

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS COMERCIALES  
SOBRE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE CEBOLLA (*Allium  
cepa* L.)**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER  
EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**AUTOR:**

**Klever Arturo Montúfar Villacís**

**TUTOR:**

**Dr. Carlos Vásquez**

**CEVALLOS**

**2021**

# EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS COMERCIALES SOBRE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)

REVISADO POR:



Ing. Carlos Luis Vásquez, Ph D.

TUTOR

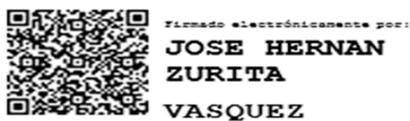
**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**



**Fecha**

.....  
27/03/2021

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



.....  
28/03/2021

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
CALIFICACIÓN



.....  
28/03/2021

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
CALIFICACIÓN

## AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **KLEVER ARTURO MONTUFAR VILLACÍS**, portador de cédula de ciudadanía número: 1600558603, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS COMERCIALES SOBRE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



---

**KLEVER ARTURO MONTÚFAR VILLACÍS**

## DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS COMERCIALES SOBRE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



**KLEVER ARTURO MONTÚFAR VILLACÍS**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haber acompañado a lo largo de mis estudios siendo Él mi fortaleza en los momentos de debilidad y angustia, por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias, emociones y sobre todo claridad a mi vida.

De manera especial a mis padres, Grace Villacis y Arturo Montufar quienes admiro, ya que con su ejemplo de trabajo, esfuerzo y superación me han inculcado muchos valores, por haberme brindado una educación digna en el transcurso de estos años, por las enseñanzas que me brindan diariamente las cuales me ayudaron a fortalecer mis ideales y poder perseguir cada una de mis metas propuestas en la vida, por eso tengo unas gracias infinitas con mis hermosos padres.

A mis abuelos Gonzalo, Amanda y María del Pilar que fueron las personas que me supieron inculcar la agricultura, a mis hermanos Juan Carlos, Gustavo y Katherine quienes han sido mi fortaleza para poder cumplir esta meta, a mis sobrinos Juan José y Rafaela que son mi motivación, gracias familia por todo su apoyo en mi formación académica e impulsarme a conseguir uno de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

De manera infinita a Dios y a mis padres por darme la vida y guiarme por el camino del bien dándome la oportunidad de prepararme día tras día.

Al Dr. Carlos Vásquez (Tutor del Proyecto de Investigación), Ing. Edwin Pallo e Ing. Hernán Zurita por permitir sus valiosos aportes y el apoyo incondicional brindado en el transcurso del Proyecto de Investigación.

A mis hermanos por ser parte fundamental en todas las etapas de mi vida y un ejemplo a seguir de esfuerzo y esmero para alcanzar lo anhelado.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por brindarme un pequeño espacio en sus instalaciones del saber y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron lo posible para culminar el presente estudio

## ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHO DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Antecedentes Investigativos.....	14
1.2. Objetivos .....	18
Objetivo general .....	18
Objetivos específicos.....	18
1.3. Categorías fundamentales.....	18
1.3.1. El cultivo de la cebolla.....	18
1.3.2. El Fenómeno de la germinación.....	21
1.3.3. Sustratos de germinación .....	23
CAPÍTULO II .....	26
METODOLOGÍA .....	26
Ubicación: .....	26
Factores en estudio: .....	26
1. Porcentaje de germinación: .....	26
2. Velocidad de germinación:.....	27
a. Coeficiente de velocidad de germinación (Vg):.....	27
b. Coeficiente de uniformidad:.....	27
3. Variables morfométricas: .....	27
Distribución de los tratamientos.....	29
Diseño Experimental: .....	29
CAPÍTULO III.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
3.1. Porcentaje de Germinación de semillas de cebolla .....	30

3.2. Coeficiente de Velocidad de Germinación de semillas de cebolla.....	33
3.3. Características agronómicas en plántulas de cebolla.....	35
CAPÍTULO IV.....	39
CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES .....	39
4.1. CONCLUSIONES.....	39
4.2. RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Porcentaje de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa sembradas en tres tipos de sustratos comerciales.....	30
<b>Tabla 2.</b> Valores de velocidad de germinación expresados en $T_{25}$ y $T_{50}$ de semillas de cebolla sembradas en tres tipos de sustrato.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Principales países productores de cebolla a nivel mundial (año 2019). Fuente FAO (2021) .....	20
<b>Figura 2.</b> Países con los mayores rendimientos de cebolla a nivel mundial (año 2019). Fuente FAO (2021) .....	20
<b>Figura 3.</b> Medición de la longitud de las raíces en plántulas de cebolla (a) y diámetro del bulbo (b).....	28
<b>Figura 4.</b> Variación diaria del porcentaje de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa sobre tres sustratos .....	31
<b>Figura 5.</b> Regresión lineal entre los días y porcentaje de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa en tres tipos de sustratos .....	35
<b>Figura 6.</b> Coeficiente de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa en tres tipos de sustratos .....	35

## RESUMEN

A escala mundial, la cebolla (*Allium cepa* L.) se encuentra entre las hortalizas más consumidas conocida por sus amplios beneficios en la salud, sin embargo, factores tales como la falta de inversiones para mejorar los métodos de cultivo y riego han provocado desestimulo en la producción. Por ello, entre las estrategias a ser evaluadas están los estudios sobre producción de semillas que permitan mejorar la producción y productividad del cultivo. En el presente estudio se evaluó el efecto de diferentes sustratos comerciales (Terracult, Pindstrup Plus y Floragard) sobre la viabilidad de semillas de cebolla variedad Burguesa y fueron comparados con un sustrato convencional que fue usado como tratamiento testigo. En cada sustrato se evaluó el porcentaje y velocidad de germinación durante 5 días, además se evaluó la longitud de raíces, diámetro de bulbo, peso fresco y peso seco de bulbo a los 15 y 30 días después de la emergencia. De acuerdo con los resultados, tanto el porcentaje de germinación como la velocidad de germinación fueron afectados por el tipo de sustrato, siendo en todos los tipos de sustratos superior al tratamiento testigo. Adicionalmente, la longitud de raíces, diámetro de bulbo (pseudotallo) y peso fresco y seco de plántulas fueron significativamente superiores en plántulas obtenidas de los sustratos comerciales. Todos los sustratos mostraron tener un efecto positivo en la producción de plántulas de cebolla, sin embargo, se requiere realizar estudios de campo que permitan validar los resultados obtenidos en la presente investigación.

**Palabras clave:** hortalizas, germinación, longitud de raíces, diámetro de pseudotallo, producción

## ABSTRACT

Onion (*Allium cepa* L.) is among the most consumed vegetables worldwide and popular for its extensive health benefits, however, some factors such as lack of investments to improve cultivation and irrigation methods have caused discouragement in production. Therefore, among the strategies to be evaluated are studies on seed production that allow improving crop's production and productivity. In this study, the effect of different commercial substrates (Terracult, Pindstrup Plus and Floragard) on the viability of Burguesa variety onion seeds was evaluated and then compared with a conventional substrate used as control treatment. In each substrate, the percentage and speed of germination were evaluated for 5 days, in addition root length, bulb diameter, fresh and dry weight of bulb were evaluated at 15 and 30 days after emergence. According to the results, both the germination percentage and the germination speed were affected by the type of substrate, being superior to the control treatment in all types of substrates. Additionally, root length and bulb diameter (pseudostem) and fresh and dry weight of seedling were significantly higher in seedlings obtained from commercial substrates. All substrates shown to have a positive effect on the production of onion seedlings, however, field studies are required to validate the results obtained in the present investigation.

**Keywords:** vegetables, germination, root length, pseudostem diameter, production

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más populares que conforman la dieta diaria (Baloch et al., 2014). En el 2018, la producción mundial se ubicó en 97.484.228 ton, con un rendimiento de 192015 hg/ha, del cual el 67,5% es producido por países asiáticos, lo cual los ubica como los primeros productores, seguido de los países de África (12,9%) y América (10,1%) (FAO, 2020). En América, los principales productores son Estados Unidos, México, Brasil, Argentina y Colombia los cuales aportan el 33,6; 16,1; 15,9; 7,2 y 6,9 % de la producción en el continente (FAO, 2020).

En Ecuador existe una alta demanda de cebolla, lo cual constituye una fortaleza, sin embargo, la falta de inversiones para mejorar los métodos de cultivo y riego, unido al ingreso de cebolla proveniente de Perú provocan desestimulo en la producción (Donoso, 2015). Entre las estrategias a ser evaluadas para mejorar la producción y productividad del cultivo está la realización de estudios sobre producción de semillas que permitan evaluar e identificar la calidad en germinación y vigor para garantizar un mayor rendimiento y productividad (Bishaw et al., 2007; Elias, 2018).

El tiempo, la velocidad, la homogeneidad y la sincronía son aspectos que proporcionan información sobre la dinámica del proceso de germinación, las cuales son útiles para fisiólogos y tecnólogos de semillas y también para ecologistas, puesto que permite predecir el grado de éxito de la especie, en base a la capacidad del cultivo de semillas para distribuir la germinación en el tiempo (Ranal y De Santana, 2006).

De acuerdo con las normas internacionales para análisis de semillas, la prueba de germinación para semillas de cebolla debe realizarse sobre o entre papel o arena antes de colocarlas dentro de plástico transparente y en el laboratorio el sustrato de papel es el más utilizado por su facilidad de manipulación y eliminación (Jeromini et al., 2019). Sin embargo, de acuerdo con estudios recientes este tipo de sustrato no parece ofrecer condiciones poco ideales para la germinación de semillas y peso fresco y seco de las

plántulas, las cuales disminuyeron considerablemente cuando se comparó con un sustrato comercial (Pérez-Mendoza et al., 2019).

Con base en lo expuesto, en la presente investigación se intenta evaluar la idoneidad de tres sustratos comerciales frente a los tradicionalmente usados para determinar su efecto sobre el poder de germinación en semillas de cebolla y peso de plántulas, de modo de asegurar mejores rendimientos una vez llevadas a campo.

### **1.1. Antecedentes Investigativos**

Existen pocos estudios que han evaluado el efecto del sustrato sobre la germinación en varios cultivos.

Marcon et al. (2020) evaluaron la utilización de sustratos alternativos tales como residuos de algodón, residuos de caña de azúcar, pasto, podas de árboles, y aserrín sobre la germinación y el crecimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) así como las actividades antioxidantes en semillas y plántulas. Los residuos de la poda de árboles y aserrín mostraron los mayores índices de germinación y longitud de raíces, mientras que, con los residuos del algodón y caña de azúcar, además de obtenerse los menores valores, también mostraron altos valores de pH y conductividad eléctrica. Adicionalmente se demostró el aumento de las actividades de las enzimas antioxidantes necesarias para corregir los desequilibrios fisiológicos. En conclusión, los autores señalaron que los derivados de la poda de árboles y el aserrín resultaron ser los mejores sustratos para la producción de plántulas.

Taylor et al. (2012) determinaron la germinación de semillas tomate variedad Celebrity usando cuatro sustratos (Grower's Mix 20, Fafard 4P, Johnny's 512 Select y Sunshine Planter's), los cuales mostraron una porosidad total similar, sin embargo, Johnny's 512 Select tenía la mayor capacidad de contenedores y densidad aparente, mientras que Fafard 4P y Sunshine Planter's tenían el mayor espacio aéreo. Se observaron diferencias en cuanto a la germinación y crecimiento puesto que el uso de sustrato de raíz, bonote o vermiculita permitieron obtener mayor germinación que dejar las semillas descubiertas. Además, se obtuvieron plántulas de mayor altura y peso fresco cuando se usó Grower's Mix 20.

