

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis del efecto del compost a la tolerancia del estrés por déficit hídrico en las especies *pelargonium hortorum* (geranio), *lolium perenne* (ray grass) y *fuertesimalva echinata* (malva), Cusco-2022**

Grecia Alejandra Ponce Salas  
Karen Stefany Ventura Murillo

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : FELIPE NÉSTOR GUITARRA MEZA  
**DE** : STEVE DANN CAMARGO HINOSTROZA  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 14 de mayo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

**“ANÁLISIS DEL EFECTO DEL COMPOST A LA TOLERANCIA DEL ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO EN LAS ESPECIES *Pelargonium hortorum* (GERANIO), *Lolium perenne* (RAY GRASS) Y *Fuertesimalvaechinata* (MALVA), CUSCO – 2022”**

Autores:

1. GRECIA ALEJANDRA PONCE SALAS – EAP. INGENIERÍA AMBIENTAL
2. KAREN STEFANY VENTURA MURILLO – EAP. INGENIERÍA AMBIENTAL

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- |   |  |  |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía   | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores<br>Nº de palabras excluidas: 05 | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante                     | SI <input type="checkbox"/>            | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos - RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por guiarme y no abandonarme en este interesante camino.

A mi familia y seres queridos por el apoyo y la paciencia que me dieron.

A mis asesores por su dedicación y paciencia.

A mi compañera de tesis, ya que sin ella no lo hubiese logrado en el tiempo establecido.

*Grecia Alejandra Ponce Salas*

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme en el camino correcto.

A mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

*Karen Stefany Ventura Murillo*

## DEDICATORIA

Dedico de una manera muy especial mi tesis a Dios, mis padres, familia y amigos, porque son lo más sagrado que tengo en la vida, por ser siempre los principales motivadores y formadores de lo que soy ahora como persona.

A Amalia y Rafael que han sido el mayor apoyo durante el proceso de realización de mis proyectos.

A mí, por a ver sido constante, perseverante y tener la fortaleza de haberlo logrado.

*Grecia Alejandra Ponce Salas*

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres Aniceto y Martha, por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante.

También a Willy por brindarme su apoyo moral en todo el camino recorrido.

Finalmente, a mi hija Valentina, que me dio la motivación necesaria para culminar.

*Karen Stefany Ventura Murillo*

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	3
DEDICATORIA .....	5
RESUMEN .....	11
INTRODUCCIÓN .....	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	14
1.1.1. Problema general .....	17
1.1.2. Problemas específicos.....	17
1.2. Objetivos .....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos .....	17
1.3. Justificación e importancia .....	18
1.4. Hipótesis .....	18
1.5. Operacionalización   de variables.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes de la investigación .....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	23
2.1.3. Antecedentes regionales y locales .....	25
2.2. Bases teóricas .....	27
2.2.1. Compost .....	27
2.2.2. Estrés por déficit hídrico.....	29
2.2.3. <i>Pelargonium hortorum</i> – Geranio .....	29
2.2.4. <i>Lolium perenne</i> – Ray Grass.....	29
2.2.5. <i>Fuertesimalva echinata</i> – Malva .....	30
2.2.6. Propiedades fitorremediadoras .....	30

2.3. Definición de términos básicos .....	31
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	33
3.1. Método y alcance de la investigación .....	33
3.1.1. Método general .....	33
3.1.2. Método específico.....	33
3.1.3. Tipo de investigación.....	33
3.1.4. Nivel de investigación .....	33
3.2. Diseño de la investigación .....	34
3.3. Población y muestra.....	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	35
3.4.1. Técnicas e instrumentos .....	35
3.4.2. Materiales .....	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1. Presentación de resultados .....	39
4.1.1. Características de las especies.....	39
4.1.1.1. Características de <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) .....	39
4.1.1.2. Características de <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva). .....	45
4.1.1.3. Características <i>Lolium Perenne</i> (Ray grass) .....	50
4.1.2. Definir los parámetros fisicoquímicos del compost.....	52
4.1.3. Determinar el nivel de tolerancia por déficit hídrico de <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium Perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalca echinata</i> (malva). 54	
4.1.4. Analizar el efecto del compost en la tolerancia al déficit hídrico en <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio), <i>Lolium Perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva), Cusco. ....	55
4.2. Discusión de resultados .....	59
CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES.....	66

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
ANEXOS .....	71
Anexo 1. Ficha de observación .....	71
Anexo 2. Imágenes del estudio .....	72
Anexo 3. Resultado de análisis de laboratorio del compost .....	78
Anexo 4. Prueba de homogeneidad de Levene .....	79
Anexo 4. Matriz de consistencia .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	19
Tabla 2 Diseño experimental.....	34
Tabla 3 Altura promedio de geranio según factores.....	39
Tabla 4 Ancho promedio de geranio según factores.....	41
Tabla 5 Cantidad de brotes de geranio según factores.....	42
Tabla 6 Hojas perdidas de geranio según factores.....	43
Tabla 7 Altura promedio de malva según factores.....	45
Tabla 8 Ancho promedio de malva según factores.....	46
Tabla 9 Brotes acumulados promedio de malva según factores.....	48
Tabla 10 Hojas perdidas acumuladas promedio de malva según factores.....	49
Tabla 11 Altura promedio de Ray Grass según factores.....	50
Tabla 12 Ancho promedio de malva según factores.....	51
Tabla 13 Resultado análisis fisicoquímico compost.....	52
Tabla 14 Resultados de factor déficit hídrico sobre indicadores del geranio.....	54
Tabla 15 Resultados de factor déficit hídrico sobre indicadores de la malva.....	54
Tabla 16 Resultados de la interacción de factores sobre indicadores de la malva.....	55
Tabla 17 Resultados de factor compost sobre indicadores del geranio.....	56
Tabla 18 Resultados de la interacción de factores sobre indicadores del geranio.....	56
Tabla 19 Resultados de factor compost sobre indicadores de la malva.....	57
Tabla 20 Resultados de factor compost sobre indicadores del ray grass.....	57
Tabla 21 Resultados de la interacción de factores sobre indicadores del ray grass.....	57
Tabla 22 Prueba de homogeneidad de Levene.....	79
Tabla 23 Prueba de homogeneidad de Levene malva.....	79
Tabla 24 Prueba de homogeneidad de Levene Ray grass.....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1 Esquejes para generación de la población.....	36
Figura 2 Preparación de sustrato según grupos experimentales .....	37
Figura 3 Muestra generada según grupos experimentales en semana 1 .....	37
Figura 4 Altura promedio de geranio según factores .....	40
Figura 5 Ancho promedio de geranio según factores .....	42
Figura 6 Figura de brotes acumulados durante las 10 semanas.....	43
Figura 7 Hojas perdidas de geranio según factores .....	45
Figura 8 Altura promedio de malva según factores.....	46
Figura 9 Ancho promedio de malva según factores .....	47
Figura 10 Brotes acumulados promedio de malva según factores .....	49
Figura 11 Hojas perdidas acumuladas promedio de malva según factores .....	50
Figura 12 Geranio con y sin compost.....	72
Figura 13 Malva con y sin compost .....	72
Figura 14 Grupo RG1-3.....	73
Figura 15 Grupo RG4-2.....	74
Figura 16 Grupo RG3-2.....	75
Figura 17 Grupo RG2-3.....	76
Figura 18 Grupo RG3-1.....	77

## RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo analizar el efecto del compost a la tolerancia del estrés por déficit hídrico en las especies *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva), Cusco 2022. La metodología empleada fue método científico, hipotético – deductivo, tipo aplicada, nivel descriptivo explicativo, diseño experimental. La población estuvo conformada por los ejemplares de *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Peremme* (Ray grass) y *fuertesimalca echinata* (malva); la muestra fue de 36 individuos. Los resultados evidenciaron que la relación C/N del compost es de 12.95, que está dentro del rango recomendado de 10:1 a 15:1, indicando una buena descomposición de los materiales orgánicos. Se concluyó que el compost no tiene un efecto significativo en la altura, ancho, número de brotes y pérdida de hojas del geranio. Por otro lado, para la malva, el compost tuvo un efecto significativo en la altura y el ancho, pero no en el número de brotes ni en la pérdida de hojas. En el caso del Ray grass, no hubo un efecto significativo del compost en ninguna de las medidas. Esto indica que el compost puede tener efectos beneficiosos en la tolerancia al estrés hídrico para algunas especies de plantas en particular.

**Palabras claves:** Compost, déficit hídrico, *Pelargonium hortorum*, *Lolium perenne*, *Fuertesimalva echinata*

## ABSTRACT

In the present investigation, the objective was to analyze the effect of compost on the tolerance of stress due to water deficit in the species *Pelargonium hortorum* (geranium), *Lolium Perenne* (Ray grass) and *Fuertesimalva echinata* (mallow), Cusco 2022. The methodology used was scientific method, hypothetical - deductive, applied type, descriptive explanatory level, experimental design. The population consisted of specimens of *Pelargonium hortorum* (geranium) *Lolium Peremme* (Ray grass) and *fuertesimalva echinata* (mallow); the sample was 36 individuals. The results showed that the C/N ratio of the compost is 12.95, which is within the recommended range of 10:1 to 15:1, indicating a good decomposition of organic materials. It was concluded that the compost does not have a significant effect on the height, width, number of shoots and loss of leaves of the geranium. On the other hand, for mallow, compost had a significant effect on height and width, but not on number of shoots or leaf loss. In the case of ryegrass, there was no significant effect of compost on any of the measures. This indicates that compost may have beneficial effects on water stress tolerance for some particular plant species.

**Keywords:** Compost, water deficit, *Pelargonium hortorum*, *Lolium perenne*, *Fuertesimalva echinata*

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las Naciones Unidas en el año 2015 plantearon los objetivos de desarrollo sostenible conocidos como ODS, formando parte de la agenda 2030 que es un plan donde gobiernos y diferentes actores forman parte para garantizar un desarrollo sostenible en diferentes países. Al tratar objetivos ambientales, el compost tiene gran relevancia para el cumplimiento de estos, sobre todo de la ODS 9: Industria innovación e infraestructura (1).

El compost es un ejemplo que representa el cumplimiento de principios de la economía circular, ya que su finalidad es buscar un uso referente a los productos que genera el ser humano para reusarse. Así, es posible realizar una gestión sostenible respecto a residuos orgánicos. En sí, constituye un proceso biológico, donde se da una descomposición natural que, como resultado, mejora la calidad del suelo al brindar minerales, macro y micronutrientes, ello acorde al proceso de compostaje (2).

A continuación, se presenta la estructura de la investigación, la cual se encuentra dividida en 4 capítulos:

En el capítulo I se desarrolla el planteamiento del estudio, consistiendo en el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, hipótesis y operacionalización de variables.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico, consiste en la revisión de antecedentes, bases teóricas, y definición de términos básicos.

En el capítulo III se desarrolla la metodología, el cual está conformado por el método, diseño, población, muestra, técnicas de recolección de datos, instrumentos, materiales.

En el capítulo IV se desarrollan los resultados y discusión, donde se presentan y discuten los resultados. Por último, se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) fueron planteados por las Naciones Unidas en 2015, la cual concentra un conjunto de objetivos y acciones para movilizar la agenda de la comunidad internacional en relación con objetivos comunes, entre estos podemos encontrar objetivos económicos, sociales y ambientales. (3)

En relación con los ODS, el compost es un ejemplo de una aplicación de los principios de la economía circular, mediante la cual se busca que el uso de los productos, que el hombre genera, pueda ser reusados. En el caso específico del compost, a través de este se logra la gestión sostenible de los residuos orgánicos, vinculándose al ODS 9: Industria innovación e infraestructura, en específico a las metas de producción y consumo responsable. (1)

Este proceso de compostaje consiste en un proceso biológico, en el que microorganismos aceleran el proceso de biodegradación de materia orgánica como restos de alimentos, verduras, frutas u otros residuos, obteniendo el compost como producto que sirve para la mejora de la calidad del suelo ya que concentra un alto grado de macronutrientes, micronutrientes, minerales entre otros dependiendo del proceso de compostaje y la calidad de los residuos orgánicos usados. (2)

El Perú genera cerca de 21 000 toneladas de residuos diariamente, haciendo un promedio de 0.8 kilos por habitante al día. De este total de residuos solo el 1% es recuperado, ya que no se cuenta con una infraestructura adecuada. (4) Según el Ministerio del Ambiente en Perú alrededor del 70% de los residuos que se generan pueden ser reutilizados y el 54% al ser orgánicos son aptos para su uso en el proceso de compostaje (5). En la actualidad, diferentes organizaciones tanto públicas como privadas usan el proceso de compostaje para aprovechar los residuos orgánicos, entre ellas se encuentran las municipalidades que tienen a su cargo la gestión de los residuos, pudiendo implementar programas de compostaje entre dichas municipalidades tenemos a la Municipalidad de Concepción – Junín, Villa Rica Oxapampa, Municipalidad de Cajamarca, Municipalidad de Sicuani, Municipalidad provincial del Cusco, entre otras. Estas iniciativas son promovidas por el Ministerio del Ambiente mediante la implementación de Planes Anuales de Valorización de Residuos Sólidos Municipales. (6)

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), en la región Cusco para el año 2022 se generan 236 022 toneladas de residuos sólidos, con 646 toneladas por día, y con un promedio de 0.72 kilos cada día por habitante, la provincia del Cusco representa el 56% de la producción de residuos sólidos, generando anualmente 133 266 toneladas, 365 toneladas por día, y con un promedio de 0.73 kilos cada día por habitante. (7)

Es así como la Municipalidad Provincial del Cusco implementó la planta de compostaje de Cchoco, la cual procesa los residuos orgánicos sólidos generados en los mercados de abastos del distrito de Cusco, para la mejora de la gestión ambiental, y se usó el compost originado en un vivero de plantas ornamentales

Por parte del déficit hídrico, este es abordado en lo ODS por el objetivo 6: Agua limpia y saneamiento, la problemática con el uso del agua se ve afectada por el cambio climático y también por la falta de infraestructura para brindar servicios básicos a la población rural. Dentro de este objetivo se plantea la meta 6.4 referida al aumento del uso eficiente de los recursos hídrico, ya que la población debe de prepararse para afrontar una eventual escasez por falta de agua. Por ello el indicador 6.4.2 mide los niveles de estrés hídrico, el cual se refiere a la extracción de agua dulce, en proporción a los recursos de agua disponibles.

Si bien esta problemática se manifiesta de forma diferenciada en los países se ve una clara tendencia al incremento de dicho indicador:

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), uno de los casos críticos es el de Algeria, país en el que ya se superó el 100% de uso de sus recursos hídricos desde 2008, llegando al consumo del 138% para 2020, es decir que consume más agua de la que se puede renovar en su mismo país. El caso de Chile también muestra este crecimiento, aunque en menor escala pasando de un 8% en 2008 a un 21% para 2020, y Perú muestra también un crecimiento de este indicador pasando de 3% a 8% en los años mencionados anteriormente. (8)

Perú a pesar de aun no presentar niveles preocupantes de déficit hídrico muestra un claro crecimiento de este indicador en los últimos años, tener una respuesta adecuada tanto a nivel del consumo humano como de las industrias es clave para poder afrontar esta situación.

En el Perú, según la Autoridad Nacional del Agua, a pesar de disponer de grandes reservas de agua esta no se encuentra distribuida adecuadamente, es así como el sur del país es abastecido principalmente por la vertiente del lago Titicaca pero esta solo representa el 0.3% del agua disponible en el país, la cual se distribuye al 4% de la población, esto muestra la vulnerabilidad que presenta el Perú a pesar de tener abundancia del recurso. (9)

Por parte, el estrés por déficit hídrico se genera en las plantas cuando no son hidratadas eficientemente causando limitantes tanto en la producción como en el desarrollo, la literatura en relación con este tópico ha priorizado la evaluación de genotipos que son más resistentes al déficit hídrico manteniendo un desarrollo adecuado. En ese sentido se puede mencionar la investigación de Mendoza (10), el cual evaluó el déficit hídrico en genotipos de avena forrajera; Leon et al. (11), evaluaron clones de camote en condiciones de déficit hídrico.

