water volumes / Tipo de riego * volúmenes de agua	2.357	3	0.786	2.474	0.070
Substrates * water volumes / Sustratos * volúmenes de agua	5.937	9	0.660	2.077	0.045
Type of irrigation * substrates * water volumes / Tipo de riego * sustratos * volúmenes de agua	2.340	9	0.260	0.819	0.601
Error	20.328	64	0.318		
Total	4034.341	96			
Total corregido	570.308	95			

a. R al cuadrado = .964 (R al cuadrado ajustada = .947)

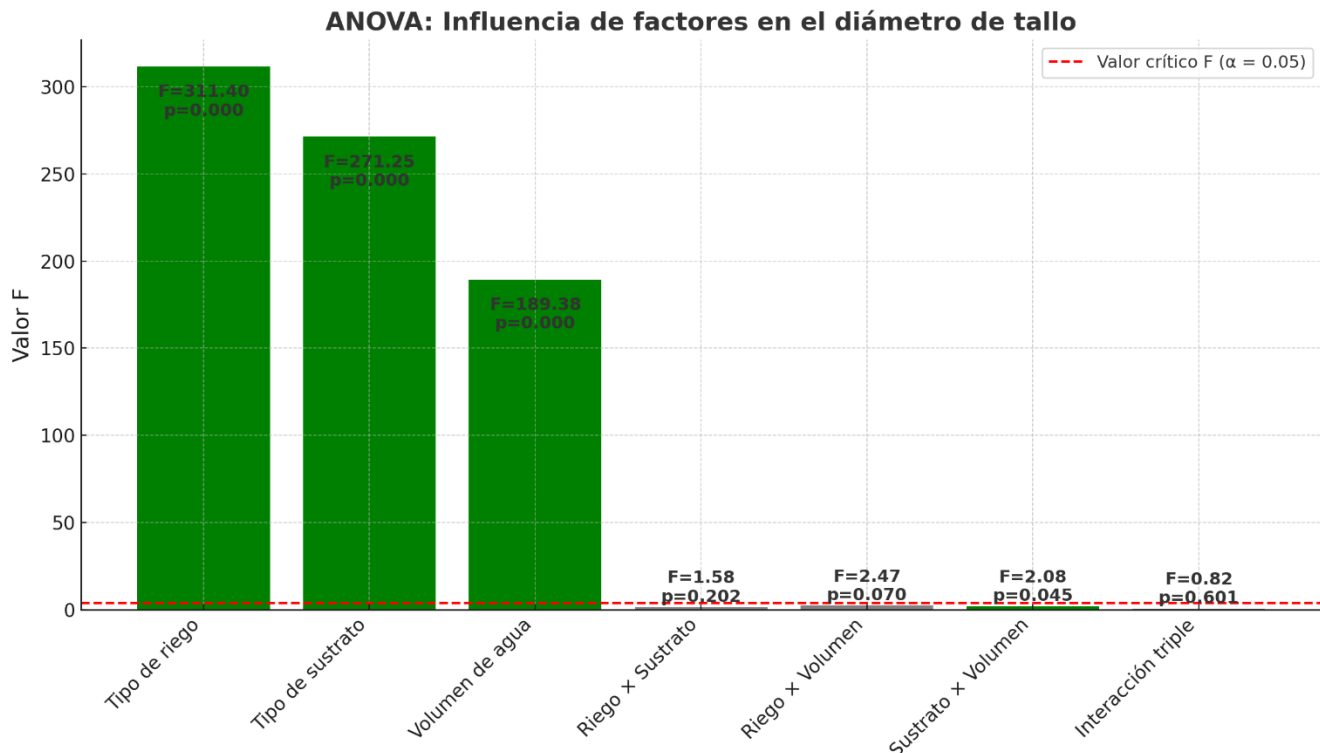


Figure 05. Influence of factors on stem diameter

Figura 05. Influencia de factores en el diámetro del tallo

Tukey's test identified significant differences in the stem diameter between specific combinations of water type, water volume and substrate type, which shows that the interaction between these factors influences the development of the stem thickness. For example, the combination Manual, 1000 ml, Abono presented a significantly different diameter compared to Manual, 1000 ml, Improved ($p < 0.05$), indicating that, under the same water and volume conditions, the type of substrate can modify the thickening of the height. However, other comparisons, such as Manual, 1000 ml, Allowance versus Manual, 1000 ml, Fertilizer, do not show significant differences, which suggests that, in some cases, changing the type of substrate without modifying the water volume or water volume does not generate a relevant effect on the diameter.

La prueba de Tukey identificó diferencias significativas en el diámetro del tallo entre combinaciones específicas de tipo de riego, volumen de agua y tipo de sustrato, lo que evidencia que la interacción entre estos factores influye en el desarrollo del grosor del tallo. Por ejemplo, la combinación Manual, 1000 ml, Abono presentó un diámetro significativamente diferente al de Manual, 1000 ml, Mejorado ($p < 0.05$), indicando que, bajo las mismas condiciones de riego y volumen, el tipo de sustrato puede modificar el engrosamiento del tallo. Sin embargo, otras comparaciones, como Manual, 1000 ml, Abono frente a Manual, 1000 ml, Fertilizante, no mostraron diferencias significativas, lo que sugiere que, en algunos casos, cambiar el tipo de sustrato sin modificar el riego ni el volumen de agua no genera un efecto relevante sobre el diámetro.