Aunque en el caso de girasol (*Helianthus annuus*) tradicionalmente se ha preferido la siembra directa, la baja tasa de germinación en algunas semillas se hizo necesario evaluar el comportamiento semillas usando diferentes sustratos con el fin de cubrir la gama de propiedades del suelo que serían propicias para su cultivo en el campo.

Yerima et al. (2015) evaluaron el efecto de seis sustratos (aserrín, arena, tierra, aserrín y aserrín + arena) sobre la germinación y emergencia de plántulas de girasol (*Helianthus annuus* L.) variedad *African Giant* en Camerún. Se registraron datos el número de semillas germinadas durante 15 días, la emergencia de las plántulas desde la segunda a la cuarta semana, altura de las plántulas y el número de hojas. Los autores observaron que la tasa de germinación fue afectada por el tipo de sustratos, siendo mayor en el sustrato del suelo (75%) mientras que con el aserrín se registró la tasa más baja (25%) y además las plántulas fueron menos vigorosas y con menor número de hojas.

Adicionalmente, existe información disponible sobre el uso de sustratos en la producción de plántulas de cebolla. Así, Jeromini et al. (2019) estudiaron el nivel óptimo de humedad del sustrato para las pruebas de germinación de semillas de cebolla utilizando dos métodos de siembra (en papel y en un sobre de papel) y cinco niveles de humedad del sustrato (1,5; 2,0; 2,5; 3,0 y 3,5 veces la masa seca del papel, obteniéndose que el uso de sobre de papel resultó ser más apto para su uso en pruebas de germinación de semillas de cebolla. Por otra parte, demostraron que la cantidad óptima de agua fue 2,5 veces la masa seca del sustrato de papel. Este método mostró ser rápido y práctico pues permite el uso eficiente el espacio dentro de las cámaras de germinación.

Aparte del efecto del sustrato, se han evaluado otros factores que tienen influencia sobre el desarrollo de plántulas de cebolla. En tal sentido, Pantano et al. (2021) estimaron el potencial tóxico del aserrín (biosorbente utilizado anteriormente para la adsorción de fósforo) en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebolla de manera de evaluar su uso en la agricultura. El potencial fitotóxico se evaluó mediante el índice de germinación de la semilla y el crecimiento de radícula e hipocótilo, además de pruebas de citotoxicidad, genotoxicidad y mutagenicidad en

semillas de cebolla. Los resultados demostraron que el aserrín no inhibió la germinación de semillas y el crecimiento de radículas e hipocótilos, ni tampoco se observó genotoxicidad, citotoxicidad y mutagenicidad, lo que permitió afirmar que el aserrín no es tóxico para la cebolla, lo que refuerza la posibilidad de aplicación del biosorbente con fines de fertilización del suelo.

Sharma et al. (2021) examinaron las propiedades citotóxicas y androgénicas ciertos compuestos orgánicos complejos sobre la germinación de semillas de *Phaseolus mungo* y citotoxicidad con *A. cepa* demostrando que a concentraciones superiores al 20% se producía inhibición de la  $\alpha$ -amilasa y alteración de la separación de cromosomas durante la metafase y anafase durante la división celular, resultando en mitosis y cromosomas rezagados. Además, la raíz de *A. cepa* mostró fisuras y tejidos fracturados del casquete radicular, probablemente debido a la inhibición de auxinas responsables de la formación del casquete radicular, lo que demuestra que estos compuestos orgánicos tienen efecto mutagénico.

Da Silva et al. (2019) determinaron el efecto del ácido salicílico en la mitigación del estrés hídrico y salino en semillas de cebolla variedad IPA 11, para lo cual las semillas fueron remojadas en solución de ácido salicílico (50  $\mu$ M) durante 24 h y luego colocadas a germinar bajo diferentes potenciales hídricos (0, -0,1, -0,2, -0,3, -0,4 MPa) y salinos (0, -0,3, -0,6 y -0,9 MPa inducidos por NaCl). Evaluó la germinación, el crecimiento y la acumulación de solutos orgánicos. El ácido salicílico no estimuló la germinación de las semillas de cebolla en ausencia de estrés, pero la aplicación de 50  $\mu$ M de ácido salicílico aumentó la velocidad de germinación, crecimiento y acumulación de materia seca en condiciones de estrés hídrico y salino. Las plantas de cebolla fueron eficientes en realizar un ajuste osmótico hasta los potenciales de -0,2 MPa inducidos por PEG 6000 bajo estrés hídrico y de -0,4 MPa inducidos por NaCl bajo estrés salino.

Tunes et al. (2018) demostraron que el vigor de la semilla, definido como capacidad que tiene la semilla para expresar su potencial de emergencia en forma rápida produciendo plántulas y normales en una amplia gama de condiciones de campo. Estos autores demostraron que lotes de semillas de cebolla de diferente calidad mostraron porcentajes de germinación que variaron desde 96-98% cuando

se trataba de semillas de alta calidad y vigor, mientras que podía disminuir entre 84-85% con la variación de la calidad. De la misma manera, Rodo y Marcos-Filho (2003) evaluaron la germinación y vigor en seis lotes de semillas de cebolla variedad Petrolina y demostraron que la técnica de envejecimiento acelerado de la semilla Los resultados demostraron que la sal saturada aceleró el envejecimiento (41°C/72h) y el deterioro controlado (24% de contenido de humedad/45°C/24h) resultaron las pruebas de vigor más útiles para las semillas de cebolla. El desarrollo inicial de la planta medido por la altura de la planta y la acumulación de materia seca a los 56 días fue afectado por el vigor de la semilla principalmente cuando las diferencias en el potencial fisiológico de la semilla se hicieron más amplias como resultado del período de almacenamiento. La influencia del vigor de la semilla no persistió durante el crecimiento vegetativo de la planta y no afectó el rendimiento.

Basándose en el efecto de las sustancias húmicas sobre el desarrollo de las plantas, promoviendo el crecimiento de brotes y raíces, Bettoni et al. (2016) estudiaron el efecto de diferentes dosis de sustancias húmicas (5, 10, 15, 20 y 25 ml/L con 10% de ácido fúlvico) en el crecimiento de plántulas de cebolla variedad Alfa São Francisco Ciclo VIII. La aplicación de las sustancias húmicas fue hecha 28 días después de la siembra mediante inmersión de bandejas con las plántulas y evaluó la altura de brote, longitud de raíz, diámetro del pseudotallo, masa fresca de brote, masa seca de brote, masa fresca de raíz, masa seca de raíz, área foliar, volumen foliar, volumen de raíz y área de raíz. Con base en los resultados, la aplicación de sustancias húmicas tuvo influencia sobre todas las variables consideradas y la mayor promoción del crecimiento de plántulas de cebolla fue obtenida cuando se aplicó a concentraciones de 17 y 20 mL/L de sustancias húmicas.

Joshi y Sawant (2012) expusieron semillas de cebolla de las variedades N-2-4-1, B-780, Phule Samarth, Bhima Red, Bhima Raj y Bhima Super a niveles de NaCl de 42,78 mM (0,25%) a 171,11 mM (1,0%). Se observó que el aumento del nivel de sal afectó negativamente el potencial de germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas en todas las variedades, con una disminución mínima del porcentaje de germinación que varió desde 36,8 a 82,0% en las B-780 y Bhima Super, respectivamente, adicionalmente el crecimiento de las plántulas de la

variedad B-780 fue más afectado con solución NaCl 1%. Con relación a las respuestas bioquímicas, se encontró mayor contenido de proteína, carbohidratos y prolina en plántulas en semillas germinadas en NaCl al 0,75 y 1,0% principalmente en las variedades Phule Samarth y Bhima Super. Finalmente, los autores señalaron que, de acuerdo con los resultados de germinación y crecimiento de las plántulas, variedad B-780 mostró ser más tolerante a la salinidad, lo cual podría ser explicado por el alto contenido de prolina.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de diferentes sustratos comerciales sobre la viabilidad de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.)

### **Objetivos específicos**

- Determinar el porcentaje de germinación en semillas de cebolla en tres sustratos comerciales
- Calcular el coeficiente de velocidad de germinación en semillas de cebolla en tres sustratos comerciales
- Evaluar las características agronómicas en plántulas obtenidas de tres sustratos comerciales.

## **1.3. Categorías fundamentales**

### **1.3.1. El cultivo de la cebolla**

La cebolla, *Allium cepa* L., está incluido en la familia Amaryllidaceae por poseer brácteas florales en forma de espata y al grupo *Agregatum* por su capacidad de reproducirse a partir de los bulbos (Vergel Ortega et al., 2016). Esta especie tiene su centro de origen en Asia Central y el Mediterráneo y es cultivada desde 3.200 a. C. por los egipcios, griegos y romanos y ya durante la Edad Media su cultivo fue popularizado en la zona mediterránea, donde fueron seleccionadas las variedades de bulbo grande, de las cuales fueron obtenidas la

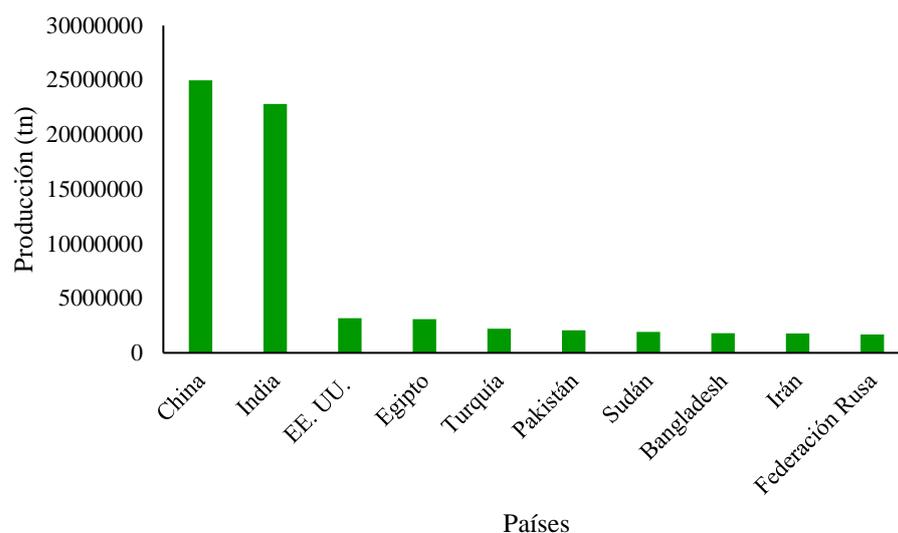
mayoría de las variedades modernas (de la Fé Montenegro y Cárdenas Travieso, 2014).

A escala mundial, las cebollas se encuentran entre las hortalizas más consumidas después de la zanahoria, las coles, los tomates y los pepinos, pudiéndose consumir en forma fresca o como producto procesado y para la preparación de diferentes platos (Przygocka-Cyna et al., 2020).