Quedando aún pendiente el diseño de estrategias no genotípicas que coadyuven a la mitigación de dicho efecto en plantas, como es el caso del compost. El compost contribuye significativamente a la resiliencia de las plantas en condiciones de déficit hídrico mejorando la estructura del suelo y aumentando su capacidad de retención de agua, lo que facilita un mayor desarrollo radicular y acceso al agua. Además, regula la temperatura del suelo, proporciona nutrientes de liberación lenta, promueve una actividad microbiana beneficiosa que puede aumentar la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. (12)

Además de ello, la literatura acerca del compost se ha centrado en los factores que pueden mejorar la calidad del compost, como la aplicación de microorganismos eficientes o la calidad de los residuos orgánicos usados, así como en el compost como estrategia de gestión de residuos orgánicos, pero aún no se han evaluado los efectos directos de la aplicación del compost en casos específicos, es así que un reciente artículo de 2022 también evalúa el impacto del uso del compost en el crecimiento y fisiología de plantas de tomate bajo estrés por déficit hídrico, en el cual se obtuvo como resultados que se observó un incremento significativo en el crecimiento, atribuido al aporte constante de nutrientes minerales y a la capacidad de estos composts para retener agua y modificar la textura del suelo (13)

Las especies *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva) se caracterizan por ser usadas para con fines fitorremediadores en casos de concentración de metales en suelos productivos, como mencionan los estudios de Ríos (14) y Jimenez (15), y serán usadas en la presente investigación para la evaluación de los efectos del compost en el estrés por déficit hídrico.

#### 1.1.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del compost en la tolerancia al déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium peremme* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva), Cusco?

#### 1.1.2. Problemas específicos

- ¿Qué características presentan *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium peremme* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva) ante condiciones de déficit hídrico?
- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del compost?
- ¿Cuál es el nivel de tolerancia por déficit hídrico de *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Peremme* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva)?

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general

Analizar el efecto del compost en la tolerancia al déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium peremme* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva), Cusco.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva).
- Definir los parámetros fisicoquímicos del compost.
- Determinar el nivel de tolerancia por déficit hídrico de *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Peremme* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva).

### 1.3. Justificación e importancia

La presente investigación tiene como importancia la evaluación del compost como mitigante del estrés por déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva), ello podrá brindar evidencia sobre su efectividad y brindará testimonio para su uso productivo del compost y no solo como estrategia de gestión de residuos. Esto brinda una alternativa tanto para la gestión adecuada de los residuos así como para la mejora de la gestión del agua, ya que este recurso de vital importancia se ve afectado por el cambio climático. Además, el Perú en general y la zona sur del país no cuenta con una infraestructura adecuada para poder brindar las condiciones de acceso adecuadas al agua, es por ello que el recurso condiciona tanto el consumo humano como el uso productivo de la misma, llegando a afectarse a las plantas.

El compost es una estrategia sostenible prometedora tanto para la gestión de los residuos como para la mejora de las propiedades de la tierra para trabajo productivos o de restablecimiento. En relación con el estrés por déficit hídrico al ser esta una respuesta fisiológica ante una limitada disponibilidad de agua condiciona el desarrollo de las plantas, en la presente investigación se aborda como el compost puede mitigar la respuesta fisiológica de las plantas frente al estrés por déficit hídrico, este efecto se evaluará en plantas que tienen un uso ornamental, como fitorremediadora y medicinal.

### 1.4. Hipótesis

Ho: El efecto del compost no influye de manera significativa a la al déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva), Cusco.

Ha: El efecto del compost influye de manera significativa a la al déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva), Cusco.

## 1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1  
Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente	Compost	El compost es el resultado final de la descomposición biológica de la materia orgánica. Este proceso se realiza en condiciones controladas. (2)	Conjunto de características fisicoquímicas que presenta en compost y son significativas para el desarrollo de plantas.	Parámetros fisicoquímicos del compost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Humedad (%)</li> <li>- Materia orgánica (%)</li> <li>- Nitrógeno (%)</li> <li>- Fósforo (%)</li> <li>- Potasio (%)</li> <li>- Calcio (%)</li> <li>- Magnesio (%)</li> <li>- pH.</li> <li>- C/N</li> <li>- Micronutrientes (%)</li> <li>- Metales pesados</li> </ul>	De razón
Variable dependiente	Estrés por déficit hídrico	El estrés por déficit hídrico o por sequía se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso en agua, en donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. (16)	El estrés hídrico será medido teniendo en cuenta las características de la planta y las características del suelo durante seis semanas.	Altura	<p>Crecimiento vertical, altura en Cm.</p> <p>Crecimiento horizontal, ancho en Cm.</p>	De razón
				Expansión foliar	<p>Numero de hojas</p> <p>Área total de hoja</p>	
				Brotes	Cantidad de brotes	
				Peso	Peso seco	

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

El artículo titulado “Papel de varios composts basados en residuos de flotación de fosfato, fosfoyeso y cactus en la mejora de la tolerancia de las plantas de tomate al estrés por sequía” tuvo como finalidad evaluar el impacto de los residuos de flotación de fosfato (PFW) y los composts de fodfoyeso (PPG) en el crecimiento y la fisiología de las plantas de tomate bajo dos regímenes hídricos. El estudio se realizó en condiciones controladas utilizando tratamientos, PFW + PPG40%, PFW + PPG80%, PPG40%, PPG80%, PFW40%, PFW80%, control 40% y control 80%. Se obtuvieron resultados que indicaron que los compost han podido mejorar los parámetros de crecimiento, también la materia fresca y seca y fisiológica de las plantas de tomate por debajo de 80 y 40%. Los compost demuestran potencial para optimizar y mejorar la productividad y suelo de los cultivos (13).

Este estudio proporciona un marco para entender cómo distintos tipos de compost pueden mejorar la tolerancia al estrés hídrico y el crecimiento de las plantas. Para la tesis, esto puede sugerir metodologías para evaluar los cambios fisiológicos y de crecimiento en las especies objetivo, así como también puede indicar la relevancia de los diferentes componentes del compost en la mejora de la resistencia al estrés por sequía.

El artículo de título “Un novedoso compost (NC) que alivia el estrés por sequía en la producción de remolacha azucarera cultivada en suelos salinos contaminados con cadmium (Cd)” tuvo como objetivo examinar si el compost NC podrá aliviar los efectos del déficit hídrico en algunas plantas específicas, además de conocer si tendrá efectos en el crecimiento, rendimiento y respuestas morfofisiológicas de planta. Se realizaron dos experimentos en dos momentos de cultivo, a dichos cultivos se le aplicó tres regímenes de riego deficitario (60%, 80% y 100%). Los resultados muestran que la aplicación del nuevo compost genera impacto en las características fisicoquímicas del suelo, la absorción de Cd en las hojas y raíces se redujo. El régimen de riego y las tasas de NC afectaron positivamente en el rendimiento de raíces ( $97,2 \text{ t ha}^{-1}$ ), rendimiento de biomasa ( $32,3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad del producto. Se concluye que los impactos perjudiciales del estrés por sequía pueden reducirse con el uso de NC sirviendo como corrección del suelo para la producción (17).

Los resultados de este antecedente podrían proporcionar hipótesis sobre cómo el compost podría mitigar los efectos negativos de la sequía y la salinidad en las especies estudiadas, y cómo esto puede influir en su crecimiento y desarrollo, comparando los resultados en especies productivas, frente a la fitoremediadoras.

El artículo de título “Alivio del estrés por sequía en el césped mediante la aplicación combinada de nanocompost y microbios del compost” tuvo como objetivo investigar el impacto del compost de tamaño nanométrico, solo o en combinación con aislados tolerantes a la sequía del compost como respuesta del césped a la sequía. El sustrato de crecimiento fue tierra margosa del lugar de experimento, el compost de residuos sólidos municipales se procesó hasta llegar a nanopartículas de 30 nm. Los resultados muestran que, el nanocompost sea solo o acompañado incrementa el peso de los brotes y las raíces de las plantas que fueron sometidas a estrés por sequía, además mejora la biomasa de las plantas, en general muestra un incremento del 210 y 226% en biomasa de brotes y raíces, mejor ajuste osmótico y regulación de sistemas antioxidantes (18).

Este trabajo introduce la idea de que el tamaño de las partículas de compost y la biología del compost (microbios específicos) pueden tener efectos significativos en la resistencia al estrés por sequía. La tesis podría explorar si técnicas similares aplicadas a las plantas ornamentales, forrajeras y medicinales pueden tener efectos comparables

El artículo de título “Biocarbón en combinación con compost reduce la absorción de Pb y mejoramiento del crecimiento de maíz en suelos contaminados con Plomo expuestos a estrés por sequía” tuvo como objetivo conocer las funciones de mejora del biocarbón y el compost en cultivos de maíz sometidos a estrés por sequía y metales pesados. Los resultados muestran que la acumulación de estrés redujo la acumulación de biomasa en el maíz, mientras que, la combinación de biocarbón con compost mejoró la producción de biomasa en el maíz, además la acumulación de plomo en el cultivo de maíz fue mayor bajo estrés combinado que bajo estrés simple. Se concluye que, el biocarbón y el compost redujeron la absorción de Pb y mejoraron la producción de biomasa y osmolitos en cultivos de maíz estresados (19).

Los resultados de este estudio destacan cómo la combinación de compost con otros sustratos del suelo como el biocarbón puede influir en la respuesta de las plantas al

estrés por sequía y contaminantes del suelo. En la tesis, esto podría orientar la exploración de sinergias entre el compost y otros aditivos para mejorar la tolerancia al déficit hídrico.

El artículo de título “El ensamblaje de hongos micorrízicos arbusculares autóctonos y el compost de residuos verdes mejoran la tolerancia al estrés por sequía en árboles de algarrobo (*Cerconia siliqua* L.)” tuvo como objetivo aplicar una tecnología de gestión ecológica con el fin de mejorar la tolerancia de los algarrobos jóvenes al déficit hídrico mediante el uso de tratamientos simples o combinados. Para ello, se instalaron dos grupos de algarrobos en diferentes condiciones, uno con riego abundante y otro con plantas con estrés por sequía. Los resultados muestran que, el emparejamiento de C y AMF puede mediar una tolerancia superior a la sequía en algarrobos jóvenes al incrementar la conducción estomática de las hojas, el contenido de agua celular, mayor concentración de solutos y una respuesta de defensa contra el daño oxidativo en el período prolongado de DS (20).

Ofrece una perspectiva sobre cómo el tratamiento combinado de compost y otros organismos del suelo puede mejorar la tolerancia a la sequía en las plantas de gran tamaño como los árboles. Para la tesis, esto podría servir de contraste ya que en el caso de la presente investigación se tomaron en cuenta arbustos pequeños.

El artículo de título “Efectos de la fertilización del compost producido a partir de maíz, lodos de depuradora y biocarbón sobre la retención de agua del suelo y sus propiedades químicas” tuvo como objetivo conocer los efectos de diferentes tamaños de partículas de compost y los tipos de materias primas sobre las características físicas y químicas de un suelo arenoso. Para ello, se hizo uso de compost que contiene solo paja de maíz, paja de maíz con lodos de depuradora y paja de maíz con lodo y biocarbón. Los resultados muestran que con el compost aplicado se mejoró las propiedades de retención del agua de acuerdo con el tamaño de las partículas de compost, si se incrementaba lodo o biocarbón incrementaba también el contenido de agua disponible. Se concluye que, con una disminución en el tamaño de partícula del compost, la repelencia al agua aumentó rápidamente (12).

Este antecedente aporta información relevante sobre cómo el compost afecta las propiedades físicas y químicas del suelo, específicamente la retención de agua. Para la tesis, estos resultados refuerzan la hipótesis de mejora de las condiciones para el crecimiento de las plantas.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

La tesis titulada “Método del riego por condensación solar para la mitigación del estrés hídrico en biohuertos escolares Lima 2018” tuvo por objetivo mitigar el estrés hídrico mediante el método del riego por condensación solar en biohuertos escolares con la aplicación de un control suministrado del recurso hídrico, también en comparación a otros métodos, el estudiado utiliza 10 veces menos agua dando mejores resultados con las plantas. El estudio fue de diseño cuasi experimental y de tipo comparativo. Para la población de estudio se consideraron a un conjunto de 20 plantas. La recolección de datos se realizó mediante la ficha de registro de datos para campo, cadena de custodia de plantas, de agua, ficha de información y registro de datos experimentales. Los resultados demuestran que el método de riego por condensación ha logrado mitigar el estrés hídrico mediante la aplicación de menos agua y con ello contribuye de manera positiva al medio ambiente. Se optimizó el volumen de agua reduciendo un 40% durante 6 semanas (21).

Proporciona un método de riego que usa menos agua para mitigar el estrés hídrico en biohuertos escolares que puede contrastar con el uso del compost.

La tesis titulada Uso de Arundo donax L. Ecotipo "Costa Verde" en condiciones de estrés hídrico para la producción de biomasa” tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de ecotipo peruano frente a condiciones de estrés hídrico en invernadero analizando los parámetros de crecimiento y fisiológicos. Se sometieron las especies a condiciones de sequía dando un riego de 200ml diariamente, 100ml en sequía moderada y sequía severa unos 50ml, durante 4 semanas. Además, se observó una reducción de la concentración de clorofila A y B, pero se vio una respuesta positiva a la sequía (22).

Dicho antecedente contribuye al entendimiento de cómo ciertas especies pueden adaptarse al estrés hídrico de diversas formas.

La tesis titulada “Tolerancia a estrés por déficit hídrico en genotipos de avena forrajera en la Sierra Altoandina” tuvo como objetivo fue seleccionar genotipos de avena forrajera en buenas características forrajeras y tolerancia al estrés por déficit hídrico. Se consideraron 19 genotipos de avena para el estudio. Se hizo uso del diseño completamente aleatorizado y correlación de los indicadores del estrés hídrico. Los resultados demuestran que los genotipos de avena blanca de Cusco, Vilcanota (INIA-04), Junín, Mantaro 15 (INIA 01), avena negra, Junín (NN-04), avena negra, Puno (NN-06), avena negra, Puno

(NN-01), avena blanca, Junín (NB-03), todos ellos son tolerantes al estrés moderado por déficit hídrico (10).

Este antecedente proporciona información sobre la tolerancia al déficit hídrico de diferentes genotipos de avena, lo cual puede ser útil para la mejora de cultivos forrajeros en condiciones de sequía, resaltando los estudios que buscan genotipos más adecuados para afrontar las condiciones de déficit hídrico.

La investigación titulada “Influencia del estrés por déficit hídrico sobre el rendimiento de cultivo de trigo (*Triticum aestivum*)” tuvo como principal objetivo evaluar el efecto que causa el estrés por déficit hídrico sobre las características agronómicas y morfológicas del trigo. Se realizó la evaluación de cuatro regímenes de riego en dos tipos de trigo, utilizando el diseño experimental aleatorio con arreglo factorial. Las macetas para la siembra estaban contenidas de humus y tierra agrícola. El análisis de los datos recopilados fue mediante la prueba de Duncan, llegando a los resultados que muestran altas diferencias entre los tratamientos mencionados, el riego al 75% y 100% de requerimiento permitió mayor altura de la planta (53,37 a 57,44 cm), además de evidenciar mejor comportamiento agronómico, por ende, rendimiento más alto ( $>120 \text{ g/m}^2$ ) (23).

Dicho antecedente ofrece datos específicos sobre cómo diferentes regímenes de riego afectan el rendimiento del trigo, que puede servir como contraste frente a los efectos por condiciones de déficit hídrico.