This is in line with previous studies highlighting the importance of individually optimising water and substrate management to improve plant growth (Paradelo et al., 2019; Tan et al., 2021). The absence of significant interactions suggests that combined effects do not provide substantial additional variation in this design, as has also been pointed out by research on simple dynamics in agricultural systems (Schlunegger et al., 2023). However, studies such as those by Vera et al. (2015) and Zhang et al. (2021) highlight that significant interactions could emerge under more varied experimental conditions or with specific substrates. In this context, the focus should be on optimising the main factors

Esto coincide con estudios previos que destacan la importancia de optimizar individualmente el manejo del agua y los sustratos para mejorar el crecimiento vegetal (Paradelo et al., 2019; Tan et al., 2021). La ausencia de interacciones significativas sugiere que los efectos combinados no aportan una variación sustancial adicional en este diseño, como también lo han señalado investigaciones sobre dinámicas simples en sistemas agrícolas (Schlunegger et al., 2023). Sin embargo, estudios como los de Vera et al. (2015) y Zhang et al. (2021) resaltan

15
60

26
54

1

Shrub leafiness.

The results of the analysis of variance show that all main factors and the interactions between irrigation type, water volume and substrate type have statistically significant effects on shrub leafiness ($p < 0.001$ in all cases). Irrigation type and water volume are the main factors with the greatest individual impact, as reflected by the highest f value for substrate (12.897). Interactions between factors, such as irrigation type * water volume and water volume * substrate type, also show significant effects, highlighting the complexity of the relationships between these factors in the response of leafiness. The model explains 76.2% of the total variability ($r^2 = 0.762$), suggesting that these variables are essential to determine the performance in terms of bush growth (Table 8).

que interacciones significativas podrían emerger bajo condiciones experimentales más variadas o con sustratos específicos. En este contexto, el enfoque debería centrarse en la optimización de los factores principales.

Frondosidad arbustiva.

Los resultados del análisis de varianza muestran que todos los factores principales y las interacciones entre tipo de riego, volumen de agua y tipo de sustrato tienen efectos estadísticamente significativos sobre la frondosidad arbustiva ($p < 0.001$ en todos los casos). El tipo de riego y el volumen de agua son los factores principales con mayor impacto individual, como lo refleja el valor de f más alto para los sustratos (12.897). las interacciones entre factores, como tipo de riego * volumen de agua y volumen de agua * tipo de sustrato, también muestran efectos significativos, destacando la complejidad de las relaciones entre estos factores en la respuesta de la frondosidad. el modelo explica un 76.2% de la variabilidad total ($r^2 = 0.762$), lo que sugiere que estas variables son fundamentales para determinar el rendimiento en términos de crecimiento arbustivo (Tabla 8)

Table 8. Univariate ANOVA test results in SPSS shrubby foliage

Tabla 8. Resultados de prueba ANOVA univariado en SPSS para frondosidad arbustiva

Dependent variable: shrubby foliage					
Variable dependiente: frondocidad arbustiva					
Origin / Origen	Type III sum of squares / Tipo III de suma de cuadrados	gl	Root mean square / Media cuadrática	F	Sig.
Corrected model / Modelo corregido	26799.879 ^a	31	864.512	6.620	0.000
Intersection / Intersección	639620.516	1	639620.516	4898.003	0.000
Type of irrigation / Tipo de riego	1174.271	1	1174.271	8.992	0.004
Substrates / Sustratos	5052.531	3	1684.177	12.897	0.000
Water volumes / Volúmenes de agua	4254.510	3	1418.170	10.860	0.000
Type of irrigation * substrates / Tipo de riego * sustratos	4123.598	3	1374.533	10.526	0.000
Type of irrigation * water volumes / Tipo de riego * volúmenes de agua	2501.224	3	833.741	6.385	0.001
Substrates * water volumes / Sustratos * volúmenes de agua	5456.494	9	606.277	4.643	0.000
Type of irrigation * substrates * water volumes / Tipo de riego * sustratos * volúmenes de agua	4237.252	9	470.806	3.605	0.001
Error	8357.633	64	130.588		
Total	674778.028	96			
Total corregido	35157.512	95			
a. R al cuadrado = .762 (R al cuadrado ajustada = .647)					

