



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL RÁBANO (*Raphanus sativus*) EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS INOCULADOS CON *Bacillus subtilis* Y *Pseudomonas aeruginosa*”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: RONY RICARDO REINOSO HARO

DIRECTORA: Ing. CRISTINA GABRIELA CALDERÓN TAPIA

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Rony Ricardo Reinoso Haro

Se autoriza la reproducción total y parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **RONY RICARDO REINOSO HARO**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Rony Ricardo Reinoso Haro

060431963-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL RÁBANO (*Raphanus sativus*) EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS INOCULADOS CON *Bacillus subtilis* Y *Pseudomonas aeruginosa*”**, realizado por el señor: **Rony Ricardo Reinoso Haro**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sofía Carolina Godoy Ponce PRESIDENTA DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: SOFIA CAROLINA GODOY PONCE	2021-11-17
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: CRISTINA GABRIELA CALDERON TAPIA	2021-11-17
BQ. Mishell Carolina Moreno Samaniego MIEMBRO DEL TRIBUNAL	MISHELL CAROLINA MORENO SAMANIEGO  Firmado digitalmente por MISHELL CAROLINA MORENO SAMANIEGO Fecha: 2021.12.02 12:15:52 -05'00'	2021-11-17

DEDICATORIA

A mi persona, mi Kika, mis padres, mis hermanos y mi equipo de trabajo a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTO

A mi tutora, Ing. Cristina Calderón, por su valioso aporte en la asesoría necesaria para desarrollar el trabajo de titulación.

A las técnicas docentes, Dra. Gina Álvarez y BQF. Yolanda Buenaño, por su excelente predisposición y confianza hacia mi persona.

A los profesionales que encontré en el camino, por su contribución con datos, información y testimonios.

A mi pareja, por su apoyo y colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Bases teóricas.....	6
1.2.1. Hidroponía.....	6
1.2.1.1. <i>Desarrollo histórico de la hidroponía.....</i>	<i>7</i>
1.2.1.2. <i>Hidroponía en el Ecuador.....</i>	<i>8</i>
1.2.1.3. <i>Cultivos hidropónicos.....</i>	<i>8</i>
1.2.1.4. <i>Tipo de cultivo hidropónico.....</i>	<i>8</i>
1.2.1.5. <i>Componentes de un cultivo hidropónico.....</i>	<i>11</i>
1.2.1.6. <i>Invernaderos.....</i>	<i>13</i>
1.2.1.7. <i>Aplicaciones de la hidroponía.....</i>	<i>15</i>
1.2.1.8. <i>Ventajas de la hidroponía.....</i>	<i>16</i>
1.2.1.9. <i>Desventajas y desafíos de la hidroponía.....</i>	<i>16</i>
1.2.2. <i>Raphanus sativus</i>.....	17
1.2.2.1. <i>Clasificación taxonómica.....</i>	<i>17</i>
1.2.2.2. <i>Cultivo de rábano en Ecuador.....</i>	<i>17</i>
1.2.2.3. <i>Descripción del cultivo.....</i>	<i>18</i>
1.2.2.4. <i>Contenido de nutrientes.....</i>	<i>19</i>
1.2.2.5. <i>Beneficios.....</i>	<i>20</i>
1.2.3. <i>Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV).....</i>	20
1.2.3.1. <i>RPCV y su utilización en cultivos.....</i>	<i>21</i>
1.2.4. <i>Bacillus subtilis</i>.....	22
1.2.4.1. <i>Taxonomía.....</i>	<i>22</i>

1.2.4.2.	<i>Aplicaciones en el desarrollo vegetal</i>	23
1.2.5.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	24
1.2.5.1.	<i>Taxonomía</i>	24
1.2.5.2.	<i>Aplicaciones en el desarrollo vegetal</i>	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	26
2.1.	Diseño experimental	26
2.1.1.	<i>Tipo de investigación</i>	26
2.1.2.	<i>Diseño de investigación</i>	26
2.1.2.1.	<i>Identificación de las variables</i>	26
2.1.3.	<i>Población de estudio</i>	27
2.1.4.	<i>Tamaño de muestra</i>	27
2.1.5.	<i>Método de muestreo</i>	28
2.1.6.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	28
2.1.6.1.	<i>Bacillus subtilis</i>	28
2.1.6.2.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	29
2.1.6.3.	<i>Altura de la planta</i>	31
2.1.6.4.	<i>Número de hojas</i>	31
2.1.6.5.	<i>Diámetro del fruto</i>	31
2.1.6.6.	<i>Peso del fruto</i>	32
2.1.6.7.	<i>Porcentaje de germinación</i>	32
2.1.6.8.	<i>pH del fruto</i>	32
2.1.6.9.	<i>Acidez del fruto</i>	33
2.1.6.10.	<i>Azúcar del fruto</i>	34
2.1.6.11.	<i>Humedad del fruto</i>	35
2.1.6.12.	<i>Ácido ascórbico del fruto</i>	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	38
3.1.	<i>Bacillus subtilis</i>	38
3.1.1.	<i>Replicación de la cepa bacteriana e inoculación en la solución nutritiva</i>	38
3.2.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	38
3.2.1.	<i>Activación de la cepa bacteriana</i>	38