La investigación titulada “Efecto del déficit hídrico y remoción de flores y frutos sobre la floración, rendimiento y calidad del limonero sutil (*citrus Aurantifolia Swing*) en la zona de Jayanca, Lambayeque” tuvo como objetivo primordial fue evaluar el efecto del déficit hídrico y remoción de flores y frutos, sólo o combinados sobre la intensidad de floración, en el rendimiento y la calidad. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados muestran que con 45 días de déficit hídrico y remoción de flores incrementó la cantidad de inflorescencias, el rendimiento (39.03 kg/árbol), la calidad de frutos (39.9 mm y 38.85 gr por fruto). Por ende, se concluye que el déficit hídrico y la remoción de flores y frutos en limonero sutil, influyó positivamente en la productividad y calidad, con un alto nivel de asociación ( $r=0.9767$ ) y un gran porcentaje de dependencia ( $r^2=0.9539$ ) (24).

Presenta una estrategia que combina el déficit hídrico y la remoción de flores y frutos para aumentar la productividad y calidad del limonero, este antecedente evidencia la combinación del compost con otras estrategias para mejorar las producción y rendimiento.

### 2.1.3. Antecedentes regionales y locales

El estudio titulado “Producción de compost con aplicación de lixiviados y efecto en el rendimiento del cultivo de Lactuca Sativa variedad Waldmans Green en san Jerónimo – Cusco” mostró como objetivo fue evaluar la producción de compost con la aplicación de lixiviados y su efecto en el rendimiento del cultivo mencionado. Se aplicó la metodología referente al compostaje que propuso la FAO, se realizaron 4 tratamientos de lixiviado al 25%, 50% y 100% y un compost testigo. Los resultados evidenciaron que el rendimiento de Lactuca sativa L en cuanto a su biomasa fresca fue mayor para el tratamiento T3 cuya mediana fue de 362gr. Se concluye que el compostaje muestra una producción más alta y mayores porcentajes de nitrógeno, fósforo y potasio cuando se hace uso del 100% de lixiviado, del mismo modo con dicho tratamiento se evidencia mayores rendimientos. (25)

Dicho antecedente aporta información sobre el reciclaje de residuos orgánicos y su efecto en el rendimiento de cultivos de lechuga, pudiendo ser relevante para prácticas de agricultura orgánica y sostenible, sirviendo de contraste con especies productivas.

La investigación titulada “Efecto del control de la temperatura en la fase termofílica del proceso de compostaje con inoculación de organismos eficientes” tuvo como objetivo determinar el efecto del control de temperatura en la fase termofílica en la calidad del producto. En cuanto a la metodología y los materiales utilizados, se experimentó con 3 biorreactores de alimentación de 15 kg de residuos orgánicos. Los resultados muestran que el biorreactor 1 y 3 son menos eficientes que el 2, ya que este último logró un incremento de temperatura de 10°C, además en el biorreactor 2 se obtuvo 68,95% de disminución en la relación C/N, 15% de disminución de porcentaje de materia orgánica, 1,19% de incremento de nitrógeno, 64,12% de incremento de fósforo, 10,82% de incremento de potasio. Se concluye que un incremento de temperatura en el proceso de compostaje tiene efectos positivos en la calidad de producto final. (26)

Contribuye al conocimiento sobre la optimización del proceso de compostaje, brindando una metodología para la evaluación de la composición del compost.

La investigación titulada “Efecto del abonamiento con dos tipos de preparación de compost en el rendimiento de cuatro variedades de repollo (*Brassica oleracea* L var *capitata*) en K´ayra – Cusco” tuvo por objetivo determinar el efecto de los dos tipos de preparación de compost en el rendimiento y comportamiento agro botánico. Los resultados muestran que la variedad Savoy es superior a las demás con 29.232 cm y Charleston Wakefield fue la menor con 24.511 cm. Además, las Charleston y corazón de buey son más precoces que Brunswick y Savoy. Se concluye que los dos tipos de preparación con compost no se evidencia diferencias en la raíz principal, pero si en las variedades. (27)

Este antecedente aporta evidencia sobre la influencia del compost en el rendimiento de diferentes variedades de repollo, útil para el diseño de estrategias de fertilización orgánica y manejo del suelo, en especies productivas de hortalizas que puede servir de contraste para los resultados de la presente investigación.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Compost

El compost es un método bioquímico que se basa en la descomposición enzimática de la materia orgánica por acción microbiana para producir gas metano o alcohol, aquí los componentes orgánicos se descomponen por bacterias naturales aeróbica o anaeróbicamente. El compost es una técnica natural de reciclaje de residuos orgánicos que se convierten en un nuevo suelo que se usa en jardines, cultivos, etc. Además, Los productos de compostaje son un compuesto inorgánico muy rico, que se utiliza para mejorar el suelo añadiendo nitrógeno y fosfato. (28)

Por ello el compost puede ser un ejemplo de una economía circular, ya que se reusa los desechos orgánicos para incrementar su valor creando un nuevo ciclo de valor generando así una economía circular que ayuda a la conservación del ambiente. (1) Dentro de los principales objetivos del compost se encuentran: convertir la materia orgánica separable en material biológicamente adecuado; destruir patógenos, huevos de insectos, otros organismos no deseados y semillas de malas hierbas que estén en residuos sólidos; y producir un producto que se usa como remedio para el suelo. (28) Cabe resaltar que, el compostaje se produce rápidamente cuando se mantienen las condiciones adecuadas para el crecimiento de los microorganismos.

Por lo anterior podemos decir que el compost consiste en la transformación aerobia de la materia orgánica por parte de diferentes tipos de agentes microbianos como bacterias y hongos, por ello es importante mencionar los factores biológicos, químicos y físicos que pueden influir sobre su metabolismo, con la finalidad de acelerar la descomposición de los residuos utilizados para poder obtener un producto estable de calidad química y biológica (2).

El compost cuenta con fases que se caracterizan por presentar poblaciones particulares de macro y microorganismos:

1. Fase mesófila: al comienzo del proceso, la temperatura se encuentra en valores medioambientales. Por la actividad microbiana, posteriormente la temperatura aumenta de manera considerable hasta alcanzar los 40°C en pocos días.
2. Fase termófila: la temperatura alcanza hasta los 70 a 80°C por el aumento de actividad microbiana. La mayoría de la celulosa es degradada. Es así

como, los microorganismos presentes son termófilos. En los 60°C los hongos termófilos detienen su actividad y las reacciones de oxidación se llevan a cabo por bacterias formadoras de esporas y por actinomicetos.

3. Fase mesófila II o de enfriamiento: la tasa de descomposición y también la temperatura disminuye a valores cercanos al ambiente. Luego se produce una colonización por microorganismos mesófilos.

#### 2.2.1.1. Tipos de procesos de compost

- Compost aeróbico: estos se diferencian principalmente por el tipo de ventilación que recibe: (28)
  - El compostaje en una pila pasiva
  - El compostaje en la pila de transición.
  - Sistema de ventilación pasiva.
  - Sistema de ventilación comprimida.
  - Compostaje en pila estática aireada.
  - Compostaje en hileras aireadas (volteadas).
- Compost anaeróbico: Proceso anaeróbico: El proceso anaeróbico se produce en un entorno con menos o ningún oxígeno por parte de microorganismos anaerobios. Durante el proceso, productos como el metano ácido orgánicos, sulfuro de hidrógeno y otros se acumulan, lo que da lugar a un olor desagradable. El compostaje anaeróbico es un proceso a baja temperatura y lleva más tiempo que el proceso aeróbico. (28)
- Vermicompost: es un método de eco-biotecnología en el que se utilizan lombrices de tierra, lombrices rojas, lombrices blancas y otras, para la descomposición de diversos residuos sólidos orgánicos. El vermicompost contiene un gran número de nutrientes, por lo que puede utilizarse como medio comercial para las plantas. (28)

#### 2.2.1.2. Efectos del compost

Los suelos que son tratados con compost basado en plantas cargadas, es decir, agregado de compost de paja muestran el incremento de capacidad de retención de agua y nutrientes en el suelo, la biomasa microbiana total, la longitud de la raíz, la biomasa vegetal y el rendimiento del producto cultivado. Sin embargo, también disminuyó las concentraciones de nutrientes en el agua de lixiviación del suelo en compost hecho a base de alimentos con alta densidad de nutrientes (EHNL por sus siglas en inglés) (29).

### 2.2.2. Estrés por déficit hídrico

El estrés por déficit hídrico o por sequía se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso en agua, en donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. Las plantas a lo largo de su desarrollo experimentan algún grado de estrés por déficit hídrico. En los sistemas naturales, un déficit de agua puede ser el resultado de bajas precipitaciones, baja capacidad de retención de agua del suelo, excesiva salinidad, temperaturas extremas frías o calientes, baja presión de vapor atmosférica o una combinación de estos factores. (30)

Por otro lado, una tercera parte de la superficie del planeta se considera como árida o semiárida, mientras que la mayoría de la superficie restante está sujeta a períodos temporales de déficit hídrico. De esta manera, el agua constituye el principal factor limitante del crecimiento de las plantas en la tierra, actuando como una fuerza selectiva de primer grado para la evolución y distribución de las especies vegetales (16)

### 2.2.3. *Pelargonium hortorum* – Geranio

Es una planta que requiere de luz solar, pero se desarrolla mejor si tiene algo de protección en las horas centrales del día en verano. Asimismo, en climas muy calurosos está mejor en semisombra. Sin embargo, esta especie no tolera o resiste las heladas, temperaturas bajo 0. Pero no necesita de mucha agua para crecer, pues el exceso del recurso hídrico ocasiona que se pudra los tallos. Si existe una carencia de nutrientes puede provocar un crecimiento lento, apagado y un efecto amarillento en la hojas y escasez de hojas (31).

En relación con el déficit hídrico esta especie presenta una respuesta El geranio respondió al déficit hídrico reduciendo la fotosíntesis y la acumulación de biomasa, parámetros reversibles cuando se restableció el riego, aunque el tiempo necesario para la recuperación dependió del parámetro y del nivel de estrés. La respuesta de las plantas no solo estuvo influenciada por la cantidad de agua aportada a la planta, sino también por la fase en la que se aplicó la reducción del riego. El proceso de floración se modificó en función del momento en el que se produjo el estrés, resultando la fase de floración la más sensible al déficit hídrico. (32)

### 2.2.4. *Lolium perenne* – Ray grass

Es una especie de pasto forrajero y césped económicamente importante que se cultiva ampliamente en las regiones templadas de todo el mundo. Se clasifica junto con

el trigo, la cebada, la avena y *Brachypodium distachyon* en la subfamilia *Pooideae* de la familia de las *gramíneas* (Poaceae). El género *Lolium* consta de nueve especies estrechamente relacionadas que comparten una estrecha relación evolutiva con varias *Festuca* de hoja ancha (subgénero *Schendonorus*, también conocido como *Festuca* spp.). El Ray grass perenne tiene particular importancia como pasto forrajero en zonas de clima templado, y puede ser utilizado como heno, ensilaje y pasto. Su valor agrícola radica en su rápido establecimiento, altos rendimientos, larga temporada de crecimiento, tolerancia al pastoreo y alta palatabilidad y digestibilidad para los animales rumiantes (33).

#### 2.2.5. *Fuertesimalva echinata* – Malva

La malva es endémica en el Perú y también Bolivia, esta especie crece a grandes niveles de altura, siendo considerada fito estabilizadora ya que retiene contaminantes en sus raíces. Además, se caracteriza por su ubicación siendo encontradas en las zonas altoandinas del Perú, además, es denominada como posible especie hiperacumuladora, porque acumula cantidades considerables en raíces soportando altos niveles de alteración, como contaminantes, reduciendo el transporte a las vías aéreas (14).

#### 2.2.6. Propiedades fitorremediadoras

La fitorremediación refiere al proceso que hace uso de las plantas para remover, transferir, estabilizar o destruir contaminantes en suelo, lodo y sedimento, la realización de dicho proceso se puede realizar en el sitio donde se ubican o fuera de este. (34)

Es una técnica que se emplea como estrategia para desintoxicar o rehabilitar suelos y agua que hayan sido alteradas con contaminantes de diversos tipos, para lograrlo se emplean las capacidades de las plantas, estas pueden absorber, metabolizar, volatilizar o transformar dichos contaminantes por medio de sus raíces, tallos y hojas. (35)

##### 2.2.6.1. Tipos de fitorremediación

- Fitodegradación: refiere a una técnica de descomposición de los contaminantes, estos son absorbidos por las plantas mediante procesos metabólicos, también por la descomposición de contaminantes externos a las plantas por medio del efecto de compuestos que produce la propia planta. (36)
- Fitovolatilización: refiere al mecanismo de descontaminación donde las plantas realizan la absorción de ciertos metales del suelo, estos se convierten en forma volátil de manera biológica, de este modo se liberan

a la atmósfera por volatilización, sin embargo, no se puede eliminar todo el contaminante. Existen algunas sustancias que son susceptibles a la fitovolatilización como el arsénico, el mercurio y el selenio puesto que estas se encuentran de manera natural en estado gaseoso. (36)

- Fitoestabilización: refiere a aquella capacidad que posee las plantas para limitar la movilidad de los contaminantes que se encuentran en el suelo, ello por la producción de compuestos químicos que tienen en las raíces, los absorben y neutralizan en la interfaz raíz -suelo. Las plantas que tienen este tipo de capacidad toleran niveles de estrés altos. (36)
- Fitoextracción: refiere al mecanismo por el cual los contaminantes son captados por las raíces para luego pasar hacia los tallos y hojas, este tipo de plantas que realizan la absorción y traslocación de contaminantes a su biomasa aérea se denominan hiperacumuladoras. La biomasa de estas plantas puede ser procesada de modo seguro por secado o compostaje. (36)

#### 2.2.6.2.Limitaciones de la fitorremediación

Según mencionan Peña et al. (36), si bien la fitorremediación es una tecnología actual que pretende remediar la contaminación de suelos, también presentan ciertas limitaciones comentadas a continuación:

- Los periodos de espera para verificar la limpieza son largos.
- La lenta tasa de crecimiento y la baja biomasa son limitantes en cuanto a la eficacia de los hiperacumuladores.
- La fitorremediación puede darse en suelos que tengan contaminación de nivel bajo a medio, puesto que en suelos muy contaminados las plantas no se mantienen.
- Existencia de riesgo de contaminación en los productos o en la cadena alimenticia si se da una gestión inadecuada o falta de atención oportuna.

#### 2.3. Definición de términos básicos

- a) **Compost:** “Consiste en la transformación aerobia de la materia orgánica por parte de diferentes tipos de agentes microbianos como bacterias y hongos” (2).

- b) **Déficit hídrico:** refiere a la insuficiencia de agua en la zona radicular de las plantas y no se satisface adecuadamente sus necesidades, es decir, el agua transpirada es mayor al agua absorbida.
- c) **Estrés en plantas:** es una reacción fisiológica que tienen las plantas ante la disponibilidad limitada de agua en el ambiente, ello incide en desequilibrio entre la transpiración y la absorción de agua. (30)
- d) ***Fuertesimalva echinata* – Malva:** es endémica en el Perú y también Bolivia, esta especie crece a grandes niveles de altura, siendo considerada fito estabilizadora ya que retiene contaminantes en sus raíces. (14)
- e) ***Lolium perenne* – Ray grass:** especie de pasto forrajero y césped económicamente importante que se cultiva ampliamente en las regiones templadas de todo el mundo. (33)
- f) ***Pelargonium hortorum* – Geranio:** es una planta que requiere de luz solar, pero se desarrolla mejor si tiene algo de protección en las horas centrales del día en verano. (31)
- g) **Altura de planta:** la altura de la planta refiere al tamaño que alcanza en el proceso de su crecimiento. (37)
- h) **Expansión foliar:** Es el incremento de la cantidad de hojas que presenta una planta en un determinado momento. (37)
- i) **Morfología de la raíz:** refiere a los componentes de la raíz como la estructura externa e interna, tanto primaria como secundaria. (37)
- j) **Peso vivo:** refiero al peso de la planta antes de pasar al proceso de secado, es el peso de la planta como tal, incluidas todas las partes que lo componen. (37)
- k) **Fitorremediación:** técnica que se emplea como estrategia para desintoxicar o rehabilitar suelos y agua que hayan sido alteradas con contaminantes de diversos tipos, para lograrlo se emplean las capacidades de las plantas, estas pueden absorber, metabolizar, volatilizar o transformar dichos contaminantes por medio de sus raíces, tallos y hojas. (35)

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Método y alcance de la investigación

#### 3.1.1. Método general

El método usado para la presente investigación es el método científico, ya que según Hernández este método consiste en seguir procedimientos y metodologías preestablecidas para la validación de las hipótesis mediante, esto representa y permite organizar los procesos y tener un mejor control de los resultados, además se espera originar nuevo conocimiento en base a resultados y conclusiones que sean contrastables y replicables (38). Para la presente investigación la comprobación de la hipótesis se dará mediante un experimento de campo, en el que se investigará el efecto del uso del compost sobre el estrés por déficit hídrico.