ANOVA: Influencia de factores en la frondosidad arbustiva

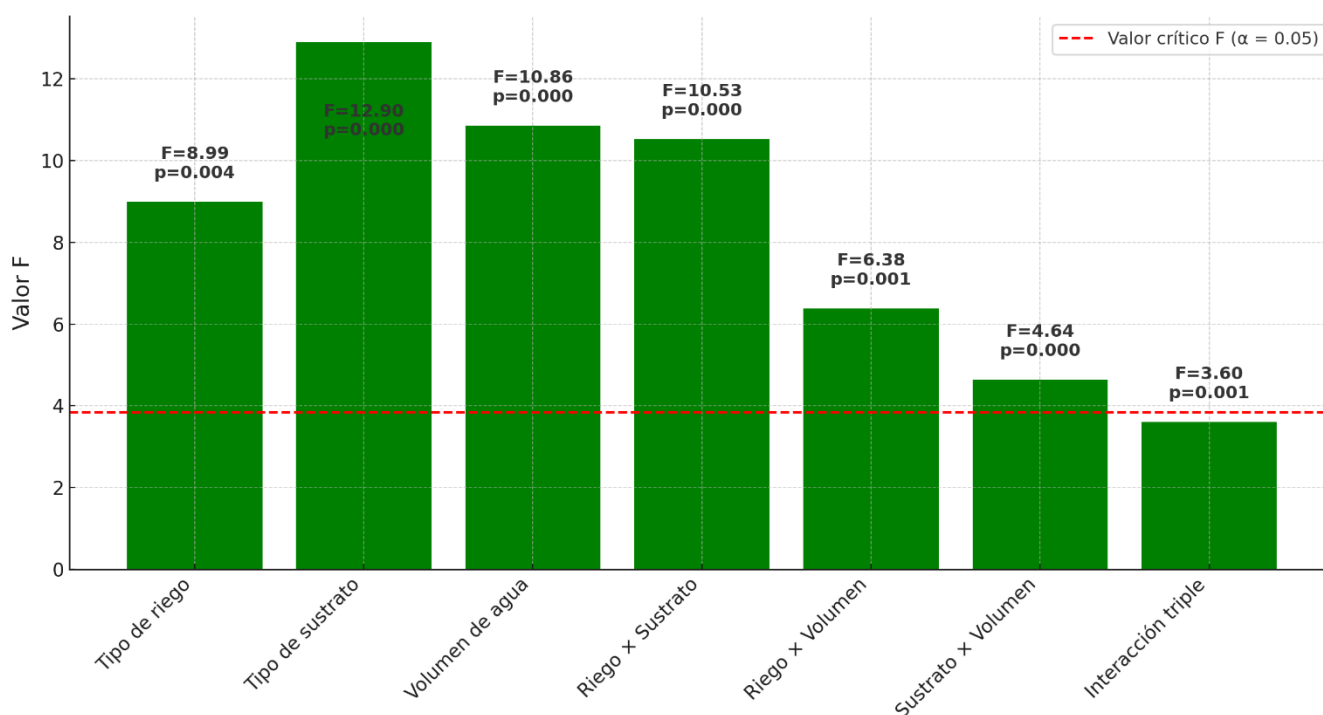


Figure 06. Influence of factors on shrub density

Figura 06. Influencia de factores en la frondosidad arbustiva

The results of Tukey's post hoc analysis show significant differences in shrub foliage between the evaluated combinations, highlighting the comparison between Riego Manual, 1000 ml, Hidrogel and Riego Solar, 600 ml, Fertilizador. The difference in averages of -91.87 cm^2 (95% CI: $[-128.81, -54.92]$, $p < 0.001$) indicates that, on average, plants subjected to manual irrigation with a greater volume of water and substrate with hydrogel developed 91.87 cm^2 more leaf coverage than those under solar irrigation with a smaller volume and fertilizer.

This result shows that the use of hydrogel, together with an abundant and constant water supply, favors the retention of moisture in the substrate and, consequently, increases the production of leaf biomass. On the contrary, conditions of lower water volume and the absence of a water retainer reduce the development of the leaf.

The results obtained demonstrate that the interaction between irrigation type, water volume and substrate is key in shrub leafiness, with statistical significance in all the main factors and their interactions ($p < 0.001$) and a model that explains 76.2% of the total variability ($R^2 = 0.762$). In line with these findings, Fuentes and Zumbardo (2018) pointed out that drip irrigation improves water distribution, favoring plant growth, while Mendoza and Rivera (2016) highlighted the importance of optimizing water volume, consistent with the individual impact of this factor ($F = 12.897$) in the present study. Furthermore, Tukey post hoc analysis confirmed that manual irrigation with 1000 ml and hydrogel substrate significantly improves leafiness.

Los resultados del análisis post hoc de Tukey muestran diferencias significativas en la frondosidad arbustiva entre las combinaciones evaluadas, destacando la comparación entre Riego Manual, 1000 ml, Hidrogel y Riego Solar, 600 ml, Fertilizante. La diferencia de medias de -91.87 cm^2 (IC 95%: $[-128.81, -54.92]$, $p < 0.001$) indica que, en promedio, las plantas sometidas a riego manual con mayor volumen de agua y sustrato con hidrogel desarrollaron 91.87 cm^2 más de cobertura foliar que aquellas bajo riego solar con menor volumen y fertilizante.

Este resultado evidencia que el uso de hidrogel, junto con un aporte hídrico abundante y constante, favorece la retención de humedad en el sustrato y, en consecuencia, incrementa la producción de biomasa foliar. Por el contrario, las condiciones de menor volumen de agua y ausencia de un retenedor hídrico reducen el desarrollo del follaje.