3.2.2.	<i>Replicación de la cepa bacteriana e inoculación en la solución nutritiva</i>	39
3.3.	Altura de la planta	40
3.4.	Número de hojas	41
3.5.	Diámetro del fruto	42
3.6.	Peso del fruto	44
3.7.	Porcentaje de germinación	46
3.8.	pH del fruto	47
3.9.	Acidez del fruto	48
3.10.	Azúcar del fruto	49
3.11.	Humedad del fruto	50
3.12.	Ácido ascórbico del fruto	51
3.13.	Análisis estadístico	52
3.13.1.	<i>Altura de la planta</i>	52
3.13.2.	<i>Número de hojas</i>	53
3.13.3.	<i>Diámetro del fruto</i>	55
3.13.4.	<i>Peso del fruto</i>	56
3.13.5.	<i>Porcentaje de germinación</i>	57
3.13.6.	<i>pH del fruto</i>	59
3.13.7.	<i>Acidez del fruto</i>	60
3.13.8.	<i>Azúcar del fruto</i>	61
3.13.9.	<i>Humedad del fruto</i>	63
3.13.10.	<i>Ácido ascórbico del fruto</i>	64
3.14.	Análisis costo – beneficio	66
3.15.	Comprobación de hipótesis	66
3.16.	Discusión de resultados	68
CONCLUSIONES		69
RECOMENDACIONES		70
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Provincias productoras de rábano en el Ecuador	18
Tabla 2-1	Composición nutricional del rábano	19
Tabla 3-1	RPCV en cultivos.....	21
Tabla 1-3	Altura de la planta	40
Tabla 2-3	Número de hojas	42
Tabla 3-3	Diámetro del fruto	43
Tabla 4-3	Peso del fruto	45
Tabla 5-3	Porcentaje de germinación	46
Tabla 6-3	pH del fruto	47
Tabla 7-3	Acidez del fruto.....	48
Tabla 8-3	Azúcar del fruto	49
Tabla 9-3	Humedad del fruto	50
Tabla 10-3	Ácido ascórbico del fruto	51
Tabla 11-3	Altura de la planta. ANOVA.....	52
Tabla 12-3	Altura de la planta. Test de Tukey.....	53
Tabla 13-3	Número de hojas. ANOVA	54
Tabla 14-3	Número de hojas. Test de Tukey	54
Tabla 15-3	Diámetro del fruto. ANOVA.....	55
Tabla 16-3	Diámetro del fruto. Test de Tukey	55
Tabla 17-3	Peso del fruto. ANOVA.....	56
Tabla 18-3	Peso del fruto. Test de Tukey	57
Tabla 19-3	Porcentaje de germinación. ANOVA	58
Tabla 20-3	Porcentaje de germinación. Test de Tukey.....	58
Tabla 21-3	pH del fruto. ANOVA.....	59
Tabla 22-3	pH del fruto. Test de Tukey.....	59
Tabla 23-3	Acidez del fruto. ANOVA	60
Tabla 24-3	Acidez del fruto. Test de Tukey	61
Tabla 25-3	Azúcar del fruto. ANOVA	62
Tabla 26-3	Azúcar del fruto. Test de Tukey	62
Tabla 27-3	Humedad del fruto. ANOVA	63
Tabla 28-3	Humedad del fruto. Test de Tukey	63
Tabla 29-3	Ácido ascórbico del fruto. ANOVA	64
Tabla 30-3	Ácido ascórbico del fruto. Test de Tukey.....	65
Tabla 31-3	Análisis costo – beneficio de la producción de rábano para un solo tratamiento ..	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Sistema NFT utilizado	11
Figura 2-1	Invernadero tipo Parral utilizado	15
Figura 1-3	Replicación de la cepa de <i>B. subtilis</i> e inoculación en la solución nutritiva.....	38
Figura 2-3	Activación de la cepa de <i>P. aeruginosa</i>	39
Figura 3-3	Replicación de la cepa de <i>P. aeruginosa</i> e inoculación en la solución nutritiva .	39
Figura 4-3	Altura de la planta.....	41
Figura 5-3	Número de hojas	42
Figura 6-3	Diámetro del fruto	44
Figura 7-3	Peso del fruto.....	45
Figura 8-3	Porcentaje de germinación.....	47
Figura 9-3	pH del fruto	48
Figura 10-3	Acidez del fruto	49
Figura 11-3	Azúcar del fruto.....	50
Figura 12-3	Humedad del fruto	51
Figura 13-3	Ácido ascórbico del fruto.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Altura de la planta. Test de Tukey.....	53
Gráfico 2-3	Número de hojas. Test de Tukey	54
Gráfico 3-3	Diámetro del fruto. Test de Tukey	56
Gráfico 4-3	Peso del fruto. Test de Tukey	57
Gráfico 5-3	Porcentaje de germinación. Test de Tukey	58
Gráfico 6-3	pH del fruto. Test de Tukey	60
Gráfico 7-3	Acidez del fruto. Test de Tukey	61
Gráfico 8-3	Azúcar del fruto. Test de Tukey	62
Gráfico 9-3	Humedad del fruto. Test de Tukey	64
Gráfico 10-3	Ácido ascórbico del fruto. Test de Tukey	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** POBLACIONES DE RÁBANO UTILIZADAS
- ANEXO B** CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO
- ANEXO C** CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT
- ANEXO D** MONITOREO pH, TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA
- ANEXO E** CERTIFICACIÓN DE LA CEPA BACTERIANA DE *Bacillus subtilis*
- ANEXO F** ANOVA Y TEST DE TUKEY EN RSTUDIO PARA LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL RÁBANO

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se compararon las propiedades fisicoquímicas del rábano (*Raphanus sativus*) en cultivos hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*. El sistema NFT (Técnica de Película de Nutrientes) utilizado fue diseñado y construido con tubos PVC para la producción de doce plántulas con recirculación de agua y nutrientes, mientras que el invernadero utilizado corresponde a un invernadero tipo Parral construido con madera y plástico de invernadero. Para inocular los microorganismos en la solución nutritiva de los cultivos hidropónicos se realizó la activación y posterior replicación de las cepas bacterianas en el medio de cultivo Caldo Nutriente y se vertió el contenido en el tanque donde reposaba la solución nutritiva, comprobando el crecimiento microbiano en la solución mediante siembra en placa. Las propiedades fisicoquímicas a analizar fueron la altura y número de hojas de la planta, el diámetro y peso del fruto, el porcentaje de germinación, el pH del fruto y el contenido de acidez, azúcar, humedad y ácido ascórbico del fruto; así, para la comparación de las mismas se realizó un análisis estadístico ANOVA y un test de Tukey, con un nivel de confianza de 95 %, verificando la nula presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos y se identificó la poca o carente efectividad de ambas RPCV (Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal) en la mejora de las características del rábano frente al tratamiento Control. Se recomienda inocular las cepas bacterianas en los semilleros que contienen las plántulas y aplicar los tratamientos en otros sistemas hidropónicos.