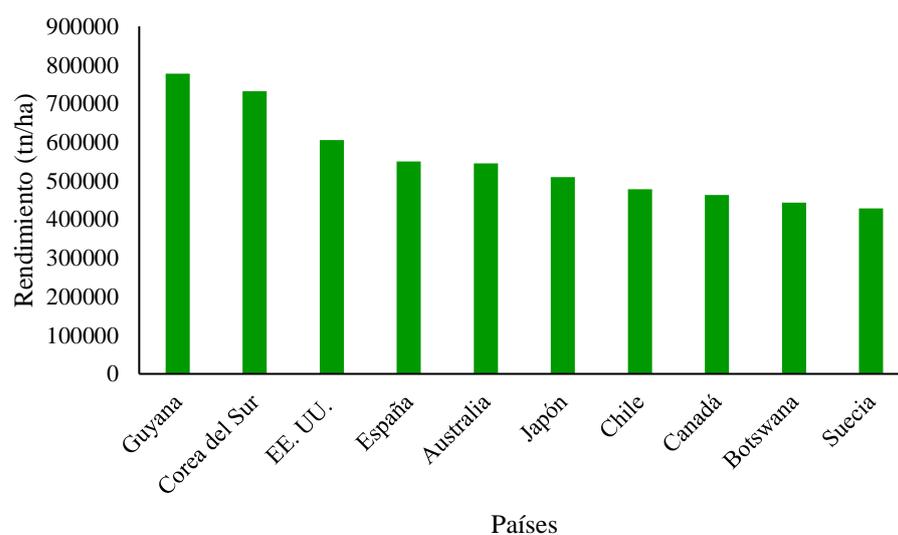
Las hortalizas del género *Allium* incluyendo la cebolla, el ajo (*Allium sativum*) y el puerro (*A. ampeloprasum* var. *porrum*) se encuentran entre las principales fuentes de compuestos bioactivos en la dieta humana en todo el mundo, sin embargo, la cebolla es la especie más cultivada y tanto sus hojas como el bulbo son fuentes ricas en compuestos bioactivos (Przygocka-Cyna et al., 2020).

Desde el punto de vista de su composición química, los estudios previos han encontrado que el consumo de cebolla puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad e incluso varios tipos de cáncer, principalmente debido a los altos contenidos de flavonoides y sulfóxidos de cisteína (Ricciardi et al., 2020). En cuando a los flavonoides, se consiguen flavonoles, principalmente quercitina con propiedades como antiinflamatorio y antioxidante y las antocianinas que le confieren un color rojo o morado a ciertas variedades de cebolla, mientras que los sulfóxidos de cisteína, la forma más abundante es la isoalina, un aminoácido azufrado que es indirectamente responsable del penetrante aroma y sabor de las cebollas (Ricciardi et al., 2020).

Entre las hortalizas, la cebolla constituye uno de los cultivos de mayor relevancia económica a escala mundial, con una producción mundial de alrededor de 5.598.496 toneladas, siendo los principales países productores China, India, Estados Unidos de América, Egipto, Turquía, Pakistán, Sudán, Bangladesh, Irán y Federación de Rusia, los cuales para el 2019 aportaron el 71,8 % de la producción mundial (FAO, 2021) (Fig. 1). Así mismo, de acuerdo con la FAO (2021), el mayor rendimiento Guyana, República de Corea, Estados Unidos de América, España, Australia, Japón, Chile, Canadá, Botsuana y Suecia (Fig. 2).



**Figura 1.** Principales países productores de cebolla a nivel mundial (año 2019). Fuente FAO (2021)



**Figura 2.** Países con los mayores rendimientos de cebolla a nivel mundial (año 2019). Fuente FAO (2021)

La producción de cebolla muestra alta sensibilidad al ambiente y de adapta mejor a climas templados, mientras que, en las zonas de clima tropical, la mayoría de las variedades no muestran todo su potencial productivo, ni solucionan varios de los problemas de la producción comercial como

consecuencia de las altas temperaturas y días cortos (de la Fé Montenegro y Cárdenas Travieso, 2014).

En varios países de África y América Latina este cultivo es producido principalmente por pequeños agricultores y a pesar de ser un cultivo de alta demanda, su rendimiento promedio nacional de cebolla es bajo, debido a, entre otras razones a la falta de variedades de alto rendimiento y malas prácticas de manejo, incluida la aplicación incorrecta de fertilizantes (Tesfay y Girmay, 2019).

### **1.3.2. El Fenómeno de la germinación**

Se considera que la germinación de la semilla es el inicio de la primera fase de desarrollo en el ciclo de vida de las plantas superiores y es seguida por el crecimiento post-germinativo de la plántula (Wolny et al., 2018). Así, la germinación se define como el proceso de salida de la raíz primaria con la subsecuente formación de una plántula normal con diferenciación histológica y acumulación de reservas conduciendo a la producción de plántulas vigorosas, por lo tanto el porcentaje de semillas germinables aumenta durante la madurez de la semilla (Bareke, 2018).

De acuerdo con Bareke (2018), el proceso de germinación ocurre en tres fases: Fase 1: en la cual ocurre la imbibición (absorción inicial de agua para hidratar la semilla) y la activación del metabolismo caracterizado por el incremento tanto de la respiración como la síntesis de proteínas.

Fase 2: en esta etapa ocurre la digestión de las sustancias de reserva (almidón a azúcares en el endospermo) para luego ser traslocadas al embrión

Fase 3: donde ocurre la división celular y crecimiento-desarrollo de la plántula. Para que se inicie la germinación se requiere que la semilla sea viable, que haya pasado el período de latencia de la semilla y que esté sometida a las condiciones ambientales adecuadas, tales como disponibilidad de agua, adecuados rangos de temperatura y suministro de oxígeno.

Aparte de estos estímulos ambientales, también los componentes del suelo tienen una marcada influencia en la germinación (Wolny et al., 2018).

Conceptos relacionados con las semillas

*a. Tipos de semillas:*

De acuerdo con Patiño-Uyaguari et al. (2019), existen tres tipos de semillas, semillas ortodoxas que poseen un contenido de humedad menor al 15%, toleran una deshidratación hasta de 5% y temperaturas de almacenamiento bajo cero durante largo tiempo, semillas recalcitrantes se caracterizan por presentar alto contenido de humedad y llegan a perder la viabilidad bajo condiciones de humedad menor a 20-30% por lo que no soportan almacenamiento a temperaturas muy bajas y por tiempos prolongados y, por último, las semillas intermedias, las cuales muestran atributos de ambos tipos.

*b. Maduración fisiológica:*

La madurez fisiológica se define como el momento en que las semillas alcanzan su máximo potencial fisiológico, por lo tanto, existe la máxima acumulación de materia seca, sin aumento significativo en el peso seco y puede expresar su máximo de germinación y vigor, lo cual es asociado con una mayor calidad (Bareke, 2018).

*c. Factores que afectan la germinación:*

El fotoperíodo ejerce un efecto importante sobre la germinación, sin embargo, la respuesta dependerá de la especie de planta, así algunas especies solo requieren luz u oscuridad para germinar, mientras que otras germinan indiferentemente en luz y oscuridad, asimismo, la temperatura ejerce un efecto importante en el momento de la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas (Baskin y Baskin, 2014). Adicionalmente, se ha determinado que existe un efecto interactivo entre la luminosidad y la temperatura que puede provocar cambios en la sensibilidad de las semillas a ambos factores, aun cuando diferentes poblaciones de una especie podrían exhibir adaptaciones en respuesta a la variabilidad espacial de las condiciones ambientales, como parámetros climáticos y edáficos (Bhatt et al., 2020).

Las plántulas que crecen en las zonas áridas tropicales se deben enfrentar a condiciones como déficit de agua estacional, altos niveles de insolación, entre otros (Mamani et al., 2018). Adicional a esto, ante un posible escenario de

cambio climático donde se prevé un incremento de la temperatura de hasta 5,4 °C, podría provocar aun mayor escasez de precipitaciones, que junto con la alta radiación solar en zonas tropicales contribuiría a un incremento de la salinidad del suelo (Dantas et al. 2020).

En tal sentido, los estudios sobre la influencia de los factores abióticos sobre la germinación es primordial, puesto que, como ya se ha señalado, la influencia de la temperatura, la luz y el sustrato depende de la especie de planta, pudiendo inhibir el proceso de germinación o influir positivamente la supervivencia y el crecimiento de las plántulas y en consecuencia la calidad de las plántulas (Cardoso et al., 2015).

### **1.3.3. Sustratos de germinación**

Desde el punto de vista agrícola, se define como sustrato todo aquel material sólido natural de naturaleza orgánico o mineral que es obtenido de forma sintética o de residuos de alguna otra actividad y que se usa en forma pura o mezclada y que sirve para ofrecer anclaje al sistema radical, dar soporte a la planta e puede intervenir o no en su nutrición (Gayosso-Rodríguez et al., 2016).

Según Martínez y Roca (2011), los sustratos pueden clasificarse de acuerdo con sus propiedades químicas y a su origen. Por su actividad química pueden ser inertes (arena silíceo o granítica, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, etc.) y activos (turberas, orujos, residuos de la industria maderera, vermiculita, etc.), los cuales se diferencian por su capacidad de intercambio catiónico (CIC), siendo baja en los inertes y alta en sustratos activos. Por otra parte, por su origen se clasifican en materiales orgánicos (naturales y sintéticos) y minerales (naturales o tratados). Los orgánicos naturales por lo general requieren un proceso de compostaje para ser aptos para el cultivo, mientras que los sintéticos son polímeros de la industria de los plásticos, no biodegradables, como poliuretano, poliacrilamida y poliestireno. Los sustratos minerales naturales: proceden de rocas y minerales diversos y los minerales tratados proviene de rocas y minerales tratados industrialmente por procedimientos físicos en general, y en menor medida químicos.

El tipo de sustrato utilizado para la germinación influye en la capacidad de retención de agua, el nivel de aireación y la posibilidad de ataque de patógenos, por lo que estos deben asegurar a las semillas contenidos de humedad adecuados de manera de asegurar una germinación uniforme, puesto que, por un lado el exceso puede proporcionar condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos, mientras que el déficit puede interrumpir importantes procesos metabólicos (Oliveira et al., 2015).

En la mayoría de los cultivos hortícolas, el uso de semilleros resulta una práctica común para producir plántulas sanas, con mayor precocidad y homogeneidad que permiten seleccionar las plantas aptas para ser llevadas a campo o al invernadero (Quesada-Roldán y Méndez-Soto, 2005). Puesto que estos semilleros o almácigos se elaboran en bandejas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que determina en gran medida la calidad de las plántulas obtenidas (Quesada-Roldán y Méndez-Soto, 2005).

El sustrato de germinación debe cumplir cuatro características fundamentales para asegurar un buen crecimiento de las plantas: proporcionar anclaje y soporte para la planta, tener buena retención de humedad para hacerla disponible a la planta, propiciar el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera y proveer nutrientes de la planta. Esto es posible solo si el sustrato es de peso liviano, con buena porosidad y buen drenaje, pero con buena capacidad de retención de humedad, ligeramente ácido y con buena capacidad de intercambio de cationes, de volumen constante bajo condiciones de humedad y cuando seco, de fácil almacenamiento durante largos períodos sin sufrir variaciones de sus propiedades físicas y químicas y, finalmente, que sea de fácil manejo y mezcla (OIRSA, 2002).

De acuerdo con la OIRSA (2002), se describen lo siguiente:

*Soporte de las plantas:* a medida que crecen las raíces entre las partículas del sustrato le confiere anclaje a la planta que le da soporte al tallo para que este crezca de forma erguida.

*Humedad:* el medio de cultivo debe asegurar la suplencia de agua para las plantas y además servir como transporte a los elementos nutritivos, como solvente de las reacciones bioquímicas en la célula, y mantener la turgencia de los tejidos. Por ello, un sustrato debe retener suficiente cantidad de agua para llenar las necesidades de la planta entre riegos

*Porosidad y drenaje:* la porosidad total mide la capacidad del sustrato para retener aire y agua, pero su tamaño determina la tasa de drenaje e intercambio de gases. La porosidad total de un sustrato debe ser mayor al 50% y la porosidad de aireación debe oscilar entre 20 y 35%, dependiendo del medio.