Los resultados obtenidos demuestran que la interacción entre tipo de riego, volumen de agua y sustrato es clave en la frondosidad arbustiva, con significancia estadística en todos los factores principales y sus interacciones ($p < 0.001$) y un modelo que explica el 76.2% de la variabilidad total ($R^2 = 0.762$). En línea con estos hallazgos, Fuentes y Zumbardo (2018) señalaron que el riego por goteo mejora la distribución del agua, favoreciendo el crecimiento vegetal, mientras que Mendoza y Rivera (2016) destacaron la importancia de optimizar el volumen de agua, coherente con el impacto individual de este factor ($F = 12.897$) en el presente estudio. Además, el análisis post hoc de Tukey confirmó que el riego manual con 1000 ml y sustrato de

hidrogel mejora significativamente la frondosidad comparado con el riego solar con 600 ml y fertilizante (diferencia de medias: -91.87, IC 95%: [-128.81, -54.92], $p < 0.001$), resaltando el papel de los hidrogeles en la retención de agua y el crecimiento vegetal (Gonzalez & Ortega, 2017; Paradelo et al., 2019). Estas interacciones complejas, también reportadas por Mondragón-Valero et al. (2017), enfatizan que las condiciones óptimas dependen de la combinación de riego, agua y sustrato. Por tanto, enfoques integrados que consideren estas interacciones, como los propuestos por Coronado Silva y Prato Sarmiento (2019) y Lanza y Rojas (2022), son fundamentales para maximizar el rendimiento vegetal en sistemas agrícolas sostenibles.

Tabla 9. Resultados de prueba Rho de Spearman para los parámetros físico químicos del suelo .

Parámetro	Rho de Spearman	P-valor
pH.	-0.971008312	0.001248593
Conductividad Electrica	-0.885714286	0.018845481
Carbonato De Calcio Equivalente	0.985610761	0.000309086
Materia Orgánica	0.985610761	0.000309086
Arena	0.941123948	0.005097541
Arcilla	0.898645105	0.014888622
Limo	1	0
Calcio (Ca) (*)	1	0
Magnesio (Mg) (*)	1	0
Sodio (Na) (*)	0.898645105	0.014888622
Potasio (K) (*)	0.985610761	0.000309086
Nitrógeno Total (*)	1	0
Potasio Disponible (*)	1	0
Fósforo Disponible (*)		
Fósforo Disponible (*)	1	0
CICe (*)	0.985610761	0.000309086

Resultados del Análisis de Spearman

El análisis de Spearman revela relaciones significativas entre los días de muestreo y los parámetros evaluados en el suelo tratado con abono mejorado (**Tabla 9**). El pH muestra una relación negativa muy fuerte ($\rho=-0.971$, $p=0.0012$), indicando una disminución progresiva hacia valores más neutros, lo que estabiliza la acidez del suelo. De manera similar, la **conductividad eléctrica** también presenta una relación negativa ($\rho=-0.886$, $p=0.0188$), lo que refleja una reducción en las sales solubles, un cambio favorable para mejorar las propiedades químicas del

equivalent ($p=0.986$, $p=0.0003$) and **organic matter** ($p=0.986$, $p=0.0003$) show very strong positive relationships, indicating a significant increase in soil fertility and neutralizing capacity. Finally, **sand** shows a consistent increase ($p=0.941$, $p=0.0051$), probably related to changes in the physical structure of the soil.

The results of this study show that the use of improved fertilizer has a positive and significant impact on soil quality, increasing organic matter ($p=0.986$, $p=0.0003$), calcium carbonate equivalent ($p=0.986$, $p=0.0003$) and stabilizing pH ($p=-0.971$, $p=0.0012$), which coincides with the observations of González and Ortega (2017) on the improvement in water retention and fertility in treated soils. Furthermore, the reduction in electrical conductivity ($p=-0.886$, $p=0.0188$) supports the reduction in salinity, aligning with Fuentes and Zumbardo (2018), who demonstrated that adequate management practices favor salt leaching. These improvements are consistent with the work of Mondragón-Valero et al. (2017) and Lu et al. (2024), who highlight the importance of enriched substrates to optimize soil chemical properties. Overall, this fertilizer represents an effective tool for the rehabilitation of degraded soils and agricultural sustainability, and its implementation is recommended in combination with technological irrigation systems to maximize its benefits and monitor parameters such as sodium to avoid unwanted accumulations

Conclusions

Sapling height

The ANOVA confirmed that irrigation type, water volume and substrate significantly affect sapling height, with water volume being the most influential factor. The interaction between the three factors was also significant, together explaining 59.3% of the variability in sapling growth., Post hoc comparisons highlight the effectiveness of solar irrigation with 400 ml of water and improved substrate, optimising water retention and growth compared to other treatments. These results reinforce the importance of combining specific irrigation and substrate strategies to maximise sapling height in sustainable agricultural systems.

Leaf length

Leaf length is strongly influenced by substrate type, which has the greatest individual effect, and by interactions between irrigation, water volume and substrate, explaining 90.2% of the total variability (R^2). Specific combinations,

suelo. Por otro lado, el **carbonato de calcio equivalente** ($p=0.986$, $p=0.0003$) y la **materia orgánica** ($p=0.986$, $p=0.0003$) muestran relaciones positivas muy fuertes, indicando un aumento significativo en la fertilidad y capacidad de neutralización del suelo. Finalmente, la **arena** muestra un incremento consistente ($p=0.941$, $p=0.0051$), probablemente relacionado con cambios en la estructura física del suelo.