Palabras clave: <RÁBANO (*Raphanus sativus*)>, <*Bacillus subtilis*>, <*Pseudomonas aeruginosa*>, <CULTIVO HIDROPÓNICO>, <BIOTECNOLOGÍA VERDE>



Firmado electrónicamente por:
**RAFAEL INTY
SALTO**

1850-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The current graduation work compared the physicochemical properties of radish (*Raphanus sativus*) in hydroponic crops inoculated with *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. The NFT (Nutrient Film Technique) system used was built and designed with PVC pipes for the production of twelve seedlings with water and nutrients recirculation, while the greenhouse used corresponds to a Parral-type greenhouse built with wood and greenhouse plastic. To inoculate the microorganisms into the hydroponic crop nutrient solution, the activation and subsequent replication of the bacterial strains were carried out in the Nutrient Broth culture medium and the content was poured into the tank with the nutritive solution in order to check the microbial growth through the plate seedling. The physicochemical properties to be analyzed were: height and number of leaves per plant, diameter and weight of the fruit, germination percentage, pH of the fruit and acidity content, sugar, humidity and ascorbic acid of the fruit; Thus, for their comparison, ANOVA statistical analysis and Tukey test were carried out, resulting in a confidence level of 95% as well as the null presence of statistically significant differences between the means of the treatments and the little or no effectiveness of both RPCV (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) in improving the characteristics of radish compared to the Control treatment. It is recommended to inoculate the bacterial strains into the seedbeds containing the seedlings and apply the treatments in other hydroponic systems.

Keywords: <RADISH (*Raphanus sativus*)>, <*Bacillus subtilis*>, <*Pseudomonas aeruginosa*>, <HYDROPONIC CROP>, <GREEN BIOTECHNOLOGY>



Firmado electrónicamente por:
PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ

INTRODUCCIÓN

Con el aumento diario de la población, existe la necesidad de satisfacer su demanda alimentaria, misma que deriva en la contaminación de los recursos naturales presentes en el medio ambiente. La destrucción de los ecosistemas se presenta como un problema real, de grandes magnitudes, que requiere la atención inmediata de la humanidad, haciendo necesaria la implementación de estrategias que minimicen el daño.

Debido a dicha necesidad de producción de alimentos, se da una gran problemática ambiental y social provocada por el uso de grandes extensiones de suelo para las plantaciones y la excesiva utilización de agua para el riego de estas, además del uso de fertilizantes y productos químicos para el control biológico en los programas de cultivo, como plaguicidas y pesticidas (Chuquiana 2016). Estas sustancias químicas contaminan el suelo por aplicación directa, el agua por solubilidad de los compuestos y al aire por la propiedad de volatilización; representando un riesgo para la salud de los productores, debido a que los componentes de estos tienen considerables grados de toxicidad y pueden provocar intoxicaciones por contacto directo o indirecto. Además, los consumidores también se verían afectados en su salud ya que los compuestos químicos pueden formar parte de las plantas y los frutos. Razón por la cual, se requiere del uso de nuevas biotecnologías que ofrezcan una producción de alimentos más limpia y saludable para las personas y el medio ambiente.

De acuerdo con (Tul 2020), la provincia de Chimborazo ocupa el cuarto puesto a nivel nacional en la producción de rábano con respecto a la superficie ocupada por las plantaciones, con un total de 2197 hectáreas, siendo un área considerable que significa un impacto sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos de la provincia, por lo que se requiere buscar nuevas alternativas de cultivo, dentro de la provincia, como es el uso de herramientas biotecnológicas beneficiosas para el medio ambiente.

Una de las clasificaciones de la biotecnología es aquella determinada por colores, de manera que la biotecnología verde es aquella rama de la biotecnología aplicada a procesos agrícolas, como el crecimiento o mantenimiento de las plantas y sus productos, con el propósito de obtener soluciones más amigables con el medio ambiente (Ortega 2020).

Por lo tanto, es menester contar con nuevas herramientas o con alternativas viables que detengan el deterioro de los recursos naturales finitos del planeta que afectan al medio ambiente, así la implementación de cultivos hidropónicos como alternativa para una producción de alimentos más

limpia, segura y amigable con el medio ambiente; que, además, permite el uso de microorganismos considerados benéficos para la producción vegetal.

De acuerdo con (Lee & Lee 2015), los cultivos hidropónicos presentan algunas ventajas, principalmente ambientales, sobre los sistemas de cultivo tradicionales, tales como la reutilización del agua, el uso sostenible del recurso suelo, la facilidad para controlar los factores externos, promoción de huertos urbanos dentro de hogares y edificios; y una significativa reducción en las prácticas de cultivo comunes. Por lo cual, en el presente trabajo de investigación se pretende demostrar una producción limpia mediante un sistema hidropónico en la zona urbana, sin la utilización de suelo ni de excesivas cantidades de agua, con el aporte biotecnológico de microorganismos aprovechables.

El método que será utilizado para controlar y combatir a la posible presencia de patógenos en un sistema de hidroponía es el control biológico con rizobacterias del género *Bacillus* y *Pseudomonas*, bacterias pertenecientes a las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) que se desarrollan en simbiosis con las plantas y se encargan de la protección de sus raíces contra dichos patógenos, además estas rizobacterias actúan como promotoras de crecimiento, al fijar y facilitar la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas (Lee & Lee 2015).