#### 3.1.2. Método específico

El método específico será el hipotético – deductivo porque según Hernández se parte de las hipótesis específicas o particulares hacia la hipótesis general con el propósito de la verificación de estas (38). Para la presente investigación se partirá del análisis del compost a partir de sus parámetros fisicoquímicos, para posteriormente su interacción con el estrés generado por el déficit hídrico, para ello se comprobarán las hipótesis planteadas.

#### 3.1.3. Tipo de investigación

La presente investigación fue aplicada, ya que el compost como una técnica de mejora de la calidad del suelo fue evaluado como mitigante del estrés generado por el déficit hídrico en las plantas como *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva).

#### 3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación fue descriptiva explicativa, ya que se evaluó la significancia del efecto del tratamiento en los parámetros que evidencia el estrés por déficit hídrico como son: altura, expansión foliar, brotes, peso.

### 3.2. Diseño de la investigación

Experimental de campo, de tipo experimental puro con grupo de control y solo con posprueba de tipo factorial 2\*2 ya que se cumplió con la manipulación intencional del tratamiento, y la medición del efecto de la variable independiente sobre la dependiente, por último, ambos grupos usados presentaron las mismas condiciones con excepción de la aplicación del tratamiento. El tratamiento consistió en la aplicación del compost, un grupo de control al que no se le aplicó el tratamiento y un grupo experimental sobre el que se evaluó el efecto del tratamiento, además de ello se controló el nivel hídrico al que se sometió cada grupo siendo en este caso el estrés hídrico con 50% de riego, se contó solo con una posprueba mediante la que se compara los resultados del grupo experimental y el grupo de control.

Tabla 2  
Diseño experimental

Grupo	Compost	Estrés hídrico 50%	Observación
RG1	X	X	O1
RG2	X	-	O2
RG3	-	-	O3
RG4	-	X	O4

O: Hace referencia a la observación de cada grupo posterior al tratamiento

X: Indica que si se presenta el tratamiento que fue aplicado a cada grupo

- : Indica la ausencia de tratamiento en cada grupo

RG: refiere que el grupo.

Para ello, se realizó una asignación aleatoria en los 4 grupos experimental para cada especie generando 12 grupos en total. Las réplicas por cada grupo fueron de 3.

### 3.3. Población y muestra

Población: La población fueron ejemplares de *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Peremme* (Ray grass) y *fuertesimalca echinata* (malva) y la muestra fue por conveniencia para el diseño experimental con un total de 36 individuos.

Muestra: El muestreo no probabilístico se seleccionó bajo varios criterios que se ajustan al diseño y objetivos del estudio, ya que se adapta al diseño experimental, al control de variables mediante el control de tratamientos, homogeneidad de la muestra y las limitaciones de tiempo y recursos. Se dará en el total de la población, constituida por 3 réplicas en cada grupo conformando así 12 individuos para cada especie, por lo cual se necesitará de 36 individuos para el diseño experimental.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas e instrumentos

Las técnicas usadas fue la observación.

El instrumento usado para ello fue la ficha de observación, para el registro de los parámetros evaluados, el cual se adjunta en anexos.

#### 3.4.2. Materiales

Para el experimento se requirieron los siguientes materiales:

- Materia vegetal
  - o 12 ejemplares de *Pelargonium hortorum* (geranio)
  - o 12 ejemplares de *Lolium Peremme* (Ray grass)
  - o 12 ejemplares de *fuertesimalca echinata* (malva)
- Compost: el compost se usó en una relación de 1 a 3 en relación con la tierra fértil.
- 36 maceteros: de 17 cm de diámetro, y 15 cm de altura, con capacidad de 22.4 litros
- Tierra fértil

#### 3.4.3. Procedimientos

##### 3.4.3.1. Etapa de pre-campo

- Visita a la planta de compost Chocco Cusco, recolección de muestras de compost para su posterior análisis de parámetros fisicoquímicos en laboratorio.
- Identificación de muestras para esquejes de especies *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Peremme* (Ray grass) y *fuertesimalca echinata* (malva)
- Disposición del ambiente para el experimento de campo

### 3.4.3.2. Etapa de campo

- Generación de la muestra, esta se dio mediante la reproducción por esquejes de las especies en las macetas, con contenido de tierra fértil o tierra fértil con compost dependiendo del grupo experimental al que pertenezcan, aproximadamente 3 a 4 semanas.



**Figura 1** *Esquejes para generación de la población*

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3.3. Etapa de experimentación

El experimento cuenta con dos factores, los cuales fueron el compost y el estrés por déficit hídrico, para ello se conformaron 4 grupos según un diseño factorial de  $2 \times 2$ , se determinó de forma aleatoria la distribución en los grupos:



**Figura 2** Preparación de sustrato según grupos experimentales

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3** Muestra generada según grupos experimentales en semana 1

Fuente: Elaboración propia

- Aplicación del estrés por déficit hídrico a los grupos experimentales seleccionados. El riego se dio cada dos días, controlando la cantidad de

agua suministrada para generar el déficit hídrico en los grupos seleccionados de 9 a 10 semanas

- Para ello primero se tomó el peso de cada maceta con el sustrato y la planta.
  - Posteriormente se regó la planta hasta alcanzar la capacidad de campo, dicho momento se determinó mediante las filtraciones de agua que indican la capacidad de retención de cada maceta.
  - Finalmente se estableció el riego óptimo que no genera filtraciones en la maceta.
  - En los grupos que se sometieron a la condición de déficit hídrico se estableció un riego del 50% del riego óptimo para alcanzar la capacidad de campo.
- Por último se realizaron las pruebas finales de indicadores en cada uno de los grupos experimentales.

#### 3.4.3.4. Etapa de laboratorio

Se realizó el análisis de los parámetros fisicoquímicos del compost.

#### 3.4.3.5. Etapa de gabinete

Se compiló los resultados de los indicadores evaluados durante la etapa experimental para los diferentes grupos del experimento en el software estadístico SPSS, posteriormente se realizaron el análisis ANOVA de 2 factores, determinando así los efectos de cada factor de forma individual, como la interacción de ambos, los resultados se comprobaron mediante la existencia de diferencias significativas entre los grupos. Posteriormente se presentaron los resultados a nivel descriptivo, como inferencial, mediante tablas y figuras.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Presentación de resultados

#### 4.1.1. Características de las especies

##### 4.1.1.1. Características de *Pelargonium hortorum* (geranio)

###### a) Altura

Tabla 3  
*Altura promedio de geranio según factores*

<b>Compost</b>	<b>Déficit hídrico</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Desviación</b>	<b>N</b>
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	19,0000	7,00000	3
	RG3 Sin déficit hídrico	31,0000	4,00000	3
	Total	25,0000	8,31865	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	24,3333	11,59023	3
	RG1 Sin déficit hídrico	45,6667	10,96966	3
	Total	35,0000	15,44021	6
Total	Con déficit hídrico	21,6667	9,04802	6
	Sin déficit hídrico	38,3333	10,91177	6
	Total		12,92636	12

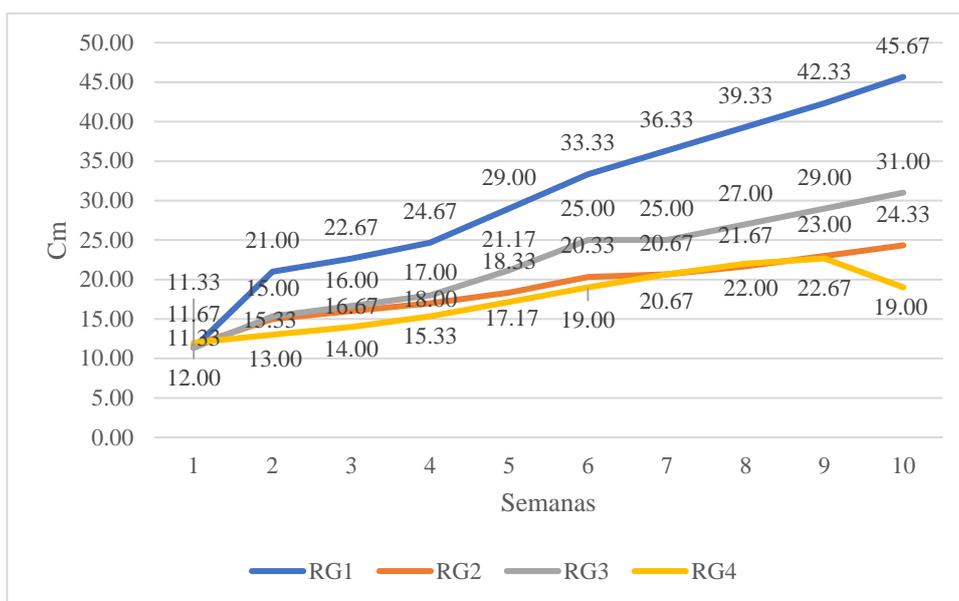
Del total de especies se tiene que, respecto a la altura, del grupo sin compost con déficit hídrico la media es de 19 cm y sin déficit hídrico es de 31 cm. Del grupo con compost, el que tuvo déficit hídrico la media es de 24,3333 cm, y sin déficit hídrico es de 45,6667 cm. Así, el total con déficit hídrico tiene como media 21,6667 cm y sin déficit hídrico 38,3333 cm.

Los datos muestran que la aplicación de compost tiene un efecto positivo en el crecimiento de los geranios. En promedio, los geranios con compost alcanzaron una mayor altura de 35 cm en comparación con aquellos sin compost 25 cm. Este aumento de 10 cm en la altura promedio indica que el compost actúa como un buen estimulante para el crecimiento del geranio, posiblemente proporcionando nutrientes adicionales que no están disponibles en la condición sin compost.

El estrés por déficit hídrico parece tener un impacto negativo en el crecimiento de los geranios. Independientemente de la aplicación de compost, los geranios con déficit hídrico tienen una altura promedio menor en comparación con aquellos sin déficit hídrico. Con déficit hídrico, la altura media es de 21,6667 cm, mientras que sin déficit hídrico es

de 38,3333 cm. Esto sugiere que una cantidad adecuada de agua es crítica para el óptimo crecimiento de los geranios.

Para los cultivadores de geranios, estos resultados podrían indicar que la inversión en compost puede ser beneficiosa para el crecimiento de las plantas, especialmente si se enfrentan a limitaciones en el suministro de agua. Sin embargo, el manejo adecuado del agua sigue siendo crucial para alcanzar el máximo potencial de crecimiento.



**Figura 4** *Altura promedio de geranio según factores*

En la figura se observa que, el grupo RG1 desde la primera a la décima semana tiene un crecimiento constante, llegando al punto más alto, en comparación con los demás grupos. El grupo RG2 es el tercero en lograr un crecimiento pausado, no siendo mayor al grupo RG1. El grupo RG3 es el segundo en tener un crecimiento gradual, entre la sexta y séptima semana mantiene su mismo tamaño, sin embargo, logra crecer algunos centímetros más para la décima semana. El grupo RG4 es el último en comparación a los demás, teniendo una caída en la novena semana, con el menor número de cm en toda la investigación.

b) Ancho

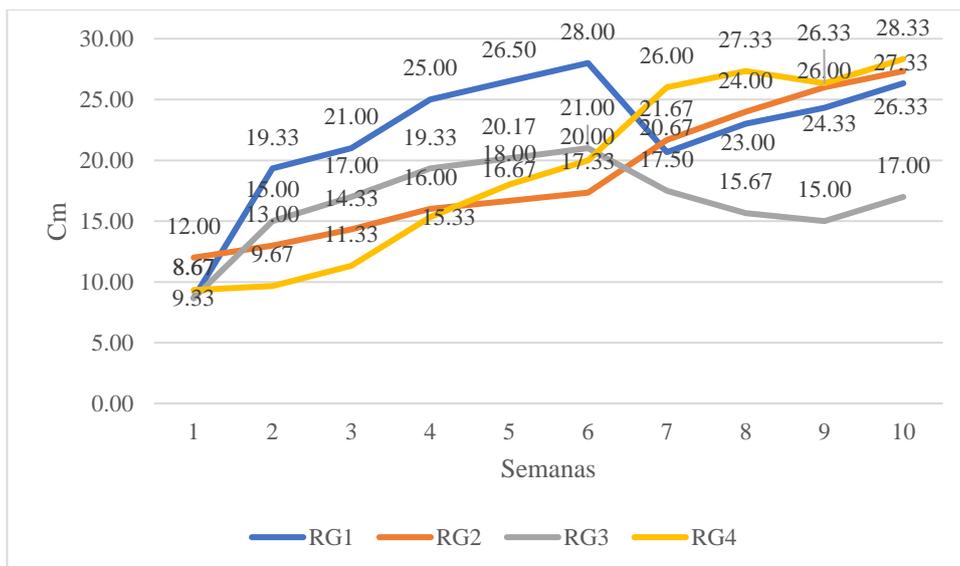
Tabla 4  
*Ancho promedio de geranio según factores*

<b>Compost</b>	<b>Déficit</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Desviación</b>	<b>N</b>
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	28,3333	0,57735	3
	RG3 Sin déficit hídrico	17,0000	5,56776	3
	Total	22,6667	7,14609	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	27,3333	3,78594	3
	RG1 Sin déficit hídrico	26,3333	5,50757	3
	Total	26,8333	4,26224	6
Total	Con déficit hídrico	27,8333	2,48328	6
	Sin déficit hídrico	21,6667	7,11805	6
	Total	24,7500	6,01702	12

Del total de especies se tiene que, respecto al ancho, aquellas sin compost con déficit hídrico su media es de 28,3333 cm, y aquellas con déficit hídrico es de 17 cm. Del grupo con compost con déficit hídrico, la media es de 27,3333 cm, y sin déficit hídrico es de 26,3333 cm. Así, el total de la especie con déficit hídrico, la media es de 27,8333 cm, y sin déficit hídrico es de 21,6667 cm.

Al contrario de lo que se podría esperar con la altura, los datos sugieren que el compost no aumenta significativamente el ancho de las plantas. Las plantas con compost tienen un ancho promedio de 26,8333 cm, que es muy similar al ancho promedio de las plantas sin compost, que es de 22,6667 cm. Esto puede implicar que mientras que el compost promueve la altura, su efecto en el ancho no es tan pronunciado.

Las plantas sin compost y con déficit hídrico tienen un mayor ancho promedio de 28,3333 cm que aquellas sin déficit hídrico de 17 cm. Esto podría deberse a una respuesta adaptativa de las plantas al estrés hídrico, donde posiblemente buscan maximizar la superficie foliar para capturar más agua, o podría ser el resultado de un efecto de 'ensanchamiento' como mecanismo de conservación de agua. Sin embargo, este hallazgo es contrario a la intuición y requeriría una investigación adicional para entender las causas subyacentes.