Los resultados de este estudio evidencian que el uso de en la calidad del suelo, incrementando la materia orgánica ($p=0.986$, $p=0.0003$), el carbonato de calcio equivalente ($p=0.986$, $p=0.0003$) y estabilizando el pH ($p=-0.971$, $p=0.0012$), lo que coincide con las observaciones de González y Ortega (2017) sobre la mejora en la retención de agua y fertilidad en suelos tratados. Además, la reducción de la conductividad eléctrica ($p=-0.886$, $p=0.0188$) respalda la reducción de salinidad, alineándose con Fuentes y Zumbardo (2018), quienes demostraron que las prácticas de manejo adecuadas favorecen la lixiviación de sales. Estas mejoras son consistentes con el trabajo de Mondragón-Valero et al. (2017) y Lu et al. (2024), quienes destacan la importancia de los sustratos enriquecidos para optimizar las propiedades químicas del suelo. En conjunto, este abono representa una herramienta eficaz para la rehabilitación de suelos degradados y la sostenibilidad agrícola, recomendándose su implementación combinada con sistemas de riego tecnificados para maximizar sus beneficios y monitorear parámetros como el sodio para evitar acumulaciones indeseadas.

Conclusiones

Altura del brinjal

El ANOVA confirmó que el tipo de riego, volumen de agua y sustrato afectan significativamente la altura del brinjal, con el volumen de agua como el factor más influyente. La interacción entre los tres factores también fue significativa explicando en conjunto 59.3% de la variabilidad en el crecimiento del brinjal. Las comparaciones post hoc destacan la eficacia del riego solar con 400 ml de agua y sustrato mejorado, optimizando la retención hídrica y el crecimiento en comparación con otros tratamientos. Estos resultados refuerzan la importancia de combinar estrategias específicas de riego y sustratos para maximizar la altura de los brinzales en sistemas agrícolas sostenibles.

Longitud de hoja

La longitud de las hojas está fuertemente influenciada por el tipo de sustrato, el cual tiene el mayor efecto individual, y por las interacciones entre riego, volumen de agua y sustrato, explicando un 90.2% de la variabilidad total (R^2).

such as manual irrigation with 400 ml and fertilizer, proved to be the most effective according to post hoc analyses. These findings underline the need for an integrated management of environmental factors to optimize leaf development, with key implications for sustainable agriculture and ecological restoration.

59 Stem diameter

Stem diameter is significantly influenced by the main factors (irrigation, water volume and substrate), although the complex interactions between them are less relevant in this experimental design. Post hoc analyses highlight the positive impact of combinations such as manual irrigation with 1000 ml and improved substrate, while minor differences in the substrate do not generate significant changes. This suggests that individual optimization of each factor is an effective strategy to improve stem growth in controlled agricultural systems.

Shrub leafiness

28 Shrub leafiness is highly dependent on the type of irrigation, water volume and type of substrate, with the model explaining 76.2% of the total variability (R^2). The interactions between these factors highlight the superiority of manual irrigation with a higher volume (1000 ml) and hydrogel substrates, which optimize water retention and plant yield. These results confirm the importance of integrating advanced agricultural strategies to maximize leafiness, promoting sustainable management of water resources and soil.

Recommendations

Sapling height: Implement strategies that combine efficient solar irrigation with improved substrates to optimize water retention and early plant growth.

Leaf length: Prioritize the use of balanced substrates and moderate irrigation in combination with fertilizers to maximize sustainable leaf development.

Stem diameter: Individually optimize irrigation, water, and substrate management, focusing on specific combinations such as manual irrigation with high volumes and improved substrates.

Shrub leafiness: Incorporate hydrogels into agricultural practices along with manual irrigation and adequate volumes of water to improve water retention and maximize plant yield.

End of English version

Las combinaciones específicas, como riego manual con 400 ml y fertilizante, demostraron ser las más efectivas según los análisis post hoc. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un manejo integrado de los factores ambientales para optimizar el desarrollo foliar, con implicaciones clave para la agricultura sostenible y la restauración ecológica.

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo está significativamente influenciado por los factores principales (riego, volumen de agua y sustrato), aunque las interacciones complejas entre ellos son menos relevantes en este diseño experimental. Los análisis post hoc destacan el impacto positivo de combinaciones como riego manual con 1000 ml y sustrato mejorado, mientras que diferencias menores en el sustrato no generan cambios significativos. Esto sugiere que la optimización individual de cada factor es una estrategia efectiva para mejorar el crecimiento del tallo en sistemas agrícolas controlados.

Frondosidad arbustiva

La frondosidad arbustiva es altamente dependiente del tipo de riego, volumen de agua y tipo de sustrato, explicando el modelo un 76.2% de la variabilidad total (R^2). Las interacciones entre estos factores destacan la superioridad del riego manual con mayor volumen (1000 ml) y sustratos hidrogeles, que optimizan la retención hídrica y el rendimiento de las plantas. Estos resultados confirman la importancia de integrar estrategias agrícolas avanzadas para maximizar. Promover la gestión sostenible de los recursos hídricos y del suelo.