El presente estudio se enfocará en evaluar las propiedades fisicoquímicas del rábano (*Raphanus sativus*) cultivado en sistemas hidropónicos inoculados con microorganismos *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*, con la finalidad de obtener frutos de calidad y frescos para su consumo dentro de los hogares, sin generar daño al medio ambiente. Las propiedades por analizar serán: altura y número de hojas de la planta, diámetro y peso del fruto, porcentaje de germinación, pH, acidez, azúcar, humedad y ácido ascórbico del fruto.

OBJETIVOS

General

- Comparar las propiedades fisicoquímicas del rábano (*Raphanus sativus*) en cultivos hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Específicos

- Evaluar la producción de *Raphanus sativus* en cultivos de hidroponía inoculando *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* en la solución nutritiva.
- Analizar las propiedades fisicoquímicas de los rábanos obtenidos en los cultivos hidropónicos.
- Determinar los costos y beneficios de la presente tecnología en la aplicación de huertos urbanos.

HIPÓTESIS

General

- La producción de rábanos en sistemas hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* presenta valores superiores, de acuerdo con las propiedades fisicoquímicas, ante aquella producción tradicional sin uso de microorganismos.

Específicas

- En los cultivos hidropónicos se gasta mayor cantidad de agua que en un cultivo tradicional en tierra.
- El monitoreo constante de los elementos componentes del sistema hidropónico, tales como el pH, temperatura y conductividad eléctrica, contribuyen al desarrollo y maduración completa del fruto.
- El porcentaje de germinación es de considerable importancia sobre los resultados de cada producción e influye en otras propiedades analizadas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

A lo largo de los años se ha despertado un interés particular de la comunidad científica con respecto al excesivo uso de agroquímicos en el sector agrícola, esto debido a que la presencia de residuos de estos en el suelo supone un riesgo ambiental y a su vez un riesgo humano. Los pesticidas, insecticidas, fungicidas y herbicidas que se utilizan para combatir a plagas y enfermedades en los cultivos, son los encargados también de la disminución de la actividad microbiana y de la actividad enzimática del suelo, derivando en problemas como: nitrificación, desnitrificación, mineralización de la materia orgánica, amonificación, entre otras reacciones bioquímicas que afectan la calidad del suelo, además de provocar procesos de salinización, alcalinización, desertificación y contaminación de napas subterráneas en suelos agrícolas (Alvarado 2019).

En un estudio realizado en Venezuela acerca de los residuos de plaguicidas en suelos de uso agrícola, se demostró experimentalmente la presencia de compuestos químicos como el paraquat, el carbendanzim, el mancozeb y el carbofurano en cultivos de ciclo corto (Rojas et al. 2019). Mientras que en un trabajo realizado en Ecuador sobre la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos se determinó que los agricultores de dos comunidades presentaron síntomas como decaimiento, erupciones en la piel, ardor ocular, tos, náuseas, debilidad muscular y malformaciones congénitas por la exposición a dichos plaguicidas (Viteri 2015).

Una de las soluciones propuestas por la agroecología para evitar el uso de agroquímicos hace referencia a la implementación de cultivos hidropónicos; así, en un estudio realizado en Colombia acerca del cuidado del medio ambiente a través de esta tecnología, se produjo una sensibilización en la población acerca del daño que producen los métodos tradicionales de siembra que se manejan hasta la actualidad. Además, con esta tecnología se promovió la utilización razonable del recurso suelo y la obtención de alimentos seguros, sanos y libres de contaminantes de producción continua a bajo costo sin ocasionar ningún perjuicio hacia el planeta y los habitantes (Giraldo & Navarro 2019).

En un estudio realizado en México acerca de la relación de las bacterias rizosféricas con la agricultura se proporcionó una revisión de los mecanismos utilizados por las rizobacterias para mejorar el crecimiento de las plantas, contribuyendo con una agricultura sustentable y una

proyección acerca de su comercialización, siendo un campo que cuenta con un constante crecimiento. Los géneros de rizobacterias que han demostrado gran capacidad promotora de crecimiento hacen referencia a: *Acidithiobacillus*, *Aminobacter*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconoacetobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia* y *Sphingomonas* (Velasco et al. 2020).

Se han desarrollado diversos estudios referentes a la aplicación de rizobacterias en el desarrollo vegetal sobre el suelo, siendo menester describir un trabajo realizado en Nigeria acerca de la promoción del crecimiento vegetal con *Pseudomonas aeruginosa* y *Bacillus subtilis* en tres verduras: tomate, okra y espinaca africana. Se demostró experimentalmente que la biomasa seca aumentó en porcentajes mayores a 30 % en las tres plantas encontrándose similitudes en el desempeño general de los dos microorganismos. El estudio fue realizado de manera específica sobre un suelo agrícola que fue recolectado de un jardín botánico proveniente de Lagos, Nigeria (Adesemoye et al. 2008).

En un trabajo experimental realizado en Ecuador se valoró la aplicación de microorganismos benéficos en cultivos de rábano de una granja. Se analizaron algunos parámetros como el tamaño de la planta, el peso y el diámetro del fruto, mientras que en el suelo se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos en condiciones iniciales y después de la cosecha, verificando que los microorganismos de géneros *Rhodopseudomonas*, *Lactobacillus* y *Saccharomyces* incrementaron la cantidad de macro y micronutrientes en el suelo (Mosquera 2018).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Hidroponía

El término “hidroponía” proviene del griego “*hydro*” que significa agua y “*ponos*” cuyo significado hace referencia a trabajo, labor o esfuerzo, definiendo este término literalmente como trabajo en agua. La hidroponía es una técnica de agricultura moderna que utiliza una solución nutritiva en lugar del suelo para el desarrollo de cultivos (Khan et al. 2018).