**Figura 5** Ancho promedio de geranio según factores

En la figura se observa que, en el grupo RG1, existe desde la primera semana un crecimiento bastante alto, sin embargo, en la séptima semana se da una gran caída, ello debido a cambios en la temperatura del ambiente donde se llevó a cabo el experimento, haciendo que quede en el tercer puesto de los cuatro grupos. En el grupo RG2, hay un crecimiento que se mantiene, siendo en la sexta semana un poco más fuerte y ocupando el segundo lugar de los grupos con mayor crecimiento. El grupo RG3 en las primeras semanas tuvo un crecimiento notable, no obstante, también tiene una caída, desde la séptima semana, siendo el último en el tamaño del ancho de las especies. El grupo RG4, si bien tiene un crecimiento constante en las primeras semanas, en la octava semana llega a su punto más alto, sin embargo, decrece, para luego crecer nuevamente, siendo el más alto de los cuatro grupos.

c) Brotes

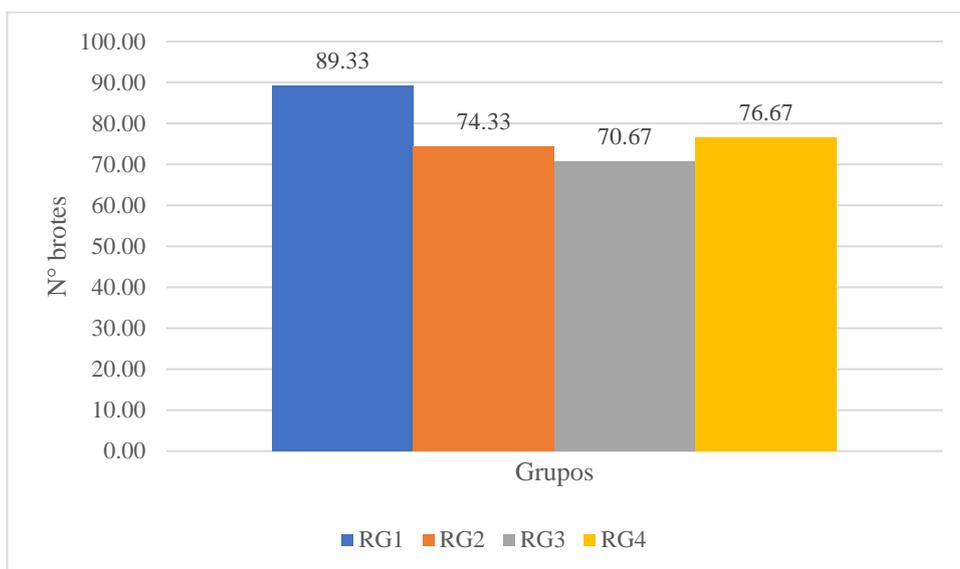
Tabla 5  
Cantidad de brotes de geranio según factores

Compost	Déficit	Media	Desv. Desviación	N
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	18,3333	0,57735	3
	RG3 Sin déficit hídrico	12,6667	6,65833	3
	Total	15,5000	5,24404	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	14,0000	4,35890	3
	RG1 Sin déficit hídrico	11,6667	4,04145	3
	Total	12,8333	3,97073	6
Total	Con déficit hídrico	16,1667	3,65605	6
	Sin déficit hídrico	12,1667	4,95648	6

Tabla de brotes semana 10

Del total de especies se tiene que, en el caso de brotes, los grupos sin compost y con déficit hídrico tienen como media 18,333 brotes, y sin déficit hídrico 12,6667 brotes. Esto podría indicar que, en ausencia de nutrientes adicionales provenientes del compost, las plantas pueden estar experimentando un tipo de estrés que induce una mayor producción de brotes como mecanismo de supervivencia o compensación.

En los grupos con compost sin déficit hídrico la media es de 14 brotes, y sin déficit hídrico es de 11,6667 brotes. Así, del total de especies con déficit hídrico, la media es de 16,1667 brotes, y sin déficit hídrico 12,1667 brotes. Una posible explicación podría ser que los geranios intentan incrementar su potencial reproductivo a través de una mayor producción de brotes frente a una situación de estrés.



**Figura 6** Figura de brotes acumulados durante las 10 semanas

En la presente figura se observa que, en el caso de brotes, el grupo RG1 es el primero de los cuatro grupos, con 89.33 brotes, seguido del grupo RG4, con 76.67 brotes, después el grupo RG2, con 74.33 brotes y, al último, el grupo RG3, con 70.67 brotes.

d) Total de hojas perdidas

Tabla 6  
Hojas perdidas de geranio según factores

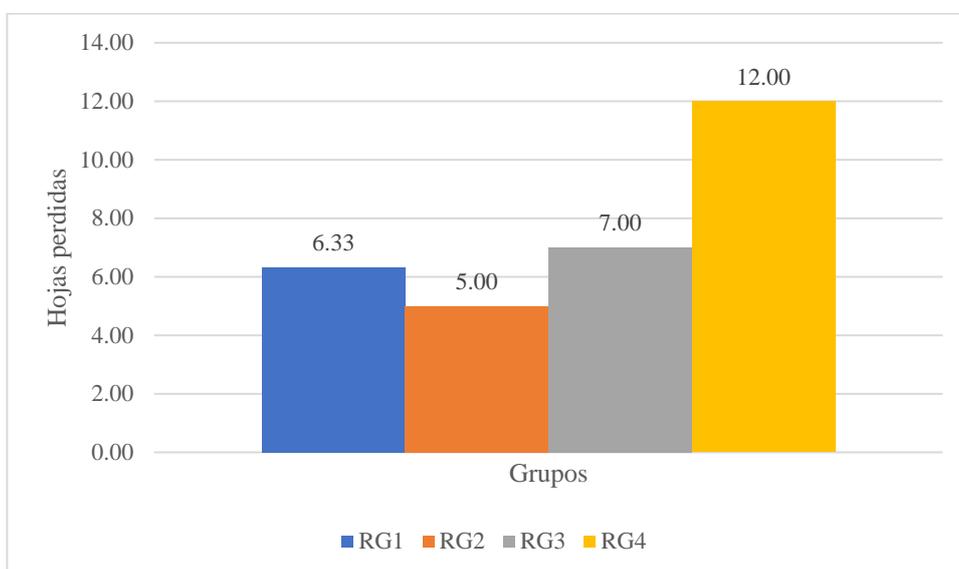
Compost	Déficit	Media	Desv. Desviación	N
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	12,0000	7,81025	3

	RG3 Sin déficit hídrico	7,0000	4,00000	3
	Total	9,5000	6,18870	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	5,0000	1,00000	3
	RG1 Sin déficit hídrico	6,3333	2,08167	3
	Total	5,6667	1,63299	6
Total	Con déficit hídrico	8,5000	6,28490	6
	Sin déficit hídrico	6,6667	2,87518	6
	Total	7,5833	4,75697	12

Del total de especies se observa que, respecto al total de hojas perdidas, el grupo sin compost con déficit hídrico tiene como media 12 hojas, y sin déficit hídrico 7 hojas. Respecto al grupo con compost con déficit hídrico, la media es de 5 hojas, y sin déficit hídrico es de 6,3333 hojas. Así, del total con déficit hídrico, la media es de 8,5 hojas, y sin déficit hídrico 6,6667 hojas.

Las plantas que recibieron compost y fueron sometidas a déficit hídrico presentaron una pérdida media de hojas significativamente menor de 5 hojas en comparación con aquellas sin compost bajo las mismas condiciones de déficit hídrico de 12 hojas. Esto sugiere que el compost puede ayudar a las plantas a retener su foliación o reducir la abscisión foliar a pesar de las condiciones de estrés por falta de agua.

El efecto del déficit hídrico sobre la pérdida de hojas parece ser atenuado por la aplicación de compost, ya que el grupo con compost y déficit hídrico tiene una media de pérdida de hojas más baja que el grupo sin compost bajo las mismas condiciones. Esto podría indicar que los nutrientes o la mejora en la estructura del suelo proporcionados por el compost pueden mejorar la capacidad de la planta para resistir el estrés hídrico.



### Figura 7 Hojas perdidas de geranio según factores

En la figura se tiene que, el grupo RG4 es el primero de los cuatro grupos en tener más hojas perdidas, con 12 hojas, siendo el siguiente del grupo RG3, con 7 hojas, después el grupo RG1, con 6.33 hojas, y al último el grupo RG2, con 5 hojas.

#### 4.1.1.2. Características de *Fuertesimalva echinata* (malva).

##### a) Altura

Tabla 7  
Altura promedio de malva según factores

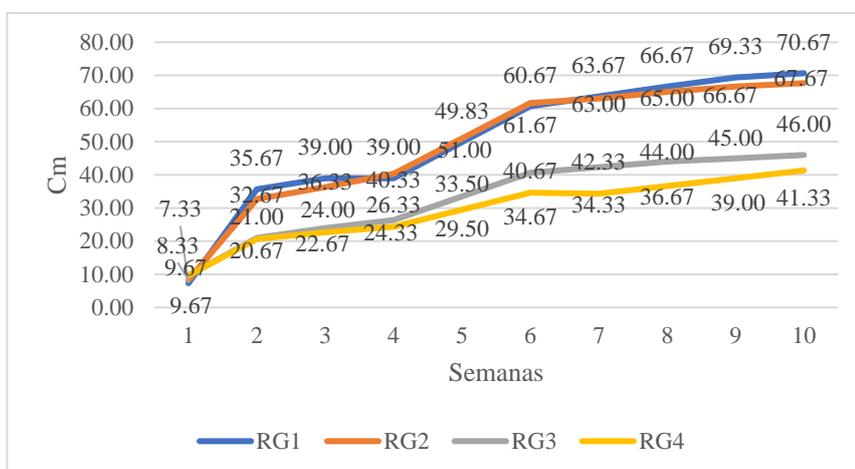
Compost	Déficit	Media	Desv.	N
			Desviación	
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	41,3333	24,54248	3
	RG3 Sin déficit hídrico	46,0000	11,35782	3
	Total	43,6667	17,29354	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	67,6667	7,09460	3
	RG1 Sin déficit hídrico	70,6667	12,85820	3
	Total	69,1667	9,43221	6
Total	Con déficit hídrico	54,5000	21,65872	6
	Sin déficit hídrico	58,3333	17,32820	6
	Total	56,4167	18,80744	12

Del total de especies referente a malva se tiene que, respecto a la altura, en el grupo sin compost con déficit hídrico la media es de 41,3333 cm, y sin déficit hídrico es de 46 cm. En el grupo con compost con déficit hídrico, la media es de 67,6667 cm y sin déficit hídrico es de 70,6667 cm. Así, del total con déficit hídrico se tiene como media 54,5 cm, y sin déficit hídrico 58,3333 cm.

La adición de compost parece tener un impacto significativo en el crecimiento en altura de la malva. En condiciones tanto de déficit hídrico como de riego adecuado, las plantas con compost superaron en altura a aquellas sin compost. Esto puede reflejar el efecto beneficioso de los nutrientes y la mejora en la estructura del suelo que el compost proporciona, lo que facilita un mejor desarrollo radicular y un mayor acceso a recursos hídricos y nutrientes.

Es interesante notar que mientras que las plantas sin compost muestran un incremento relativamente modesto en altura cuando no tienen déficit hídrico de aproximadamente 4,7 cm más en promedio, las plantas con compost muestran un incremento más pequeño bajo las mismas condiciones de aproximadamente 3 cm más en

promedio. Esto podría sugerir que las plantas sin compost son más sensibles a los cambios en la disponibilidad de agua, mientras que las plantas con compost son más estables en su crecimiento independientemente de estas condiciones



**Figura 8** *Altura promedio de malva según factores*

En la figura, se observa que, referente a la altura, el grupo RG1 tuvo un crecimiento continuo, teniendo radicales aumentos en la segunda y sexta semana, siendo el primero de los cuatro grupos. El grupo RG2 también tuvo un crecimiento similar que el grupo RG1, siendo el segundo en tener mayores centímetros en la altura. El grupo RG3 se da un crecimiento prolongado, pero constante, no existiendo un decaimiento y siendo el tercero. El grupo RG4 si bien tiene un crecimiento prolongado, en la sexta semana empieza a decaer, teniendo posteriormente un aumento pequeño, siendo el último.

b) Ancho

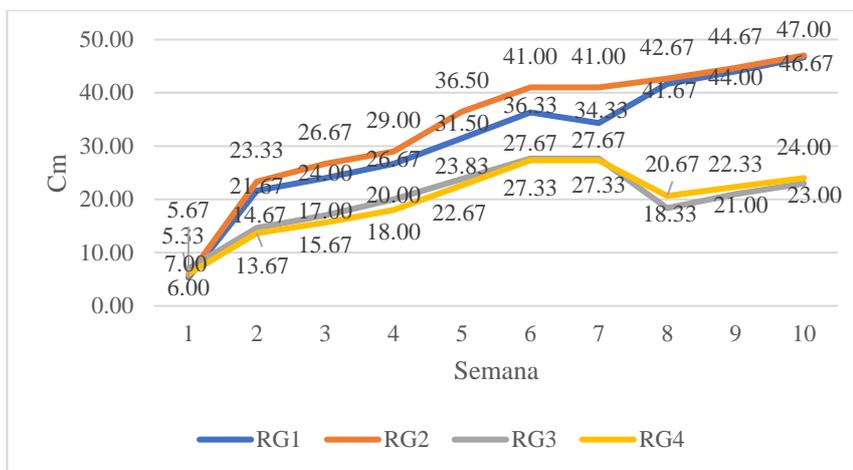
Tabla 8  
*Ancho promedio de malva según factores*

Compost	Déficit	Media	Desv.	N
			Desviación	
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	24,0000	14,73092	3
	RG3 Sin déficit hídrico	23,0000	11,53256	3
	Total	23,5000	11,84483	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	47,0000	8,18535	3
	RG1 Sin déficit hídrico	46,6667	9,86577	3
	Total	46,8333	8,10967	6
Total	Con déficit hídrico	35,5000	16,50152	6
	Sin déficit hídrico	34,8333	16,12968	6
	Total	35,1667	15,56122	12

Del total de especies respecto a la malva se observa que, respecto al ancho, el grupo sin compost con déficit hídrico se tiene como media 24 cm, y sin déficit hídrico 23 cm. En el grupo con compost con déficit hídrico, la media es 47 cm, y sin déficit hídrico se obtiene 46,6667 cm. Así, el total con déficit hídrico tiene como media 35,5 cm, y sin déficit hídrico 34,8333 cm.

Existe una notable diferencia en el ancho promedio entre las plantas cultivadas con y sin compost. Las plantas con compost alcanzaron un ancho promedio que es casi el doble del de las plantas sin compost, independientemente de si se encontraban bajo condiciones de déficit hídrico o no. Esto sugiere que el compost tiene un efecto muy positivo en la expansión lateral de la malva, posiblemente debido a una mejor nutrición y estructura del suelo que favorece un desarrollo radicular más amplio y robusto.

Las plantas con compost exhiben una desviación estándar relativamente baja en ambos escenarios hídricos, lo que indica que el compost produce un efecto estabilizador en el crecimiento lateral de las malvas, conduciendo a una mayor consistencia en su desarrollo.



**Figura 9** Ancho promedio de malva según factores

En la figura referente al ancho de la malva se observa que, en el grupo RG1 existe un crecimiento constante, sin embargo, tiene una caída en la séptima semana, retomando su crecimiento y siendo el segundo de los cuatro grupos. El grupo RG2 tiene un crecimiento rápido y constante, teniendo algunas disminuciones, sin embargo, manteniendo su crecimiento y siendo el primero respecto al crecimiento. El grupo RG3 tiene un crecimiento prolongado, sin embargo, desde la séptima semana empieza a decaer, retomando su aumento en la octava semana, siendo el último. El grupo RG4 mantiene un

crecimiento similar al anterior grupo, no obstante, se da una caída también en la misma semana, retomando su crecimiento y siendo el tercero de los cuatro grupos.