Recomendaciones

Altura del brinjal: Implementar estrategias que combinen riego solar eficiente con sustratos mejorados para optimizar la retención hídrica y el crecimiento inicial de las plantas.

Longitud de hoja: Priorizar el uso de sustratos equilibrados y riegos moderados en combinación con fertilizantes para maximizar el desarrollo foliar sostenible.

Diámetro del tallo: Optimizar individualmente el manejo de riego, agua y sustrato, enfocándose en combinaciones específicas como riego manual con volúmenes altos y sustratos mejorados.

Frondosidad arbustiva: Incorporar hidrogeles en las prácticas agrícolas junto con riego manual y volúmenes adecuados de agua para mejorar la retención hídrica y maximizar el rendimiento vegetal.

Fin de la versión en español

References / Referencias

- Bandenay, Gladys, & Morell, I. (2018). caracterizacion y modelizacion de flujo hidrico y la dinamica salina e un green experimental. Instituto Plaguicidas y Agua.
- Bernaola-Paucar, R. M., Clemente Archi, G., & Vilcapoma Paliza, M. L. (2022). Morphological indicators of the quality of five forest species produced in nurseries. *Agroindustrial Science*, 12(2), 175–180. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.02.07>
- Bretzel, F., Vannucchi, F., Pini, R., Scatena, M., Marradi, A., & Cinelli, F. (2020). Use of coarse substrate to increase the rate of water infiltration and the bearing capacity in tree plantings. *Ecological Engineering*, 148, 105798. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2020.105798>
- Brucker Kelling, M., Machado Araujo, M., Benítez León, E., Carpenedo Aimi, S., & Turchetto, F. (2017). Regímenes de riego y dosis de polímero hidroretenedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. *Bosque*, 38(1), 123–131. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000100013>
- Cabezas Gutiérrez, M., Peña Baracaldo, F., Díaz, C. J., & Moreno, A. F. (2020). Dosel De Tres Especies Forestales Y Su Relación Con La Adaptación A Suelos Degradados Por Erosión Canopy Of Three Forest Species And Their Relation To Adaptation To By Erosion Degraded Soils.
- Canizal, A., & Espinoza, R. (2018). Evaluacion de hidrogel en diferentes tipos y cualidades de sustrato en cultivo de pepino. Facultad de Estudios Superiores “Cuatitlan.”
- Chen, Y., Sun, Z., Hou, Y., Gao, D., & Li, Z. (2022). Hazard identification & risk control in aluminum production. *Process Safety and Environmental Protection*, 165, 336–346. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2022.07.017>
- Coronado Silva, R. A., & Prato Sarmiento, A. I. (2019). Identificación y crecimiento inicial de especies forestales usadas para el curado de tabaco Virginia. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 68–85. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.295>
- Freudenstein, F., Croft, R. J., Wiedemann, P. M., Verrender, A., Böhmert, C., & Loughran, S. P. (2020). Framing effects in risk communication messages – Hazard identification vs. risk assessment. *Environmental Research*, 190, 109934. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2020.109934>
- Fuentes, B., & Zumbardo, F. (2018). Propuesta de riego por goteo para cultivo de café en la region de Cordova Veracruz. Estudios Incorporados a La Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- Gonzalez, O., & Ortega, O. (2017). hidrogeles mejoradores de cultivos agricolas. Centro de Investigación En Química Aplicada.
- Guerra Dávila, T. (2014). BIOESTADÍSTICA (C. Ballesteros. Ahumada, Ed.; 1st ed., Vol. 1).
- Hao, M., & Nie, Y. (2022). Hazard identification, risk assessment and management of industrial system: Process safety in mining industry. *Safety Science*, 154, 105863. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2022.105863>
- Lanza, C., & Rojas, R. (2022). Crecimiento y sobrevivencia y calidad de plantas de Guazuma crinita “Bolina Blanca” con diferentes sustratos y niveles de iluminación en el laboratorio de producción y adaptación de plantas del CIEFOR-PUERTO Almendra Loreto. *Ecología de Bosques*.
- Lu, X., Zhou, Y., Yao, Y., Zhu, W., Hong, L., Zhu, F., Li, P., Wang, W., & Hong, C. (2024). Evaluation of the effect of a novel substrate that is composed of landfill-mined-soil-like-fractions on plant growth and heavy metal accumulation. *Chemosphere*, 352, 141336. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2024.141336>
- Maria Perez Mullisaca, F., & Linares Palomino, R. (2021). Floristic patterns of woody plants in montane forests of Río Abiseo National Park, Peru. *ARNALDOA*, 28 (1), 59–84. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28103>
- Martín, C. M., & Gallardo, F. B. (2019). POLYPODIACEAE Y PTERIDACEAE PARA LA FLORA DE LA PROVINCIA DE JUJUY (ARGENTINA). *BONPLANDIA Revista Del Instituto de Botánica Del Nordeste*, 24, 81–92.
- Melo, O., Rodríguez, N., & Rojas, R. (2019). Patrones de arquitectura foliar asociados al crecimiento funcional de cinco especies leñosas nativas de la cordillera oriental utilizadas en restauración ecológica en la sabana de Bogotá. *Colombia Forestal*, 15 (1), 119–130.
- Mendoza, G., & Rivera, G. (2016). bases tecnicas para el diseño de los sistemas de riego por goteo. Universidad Autonoma de Mexico.
- Mondragón-Valero, A., López-Cortés, I., Salazar, D. M., & de Córdova, P. F. (2017). Physical mechanisms produced in the development of nursery almond trees (*Prunus dulcis* Miller) as a response to the plant adaptation to different substrates. *Rhizosphere*, 3(P1), 44–49. <https://doi.org/10.1016/J.RHISPH.2016.12.002>
- Morello, S., Giussani, L. M., & Sede, S. M. (2013). Análisis preliminar de la variabilidad genética de *Escallonia alpina* y *E. rubra* (Escalloniaceae). *Darwiniana*, 1(2), 227–236. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2013.12.555>
- Nagase, A. (2020). Novel application and reused materials for extensive green roof substrates and drainage layers in Japan – Plant growth and moisture uptake implementation –. *Ecological Engineering*, 153, 105898. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2020.105898>
- Noya, M. G., Cuquel, F. L., Schafer, G., & Armindo, R. A. (2017). Substrates for cultivating herbaceous perennial plants in extensive green roofs. *Ecological Engineering*, 102, 662–669. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2017.02.042>
- Paradelo, R., Basanta, R., & Barral, M. T. (2019). Water-holding capacity and plant growth in compost-based substrates modified with polyacrylamide, guar gum or bentonite. *Scientia Horticulturae*, 243, 344–349. <https://doi.org/10.1016/J.SCIEN.2018.08.046>
- Schlunegger, F., do Prado, A. H., Norton, K. P., & Delunel, R. (2023). On the mechanisms resulting in the formation of the Quaternary staircase terrace systems in the valleys of the western Andean margin of Peru. *Geomorphology*, 442, 108923. <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2023.108923>
- Tan, W. K., Zhu, J., Lim, J. Y., Gao, Z., Loh, C. S., Li, J., & Ong, C. N. (2021). Use of okara-derived hydrogel for enhancing growth of plants by minimizing leaching and locking nutrients and water in growing substrate. *Ecological Engineering*, 159, 106122. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2020.106122>
- Tello, G., & Flores, M. (2023). Conocimiento y uso tradicional de las plantas en la comunidad campesina del distrito de Cocharcas. Escuela de Posgrado Maestria En Ecología Aplicada.
- Terreros, S., & La Torre, M. (2023). Estado de la diversidad y composición florística arbórea y arbustiva en fragmentos de bosques andinos en el departamento de Junín. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000100011&lng=es&tlng...
- Vera, S., Pinto, C., Victorero, F., Bustamante, W., Bonilla, C., Gironás, J., & Rojas, V. (2015). Influence of Plant and Substrate Characteristics of Vegetated Roofs on a Supermarket Energy Performance Located in a Semi-arid Climate. *Energy Procedia*, 78, 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2015.11.089>
- Zhang, J. P., Zhang, C. C., & Zhang, F. S. (2021). A novel process for waste polyvinyl chloride recycling: Plant growth substrate development. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105475. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2021.105475>
- Zuloaga, F. O., Belgrano, M. J., & Zanotti, C. A. (2019). An update of the catalogue of the vascular plants of the Southern cone. *Darwiniana*, 7(2), 208–278. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.861>