Otros autores como Beltrano & Giménez (2015) definen a la hidroponía como una serie de métodos que permiten el desarrollo de cultivos en un entorno sin suelo. De esta manera, la hidroponía permite crear estructuras, sencillas o avanzadas, para producir mayoritariamente plantas herbáceas siendo albergadas en áreas como techos, terrazas, suelos áridos, suelos desnivelados, bajo condiciones de invernadero o no, entre otras.

1.2.1.1. Desarrollo histórico de la hidroponía

La hidroponía se origina desde el tiempo en que la Tierra fue creada debido al desarrollo de plantas en los océanos iniciales y demás cuerpos de agua, estableciendo que los cultivos hidropónicos son anteriores a los cultivos en tierra. Se considera que la hidroponía manejada por el hombre tuvo su origen en la antigua Babilonia en el siglo VI A.C, en una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo, los Jardines Colgantes. Esta técnica tuvo tal éxito que fue replicada en la antigua China, Egipto, India e inclusive en la civilización Maya y en ciertas tribus asentadas en el Lago Titicaca. Sin embargo, es necesario destacar que no se conoce precisamente el sistema hidropónico utilizado, a pesar de varios estudios y diseños arquitectónicos de construcción. Los denominados Jardines Colgantes no fueron “colgantes” realmente, este famoso nombre proviene del griego *kremastos* y del latín *pensilis*, que significan sobresalir, haciendo referencia a terrazas o balcones (Beltrano & Gimenez 2015).

En el territorio americano, se considera que la civilización azteca fue la primera en utilizar a la hidroponía como sistema de producción y supervivencia, debido a que sus primeros asentamientos no contaban con tierra cultivable siendo necesaria dicha técnica innovadora implementada en el lago Tenochtitlán. Se cultivaban flores y verduras sobre balsas que flotaban en la superficie del lago, estas balsas se denominaron Chinampas y podían unirse para formar islas flotantes de gran superficie, lo cual beneficiaba la producción de los vegetales. Las Chinampas tuvieron su desarrollo máximo en el siglo XVI, pero continuaron siendo utilizadas, en menor número, hasta el siglo XIX (Beltrano & Gimenez 2015).

En el siglo XVII, específicamente en el año 1627, Francis Bacon publicó “*Sylva Sylvarum*”, el libro más antiguo que se conoce acerca del cultivo de plantas terrestres sin suelo. Entre los años 1859 y 1865, botánicos alemanes aportaron descubrimientos en las técnicas de los cultivos sin suelo. En 1929, William Frederick Gericke impulsó los cultivos por solución nutritiva para la producción agrícola. No fue hasta el año de 1937, donde Gericke introdujo por primera vez la palabra “hidroponía” y la técnica hidropónica NFT fue descubierta por el científico inglés Allen Cooper en el año 1960. El doctor Howard Resh, uno de los pioneros de los cultivos hidropónicos, publicó en 1978 la primera edición de su libro titulado “*Hydroponics Food Production*” (Khan et al. 2018). Estos hechos han permitido que los cultivos en agua hayan llamado la atención de la investigación científica y se desarrollen ampliamente en la actualidad.

1.2.1.2. Hidroponía en el Ecuador

La hidroponía en el Ecuador tuvo su origen a inicios de los años 90, a partir de técnicas creadas en Holanda sin modificación alguna, desarrollando cultivos más saludables que no contenían microorganismos patógenos y que tampoco causaban contaminación hacia el medio ambiente. En su inicio, esta técnica no prosperó según las expectativas debido a que la introducción de esta tecnología suponía un costo elevado no rentable para los agricultores ecuatorianos (Rubio 2017).

El desarrollo de la hidroponía en el país, específicamente con los cultivos hidropónicos, ha sido incentivado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería como estrategia para la horticultura familiar o de pequeña escala, mediante capacitaciones y socializaciones que permiten acceder a la información requerida para la producción de esta técnica (Valles 2020).

El método hidropónico comúnmente utilizado en el país es del tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) que utiliza como materiales a los tubos PVC, bombas sumergibles para la recirculación del agua y tanques colectores donde se almacena el agua que contiene de la solución nutritiva. Al no contar con equipos automatizados, los controles de temperatura, pH y conductividad eléctrica del agua se realizan de manera manual, al igual que la activación de la bomba sumergible en la recirculación siguiendo un horario específico (Valles 2020).

1.2.1.3. Cultivos hidropónicos

El cultivo hidropónico hace referencia a un sistema aislado del suelo que sirve para la producción de plantas, el crecimiento de estas es debido al adecuado suministro de los requerimientos hídricos y nutricionales mediante la solución nutritiva provista en el agua (Beltrano & Gimenez 2015).

Dentro de un cultivo hidropónico, las raíces de las plantas reciben los nutrientes de la solución disuelta en el agua. Las plantas de un cultivo hidropónico pueden desarrollarse tanto en la solución nutritiva mineral únicamente como acompañada de un medio inerte que puede ser grava, vermiculita, arena lavada, perlita, entre otros. Esta técnica agrícola de pequeña escala es un mecanismo sencillo y limpio para producir cultivos de ciclo corto con mayor rapidez y ricos en nutrientes (Herrera & Suárez 2016).

1.2.1.4. Tipo de cultivo hidropónico

Los sistemas hidropónicos son diseñados y modificados de acuerdo al reciclaje de agua y a la recirculación de la solución nutritiva además del medio de soporte. Siendo los más comunes:

- Sistema de mecha

El sistema de mecha, o también denominado sistema pasivo, es un modelo ideal para el cultivo de plantas de interior o de pequeña escala, que no necesita de bomba de agua al contar con autoalimentación debido a que la solución nutritiva en el agua es suministrada a través de una mecha o fibra, generalmente nylon, que absorbe y transporta el agua por capilaridad desde el tanque de reserva hasta las raíces de las plantas (Lee & Lee 2015).