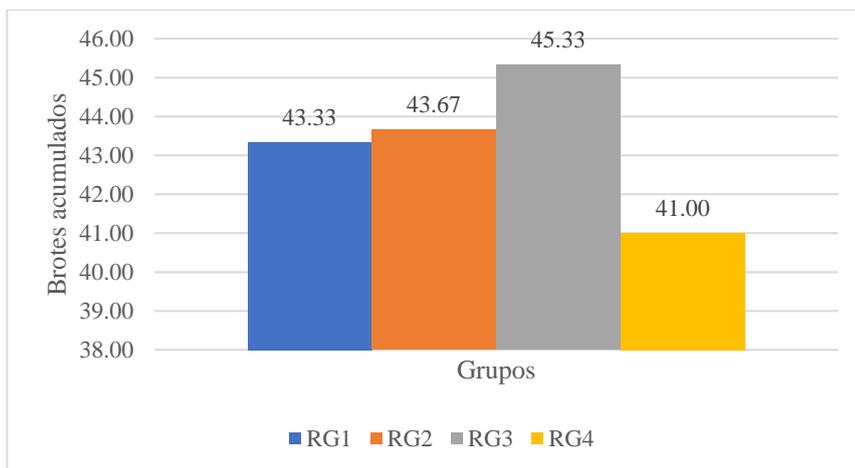
c) Brotes

Tabla 9  
*Brotes acumulados promedio de malva según factores*

<b>Compost</b>	<b>Déficit</b>	Media	Desv.	N
			Desviación	
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	40,6667	19,65536	3
	RG3 Sin déficit hídrico	44,3333	11,06044	3
	Total	42,5000	14,40486	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	43,6667	3,05505	3
	RG1 Sin déficit hídrico	42,3333	9,01850	3
	Total	43,0000	6,06630	6
Total	Con déficit hídrico	42,1667	12,68726	6
	Sin déficit hídrico	43,3333	9,09212	6
	Total	42,7500	10,54105	12

Del total de especies referente a la malva, respecto a los brotes se tiene que, el grupo sin compost con déficit hídrico tiene como media 40,6667 brotes, y sin déficit hídrico 44,3333 brotes. En el grupo con compost con déficit hídrico, la media es de 43,6667 brotes y sin déficit hídrico es 42,3333 brotes. Así, el total con déficit hídrico tiene como media 42,1667 brotes y sin déficit hídrico 43,3333 brotes.

La diferencia entre las medias de brotes en las plantas con compost y sin compost es muy pequeña, lo que sugiere que, en términos de generación de nuevos brotes, el efecto del compost no es tan pronunciado como se podría esperar. Esto indica que el compost, aunque beneficioso para otros aspectos del crecimiento vegetal, como se ha observado en el ancho y la altura, no tiene un impacto significativo en el número de brotes acumulados.



**Figura 10** Brotos acumulados promedio de malva según factores

En la figura referente a los brotes de la malva se observa que, el que tendría una mayor cantidad es el grupo RG3, con 45.33 brotes, seguido del grupo RG2, con 43.67 brotes, después el grupo RG1, con 43.33 brotes y por último, el RG4, con 41 brotes.

d) Hojas perdidas

Tabla 10

*Hojas perdidas acumuladas promedio de malva según factores*

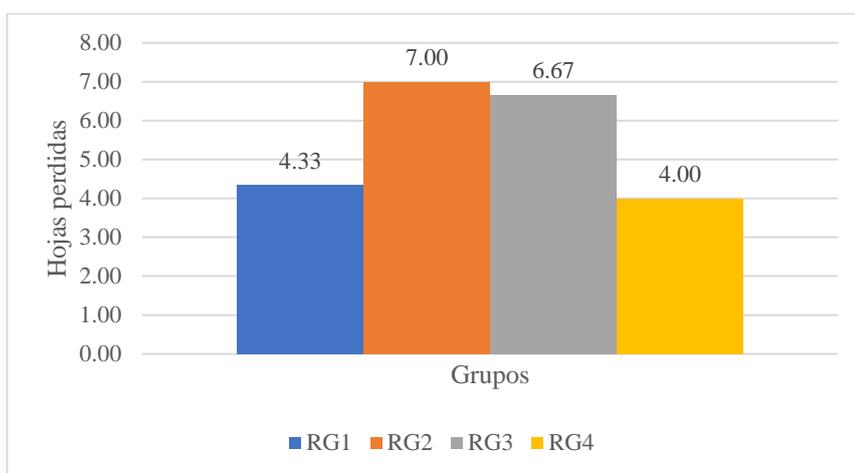
Compost	Déficit	Media	Desv.	
			Desviación	N
Sin compost	RG4 Con déficit hídrico	4,0000	0,00000	3
	RG3 Sin déficit hídrico	6,6667	2,08167	3
	Total	5,3333	1,96638	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	7,0000	1,73205	3
	RG1 Sin déficit hídrico	4,3333	3,05505	3
	Total	5,6667	2,65832	6
Total	Con déficit hídrico	5,5000	1,97484	6
	Sin déficit hídrico	5,5000	2,66458	6
	Total	5,5000	2,23607	12

Del total de especies de malva referente a las hojas perdidas se tiene que, el grupo sin compost con déficit hídrico tiene una media de 4 hojas, y sin déficit hídrico 6,6667 hojas. Respecto al grupo con compost con déficit hídrico la media es 7 hojas, y sin déficit hídrico 4,3333 hojas. Así, el total con déficit hídrico tiene como media 5,5 hojas y sin déficit hídrico 5,5 hojas.

Las plantas con compost y bajo déficit hídrico muestran una mayor pérdida de hojas en comparación con aquellas sin compost en la misma condición. Esto podría

interpretarse de dos maneras: el compost podría estar promoviendo un crecimiento más vigoroso y, por tanto, un recambio más rápido de hojas, o podría ser que el compost incremente la sensibilidad de las plantas al déficit hídrico en términos de retención de hojas.

Interesantemente, las plantas con compost y sin déficit hídrico tuvieron menos pérdida de hojas que las plantas sin compost bajo las mismas condiciones. Esto puede indicar que el compost mejora la salud general de las plantas y les permite retener hojas más eficientemente cuando el agua no es limitante.



**Figura 11** Hojas perdidas acumuladas promedio de malva según factores

En la presente figura respecto a las hojas perdidas de la malva se observa que, el grupo RG2 tiene una mayor cantidad de hojas perdidas, con 7 hojas, seguido del grupo RG3, con 6.67 hojas, después el grupo RG1, con 4.33 hojas y al final el grupo RG4, con 4 hojas.

#### 4.1.1.3. Características Lolium Perenne (Ray grass)

##### a) Altura

Tabla 11  
Altura promedio de Ray Grass según factores

Compost	Déficit hídrico	Media	Desv. Desviación	N
sin compost	RG4 Con déficit hídrico	45,0000	5,56776	3
	RG3 Sin déficit hídrico	38,3333	2,08167	3
	Total	41,6667	5,24087	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	38,6667	7,23418	3
	RG1 Sin déficit hídrico	37,6667	4,72582	3
	Total	38,1667	5,49242	6

Total	Con déficit hídrico	41,8333	6,73548	6
	Sin déficit hídrico	38,0000	3,28634	6
	Total	39,9167	5,43488	12

Del total de especies se tiene que, respecto a la altura, del grupo sin compost con déficit hídrico la media es de 45 cm y sin déficit hídrico es de 38,3333 cm. Del grupo con compost, el que tuvo déficit hídrico la media es de 38,6667 cm, y sin déficit hídrico es de 37,6667 cm. Así, el total con déficit hídrico tiene como media 41,8333 cm y sin déficit hídrico 38,0000 cm.

Curiosamente, las plantas de Ray grass sin compost y con déficit hídrico presentaron una mayor altura promedio que aquellas sin déficit hídrico. Esto podría sugerir una posible reacción de estrés que causa un crecimiento en las plantas como mecanismo para sobrevivir condiciones adversas, quizás buscando alcanzar una mejor luz o disminuir la competencia. Sin embargo, con la adición de compost, esta tendencia se invierte y las plantas con déficit hídrico son más bajas que las plantas sin déficit, lo que podría indicar que el compost proporciona suficientes nutrientes para que las plantas no necesiten crecer tan aceleradamente para competir por recursos.

b) Ancho

Tabla 12  
*Ancho promedio de malva según factores*

Compost	Déficit hídrico	Media	Desv.	N
			Desviación	
sin compost	RG4 Con déficit hídrico	14,0000	5,19615	3
	RG3 Sin déficit hídrico	12,0000	1,00000	3
	Total	13,0000	3,52136	6
Con compost	RG2 Con déficit hídrico	14,0000	1,00000	3
	RG1 Sin déficit hídrico	13,0000	4,58258	3
	Total	13,5000	3,01662	6
Total	Con déficit hídrico	14,0000	3,34664	6
	Sin déficit hídrico	12,5000	3,01662	6
	Total	13,2500	3,13702	12

Del total de especies se tiene que, respecto al ancho, aquellas sin compost con déficit hídrico su media es de 14 cm, y aquellas sin déficit hídrico es de 12 cm. Del grupo con compost con déficit hídrico, la media es de 14 cm, y sin déficit hídrico es de 13 cm. Así, el total de la especie con déficit hídrico, la media es de 14 cm, y sin déficit hídrico es de 12,5 cm.

Hay un patrón general donde las plantas sometidas a déficit hídrico, independientemente del uso de compost, presentan un mayor ancho promedio de 14 cm en comparación con las que no tienen déficit hídrico. Esto podría interpretarse como una adaptación fisiológica al estrés hídrico, donde las plantas podrían estar expandiendo su ancho para aumentar la superficie foliar y maximizar la captación de agua o para mejorar la eficiencia en la fotosíntesis.

La menor desviación estándar en las plantas con compost ya sea con o sin déficit hídrico, indica una mayor consistencia en la respuesta de ancho entre las plantas de este grupo. Esto puede implicar que el compost ayuda a las plantas a mantener un crecimiento más uniforme, posiblemente debido a una nutrición más equilibrada.

#### 4.1.2. Definir los parámetros fisicoquímicos del compost

Los residuos orgánicos de 4 mercados del ámbito del distrito de Cusco, los cuales están compuestos en su mayoría por residuos de fruta, verduras, entre otros que son recogidos de la venta no realizada o de las cascaras que se generan de la venta de jugos entre otras actividades realizadas en los mercados, entre dichos residuos destaca las cascaras de naranja, piña, mazana, papaya, entre otros.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros especificados por la FAO y la norma chilena para la calidad A y calidad B del compost. Además, se adjunta en el Anexo 3 los resultados.

Tabla 13 Resultado análisis fisicoquímico compost

Parámetros		FAO	Norma chilena (A)	Norma chilena (B)
Ph	8.65	6.5 – 8.5	5.0 – 8.5	5.0 – 8.5
CE mmhos/cm	22.18	-	< 3	< 8
Nitrógeno %	1.22	0.3% - 1.5%	> 0.5	> 0.5
Fosforo %	1.14	0.1 -1.0	-	-
Potasio %	0.96	0.3 – 1.0	-	-
Calcio %	1.70			
Magnesio %	0.53			
Cobre ppm	0.32			
Zinc ppm	0.88			
Relación C/n	12.95	10:1 – 15:1	< 25	< 30

La interpretación de los resultados del análisis fisicoquímico del compost en comparación con las normas proporcionadas se presenta a continuación:

Relación C/N: El valor de 12.95 está por debajo del límite superior especificado por todas las normas proporcionadas ( $\leq 25$  para la norma chilena 2880,  $\leq 30$  para la FAO y entre 10:1 – 15:1 para la calidad A), lo cual es un indicador positivo de un compost bien descompuesto y listo para usar.

pH: Un valor de 8.65 está por encima del rango recomendado por todas las normas (5.0 – 8.5 para la norma chilena 2880 y la FAO, y 6.5 – 8.5 para la calidad A). Esto indica que el compost es más alcalino de lo recomendado, lo cual podría afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

CE (Conductividad eléctrica) dS/m: El valor de 22.18 es considerablemente mayor que los límites superiores de las normas de la norma chilena 2880 ( $< 3$  dS/m) y la FAO ( $\leq 8$  dS/m). Esto indica una posible alta salinidad que puede ser perjudicial para las plantas.

Nitrógeno %: El valor de 1.22% cumple con los requisitos mínimos establecidos por la norma chilena 2880 y la FAO ( $\geq 0.5\%$ ) y también está dentro del rango de calidad A (0.3% – 1.5%). Esto indica que el compost contiene una cantidad adecuada de nitrógeno, esencial para el crecimiento de las plantas.

Fósforo %: El valor de 1.14% se puede convertir en  $P_2O_5$  para la comparación con la norma de calidad A. La conversión requiere multiplicar el porcentaje de fósforo por 2.29, lo que da un valor superior al rango de calidad A (0.1% – 1.0%).

Potasio %: El valor de 0.96% se puede convertir en  $K_2O$  para la comparación con la norma de calidad A. La conversión requiere multiplicar el porcentaje de potasio por 1.2, lo que da un valor superior al rango de calidad A (0.3% – 1.0%).

Calcio %: 1.70 y magnesio %: 0.53: Ambos valores son buenos, ya que ambos elementos son esenciales para el desarrollo de las plantas.

Cobre ppm: 0.32 y zinc ppm: 0.88: Ambos valores están dentro de un rango normal, lo cual es positivo ya que ambos son micronutrientes esenciales para las plantas.

4.1.3. Determinar el nivel de tolerancia por déficit hídrico de *Pelargonium hortorum* (geranio) *Lolium Peremme* (Ray grass) y *Fuertesimalca echinata* (malva).

En relación con el objetivo específico 3, y el objetivo específico 4 se realizó en análisis ANOVA para determinar la significancia de los efectos de los factores, para ello primero se ejecutó la prueba de homogeneidad de Levene, la cual se adjunta en el anexo 4.

Posteriormente se especifican los resultados de la prueba ANOVA:

Tabla 14  
*Resultados de factor déficit hídrico sobre indicadores del geranio*

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Déficit hídrico	altura	833,333	1	833,333	10,428	0,012
	ancho	114,083	1	114,083	6,004	0,040
	brotos	48,000	1	48,000	2,400	0,160
	TOTAL HOJAS PERDIDAS	10,083	1	10,083	0,490	0,504

La significancia estadística encontrada en la altura y el ancho del geranio (p-valores de 0,012 y 0,040, respectivamente) implica que el déficit hídrico afecta claramente el crecimiento vertical y la expansión lateral de esta planta. Un F-valor alto en la altura sugiere una variabilidad considerable en este parámetro atribuible al déficit hídrico, lo que indica que esta especie podría ser sensible a las variaciones en la disponibilidad de agua en términos de su crecimiento estructural. Sin embargo, la ausencia de significancia estadística en el número de brotes y la pérdida de hojas sugiere que estos aspectos del desarrollo de la planta podrían tener una mayor resiliencia o estar regulados por otros factores no examinados en este estudio.

Tabla 15  
*Resultados de factor déficit hídrico sobre indicadores de la malva*

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Déficit hídrico	Altura en.	44,083	1	44,083	0,186	0,677
	Ancho en.	1,333	1	1,333	0,010	0,921
	total brotes	4,083	1	4,083	0,027	0,873

total perdida de hojas	0,000	1	0,000	0,000	1,000
------------------------	-------	---	-------	-------	-------

En relación con el factor déficit hídrico no se obtuvieron resultados significativos sobre los indicadores de la malva.

Tabla 16  
*Resultados de la interacción de factores sobre indicadores de la malva*

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
compost * déficit	Altura en.	2,083	1	2,083	0,009	0,928
	Ancho en.	0,333	1	0,333	0,003	0,961
	total brotes	18,750	1	18,750	0,125	0,733
	total perdida de hojas	21,333	1	21,333	5,120	0,053

La interacción de los factores no presento efectos significativos sobre la altura, ancho y total de brotes de la malva, mientras que en relación con el total de pérdida de hojas la significancia fue de 0.053 cercana a 0.05.

En el caso de la malva, la falta de significancia estadística en todos los indicadores ante el déficit hídrico indica una tolerancia relativamente alta a las condiciones de sequía. Esto sugiere que la malva puede tener mecanismos internos que le permiten resistir períodos de escasez de agua sin afectar significativamente su crecimiento o supervivencia en las condiciones probadas. La interacción entre compost y déficit hídrico para la pérdida de hojas arrojó un p-valor marginalmente alto (0,053), lo que podría sugerir un efecto limítrofe que podría ser relevante en un estudio con mayor tamaño de muestra o bajo diferentes condiciones de estrés.