*Elementos minerales:* las plantas obtienen todos sus elementos minerales esenciales del medio de crecimiento, los cuales son liberados a la solución del sustrato y absorbidos por las raíces. Se prefiere un sustrato de fertilidad baja es porque simplifica el manejo de la fertilización, puesto que es más fácil agregar los elementos minerales requeridos, en las cantidades apropiadas, que su remoción cuando se presentan en cantidades excesivas en el medio. Sin embargo, existe el problema de acumulación de sales, las cuales reducen la disponibilidad de agua o causan daño directo a las raíces, pero que con la aplicación suficiente de agua puede producir cierto lixiviado reduciendo su efecto.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### **Ubicación:**

El estudio fue conducido una unidad de producción ubicada en Calle Nueva Loja y Quijos, sector Parque Industrial, provincia de Tungurahua.

#### **Factores en estudio:**

Se evaluó el efecto de los sustratos comerciales Terracult, Pindstrup plus Orange y Floragard sobre la germinación de semillas de cebolla (*Allium cepa* cv. Burguesa) y fue comparado con un tratamiento testigo que consistirá en usar el sustrato recomendado para pruebas de germinación (papel toalla). Para ello se determinó el porcentaje de germinación desde el día 1 al 5, el coeficiente de velocidad de germinación en semillas de cebolla. Una vez obtenidas las plántulas, a los 21 días después de la siembra se evaluó la longitud de raíces, el diámetro, el peso fresco y el peso en seco de bulbos en plántulas obtenidas de tres sustratos comerciales y comparados con el testigo.

#### **1. Porcentaje de germinación:**

Este es una estimación de la viabilidad de una población de semillas y proporciona una medida del curso temporal de la germinación de la semilla. La tasa de germinación se determina calculando el porcentaje de germinación a diferentes intervalos de tiempo después de la siembra y luego estos datos son graficados (Rodríguez et al., 2008).

Este se calcula por la fórmula:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de semillas}} \times 100$$

## 2. Velocidad de germinación:

Se define como el tiempo necesario para que las semillas germinen. Se usó el tiempo de germinación, que es el tiempo necesario para conseguir 50 o 25% de germinación ( $T_{50}$  o  $T_{25}$ ) de la capacidad germinativa (Rodríguez et al., 2008).

### a. Coeficiente de velocidad de germinación (Vg):

De acuerdo con Rodríguez et al. (2008), se define como la integración de los tiempos de germinación de cada semilla y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Tg = \frac{\sum(N_i \times D_i)}{\sum N_i}$$

$N_i$  = Número de semillas germinadas el día  $D_i$ .

$D_i$  = Días transcurridos desde la siembra.

La velocidad de germinación corresponde al inverso del tiempo medio de germinación multiplicado por 100.

### b. Coeficiente de uniformidad:

Se define por la ecuación:

$$Cu = \frac{\sum N_i * (D - D_i)^2}{\sum N_i}$$

donde:

$N_i$  = Número de semillas germinadas el día  $D_i$ .

$D_i$  = Número de días transcurridos desde la siembra.

$D$  = Número de días después de la siembra elegido para calcular la uniformidad de germinación.

## 3. Variables morfológicas:

A los 21 días después fueron medidas las variables longitud de raíces, el diámetro, el peso fresco y el peso en seco de las plántulas.

La longitud de raíces fue medida mediante un regla graduada desde la base hasta el ápice de la raíz, para lo cual fueron consideradas 10 plántulas de cada tratamiento (Fig. 3a). Con relación al diámetro de bulbo, este fue medido a la altura del pseudotallo usando un vernier (Fig. 3b).

Las plántulas de 21 días fueron pesadas usando una balanza electrónica, mientras que, para la obtención del peso seco, las plántulas fueron sometidas a secado a 80°C en una estufa durante tres días, hasta obtener peso constante.



**Figura 3.** Medición de la longitud de las raíces en plántulas de cebolla (a) y diámetro del bulbo (b).

**Semilla de cebolla:**

**A1:** Cultivar Burguesa

**Tipos de sustratos (S)**

**S1:** Terracult

**S2:** Pindstrup plus

**S3:** Floragard

**S4:** Papel toalla

### Distribución de los tratamientos

S1R1	S3R4	S1R3	S4R3
S4R4	S2R3	S3R1	S2R1
S3R3	S1R2	S4R1	S1R4
S2R4	S4R2	S2R2	S3R2

### Diseño Experimental:

El ensayo fue conducido en un diseño completamente al azar con diez repeticiones cada tratamiento. Los datos de germinación fueron expresados como porcentaje de germinación, mientras que la velocidad de germinación fue expresada en días. Las variables de longitud de raíces y diámetro de bulbo fueron expresadas en valores promedio (mm), mientras que el peso fresco y peso seco en gramos (g). Todas las variables medidas fueron sometidas a análisis de varianza y aquellas que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante Prueba de medias según Tukey ( $p < 0,01$ ) usando el paquete estadístico Statistix versión 10.0.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Porcentaje de Germinación de semillas de cebolla

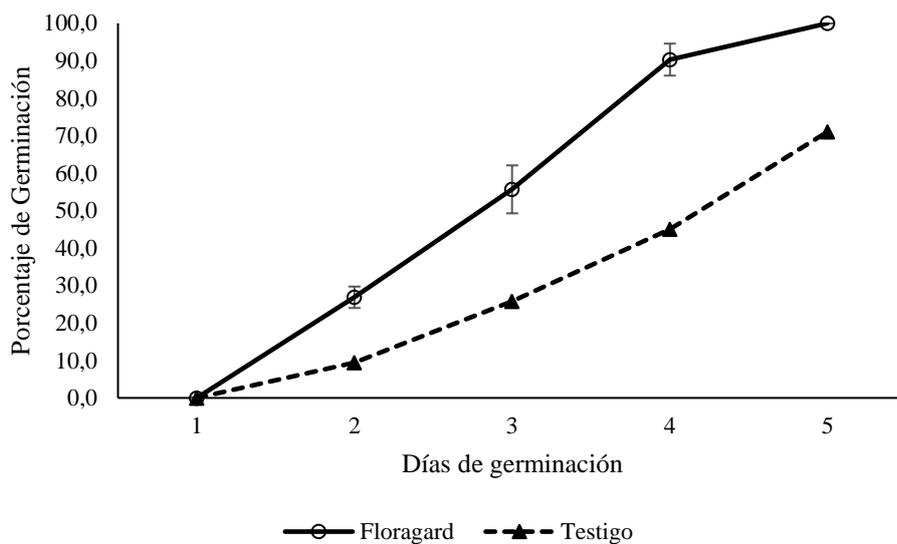
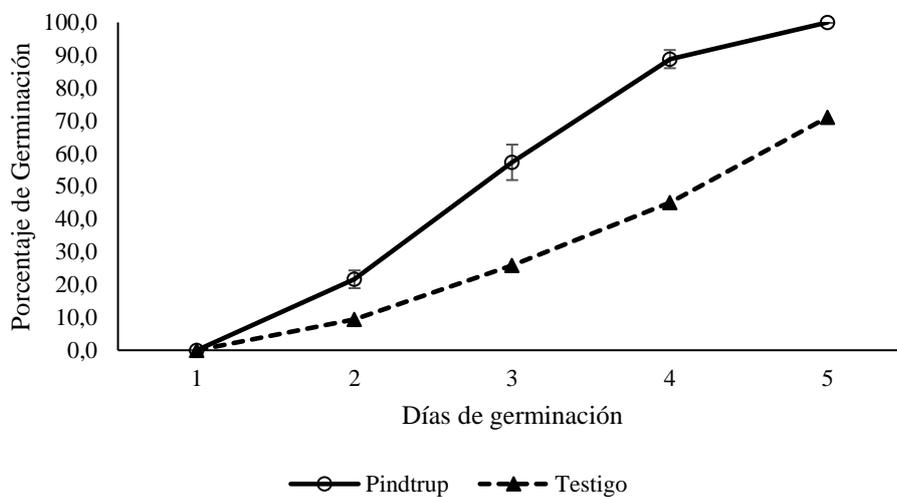
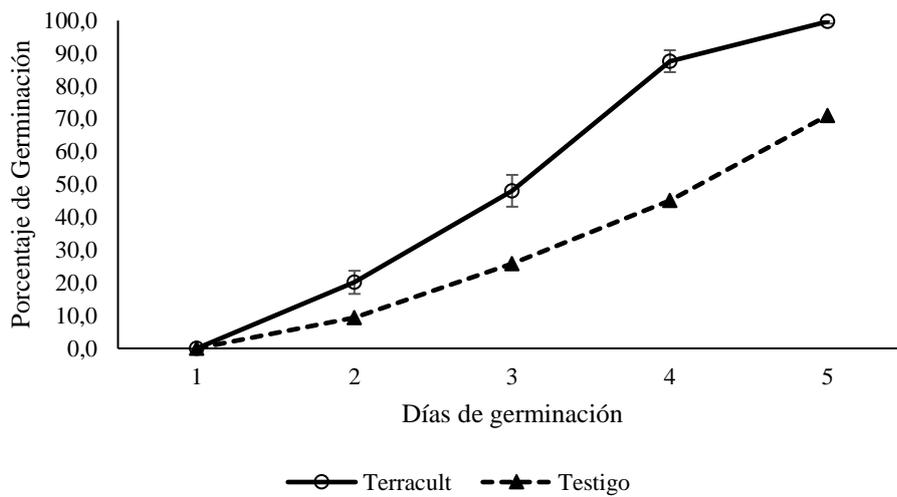
El porcentaje de germinación de las semillas de cebolla variedad Burguesa mostró variaciones por efecto del sustrato a partir del día 2 después de la siembra, observándose el mayor porcentaje de semillas germinadas cuando se usó el sustrato Floragard (Fig. 4). Posterior al día 2, todos los sustratos mostraron resultados superiores al tratamiento testigo, pero no se observaron diferencias significativas entre ellos.

Cuando se hizo el análisis por día se encontró que no hubo germinación en ninguno de los sustratos durante el día 1, pero para el día 2 el sustrato Floragard tuvo el más alto porcentaje de germinación (26,9%), seguido de Pindstrup (20,6%) y Terracult (20,1%), los cuales fueron superiores al tratamiento testigo en un 65,0; 45,6 y 40,0 %, respectivamente (Tabla 1). A partir del día 3, la germinación fue similar en todos los sustratos comerciales, pero todos fueron superiores a la germinación observada en el tratamiento testigo (Fig. 5).