- Sistema de goteo

El sistema hidropónico de goteo es una técnica ampliamente utilizada en los cultivos domésticos y comerciales en donde el agua, junto a la solución nutritiva, se suministra a las raíces de las plantas de manera individual y desproporcionada con la ayuda de una bomba. En este modelo es común que las plantas se coloquen en medios de crecimientos de absorción moderada para que la solución nutritiva gotee lentamente (Sharma et al. 2018).

- Sistema de flujo y reflujo

El sistema de flujo y reflujo es el primer modelo hidropónico que funciona de acuerdo con el principio de inundación y drenaje en donde las plantas se inundan temporal y periódicamente en el agua, misma que asciende hasta una bandeja de crecimiento a través de una bomba, se acumula hasta cierto nivel y permanece durante un tiempo proporcionando los nutrientes a las raíces. Posterior a este tiempo, la solución se drena de nuevo al depósito de agua mediante tuberías (Lee & Lee 2015).

- Sistema de cultivo de aguas profundas

El sistema de cultivo de aguas profundas funciona idealmente para plantas de mayor tamaño que producen frutos. En este modelo las raíces de las plantas son suspendidas en agua rica en nutrientes y el oxígeno debe ser provisto por piedras de aire u otro artefacto. Las raíces de estas plantas crecen a gran velocidad y con una masa considerable, siendo la técnica de cubetas hidropónicas el ejemplo clásico de este modelo (Sharma et al. 2018).

- Sistema aeropónico

El sistema aeropónico fue desarrollado en la década de 1980 constituyéndose como una técnica de cultivo en donde las plantas se encuentran ancladas en orificios sobre paneles de poliestireno

y sus raíces son suspendidas en el aire debajo de dichos paneles, permitiendo controlar con delicadeza el sistema radicular de las plantas debido a que la solución nutritiva se rocía sobre las raíces (Khan et al. 2018).

- Sistema de ventana hidropónica

El sistema de ventana hidropónica surge como un concepto emergente dentro de la agricultura urbana para utilizar de mejor manera el espacio y permitir a la población cultivar verduras en entornos urbanos durante todo el año. Este modelo no es más que un sistema hidropónico vertical que utiliza materiales domésticos en su diseño y construcción, incluyendo botellas plásticas, reservorios pequeños de agua, tuberías y bombas de pequeña escala o de peceras (Lee & Lee 2015).

- Sistema NFT (*Nutrient Film Technique*)

La técnica de película de nutrientes o sistema NFT (por sus siglas en inglés), nació en el año 1960 para potenciar a los modelos de flujo y reflujo. Este modelo, además de brindar agua y nutrientes de forma constante hacia el cultivo, proporciona las condiciones adecuadas de oxígeno al controlar el flujo y la profundidad del agua. La solución nutritiva, junto con el agua, se recoge y se reutiliza, mientras que la cantidad del agua dentro del sistema se controla de acuerdo con la potencia de la bomba y la pendiente de la bandeja (Lee & Lee 2015).

El sistema NFT permite acceder, con notable facilidad, a los parámetros básicos de un cultivo hidropónico, tales como temperatura, pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva. Dicha accesibilidad le confiere la capacidad al usuario de corregir cualquiera de estos parámetros en el momento que se requiera.

La técnica de película de nutrientes presenta una gran ventaja frente a otras técnicas y esta hace referencia a que se la puede calibrar para trabajar de forma automatizada sin un monitoreo constante, lo cual tiene mucha demanda en la actualidad debido a que las personas se encuentran involucradas en múltiples ocupaciones. Otro aspecto a tener en cuenta en el presente sistema hidropónico es la portabilidad, característica que permite transportar fácilmente el sistema hacia zonas remotas e introducir a nuevas personas hacia esta beneficiosa técnica de cultivo (Mohapatra et al. 2020).



Figura 1-1 Sistema NFT utilizado

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

1.2.1.5. Componentes de un cultivo hidropónico

De acuerdo con Giraldo & Navarro (2019) y Oña (2020), los componentes de un sistema de hidroponía son:

- Solución nutritiva

La solución nutritiva hace referencia al conjunto de sales minerales disueltas en agua, cuya proporción puede variar según las condiciones ambientales y la especie y etapa de crecimiento de la planta (Giraldo & Navarro 2019). Dentro de un cultivo hidropónico se deben utilizar sales fertilizantes de solubilidad elevada para facilitar la absorción de las raíces mientras que los rangos de pH y CE para una solución nutritiva dentro de un sistema hidropónico se encuentran generalmente entre 5-7 y 0.8 y 2.5 mS/cm, respectivamente (Hosseinzadeh et al. 2017).

La solución nutritiva contiene macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos. Los macronutrientes requeridos son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Por otra parte, los micronutrientes esenciales son el hierro (Fe), cinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo) (Valles 2020).

- Planta

La planta es considerada como el más importante de los componentes de un sistema hidropónico debido a que gracias a ella se puede apreciar el correcto funcionamiento de los demás componentes (agua, nutrientes, oxígeno, temperatura, ausencia de plagas y enfermedades, luminosidad, espacio, etc.). Las plantas que se cultivan con frecuencia en hidroponía son de carácter alimenticio, comercial u ornamental (Giraldo & Navarro 2019).

- Sustrato

El sustrato hace referencia a los medios de cultivo distintos al suelo en donde se da el anclaje y germinación de las raíces de las plantas. Existen varias clases de sustratos que se pueden resumir en orgánicos e inorgánicos. Así, los sustratos orgánicos se subdividen en: naturales (fibra de coco, aserrín, cascarilla de arroz, virutas de madera, entre otros); y de síntesis (espuma de poliuretano, espuma fenólica, poliestireno expandido) (Giraldo & Navarro 2019).