4.1.4. Analizar el efecto del compost en la tolerancia al déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio), *Lolium Perenne* (Ray grass) y *Fuertesimalva echinata* (malva), Cusco.

Por último se comprueba el efecto del compost en la tolerancia del estrés por déficit hídrico, obtenido

Posteriormente se ejecutó la prueba ANOVA de dos factores mediante un modelo general multivariante, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 17  
Resultados de factor compost sobre indicadores del geranio

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
compost	altura	300,000	1	300,000	3,754	0,089
	ancho	52,083	1	52,083	2,741	0,136
	brotos	21,333	1	21,333	1,067	0,332
	TOTAL	44,083	1	44,083	2,142	0,181
	HOJAS PERDIDAS					

Como se observa en la tabla, la significancia del compost sobre el ancho, total de brotes y total de hojas perdidas, es superior a 0.05, por lo que no es significativo, mientras que para la altura se obtiene una significancia de 0.089 cercana a 0.05 pero no significativa.

Tabla 18  
Resultados de la interacción de factores sobre indicadores del geranio

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
compost *	altura	65,333	1	65,333	0,818	0,392
	déficit	80,083	1	80,083	4,215	0,074
hídrico	ancho	8,333	1	8,333	0,417	0,537
	brotos	8,333	1	8,333	0,417	0,537
	TOTAL	30,083	1	30,083	1,462	0,261
	HOJAS PERDIDAS					

La tabla muestra la significancia de la interacción de los factores sobre los indicadores de geranio, observando que altura, total de brotes y total de hojas perdidas es muy superior a 0.05, mientras que para ancho el valor es de 0.074 cercano a 0.05 pero no significativo.

El compost no mostró un efecto significativo en la mayoría de las medidas del geranio, pero se detectó una tendencia en la altura (p-valor de 0,089), que si bien no es estadísticamente significativa, podría indicar una posible respuesta positiva que requiere una investigación más profunda. La falta de efecto significativo de la interacción entre compost y déficit hídrico sugiere que la respuesta del geranio al compost no se modifica sustancialmente en condiciones de déficit hídrico al nivel de severidad testado.

En relación con la malva los resultados de la prueba de hipótesis fueron los siguientes obtenidos mediante la ejecución de la prueba ANOVA de dos factores mediante un modelo general multivariante:

Tabla 19  
*Resultados de factor compost sobre indicadores de la malva*

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
compost	Altura en.	1950,750	1	1950,750	8,240	0,021
	Ancho en.	1633,333	1	1633,333	12,703	0,007
	total brotes	0,750	1	0,750	0,005	0,945
	total perdida de hojas	0,333	1	0,333	0,080	0,784

El compost presenta efectos significativos sobre la altura y el ancho de los indicadores de la malva, mientras que en relación con el total de brotes y el total de pérdida de hojas se observa una significancia mayor a 0.05.

Los efectos significativos del compost en la altura y el ancho de la malva (p-valores de 0,021 y 0,007) indican que la adición de materia orgánica al suelo beneficia claramente el crecimiento estructural de esta planta. Este hallazgo puede sugerir que la malva es particularmente receptiva a la mejora de las condiciones del suelo, posiblemente debido a un aumento de nutrientes o a una mejora en la retención de agua que el compost podría proporcionar.

Por último en relación con Ray Grass se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 20  
*Resultados de factor compost sobre indicadores del ray grass*

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
compost	Altura en.	36,750	1	36,750	1,336	0,281
	Ancho en.	0,750	1	0,750	0,060	0,813

No se observan efectos significativos del compost sobre la altura o el ancho del Ray Grass.

No se observan efectos significativos del déficit hídrico sobre la altura o el ancho del Ray Grass.

Tabla 21  
*Resultados de la interacción de factores sobre indicadores del Ray Grass*

<b>Origen</b>		<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
compost * déficit	Altura en.	24,083	1	24,083	0,876	0,377
	Ancho en.	0,750	1	0,750	0,060	0,813

No se observan efectos significativos de la interacción de factores sobre la altura o el ancho del Ray Grass.

Para el Ray grass, los resultados no indican ninguna influencia significativa del compost o del déficit hídrico sobre la altura o el ancho, ni de la interacción entre ambos. Esto podría interpretarse como una señal de que esta especie es robusta bajo las condiciones de déficit hídrico probadas, o que el posible beneficio del compost en estas condiciones no es detectable en los parámetros de crecimiento medidos. También podría ser indicativo de que otros factores no medidos en este estudio (como la calidad del suelo original, las condiciones de luz, etc.) pueden ser más relevantes para esta especie.

#### 4.2. Discusión de resultados

En relación con los resultados del análisis físico químico del compost resalta que el pH alcalino del compost puede deberse a una variedad de factores. Es posible que los materiales compostados, en particular aquellos con un alto contenido de carbonato de calcio o calcio, como las conchas de huevo o las cenizas de madera, estén contribuyendo a un aumento del pH. Además, la descomposición de los materiales orgánicos puede generar bases que también pueden incrementar el pH. También, una mala gestión del proceso de compostaje, como la falta de aireación o un exceso de agua, puede conducir a condiciones alcalinas. (39)

Las consecuencias de un pH alcalino en el compost pueden ser diversas y dependen en gran medida de su uso. Un pH elevado puede influir en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que algunos nutrientes se vuelven menos accesibles en condiciones alcalinas. Estos incluyen el hierro, el manganeso, el cobre, el zinc y el boro. Además, un compost alcalino puede ser perjudicial para ciertas plantas que prefieren condiciones más ácidas, como los arándanos. A nivel microbiano, el pH alcalino puede afectar la actividad de los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, lo que a su vez puede ralentizar el proceso de compostaje y la liberación de nutrientes.

En lo que respecta a la alta conductividad eléctrica (CE) en el compost, esto puede ser el resultado de altas concentraciones de sales solubles, las cuales pueden proceder de los materiales compostados, como el estiércol de granja o los restos de cocina salada. Además, el riego excesivo del compost puede incrementar la salinidad, ya que el agua disuelve y moviliza las sales.

Las altas concentraciones de sales en el compost pueden tener efectos perjudiciales en las plantas. Estos efectos pueden variar desde quemaduras en las hojas hasta una reducción en el crecimiento, e incluso en casos extremos, la muerte de la planta. Además, las altas concentraciones de sales pueden afectar la estructura del suelo, causando compactación y disminuyendo la permeabilidad al agua y al aire. Un problema particularmente preocupante es que las altas concentraciones de sales pueden dificultar la absorción de agua por las plantas, incluso en condiciones de alta humedad, debido a la presión osmótica creada por las sales. Para mitigar estos problemas, pueden considerarse

medidas como el ajuste del proceso de compostaje y el lavado del compost para eliminar el exceso de sales.

Un pH alcalino y una alta conductividad eléctrica en el compost pueden afectar a diferentes plantas de diversas maneras de las siguientes formas:

*Pelargonium hortorum* (geranio): Los geranios prefieren suelos con pH ligeramente ácido a neutro, por lo que un pH alcalino (8.65) podría restringir la disponibilidad de ciertos nutrientes, en particular el hierro. Esto podría dar lugar a una deficiencia de hierro, manifestándose en la planta como clorosis férrica, un amarillamiento de las hojas jóvenes debido a la falta de clorofila. Además, los geranios son sensibles al exceso de sales. Una alta conductividad eléctrica en el compost indica un alto contenido de sales, lo que podría ocasionar quemaduras en los bordes de las hojas, reducción del crecimiento y, en casos graves, la muerte de la planta.

*Lolium perenne* (Ray grass): Esta especie de pasto, también conocida como raigrás perenne, es bastante tolerante a una variedad de condiciones del suelo, pero prefiere suelos de pH neutro a ligeramente ácido. Por lo tanto, un compost con un pH alcalino podría limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes para el raigrás. En cuanto a la salinidad, el raigrás perenne tiene una tolerancia moderada a las sales, pero una alta conductividad eléctrica en el compost podría causar una disminución en el crecimiento y la densidad del césped.

*Fuertesimalva echinata* (malva): La información específica sobre las preferencias de suelo para esta especie es limitada. Sin embargo, muchas especies de malva son tolerantes a una amplia gama de condiciones de suelo, incluyendo diferentes niveles de pH y salinidad. Aun así, un pH muy alcalino podría afectar la disponibilidad de nutrientes y una alta conductividad eléctrica podría conducir a problemas de estrés salino, especialmente si la planta no está adaptada a condiciones de alta salinidad. Estos factores podrían afectar negativamente el crecimiento y la salud de la planta.

En relación con los resultados de la prueba ANOVA sobre el estrés hídrico y el compost se obtuvo que la especie de geranio es particularmente sensible a las condiciones de déficit hídrico, mostrando una reducción significativa en la altura y el ancho. Específicamente, el déficit hídrico tuvo un efecto significativo en la altura y el ancho de las plantas, mientras que no afectó significativamente el número total de brotes o la pérdida total de hojas.

Sin embargo, el uso de compost no tuvo un efecto significativo en estos indicadores, con el valor p de cada uno de estos factores superior a 0.05. Aunque el compost mostró una tendencia a afectar la altura del geranio, no alcanzó significancia estadística ( $p=0.089$ ).

En el caso de la malva, los resultados difieren notablemente de los del geranio. El déficit hídrico no produjo un efecto significativo en ninguna de las medidas analizadas. Además, la interacción entre el déficit hídrico y el compost tampoco fue significativa, a excepción de la pérdida total de hojas que estuvo cerca del umbral de significancia ( $p=0.053$ ).

A diferencia del déficit hídrico, el compost tuvo un efecto significativo en la altura y el ancho de las plantas de malva. Este resultado sugiere que el compost podría tener un efecto positivo en la resistencia de las plantas de malva a condiciones de estrés hídrico, al menos en términos de su crecimiento vertical y horizontal.

Por último, en el caso del Ray Grass, ni el déficit hídrico ni el compost tuvieron efectos significativos en ninguna de las medidas analizadas. Esto sugiere que esta especie podría tener una tolerancia inherente a las condiciones de estrés hídrico y que la adición de compost no mejora significativamente esta resistencia.

Estos resultados proporcionan una perspectiva valiosa para futuros estudios que busquen optimizar las prácticas de manejo de estas especies en condiciones de estrés hídrico. Sin embargo, sería útil realizar estudios adicionales para investigar los mecanismos subyacentes que podrían explicar las diferencias observadas entre las especies, y determinar si estos hallazgos son generalizables a otras condiciones de crecimiento y otros tipos de estrés.

En cuanto al efecto del déficit hídrico en las especies *Pelargonium hortorum* (geranio), *Fuertesimalva echinata* (malva) y *Lolium Perenne* (Ray grass), nuestros resultados son coherentes con estudios previos que demuestran que el déficit hídrico tiene un impacto negativo en el crecimiento de las plantas (21) (22) (10). Sin embargo, se observó que el geranio muestra un grado de resistencia al déficit hídrico, una conclusión que está en consonancia con la literatura existente (23).

Al analizar el impacto del déficit hídrico en las especies estudiadas, se encontró que *Pelargonium hortorum* (geranio) presenta una capacidad de adaptación significativa

frente a la falta de agua. Esta capacidad adaptativa es probablemente el resultado de mecanismos fisiológicos y morfológicos inherentes a la especie, como la reducción del área foliar y el cierre estomático para minimizar la pérdida de agua. Este mecanismo se refleja en la literatura científica, que describe al geranio como una planta con buena respuesta a periodos de sequía mediante estrategias de ahorro de agua (23). En nuestro estudio, el geranio mostró una reducción en la altura y el ancho bajo estrés hídrico, lo cual es una respuesta esperada, ya que el desarrollo vertical y la expansión horizontal se ven comúnmente comprometidos en situaciones de estrés por falta de agua como una forma de conservar recursos.

En contraste, la respuesta de *Fuertesimalva echinata* (malva) y *Lolium perenne* (Ray grass) al déficit hídrico y la aplicación de compost sugiere una interacción compleja entre el tipo de planta y la calidad del compost utilizado. Para la malva, se observó que el compost tenía un efecto positivo en el crecimiento, lo que podría estar relacionado con la mejora de la estructura del suelo y la mayor retención de humedad proporcionada por el compost. Esto podría implicar que el compost ayuda a mitigar el estrés por sequía en la malva, lo que concuerda con la teoría de que la materia orgánica mejora la resiliencia de las plantas al estrés hídrico.

Sin embargo, para el geranio y el Ray grass, no se observaron mejoras significativas en la resistencia al déficit hídrico con el uso de compost. Esta falta de respuesta podría deberse a la ya mencionada alcalinidad y salinidad del compost, lo que podría haber contrarrestado los beneficios potenciales del uso del compost como mejorador del suelo en términos de retención de agua y estructura del suelo. Además, si el compost contiene altos niveles de sales, podría haber exacerbado el estrés por sequía al dificultar la absorción de agua por las plantas, un fenómeno conocido como estrés osmótico.

Finalmente, los resultados relativos al uso del compost y su efecto sobre la tolerancia al déficit hídrico en las especies de plantas estudiadas muestran resultados mixtos. Aunque se observó un efecto positivo del compost sobre los parámetros de crecimiento de la malva, este efecto no fue significativo en el geranio ni en el Ray Grass. Este resultado parcialmente discordante con la literatura anterior, que a menudo sugiere un efecto beneficioso del compost en la mejora de la resistencia de las plantas al estrés hídrico (24) (25), señala la necesidad de una investigación que aborde de forma más

profunda para comprender las interacciones entre el compost y las diferentes especies de plantas.

## CONCLUSIONES

El compost aplicado en nuestro estudio no mostró mejoras significativas en la tolerancia al déficit hídrico en *Pelargonium hortorum* (geranio) y *Lolium perenne* (Ray grass), con p-valores mayores a 0.05 para las medidas de altura, ancho, número de brotes y pérdida de hojas. Esto indica que la aplicación de compost, bajo las condiciones de nuestro experimento, no contribuye a la tolerancia al estrés hídrico de estas especies en el entorno de Cusco. Por otro lado, en *Fuertesimalva echinata* (malva), el compost sí mostró efectos positivos significativos en la altura y el ancho con p-valores de 0.021 y 0.007, respectivamente, lo que sugiere que la malva puede beneficiarse del compost para mejorar su resistencia al déficit hídrico.

El déficit hídrico afectó significativamente la altura y el ancho en *Pelargonium hortorum* (geranio) con p-valores de 0.012 y 0.040, respectivamente. En cambio, para *Fuertesimalva echinata* (malva) y *Lolium perenne* (Ray grass), no se observó un impacto significativo en estas variables bajo condiciones de déficit hídrico. Esto sugiere que el geranio es susceptible al déficit hídrico, mostrando una reducción en crecimiento, mientras que la malva y el Ray grass no exhibieron una respuesta significativa en las medidas evaluadas, lo que podría indicar una mejor adaptación a estas condiciones de estrés o una falta de sensibilidad de las medidas seleccionadas para detectar cambios.

El análisis fisicoquímico del compost utilizado en nuestro estudio reveló una relación C/N de 12.95, lo cual es adecuado según las recomendaciones de compostaje. Sin embargo, un pH de 8.65 y una conductividad eléctrica de 22.18 mmhos/cm exceden los límites recomendados, indicando que el compost está más alcalino y salino de lo deseable. Estos factores fisicoquímicos pueden influir negativamente en la efectividad del compost como agente de mejora para la tolerancia al déficit hídrico y sugieren la necesidad de ajustes en el proceso de compostaje para mejorar su calidad.