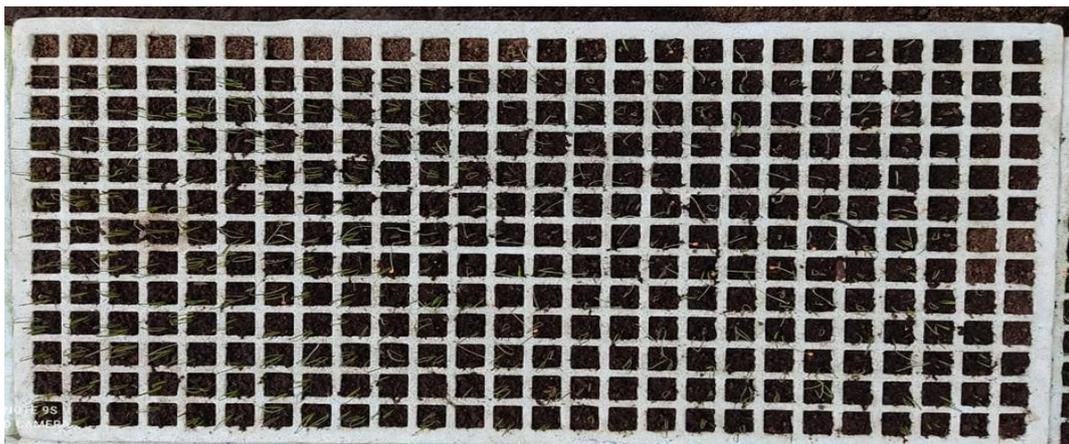
**Tabla 1.** Porcentaje de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa sembradas en tres tipos de sustratos comerciales

	Días de germinación				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Testigo	0,0 ± 0,000	9,4 ± 2,67c	25,8 ± 3,27b	45,1 ± 4,66b	71,0 ± 4,28b
Terracult	0,0 ± 0,000	20,1 ± 3,53ab	48,1 ± 4,85a	87,6 ± 3,35a	99,7 ± 0,6a
Pindstrup	0,0 ± 0,000	21,6 ± 2,71b	57,3 ± 5,41a	88,8 ± 2,77a	100,0 ± 0,1a
Floragard	0,0 ± 0,000	26,9 ± 2,86a	55,7 ± 6,40a	90,3 ± 4,27a	100,0 ± 0,0a

Valores promedios en una columna seguidos de letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey ( $p < 0,01$ )



**Figura 4.** Variación diaria del porcentaje de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa sobre tres sustratos



**Figura 5.** Plántulas de cebolla de 5 días de emergidas sobre el sustrato comercial Floragard

No existe mucha información disponible sobre el efecto de los tipos de sustratos sobre la germinación de semillas de cebolla, pero sí en otros cultivos hortícolas y forestales. En tal sentido, Hernández-Rodríguez et al. (2017) evaluaron el efecto de diferentes proporciones de diferentes sustratos de siembra sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de lechuga y tomate en condiciones de invernadero y observaron que los diferentes sustratos obtenidos de la mezcla de vermicompost y semicompost con turba, en diferentes proporciones, mejoraron la germinación y desarrollo de plántulas de lechuga y tomate, lo que las hace apropiadas para su uso en agricultura.

De acuerdo con Yerima et al. (2015), el período de germinación y emergencia de las plántulas es la etapa más vulnerable de un cultivo, puesto que la disminución del porcentaje de emergencia provoca reducción del rendimiento, por ello, el sustrato de germinación debe asegurar una óptima suplencia de agua, contacto entre las semillas y el suelo, aireación, temperatura, buena suplencia de nutrientes y que esté libre de patógenos.

Así, es posible concluir que, aparte de la temperatura, luz y humedad, la germinación de las semillas depende del sustrato, aunque las exigencias de las características del sustrato pueden variar con la especie de planta. Zurita-Vásquez et al. (2018) evaluaron sustratos de cultivo alternativos (mazorca de maíz y *Azolla anabaena*) sobre algunos parámetros vegetativos en plántulas de brócoli híbrido Coronado y observaron que estas variables fueron superiores cuando crecían sobre sustratos a base de *Azolla* mostrando un alto potencial para ser utilizado como sustrato de semilla para la producción de plántulas de brócoli, disminuyendo así el uso de turba y consecuentemente los costos de producción en viveros.

Resultados similares fueron obtenidos con especies forestales. Oliveira et al. (2015) observaron un efecto de interacción de la temperatura y el sustrato sobre el índice de velocidad de germinación de semillas de *Callisthene fasciculata* (Vochysiaceae) encontrando la mayor tasa de germinación con el uso de sustrato de papel a 20 °C y arena a 25 °C. De manera similar, Bocchese et al. (2008) encontraron que el sustrato arcilloso era más efectivo para la germinación de semillas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) que el suelo arenoso.

### 3.2. Coeficiente de Velocidad de Germinación de semillas de cebolla

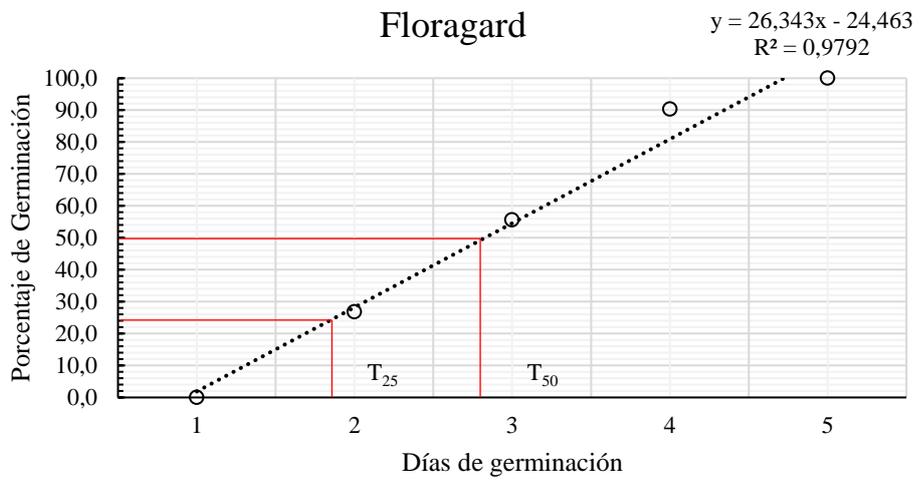
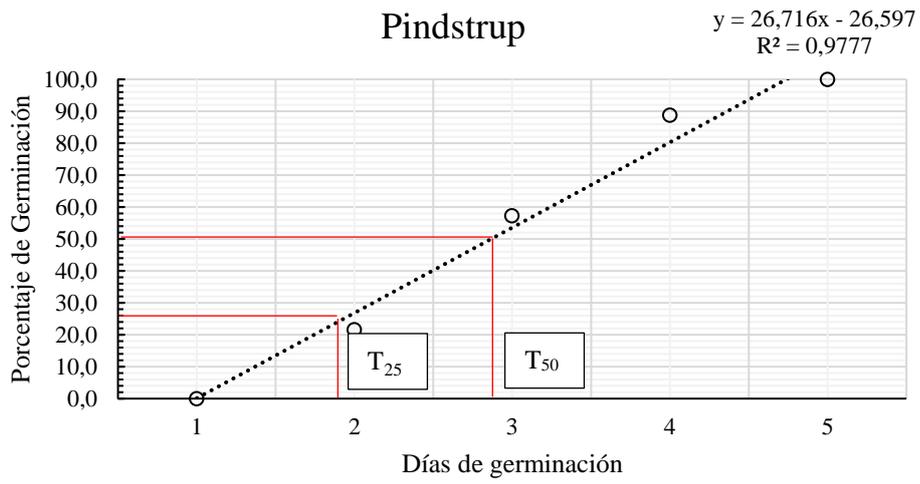
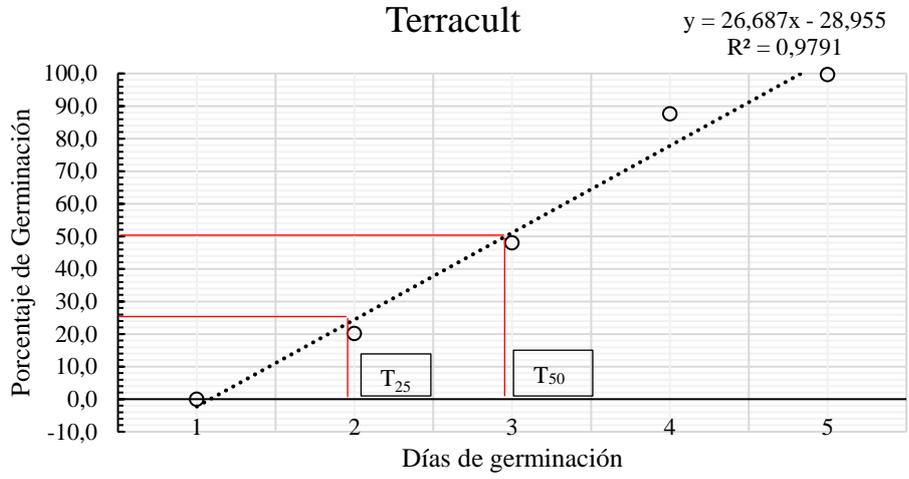
La velocidad de germinación mostró una tendencia lineal en todos los sustratos (Fig. 4) y a partir de esta línea recta se calculó la velocidad de germinación de las semillas de cebolla Burguesa en diferentes sustratos observándose los siguientes T<sub>50</sub> y T<sub>25</sub> (Tabla 2). En este sentido, se puede observar que los menores valores de T<sub>25</sub> y T<sub>50</sub> fueron observados cuando se usó Floragard, seguido de Pindstrup y finalmente Terracult, todos ellos resultaron menores al tratamiento testigo.

La velocidad de germinación es un parámetro de extrema importancia puesto que permite predecir si la germinación de la semilla será más lenta o rápida, lo que a su vez podría servir como indicador para inferir el tiempo medio para el establecimiento de las plántulas provenientes de semilleros o viveros (Buendía-Valcverde et al., 2018; Sánchez et al., 2015).

**Tabla 2.** Valores de velocidad de germinación expresados en T<sub>25</sub> y T<sub>50</sub> de semillas de cebolla sembradas en tres tipos de sustrato

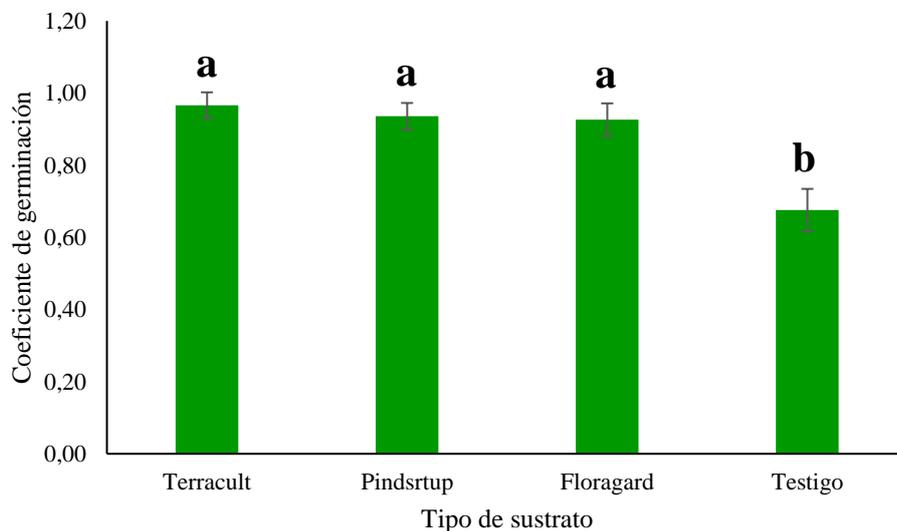
	T <sub>25</sub>	T <sub>50</sub>	Ecuación	R <sup>2</sup>
Terracult	2,02	2,96	$y = 26,687x - 28,955$	0,9791
Pindstrup	1,93	2,87	$y = 26,716x - 26,597$	0,9777
Floragard	1,88	2,83	$y = 26,343x - 24,463$	0,9792
Testigo	2,70	4,11	$y = 17,776x - 23,06$	0,9713

Valores obtenidos de la curva de regresión lineal



**Figura 6.** Regresión lineal entre los días y porcentaje de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa en tres tipos de sustratos

Adicionalmente se observó que el coeficiente de germinación fue significativamente superior en los tres sustratos evaluados con relación al tratamiento testigo, sin diferencias estadísticas entre ellos (Fig. 5), lo que significa que todos los sustratos evaluados permiten que las semillas de cebolla se desarrollen a la misma velocidad, siendo 30,1; 27,8 y 27,1% superior en Terracult, Pindstrup y Floragard, respectivamente con relación al testigo.