Mientras que los sustratos inorgánicos se subclasifican en: naturales (arena de río y mar, grava, piedra, entre otros); procesados (vermiculita, perlita, arcilla expandida y lana de roca); y aquellos provenientes de residuos y subproductos industriales (estériles de carbón y escorias de alto horno) (Giraldo & Navarro 2019).

- Contenedor

El contenedor es aquel que se encarga de contener el sustrato que alberga las raíces junto a la solución nutritiva. Existen dos requerimientos importantes para el desarrollo adecuado de las plantas, mismos que hacen referencia al impedimento de la luminosidad y a la disponibilidad del tamaño necesario. Estos contenedores deben ser fabricados a partir de materiales inertes que no reaccionen con la solución nutritiva o que desprendan sustancias tóxicas al medio, siendo los contenedores de PVC los ideales en los sistemas hidropónicos (Giraldo & Navarro 2019).

- Riego

El riego en un sistema hidropónico tiene como objetivo principal colocar la solución nutritiva a disponibilidad de las raíces para el desarrollo de las plantas satisfaciendo sus necesidades nutritivas e hídricas. Los criterios utilizados en el riego dependen de como se ve la planta de acuerdo con la radiación acumulada, a las curvas de drenaje, a la radiación acumulada o a las

referencias. Sin embargo, es necesario realizar mediciones de temperatura, pH, conductividad eléctrica y volumen del agua de riego y de drenaje (Giraldo & Navarro 2019).

- Temperatura

La temperatura en la zona de la raíz es de gran importancia debido a que influye en el crecimiento de las raíces, así como en la absorción de agua y de los iones provenientes de los macro y micronutrientes esenciales. Se ha determinado que la temperatura de la solución nutritiva y la temperatura del aire influyen de manera independiente en la producción de los frutos. Así, en las distintas técnicas hidropónicas, se puede controlar la temperatura de la zona de la raíz calentando o enfriando la solución nutritiva (Hosseinzadeh et al. 2017).

- pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad, cuya escala varía entre 0 y 14, misma que determina si los nutrientes se encontrarán disponibles o no para su absorción. El rango óptimo en el que debe mantener la solución nutritiva para que exista una adecuada disponibilidad de los nutrientes es de 5 a 7, haciendo necesario su monitoreo continuo para evitar que el pH se encuentre fuera de dicho rango generando problemas nutritivos en las plantas (Oña 2020).

- Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es definida como la propiedad que tiene una sustancia para transportar corriente eléctrica y es el indicador principal de la concentración de nutrientes en cualquier tipo de cultivo. En los sistemas hidropónicos, la CE equivale al contenido de sales disueltas en la solución nutritiva, lo que indica que a mayor CE mayor contenido de sales y viceversa. La deficiencia de nutrientes provoca anomalías en el desarrollo normal de las plantas afectando la calidad de estas, estableciendo un rango óptimo de 0.8 y 2.5 mS/cm en los cultivos hidropónicos (Oña 2020).

1.2.1.6. Invernaderos

Los invernaderos, de acuerdo con Rubio (2017), son aquellas estructuras que se pueden construir en distintos tamaños y diferentes tipos que se utilizan para establecer ambientes favorables con temperaturas y humedades relativas más adecuadas para los cultivos. La construcción de un invernadero involucra interrogantes técnicas, prácticas y económicas; los principales factores a tomar en cuenta para el diseño de este son: la temperatura ambiente a lo largo del año, radiación

fotosintéticamente activa, precipitaciones, nubosidad, dirección predominante y velocidad del viento, planta que se desea producir y la disponibilidad de suelo, agua y energía eléctrica (Flores et al. 2020).

- Tipos de invernaderos

Las formas de invernaderos mayormente utilizadas son: de planos simétricos dos aguas, de techos planos asimétricos, de arcos redondeados y de arcos redondeados con paredes verticales (Flores et al. 2020).

Los invernaderos de planos simétricos de dos aguas o de tipo capilla son de fácil construcción y conservación ya que se adaptan a la colocación de plástico de cualquier tipo para la cubierta. Este tipo de invernaderos cuenta con una adecuada luminosidad en el interior, ventilación vertical y facilidad de evacuación del agua producto de precipitaciones (Flores et al. 2020).

Los invernaderos de techos planos asimétricos o de tipo parral poseen una estructura vertical sobre la que se coloca la lámina de polietileno sujeta por una malla de alambres o madera para brindar seguridad a la cubierta con respecto a la ocurrencia de vientos de grandes velocidades. Estos invernaderos contienen un gran volumen de aire con una ventilación deficiente, resisten la acción del viento, pero pueden romperse con la ocurrencia de intensas precipitaciones, debido a su nula capacidad para desviar el agua (Beltrano & Gimenez 2015).

Los invernaderos tipo parral, comúnmente, tienen una altura cumbre de tres metros y, debido a su pendiente de diez a quince grados en zonas con alta pluviometría, la altura lateral es de dos metros, aproximadamente. La ventilación en este tipo de invernaderos se da únicamente por las aberturas laterales y presentan poca incidencia en la captación de luz de los objetos que conforman la malla con la que se sostiene la estructura del invernadero (Velasco 2018).



Figura 2-1 Invernadero tipo Parral utilizado

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

Los invernaderos de arcos redondeados o de tipo túnel cuentan con una capacidad mayor para el control del clima interno al presentar una excelente estanqueidad para los vientos y la lluvia. Esta clase de invernaderos es de fácil diseño e instalación, además de reducir el problema de condensación de forma considerable en el interior de la estructura (Flores et al. 2020).