Appendix 1. Interaction matrix of variables
Apéndice 1 Matriz de Interacción de variables

Type of irrigation / Tipo de riego	Water volumes / Volúmenes de agua	Substrates / Sustratos	Repetitions / Repeticiones		
1	W	A	1WAR001	1WAR002	1WAR003
1	W	B	1WBR001	1WBR002	1WBR003
1	W	C	1WCR001	1WCR002	1WCR003
1	W	D	1WDR001	1WDR002	1WDR003
1	X	A	1XAR001	1XAR002	1XAR003
1	X	B	1XBR001	1XBR002	1XBR003
1	X	C	1XCR001	1XCR002	1XCR003
1	X	D	1XDR001	1XDR002	1XDR003
1	Y	A	1YAR001	1YAR002	1YAR003
1	Y	B	1YBR001	1YBR002	1YBR003
1	Y	C	1YCR001	1YCR002	1YCR003
1	Y	D	1YDR001	1YDR002	1YDR003
1	Z	A	1ZAR001	1ZAR002	1ZAR003
1	Z	B	1ZBR001	1ZBR002	1ZBR003
1	Z	C	1ZCR001	1ZCR002	1ZCR003
1	Z	D	1ZDR001	1ZDR002	1ZDR003
2	W	A	2WAR001	2WAR002	2WAR003
2	W	B	2WBR001	2WBR002	2WBR003
2	W	C	2WCR001	2WCR002	2WCR003
2	W	D	2WDR001	2WDR002	2WDR003
2	X	A	2XAR001	2XAR002	2XAR003
2	X	B	2XBR001	2XBR002	2XAR003
2	X	C	2XCR001	2XCR002	2XAR003
2	X	D	2XDR001	2XDR002	2XAR003
2	Y	A	2YAR001	2YAR002	2XAR003
2	Y	B	2YBR001	2YBR002	2XAR003
2	Y	C	2YCR001	2YCR002	2XAR003
2	Y	D	2YDR001	2YDR002	2XAR003
2	Z	A	2ZAR001	2ZAR002	2XAR003
2	Z	B	2ZBR001	2ZBR002	2XAR003
2	Z	C	2ZCR001	2ZCR002	2XAR003
2	Z	D	2ZDR001	2ZDR002	2XAR003