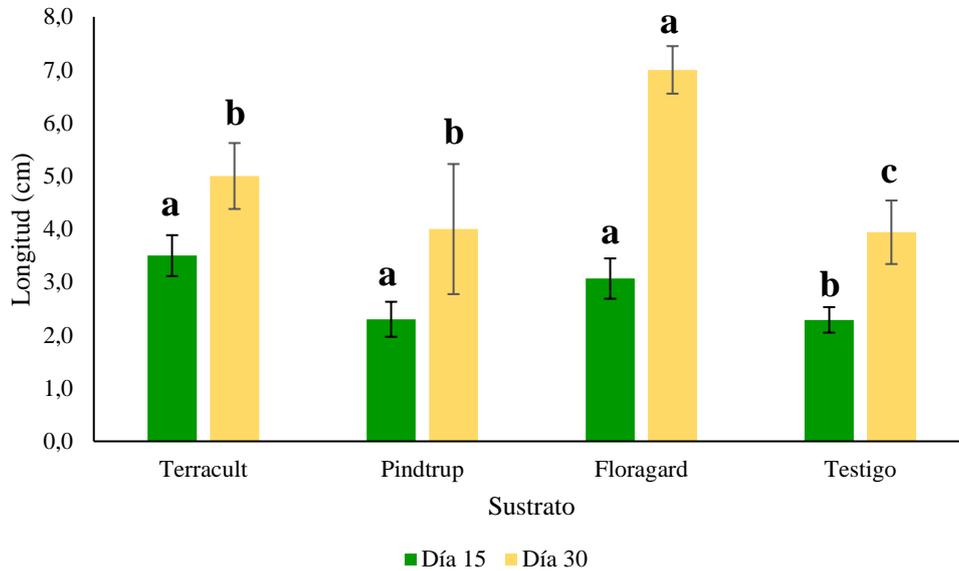


**Figura 7.** Coeficiente de germinación de semillas de cebolla variedad Burguesa en tres tipos de sustratos

### 3.3. Características agronómicas en plántulas de cebolla

Se observó efecto del tipo de sustrato sobre la longitud de las raíces de plántulas de cebolla variedad Burguesa siendo todos los tratamientos estadísticamente superiores al testigo tanto a los 15 como a los 30 días después de la emergencia (Fig. 7). Durante la evaluación hecha a los 15 días después de la emergencia la mayor longitud de raíces fue observada en plántulas crecidas sobre Terracult y Floragard con valores de 3,5 y 3,1 cm, respectivamente, lo cual resultó ser 52,9 y 34,0% superior al testigo. A los 30 días después de la emergencia, las raíces de

plántulas crecidas sobre Floragard tuvieron mayor longitud, siendo 77% superior al testigo, seguidas de las raíces de plántulas en Terracult y Pindstrup.

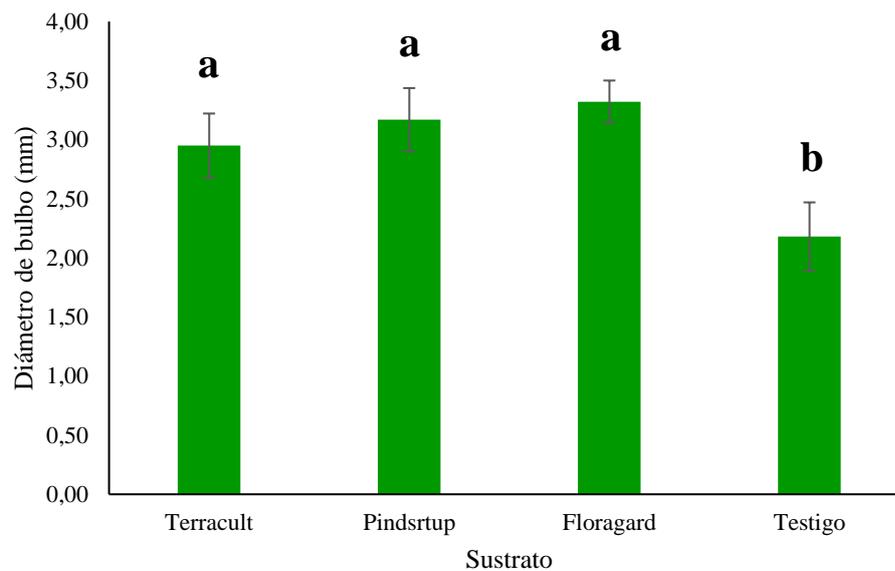


**Figura 8.** Longitud de raíces en plántulas de cebolla variedad Burguesa sembradas en tres tipos de sustratos (Columnas del mismo color con letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey,  $p < 0,01$ )

En general, los sustratos de crecimiento tienen influencia en la acumulación y localización de la biomasa, principalmente debido a la textura y composición química (Li et al., 2012). De acuerdo con estos autores, las principales adaptaciones de las raíces a los sustratos de crecimiento se evidencian a través de las variaciones en el diámetro y longitud de la raíz y en el sistema de conexión con hojas y tallos lo que permite mejor y mayor transporte de nutrientes, promoviendo así un mejor anclaje y resistencia al desprendimiento.

Zhi et al. (2017) consideran que el estudio del desarrollo y la distribución de las raíces son un factor importante para predecir el rendimiento del cultivo, principalmente aquellos relacionados con el estudio de la longitud y área de la raíz ya que se ha demostrado que estos parámetros son más sensibles para la evaluación de la función de absorción de agua y nutrientes puesto que estas dependen del área total de contacto entre suelo y raíces.

Adicionalmente, el diámetro de bulbo también mostró diferencias significativas por efecto del tipo de sustrato (Fig. 8). Todas las plántulas obtenidas a partir de sustratos comerciales mostraron bulbos de diámetro superior a las obtenidas en el tratamiento testigo, siendo 35,3; 45,4 y 52, 4% mayor el diámetro en plántulas de los sustratos Terracult, Pindstrup y Floragard, respectivamente.



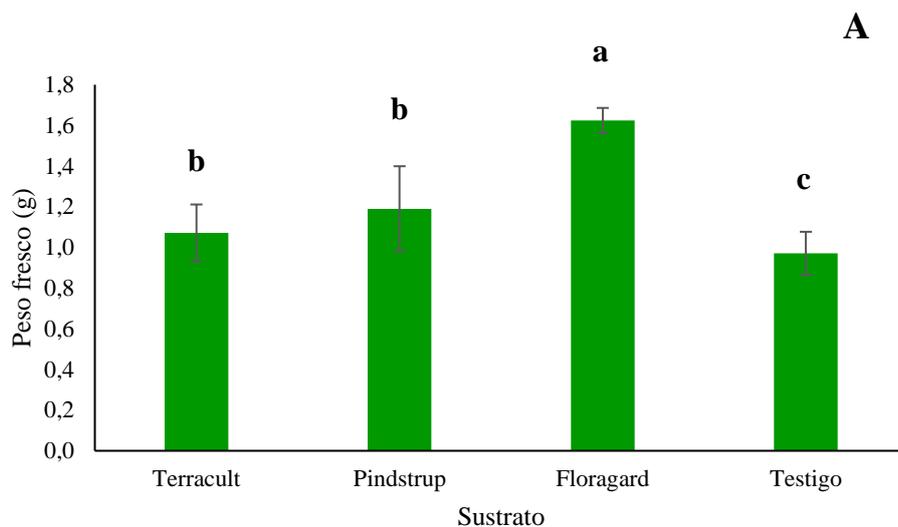
**Figura 9.** Diámetro de bulbo en plántulas de cebolla variedad Burguesa sembradas en tres tipos de sustratos (Columnas con letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey,  $p < 0,01$ )

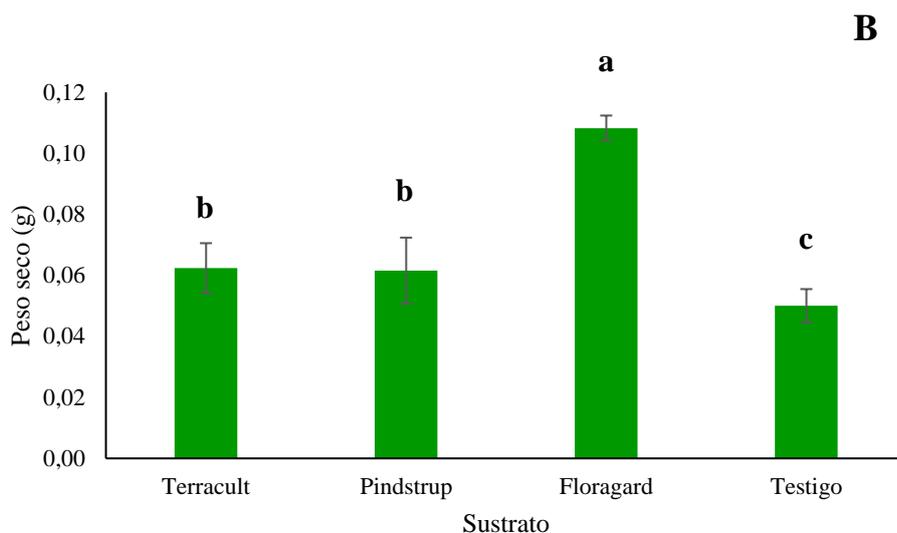
Dado que no se encontraron estudios relacionados al efecto del sustrato sobre el diámetro de bulbo en cebolla, los resultados fueron comparados con otras especies que forman bulbos, sin embargo, los resultados no son concluyentes. Por un lado, Koné et al. (2011) observaron efectos positivos del uso de sustratos naturales sobre la producción *in vivo* de bulbos en *Musa* sp. De manera similar, Chis et al. (2010) encontraron una relación entre el tipo de sustrato y el diámetro de bulbos de *Polyanthes tuberosa*, siendo mayores con el uso de 30% turba neutra + 30% estiércol + 40% suelo que rindieron bulbos de entre 20-25 cm de diámetro.

Demir et al. (2012) encontraron que el tipo de sustrato tuvo un ligero efecto sobre el tamaño y diámetro del bulbo en tulipanes, pero si en la forma del bulbo, siendo más largos cuando fueron sembrados en piedra pómez, arena o turba y más cortos cuando se usa perlita, además en número de bulbos secundarios fue un poco mayor en perlita y menor en arena.

Finalmente, el peso fresco y peso seco de plántulas mostraron variaciones por efecto del sustrato (Fig. 10). Las plántulas que crecieron en Floragard alcanzaron mayor peso fresco y seco, siendo el peso fresco 67,3% mayor con respecto al testigo, mientras que el peso seco fue 116,3% mayor. De la misma forma, el peso fresco de las plantas que crecieron en Pindstrup y Terracult fue 22,6 y 10,3% mayor al testigo, mientras que el con relación al peso seco se observó que fue 24,6 y 22,9 % superior.

Rodríguez-Delfín et al. (2005) señalaron que la mayor acumulación de materia seca en plantas de cebolla pudiera estar relacionadas con la porosidad y capacidad de retención de agua del sustrato usado en la producción de plántulas, puesto que, según los autores, un sustrato con una porosidad mínima del 85% permite retener gran cantidad de aire y agua, pero es necesario tener una adecuada distribución de tamaños de partículas.





**Figura 10.** Variación del peso fresco y peso seco en plántulas de cebolla por efecto del tipo de sustrato (Columnas con letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey,  $p < 0,01$ )

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

El porcentaje de germinación en semillas de cebolla fue superior en los sustratos comerciales en relación con los valores observados en el sustrato convencional. De manera similar las semillas mostraron una mayor velocidad de germinación en los tres sustratos comerciales. De tal manera que, estos sustratos comerciales permiten expresar la potencialidad de germinación de la semilla de cebolla variedad Burguesa, asegurando la producción de plántulas de mayor calidad, lo cual podría estar asociado con una mayor producción y rendimiento en campo.