La tolerancia al déficit hídrico varió entre las especies. *Pelargonium hortorum* (geranio) mostró una disminución significativa en la altura y el ancho cuando se enfrentó a condiciones de déficit hídrico, lo cual señala una susceptibilidad a este tipo de estrés. *Fuertesimalva echinata* (malva) y *Lolium perenne* (Ray grass), por otro lado, no mostraron una respuesta significativa en términos de crecimiento a la falta de agua, lo que podría interpretarse como una mayor tolerancia o una respuesta fisiológica no capturada por los parámetros de crecimiento medidos en este estudio. Estos resultados resaltan la

importancia de seleccionar estrategias de manejo adecuadas y especies resistentes al diseño de sistemas de cultivo bajo condiciones de estrés hídrico en la región de Cusco.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a los investigadores que debido a que el compost no demostró mejorar la tolerancia al estrés hídrico en todas las especies estudiadas, esto sugiere que se deben realizar más investigaciones para identificar qué características del compost podrían mejorar la tolerancia al estrés hídrico y qué especies se beneficiarían más de estas características.

Se recomienda realizar estudios con otras especies, bajo diferentes condiciones de estrés hídrico, para explorar más a fondo las potenciales ventajas del uso de compost, ya que se evidenció que el compost demostró tener un efecto positivo en la altura y el ancho de la malva, lo cual podría ocurrir en otras especies, y así se podría utilizar el compost en otras plantas, gozando de los beneficios que ofrece para el ser humano y el medio ambiente en el que vive.

Se recomienda monitorear y ajustar el pH durante el proceso de compostaje para mantenerlo en el rango recomendado. Puedes considerar la adición de materiales alcalinos como el yeso o la cal para contrarrestar la alta acidez, si fuera necesario. Tratar de reducir la salinidad del compost. La alta salinidad podría ser el resultado de la utilización de residuos altos en sales, como ciertos tipos de estiércol o residuos de cocina. Considera ajustar la composición de los residuos utilizados en el compostaje para reducir la concentración de sales.

Se recomienda que en próximas investigaciones que, en el caso del geranio, que mostró una respuesta significativa al déficit hídrico, sería aconsejable buscar estrategias de riego eficientes y apropiadas para mantener la humedad en los niveles necesarios. Para la malva, que mostró mejoras significativas en altura y ancho con el uso de compost, se podría aumentar la proporción de compost en el sustrato utilizado para cultivar esta especie.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **AYALA, R.** *Desarrollo de un modelo de negocio de compostaje de residuos sólidos orgánicos para la comercialización de abono orgánico*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020. Tesis de Postgrado.
2. **BOHÓRQUEZ, Wilson.** *El proceso de compostaje*. s.l. : Universidad de la Salle, 2019.
3. **GÓMEZ, C.** *Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una revisión crítica*. s.l. : Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, 2018.
4. **EL PERUANO.** *Pais*. s.l. : El Peruano, 2021.
5. **MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *70% de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos*. Lima : MINAM, 2019.
6. —. *Valorización de residuos sólidos orgánicos municipales*. Lima : MINAM, 2020.
7. **SINIA.** *Reporte estadístico departamental Cusco*. Lima : MINAM, 2022.
8. **FAO.** Portal de Indicadores de los ODS. [En línea] DAO. [Citado el: 27 de setiembre de 2022.] <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/642-water-stress/es>.
9. **WWF, ANA, UNALM.** *Huella hídrica del Perú. Sector Agropecuario*. Lima : ANA, 2015.
10. **MENDOZA, Kerry.** *Tolerancia a estrés por déficit hídrico en genotipos de avena forrajera en la Sierra Altoandina*. Lima : Universidad Nacional Agraria, 2020.
11. **LEÓN, R., y otros.** *Evaluación agronómica y fisiológica en clones de camote (Ipomoea batatas) sometidos a condiciones de estrés hídrico*. s.l. : Agronomy Mesoamerican, 2021.
12. **GLAB, Tomasz, y otros.** *Fertilization effects of compost produced from maize, sewage sludge and biochar on soil water retention and chemical properties*. s.l. : Soil & Tillage Research, 2020.

13. **ELFADIL, Saida, y otros.** *Roles of various composts based on phosphate flotation waste, phosphogypsum and cactus in improving the tolerance of tomato plants to drought stress.* s.l. : J Mater Cycles Waste Manag, 2022. págs. 1832-1841.
14. **RÍOS , Ana.** *Comparacion de las eficiencias fitorremediadoras de las especies Lolium perenne, Pelargonium hortorum Y Fuertesimalva echinata en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga 2017.* Lima : Universidad César Vallejo, 2017.
15. **SERVICIO ANDALUZ DE SALUD.** *Fisioterapeutas. Temario específico.* Sevilla : Ediciones Rodio S., 2020. Vol. III. 8417976671.
16. **MORENO, L.** *Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión.* s.l. : Agronomía colombiana, 2009. págs. 179-191.
17. **ABD, Taia A., y otros.** *A novel compost alleviate drought stress for sugar beet production grown in Cd-contaminated saline soil.* Egipto : Agricultural Water Management, 2019.
18. **DUO, L. A., LIU, C., y ZHAO, S.** *Alleviation of Drought Stress in Turfgrass by the Combined Application of Nano-compost and Microbes from Compost.* Tianjin : Revista Rusa de fisiología vegetal, 2018.
19. **ADEJUMO, Sifau Adenike, y otros.** *BBiochar in combination with compost reduced Pb uptake and enhanced the growth of maize in lead (Pb)-contaminated soil exposed to drought stress.* s.l. : Journal of crop science and biotechnology, 2020.
20. **BOUTASKNIT, Abderrahim, y otros.** *Assemblage of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi and green waste compost enhance drought stress tolerance in carob (Ceratonia siliqua L.) trees.* s.l. : Scientific reports, 2021.
21. **ESPINOZA, Xiomara.** *Método del riego por condensación solar para la mitigación del estrés hídrico en biohuertos escolares Lima 2018.* Lima : Universidad César Vallejo, 2018.
22. **SAEZ, Mauricio.** *Uso de Arundo donax L. Ecotipo "Costa Verde" en condiciones de estrés hídrico para la producción de biomasa.* Lima : Universidad Científica del Sur, 2017.

23. **NERI, Juan C., y otros.** *Influencia del estrés por déficit hídrico sobre el rendimiento de cultivo de trigo (Triticum Aestivum)*. s.l. : Revista de Investigación de agroproducción sustentable, 2021.

24. **DELGADO, Yngrid Fiorella.** *Efecto del déficit hídrico y remoción de flores y frutos sobre la floración, rendimiento y calidad del limonero sutil (Citrus Aurantifolia Swing) en la zona de Jayanca, Lambayeque*. Lambayeque : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018.

25. **CASTRO, Nicolás Gerardo y ARCE, María Olivia.** *Producción de compost con aplicación de lixiviados y efecto en el rendimiento del cultivo de Lactuca Sativa variedad Waldmans Green en san Jerónimo – Cusco*. Cusco : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2019.

26. **LLAVIÑA, Fanny Yesenia.** *Efecto del control de la temperatura en la fase termofílica del proceso de compostaje con inoculación de organismos eficientes*. Cusco. Cusco : s.n., 2021.

27. **NINA, Oscar Avinael.** *Efecto del abonamiento con dos tipos de preparación de compost en el rendimiento de cuatro variedades de repollo (Brassica oleracea L var capitata) en K'ayra – Cusco*. Cusco : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2014.

28. **BASKAR, Chinnappan, SEERAM, R. y SHIKHA, B.** *Handbook of Solid Waste Management*. Singapore : Springer Nature , 2022.

29. **TIAN, Yongqiang, y otros.** *Reducing environmental risk of excessively fertilized soils and improving cucumber growth by Caragana microphylla-straw compost application in long-term continuous cropping systems*. s.l. : Ciencia del Medio Ambiente Total, 2016.

30. **VALVERDE, Juan Carlos y ARIAS, Dagoberto.** *Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de Gliricidia sepium (Jacq) Kunth ex Walp*. Bogotá : Comobia Forestal, 2019.

31. **FLORES, Karolina y LAIME, Susan.** *Crema dental a base de las propiedades medicinales y terapéuticas del aceite esencial del geranio (Pelargonium x hortorum)*. s.l. : CIEN DES 9, 2008.

32. **ALVAREZ, S.** *Riego deficitario en distintas etapas edl desarrollo de plantas ornamentales cultivadas en maceta.* Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2011.
33. **BYRNE, Esteban, NAGY, Istvan y PFEIFER, Matías.** *A synteny-based draft genome sequence of the forage grass Lolium perenne.* s.l. : The plant journal, 2015. págs. 816-826.
34. **FEBRES, Shadai Emily.** *Remediación de uelos contaminados con plomo mediante el empleo de girasol y estiércol de lombriz roja en condiciones controladas.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
35. **JIMÉNEZ, Erik Gabriel y RAMOS, Bryan Alexander.** *Evaluación de la eficiencia fitorremediadora de Lupinus pubescens, plantago major y scirpus californicus en suelos contaminados con arsénico.* Quito : Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, 2019.
36. **PEÑA, Karina, y otros.** *Mitigación de cadmio por fitorremediación. Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao - Ecuador.* Quito : Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021.
37. **CHUNCHO, Guillermo, CHUNCHO, Carlos y AGUIRRE, Zhofre.** *Anatomía y morfología vegetal.* Loja : Universidad Nacional de Loja, 2019.
38. **HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, L.** *Metodología de la investigación.* s.l. : Mc Graw-Hill, 2018.
39. **ARANGUREN, G.** *Dinámica en la producción de compost con adición de microorganismos benéficos en un biorreactor.* s.l. : GIAA, 2018.

## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha de observación

Especie:

Fecha:

<b>Grupo</b>		<b>Rg1</b>			<b>Rg2</b>			<b>Rg3</b>			<b>Rg4</b>		
<b>Repetición</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Altura.</b>	Altura en cm.												
	Ancho en cm.												
<b>Expansión foliar.</b>	Numero de hojas.	Inflorescencia sin abrir											
		Inflorescencia abierta											
		Perdida de hojas											
	Área total de hoja.												
<b>Brotes.</b>	Cantidad de brotes.												

Anexo 2. Imágenes del estudio



**Figura 12** *Geranio con y sin compost*

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13** *Malva con y sin compost*

Fuente: Elaboración propia



**Figura 14** *Grupo RG1-3*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 15** *Grupo RG4-2*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 16** *Grupo RG3-2*

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17** *Grupo RG2-3*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 18** *Grupo RG3-1*

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Resultado de análisis de laboratorio del compost



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0195-23-LAQ

**SOLICITANTE :** KAREN STEFANY VENTURA MURILLO  
GRECIA SALAS PONCE

**MUESTRA :** COMPOST (PLANTA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUSCO)

**FECHA :** C/25/05/2023

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:**

pH	8,65
C.E. mmhos/cm	22,18
Nitrógeno %	1,22
Fosforo %	1,14
Potasio %	0,96
Calcio %	1,70
Magnesio %	0,53
Cobre ppm	0,32
Zinc ppm	0,88
Relación C/N	12,95

QUIMICA AGRICOLA I SUELOS Y FEERTILIZANTES, E. Primo Yufera,

J.L. Carrasco Dorrien.

Cusco, 12 de Junio 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis  
**Melquedes Herrera Arriola**  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
DE ANALISIS QUIMICO

#### Anexo 4. Prueba de homogeneidad de Levene

En relación con la prueba de hipótesis se usó la prueba de análisis de la varianza para dos factores, para ejecutar dicha prueba primero se comprobó la homogeneidad de las varianzas, estableciendo las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: Los grupos tiene varianzas iguales ( $p > 0.05$ )

H1: los grupos tienen varianzas diferentes ( $p < 0.05$ )

Obteniendo los siguientes resultados

Tabla 22  
Prueba de homogeneidad de Levene

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
altura	Se basa en la media	1,347	3	8	0,326
	Se basa en la mediana	0,415	3	8	0,747
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,415	3	5,990	0,748
	Se basa en la media recortada	1,258	3	8	0,352
ancho	Se basa en la media	2,889	3	8	0,102
	Se basa en la mediana	0,570	3	8	0,650
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,570	3	5,265	0,657
	Se basa en la media recortada	2,599	3	8	0,125
brotes	Se basa en la media	3,917	3	8	0,054
	Se basa en la mediana	0,481	3	8	0,705
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,481	3	4,167	0,712
	Se basa en la media recortada	3,379	3	8	0,075
TOTAL HOJAS PERDIDAS	Se basa en la media	4,886	3	8	0,032
	Se basa en la mediana	0,619	3	8	0,622
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,619	3	2,626	0,654
	Se basa en la media recortada	4,284	3	8	0,044

Con lo que se comprueba que todas las variables presentan homogeneidad de varianzas en los indicadores del geranio.

En relación con la malva se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 23  
Prueba de homogeneidad de Levene malva

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura en.	Se basa en la media	3,543	3	8	0,068
	Se basa en la mediana	0,256	3	8	0,855

	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,256	3	3,639	0,854
	Se basa en la media recortada	2,904	3	8	0,101
Anchoen.	Se basa en la media	0,873	3	8	0,494
	Se basa en la mediana	0,068	3	8	0,975
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,068	3	5,572	0,975
	Se basa en la media recortada	0,734	3	8	0,561
total brotes	Se basa en la media	3,461	3	8	0,071
	Se basa en la mediana	0,455	3	8	0,721
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,455	3	2,922	0,733
	Se basa en la media recortada	3,055	3	8	0,092
total perdida de hojas	Se basa en la media	3,517	3	8	0,069
	Se basa en la mediana	0,893	3	8	0,485
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,893	3	5,723	0,499
	Se basa en la media recortada	3,232	3	8	0,082

Se comprueba la homogeneidad de varianzas para los indicadores de la malva.

En relación con el Ray Grass se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 24  
Prueba de homogeneidad de Levene Ray Grass

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura en.	Se basa en la media	1,905	3	8	0,207
	Se basa en la mediana	0,276	3	8	0,841
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,276	3	4,524	0,841
	Se basa en la media recortada	1,678	3	8	0,248
Anchoen.	Se basa en la media	4,611	3	8	0,037
	Se basa en la mediana	0,594	3	8	0,636
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,594	3	3,319	0,657
	Se basa en la media recortada	4,038	3	8	0,051

Se comprueba la homogeneidad de varianzas para los indicadores de la Ray Grass.

Anexo 4. Matriz de consistencia

<b>“ANÁLISIS DEL EFECTO DEL COMPOST A LA TOLERANCIA DEL ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO EN LAS ESPECIES <i>Pelargonium hortorum</i> (GERANIO), <i>Lolium perenne</i> (RAY GRASS) Y <i>Fuertesimalva echinata</i> (MALVA), CUSCO – 2022”</b>				
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variables</b>	<b>Diseño Metodológico</b>
¿Cuál es el efecto del compost en la tolerancia al déficit hídrico en <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva), Cusco?	Analizar el efecto del compost en la tolerancia al déficit hídrico en <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva), Cusco.	El efecto del compost influye de manera significativa a la al déficit hídrico en <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio), <i>Lolium Perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva), Cusco.	<b>VI: Compost</b> D: Parámetros fisicoquímicos del compost.  <b>VD: Estrés por déficit hídrico</b> D: Altura D: Expansión foliar D: Brotes D: Peso	<b>Tipo de investigación</b> Aplicada <b>Nivel de investigación</b> Descriptiva-explicativa <b>Métodos de investigación</b> Científico <b>Diseño de investigación</b> Experimental puro <b>Población</b> Ejemplares de <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva) <b>Muestra</b> 36 individuos <b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> Observación/ficha de observación.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Específicos</b>			
¿Qué características presentan <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva) ante condiciones de déficit hídrico?	Caracterizar el <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio), <i>Lolium Perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva).			
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del compost?	Definir los parámetros fisicoquímicos del compost.			
¿Cuál es el nivel de tolerancia por déficit hídrico de <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva)?	Determinar el nivel de tolerancia por déficit hídrico de <i>Pelargonium hortorum</i> (geranio) <i>Lolium perenne</i> (Ray grass) y <i>Fuertesimalva echinata</i> (malva).			