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° 10004 / SU / LABSAF - ILLPA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Jhoan France Cori Alvarez
Propietario / Productor : Jhoan France Cori Alvarez
Dirección del cliente : Juliaca
Solicitado por : Yerson Caceres
Muestreado por : Cliente
Número de muestra(s) : 6
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plastico
Referencia del muestreo : Parque Juana Maria I Municipio de San Miguel
Procedencia de muestra(s) : San Miguel - San Roman - Puno
Fecha(s) de muestreo : 2024-08-01 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-08-01
Lugar de ensayo : LABSAF ILLPA
Fecha(s) de análisis : Del 2024-08-05 al 2024-08-20
Cotización del servicio : 161-24-ILL
Fecha de emisión : 2024-10-11



Firmado digitalmente por:
CANIHUA ROJAS Jorge FAU
20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14/10/2024 15:29:22-0500

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU3351-ILL-24	SU3352-ILL-24	SU3353-ILL-24	SU3354-ILL-24	SU3355-ILL-24	SU3356-ILL-24
Matriz Analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo (***)			2024-08-01	2024-08-01	2024-08-01	2024-08-01	2024-08-01	2024-08-01
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			5:15	6:15	6:15	6:35	6:35	6:40
Condición de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			JCA-01	JCA-02	JCA-03	JCA-04	JCA-05	JCA-06
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH.	unid. pH	0,1	7,5	7,5	7,4	7,3	7,3	7,2
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	595,0	596,0	590,2	588,1	589,2	583,1
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,5	19,4	19,5	19,6	19,6	19,8	20,0
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,1	<	<	<	<	<	<
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,1	<	<	<	<	<	<
Materia Orgánica	%	0,5	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	39,38	39,38	39,38	39,41	39,55	39,69
Arcilla	%	-	9,97	10,03	10,04	10,03	10,05	10,09
Limo	%	-	50,65	51,15	51,43	51,91	52,01	52,42
Clase Textural	-	-	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso
Bases intercambiables	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcio (Ca) (*)	cmol (+)/Kg	0,20	41,80	42,80	43,11	43,82	43,99	44,01
Magnesio (Mg) (*)	cmol (+)/Kg	0,10	8,20	8,31	8,35	8,40	8,44	8,50
Sodio (Na) (*)	cmol (+)/Kg	0,10	11,10	11,12	11,10	11,17	11,22	11,34
Potasio (K) (*)	cmol (+)/Kg	0,10	5,91	5,95	5,99	6,02	6,02	6,11
Nitrógeno Total (*)	%	0,10	0,25	0,26	0,28	0,29	0,32	0,33
Potasio Disponible (*)	ppm	3,10	232,00	2411,00	2462,00	2491,00	2501,00	2519,00
Fósforo Disponible (*)	mg/kg	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fósforo Disponible (*)	mg/kg	0,1	37,2	37,6	37,9	38,1	38,9	39,2
ClCe (*)	cmol (+)/Kg	-	67,00	68,00	69,00	70,00	70,00	72,00





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° 10004 / SU / LABSAF - ILLPA



III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH.	EPA Method 9045 D Rev. 4 2004 Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994 / Cor 1:1996 Soil quality -- Determination of the specific electrical conductivity
Carbonato De Calcio Equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.3.25, AS-29 2002 Determinación de los carbonatos de calcio equivalente (AS-29 Método de neutralización ácida).
Acidez y Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.3.29, AS-33 2002 Determinación de Acidez y Aluminio Intercambiable (AS-33 método de Cloruro de Potasio).
Carbono Orgánico Total / Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.1.7, AS-07 2002 Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.1.9, AS-09 2002 Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na y K Intercambiable)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revisión 5. 2018. Validado (aplicado fuera del alcance) 2023 Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para bases intercambiables: Ca, Mg, Na y K) // Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.1.10, AS-10 2002 Determinación de fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.1.10, AS-11 Determinación de fósforo extraíble en suelos neutros y ácidos (AS 11 Método de Bray y Kurtz).
Nitrógeno Total	ISO 13878:1998, First Edition 1998 Soil Quality - Determination of total nitrogen by dry combustion (elemental analysis)
Potasio Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revisión 5. 2018). Validado (modificado y aplicado fuera del alcance) 2023 Determinación de potasio disponible en suelos con saturación de acetato de amonio 1N, PH 7.0 // Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry.
CiCe (*)	Manual de Procedimientos de los análisis de suelos y aguas con fines de riego, Lima-Perú (Marzo 2017)

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

(***) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Dalmecio Miranda Q. - Analista en investigación y servicios de laboratorio del LABSAF - ILLPA



Firmado digitalmente por:
CANIHUA ROJAS Jorge FAU
20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14/10/2024 15:29:39-0500

Firma

Jorge Canihua Rojas
Responsable del Laboratorio EEA Illpa - Puno

FIN DE INFORME DE ENSAYO