Tanto la longitud de raíces, diámetro de pseudotallo y peso fresco y seco de las plántulas de cebolla variedad Burguesa fueron superiores a los observados con el sustrato convencional. La superioridad en la longitud de raíces permitió un mayor contacto de las raíces con el suelo, de modo que pudo ocurrir mayor absorción de

agua y nutrientes, lo cual se tradujo en una mayor producción de materia seca, haciendo de estas plántulas de mejor aspecto para el trasplante.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

En vista de los resultados positivos obtenidos en el presente estudio, se sugiere realizar estudios de campo para determinar el porcentaje de pegue de plántulas obtenidas a partir de estos sustratos comerciales, así como el rendimiento.

Además, se sugiere realizar estudios de costos para determinar cuál de los sustratos podría ser más conveniente desde el punto de vista económico para la producción de plántulas de cebolla en la región.

Por último, se recomienda realizar estudios similares con otras variedades de cebolla de uso común en la región de manera de validar los resultados obtenidos en la presente investigación.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Baloch, R. A., Baloch, S. U., Baloch, S. K., Baloch, H. N., Badini, S. A., Bashir, W., Baloch, A. B., Baloch, J. (2014). Economic Analysis of Onion ( *Allium cepa* L .) Production and Marketing in District Awaran , Balochistan. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(24), 192–206. [www.iiste.org](http://www.iiste.org)
- Bareke, T. (2018). Biology of seed development and germination physiology. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(4), 335–346. <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00335>
- Baskin, C. C., Baskin, J. M. (2014). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press.
- Bettoni, M. M., Mógor, A. F., Kogerastki, J. F., & Pauletti, V. (2016). Onion (*Allium cepa* L.) seedling growth using humic substances. *Idesia*, 34(2), 57–62. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292016005000008>

- Bhatt, A., Gairola, S., Carón, M., Santo, A., Murru, V., El-Keblawy, A., Mahmoud, T. (2020). Effect of light, temperature, salinity and maternal habitat on seed germination of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae): an importante halotype of arid Arabian desertes. *Botany*, 98(2), 1–29.
- Bishaw, Z., Niane, A. A., Gan, Y. (2007). Quality seed production. In Yadav S. S. et al. (Ed.), *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times* (pp. 349–383). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8-21>
- Bocchese, R. A., De Oliveira, A. K. M., Melotto, A. M., Fernandes, V., Laura, V. A. (2008). Efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de *Tabebuia heptaphylla*, em casa telada. *Cerne*, 14(1), 62–67.
- Buendía-Valcverde, M. L., Trejo-Téllez, L. I., Corona-Torres, T., Aguilar-Rincón, V. H. (2018). Cadmium, Thallium and Vanadium differentially affect germination and initial growth of three chili pepper varieties. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34(4), 737–749. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.04.14>
- Cardoso, A. Á., De Obolari, A. M. M., De Lima e Borges, E. E., Da Silva, C. J., Rodrigues, H. S. (2015). Fatores ambientais na germinação de sementes e na sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Journal of Seed Science*, 37(2), 111–116. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2145054>
- Chis, L. M., Zaharia, D., Ardelean, M., Cantor, M., Harsan, E. (2010). The Influence of Substrate, of the Planted Bulb Diameter and of Interaction Substrate x Planted Bulb Diameter upon the Number of Bulbs/Plant in *Polyanthes tuberosa*. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 67(1), 514. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:5772>
- Da Silva, J. E. S. B., De Paiva, E. P., Leite, M. de S., Torres, S. B., De Souza Neta, M. L., Guirra, K. S. (2019). Salicylic acid in the physiological priming of onion seeds subjected to water and salt stresses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(12), 919–924. <https://doi.org/10.1590/1807->

- Dantas, B. F., Moura, M. S. B., Pelacani, C. R., Angelotti, F., Taura, T. A., Oliveira, G. M., Bispo, J. S., Matias, J. R., Silva, F. F. S., Pritchard, H. W., Seal, C. E. (2020). Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. *Oecologia*, 192(2), 529–541. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04575-x>
- de la Fé Montenegro, C. F., Cárdenas Travieso, R. M. (2014). La producción de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.), una realidad en santa Cruz del Norte, Mayabeque. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 5–12.
- Demir, K., Baskent, A., Halloran, N. (2012). Effects of different substrates on growth of tulip bulbs under ring culture. *Acta Horticulturae*, 937, 971–975. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.937.120>
- Donoso, P. M. (2015). *Estudio de Adaptación y Evaluación Agronómica de cuatro Híbridos de Cebolla Roja (Allium cepa L.) con Manejo Sustentable en la Provincia de Santa Elena* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91653/D-CD88233.pdf>
- Elias, S. G. (2018). The importance of using high quality seeds in organic agricultural Seed quality assessments. *Agricultural Research & Technology*, 15(4), 1–2. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2018.15.555961>
- FAO. (2020). *Datos de cultivos*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gayosso-Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, A. A., Garruña-Hernández, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50(5), 617–631.
- Hernández-Rodríguez, A., Robles-Hernández, L., Ojeda-Barrios, D., Prieto-Luévano, J., González-Franco, A. C., Guerrero-Prieto, V. (2017). Semicompost and Vermicompost Mixed With Peat Moss Enhance Seed Germination and Development of Lettuce and Tomato Seedlings. *Interciencia*, 42(11), 774–779.

- Jeromini, T. S., Muniz, R. A., da Silva, G. Z., Martins, C. C. (2019). The envelope method and substrate wetting in the germination test of onion seeds. *Revista Ciencia Agronomica*, 50(1), 169–176. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190020>
- Joshi, N., Sawant, P. (2012). Response of Onion (*Allium cepa* L.) Seed Germination and Early Seedling Development to Salt Level. *International Journal of Vegetable Science*, 18(1), 3–19. <https://doi.org/10.1080/19315260.2011.568597>
- Koné, T., Koné, M., Teixeira, J. A., Koné, D., Justin, Y. (2011). Effect of substrate type and bulb Size on in Vivo production of seedlings in three cultivars of plantain (*Musa spp.*). *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 5(1), 50–55.
- Li, Z. Q., Kong, L. Y., Yang, L. F., Zhang, M., Cao, T., Xu, J., Wang, Z. X., Lei, Y. (2012). Effect of substrate grain size on the growth and morphology of the submersed macrophyte *Vallisneria natans* L. *Limnologica*, 42(1), 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2011.09.003>
- Mamani, G., Soto, H. C., Mateo, S. L. C., Sahley, C. T., Alonso, A., Linares-Palomino, R. (2018). Substrate, moisture, temperature and seed germination of the threatened endemic tree *Eriotheca vargasii* (Malvaceae). *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 1162–1170. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i3.29810>
- Marcon, T. R., Rafagnin-da-Silva, A., Meira, R. O., Guedes, L. P. C., Corsato, J. M., Fortes, A. M. T. (2020). Viability of using organic substrates according to toxicity tests and the antioxidant activities of tomato seeds and seedlings. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 47(1), 1–11. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i1.1976>
- Martínez, P.-F., Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. In R. Flórez (Ed.), *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo* (pp. 37–77). Editorial Universidad Nacional de Colombia.

- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). (2002). *Producción de sustratos para Viveros*. <https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV741.pdf>
- Oliveira, A. K. M., Souza, S. A., Souza, J. S., Carvalho, J. M. B. (2015). Temperature and substrate influences on seed germination and seedling formation in *Callisthene fasciculata* Mart. (Vochysiaceae) in the laboratory. *Revista Árvore*, 39(3), 487–495. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300009>
- Pantano, G., Mazzeo, D. E. C., Rocha, T. H. S., Marin-Morales, M. A., Fadini, P. S., Mozeto, A. A. (2021). Toxicity of the sawdust used for phosphorus recovery in a eutrophic reservoir: experiments with *Lactuca sativa* and *Allium cepa*. *Environmental Science and Pollution Research, En Imprint*.
- Patiño-Uyaguari, C., Jiménez-Sánchez, J., Marín-Molina, F., Palomeque-Pesántez, X. (2019). Respuesta de semillas de tres especies nativas altoandinas a diferentes condiciones de almacenamiento. *Maskana*, 10(2), 64–75. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.07>
- Pérez-Mendoza, C., Tovar-Gómez, M. R., Carrillo-Castañeda, G., Suárez-Espinosa, J., García de los Santos, G. (2019). Vacuum test and type of substrate on the germination and vigor of seeds of *Gossypium* spp. *Horticulture International Journal*, 3(3), 166–171. <https://doi.org/10.15406/hij.2019.03.00125>
- Przygocka-Cyna, K., Barlóg, P., Grzebisz, W., Spizewski, T. (2020). Onion (*Allium cepa* L.) yield and growth dynamics response to in-season patterns of nitrogen and sulfur uptake. *Agronomy*, 10(8), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081146>
- Quesada-Roldán, G., Méndez-Soto, C. (2005). Evaluación de sustrato para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 171–173.
- Ranal, M. A., De Santana, D. G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1), 1–11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

- Ricciardi, L., Mazzeo, R., Ra, A., Rainaldi, G., Iovieno, P., Zonno, V., Pavan, S., Lotti, C. (2020). Assessment of Genetic Diversity of the “Acquaviva Red Onion” (*Allium cepa* L.) Apulian landrace. *Plants*, 260, 1–13.
- Rodo, A. B., Marcos-Filho, J. (2003). Onion seed vigor in relation to plant growth and yield. *Horticultura Brasileira*, 21(2), 220–226. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362003000200020>
- Rodríguez-Delfín, A., Hoyos, M., Barreda, E., Tamo, J. (2005). Evaluation of growth and yield of “roja arequipeña” onion grown in two natural substrates. *Acta Horticulturae*, 697, 505–510. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.697.65>
- Rodríguez, I., Guilles, A., Duran, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura*, 8, 836–842.
- Sánchez, J. A., Montejo, L., Gamboa, A., Albert-Puentes, D., Hernández, F. (2015). Germinación y dormancia de arbustos y trepadoras del bosque siempreverde de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 38(1), 11–28.
- Sharma, P., Purchase, D., Chandra, R. (2021). Residual pollutants in treated pulp paper mill wastewater and their phytotoxicity and cytotoxicity in *Allium cepa*. *Environmental Geochemistry and Health*, *En Imprint*.
- Taylor, K. O., Reddy, M. R., Niedziela, C. E., Peet, M. M., Gayle, G. (2012). Effect of root substrates and seed cover materials on the germination and growth of organic tomato transplants. *Journal of Applied Horticulture*, 14(2), 83–87. <https://doi.org/10.37855/jah.2012.v14i02.16>
- Tesfay, T., Girmay, S. (2019). Economic Performance and Nutrient Use Efficiency of Onion (*Allium Cepa* L.) Under N, K and S Nutrient Combinations in Northern Ethiopia. *The Open Agriculture Journal*, 13(1), 146–155. <https://doi.org/10.2174/1874331501913010146>
- Tunes, L. M., Almeida, A. S., Meneghello, G. E., Villela, F. A., Soares, V. N., Bortolotti, M. (2018). Bioactivator on physiological performance of tomato and onion seeds. *Comunicata Scientiae*, 9(1), 19–25.

<https://doi.org/10.14295/CS.v9i1.1425>

- Vergel Ortega, M., Martínez Lozano, J. J., Zafra Tristancho, S. L. (2016). Cultivo de cebolla y su comportamiento en la Provincia de Ocaña. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 333–344. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5070>
- Wolny, E., Betekhtin, A., Rojek, M., Braszewska-Zalewska, A., Lusinska, J., Hasterok, R. (2018). Germination and the early stages of seedling development in brachypodium distachyon. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/ijms19102916>
- Yerima, B. P. K., Tiamgne, Y. A., Fokou, L., Tziemi, T. C. M. A., Van Ranst, E. (2015). Effect of Substrates on Germination and Seedling Emergence of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda-Cameroon. *Tropicultura*, 33(2), 91–100.
- Zhi, X., Han, Y., Li, Y., Wang, G., Feng, L., Yang, B., Fan, Z., Lei, Y., Du, W., Mao, S. (2017). Root growth and spatial distribution characteristics for seedlings raised in substrate and transplanted cotton. *PLoS ONE*, 12(12), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190032>
- Zurita-Vásquez, H., Valle, L., Buenaño, M., Guevara, D., Mena, G., Vásquez, C. (2018). Use of alternative substrates for broccoli seedling production under greenhouse conditions. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1), 19–24.

## ANEXOS

### 1. Análisis de varianza para porcentaje de Germinación

#### Completely Randomized AOV for Día1

Source	DF	SS	MS	F	P
SUSTRATO	3	0,00000	0,00000	M	M
Error	36	0,00000	0,00000		
Total	39	0,00000			

Grand Mean 0,0000      CV      M

WARNING: The total sum of squares is too small to continue.  
The dependent variable may be nearly constant.

#### Completely Randomized AOV for Día2

Source	DF	SS	MS	F	P
SUSTRATO	3	723,68	241,225	27,21	0,0000
Error	36	319,10	8,864		
Total	39	1042,78			

Grand Mean 13,075      CV 22,77

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,09	0,3653
O'Brien's Test	0,97	0,4191
Brown and Forsythe Test	0,81	0,4988

#### Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
SUSTRATO	3,0	41,76	0,0000
Error	19,3		

Component of variance for between groups      23,2361  
Effective cell size      10,0

SUSTRATO	Mean
1	13,500
2	14,500
3	18,000
4	6,300
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	0,9415
Std Error (Diff of 2 Means)	1,3315

#### Completely Randomized AOV for Día3

Source	DF	SS	MS	F	P
SUSTRATO	3	2832,20	944,067	33,44	0,0000
Error	36	1016,20	28,228		
Total	39	3848,40			

Grand Mean 31,300      CV 16,97

<b>Homogeneity of Variances</b>		<b>F</b>	<b>P</b>
Levene's Test		2,02	0,1278
O'Brien's Test		1,79	0,1658
Brown and Forsythe Test		1,46	0,2417

**Welch's Test for Mean Differences**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3,0	63,37	0,0000
Error	18,0		

Component of variance for between groups 91,5839  
 Effective cell size 10,0

**SUSTRATO Mean**

1	32,200
2	38,400
3	37,300
4	17,300
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	1,6801
Std Error (Diff of 2 Means)	2,3760

**Completely Randomized AOV for Día4**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3	6484,28	2161,43	163,23	0,0000
Error	36	476,70	13,24		
Total	39	6960,98			

Grand Mean 52,225 CV 6,97

<b>Homogeneity of Variances</b>		<b>F</b>	<b>P</b>
Levene's Test		1,73	0,1782
O'Brien's Test		1,53	0,2227
Brown and Forsythe Test		1,18	0,3322

**Welch's Test for Mean Differences**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3,0	177,37	0,0000
Error	19,9		

Component of variance for between groups 214,818  
 Effective cell size 10,0

**SUSTRATO Mean**

1	58,700
2	59,500
3	60,500
4	30,200
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	1,1507
Std Error (Diff of 2 Means)	1,6274

**Completely Randomized AOV for Día5**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3	2803,60	934,533	391,20	0,0000
Error	36	86,00	2,389		
Total	39	2889,60			

Grand Mean 62,100      CV 2,49

<b>Homogeneity of Variances</b>			<b>F</b>	<b>P</b>
Levene's Test			3,77	0,0189
O'Brien's Test			3,34	0,0299
Brown and Forsythe Test			10,95	0,0000

**Welch's Test for Mean Differences**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups      93,2144  
 Effective cell size      10,0

<b>SUSTRATO</b>	<b>Mean</b>
1	66,800
2	67,000
3	67,000
4	47,600
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	0,4888
Std Error (Diff of 2 Means)	0,6912

## 2. Prueba de Medias para porcentaje de Germinación

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Día2 by SUSTRATO**

<b>SUSTRATO</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
3	18,000	A
2	14,500	AB
1	13,500	B
4	6,3000	C

Alpha      0,01      Standard Error for Comparison      1,3315  
 Critical Q Value      4,728      Critical Value for Comparison      4,4511  
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Día3 by SUSTRATO**

<b>SUSTRATO</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
2	38,400	A
3	37,300	A
1	32,200	A
4	17,300	B

Alpha      0,01      Standard Error for Comparison      2,3760  
 Critical Q Value      4,728      Critical Value for Comparison      7,9431  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Día4 by SUSTRATO**

<b>SUSTRATO</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
3	60,500	A
2	59,500	A

1	58,700	A
4	30,200	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,6274  
 Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 5,4403  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Día5 by SUSTRATO**

SUSTRATO	Mean	Homogeneous Groups
2	67,000	A
3	67,000	A
1	66,800	A
4	47,600	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6912  
 Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 2,3107  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

### 3. Análisis de varianza para Coeficiente de Germinación

**Completely Randomized AOV for Coef**

Source	DF	SS	MS	F	P
Sustrato	3	2,572E-03	8,572E-04	37,37	0,0000
Error	36	8,257E-04	2,294E-05		
Total	39	3,397E-03			

Grand Mean 0,0988 CV 4,85

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,17	0,3344
O'Brien's Test	1,04	0,3878
Brown and Forsythe Test	0,82	0,4927

Component of variance for between groups 8,343E-05  
 Effective cell size 10,0

Sustrato	Mean
1	0,0966
2	0,0936
3	0,0927
4	0,1125
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	1,514E-03
Std Error (Diff of 2 Means)	2,142E-03

### 4. Prueba de medias para Coeficiente de Germinación

Statistix 10,0  
 2/2/2021; 17:53:03

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Coef by Sustrato**

Sustrato	Mean	Homogeneous Groups
4	0,1125	A
1	0,0966	B
2	0,0936	B
3	0,0927	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,142E-03  
Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 7,160E-03  
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

## 5. Análisis de varianza para longitud de raíces

### Completely Randomized AOV for Long15

Source	DF	SS	MS	F	P
Sustrato	3	3,89675	1,29892	11,29	0,0000
Error	36	4,14100	0,11503		
Total	39	8,03775			

Grand Mean 2,7175 CV 12,48

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	0,92	0,4432
O'Brien's Test	0,81	0,4963
Brown and Forsythe Test	1,17	0,3328

### Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Sustrato	3,0	13,22	0,0001
Error	19,6		

Component of variance for between groups 0,11839  
Effective cell size 10,0

Sustrato	Mean
1	2,9800
2	2,6000
3	3,0300
4	2,2600
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	0,1073
Std Error (Diff of 2 Means)	0,1517

### Completely Randomized AOV for Long30

Source	DF	SS	MS	F	P
Sustrato	3	48,7427	16,2476	27,01	0,0000
Error	36	21,6570	0,6016		
Total	39	70,3997			

Grand Mean 5,4725 CV 14,17

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,94	0,1401
O'Brien's Test	1,72	0,1800

Brown and Forsythe Test 2,09 0,1184

**Welch's Test for Mean Differences**

Source	DF	F	P
Sustrato	3,0	56,45	0,0000
Error	19,4		

Component of variance for between groups 1,56460  
Effective cell size 10,0

Sustrato	Mean
1	5,4000
2	5,4900
3	7,0600
4	3,9400

Observations per Mean 10  
Standard Error of a Mean 0,2453  
Std Error (Diff of 2 Means) 0,3469

## 6. Prueba de medias para Longitud de raíces

Statistix 10,0  
3/2/2021; 19:35:40

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Long15 by Sustrato**

Sustrato	Mean	Homogeneous Groups
3	3,0300	A
1	2,9800	A
2	2,6000	AB
4	2,2600	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1517  
Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 0,5071  
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Long30 by Sustrato**

Sustrato	Mean	Homogeneous Groups
3	7,0600	A
2	5,4900	B
1	5,4000	B
4	3,9400	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3469  
Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 1,1596  
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

## 7. Análisis de varianza para Diámetro de bulbo

**Completely Randomized AOV for Diámetro**

Source	DF	SS	MS	F	P
SUSTRATO	3	7,45875	2,48625	37,12	0,0000
Error	36	2,41100	0,06697		
Total	39	9,86975			

Grand Mean 2,8975      CV 8,93

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	0,74	0,5330
O'Brien's Test	0,66	0,5827
Brown and Forsythe Test	0,37	0,7737

#### Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
SUSTRATO	3,0	33,12	0,0000
Error	19,7		

Component of variance for between groups      0,24193  
 Effective cell size      10,0

SUSTRATO	Mean
1	2,9500
2	3,1700
3	3,2900
4	2,1800
Observations per Mean	10
Standard Error of a Mean	0,0818
Std Error (Diff of 2 Means)	0,1157

## 8. Prueba de medias para Diámetro de bulbo

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Diámetro by SUSTRATO

SUSTRATO	Mean	Homogeneous Groups
3	3,2900	A
2	3,1700	A
1	2,9500	A
4	2,1800	B

Alpha      0,01      Standard Error for Comparison      0,1157  
 Critical Q Value      4,728      Critical Value for Comparison      0,3869  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

## 9. Análisis de Varianza para Peso Fresco y Peso Seco

#### Completely Randomized AOV for PF

Source	DF	SS	MS	F	P
SUSTRATO	3	2,48174	0,82725	42,19	0,0000
Error	36	0,70582	0,01961		
Total	39	3,18756			

Grand Mean 1,2140      CV 11,53

<b>Homogeneity of Variances</b>			<b>F</b>	<b>P</b>
Levene's Test			2,88	0,0493
O'Brien's Test			2,55	0,0709
Brown and Forsythe Test			2,86	0,0501

**Welch's Test for Mean Differences**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3,0	112,15	0,0000
Error	18,4		

Component of variance for between groups 0,08076  
 Effective cell size 10,0

**SUSTRATO Mean**

1	1,0710	
2	1,1900	
3	1,6240	
4	0,9710	
Observations per Mean		10
Standard Error of a Mean		0,0443
Std Error (Diff of 2 Means)		0,0626

**Completely Randomized AOV for PS**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3	0,01989	6,631E-03	114,99	0,0000
Error	36	0,00208	5,767E-05		
Total	39	0,02197			

Grand Mean 0,0706 CV 10,76

<b>Homogeneity of Variances</b>			<b>F</b>	<b>P</b>
Levene's Test			2,53	0,0727
O'Brien's Test			2,24	0,1003
Brown and Forsythe Test			2,30	0,0937

**Welch's Test for Mean Differences**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
SUSTRATO	3,0	260,93	0,0000
Error	19,1		

Component of variance for between groups 6,573E-04  
 Effective cell size 10,0

**SUSTRATO Mean**

1	0,0624	
2	0,0616	
3	0,1083	
4	0,0501	
Observations per Mean		10
Standard Error of a Mean		2,401E-03
Std Error (Diff of 2 Means)		3,396E-03

## 10. Prueba de Medias para Peso Fresco y Peso Seco

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of PF by SUSTRATO**

<b>SUSTRATO</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
3	1,6240	A
2	1,1900	B
1	1,0710	BC
4	0,9710	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0626  
Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 0,2093  
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means  
are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of PS by SUSTRATO**

<b>SUSTRATO</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
3	0,1083	A
1	0,0624	B
2	0,0616	B
4	0,0501	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 3,396E-03  
Critical Q Value 4,728 Critical Value for Comparison 0,0114  
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means  
are not significantly different from one another.