1.2.1.7. Aplicaciones de la hidroponía

Las principales aplicaciones de la hidroponía radican en invernaderos, huertos urbanos y forraje verde. En los invernaderos se pueden obtener mecanismos automatizados en producciones intensivas, además de contar con cosechas más precoces con mejoramiento en la calidad del producto al brindar la protección necesaria frente a plagas y enfermedades, sin necesidad del uso de pesticidas o herbicidas. En los huertos urbanos, la hidroponía impulsa la conversión de terrazas y balcones en jardines y huertos que producen plantas de manera sencilla y sin necesidad de ocupar grandes espacios. Finalmente, el forraje verde de la hidroponía resulta de la germinación de leguminosas o cereales gracias a la absorción de nutrientes disueltos en la solución hidropónica, este forraje verde sirve de alimento para ganado vacuno, porcino, equino y conejos (Caldas et al. 2017).

Otras aplicaciones hacen referencia a la investigación científica y prácticas con finalidad didáctica, recreativa y social. La hidroponía es una herramienta utilizada para acceder hacia un conocimiento más profundo del desarrollo vegetal en función del consumo de agua, fertilizantes, nutrientes, entre otros; dando paso a una nueva perspectiva sobre agricultura moderna y sostenible. La hidroponía requiere de conocimientos didácticos que involucran ciencias

biológicas, química, fisiología y también microbiología, impulsando a esta técnica como una estrategia metodológica en el área educativa. Los cultivos hidropónicos permiten la recreación ya que al contar con diseños llamativos y atractivos pueden encaminar su producción hacia plantas ornamentales y hierbas medicinales. Finalmente, la producción en sistemas hidropónicos se constituye como un instrumento dinamizador en procesos de participación comunitaria al permitir la interacción de distintos núcleos sociales (Caldas et al. 2017).

1.2.1.8. Ventajas de la hidroponía

La hidroponía es un método limpio y sencillo donde no existe la posibilidad de que las enfermedades y plagas, que son transmitidas por el suelo, infecten los cultivos hidropónicos, al ser una herramienta que no utiliza el suelo; haciendo innecesario el uso de pesticidas con su respectiva toxicidad (Sharma et al. 2018).

El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede llegar a ser cien veces mayor que el rendimiento de los cultivos convencionales en suelo, además pueden producir durante todo el año, independientemente de la temporada y del cambio climático debido a que cuentan con un control total sobre los factores climáticos en el interior de los invernaderos (Moreno 2020).

Los cultivos hidropónicos permiten un adecuado control de la mezcla nutriente-agua junto a una rápida intervención en caso de que exista la necesidad de corregir los nutrientes en la solución hidropónica, facilitando también el monitoreo constante de parámetros como temperatura, pH y CE (Rubio 2017).

Finalmente, la hidroponía es una técnica amigable con el medio ambiente ya que la eficiencia del uso del agua es de aproximadamente el 90 %. Además de impulsar el crecimiento urbano sostenible y cosechas confiables, en donde la energía solar y eólica se pueden usar para generar electricidad con el objetivo de controlar el entorno interior del sistema hidropónico (Khan et al. 2018).

1.2.1.9. Desventajas y desafíos de la hidroponía

El desarrollo de la hidroponía se ve obstaculizado por ciertas desventajas como el elevado costo inicial en la instalación del sistema hidropónico y la construcción del invernadero. Además, esta técnica requiere de conocimiento técnico y de operación para llevar a cabo la producción libre de errores (Beltrano & Gimenez 2015).

Por otra parte, Moreno (2020) indica que los cultivos hidropónicos requieren de tiempo y compromiso por parte del agricultor, al necesitar flujo de agua constante. En los cultivos hidropónicos comerciales, los agricultores encuentran dificultades para establecer un plan rentable que justifique la inversión, debido a los considerables costos iniciales.

1.2.2. *Raphanus sativus*

De acuerdo con Tul (2020), *Raphanus sativus*, mejor conocido como rábano, pertenece a la familia de las Crucíferas, siendo una planta que puede desarrollarse bajo cualquier época del año, de raíces gruesas y abultadas mientras que su tamaño y forma pueden variar dependiendo de las condiciones. Los tallos son ligeros y contienen vellosidades muy finas. Los frutos cuentan con corteza de color rojo, rosado o manchado con marrón oscuro, de sabor ácido o picante. Cuando las plantas florecen y crecen, pueden alcanzar una altura de 0.5 a 1.0 metros.

1.2.2.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del rábano, según Carrera (2015):

- **Reino:** Plantae.
- **División:** Magnoliophyta.
- **Clase:** Magnoliopsida.
- **Orden:** Brassicales.
- **Familia:** Brassicaceae.
- **Género:** *Raphanus*.
- **Especie:** *Raphanus sativus*.

1.2.2.2. Cultivo de rábano en Ecuador

En el Ecuador, la población no considera como un producto de alta demanda a esta hortaliza, lo que influye de manera negativa en su producción. Sin embargo, Tul (2020) indica que existen provincias que cultivan el rábano sobre superficies considerables, como se aprecia en la tabla 1-1:

Tabla 1-1 Provincias productoras de
rábano en el Ecuador

Provincia	Superficie (Ha)
Imbabura	2763
Tungurahua	2542
Cotopaxi	2341
Chimborazo	2197
Loja	1585
Carchi	1242
Bolívar	954

Fuente: Tul, 2020

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

1.2.2.3. Descripción del cultivo

El rábano es una hortaliza de ciclo anual, sin embargo, requiere de ciertos parámetros para su adecuado desarrollo, entre los cuales se destacan las condiciones climáticas, la temperatura, la humedad relativa y el tipo de suelo, mismos que se especifican a continuación:

- Condiciones climáticas

El rábano se desarrolla en zonas frías, templadas y subtropicales, a lo largo de los 12 meses del año, siempre que la temperatura no sea muy elevada (Mosquera 2018).

- Temperatura

El rango de temperatura óptimo para el adecuado desarrollo del rábano se encuentra entre los 15 hasta los 18 °C, tolerando una temperatura máxima y mínima de 21 °C y 4 °C, respectivamente (Mosquera 2018).

- Humedad relativa

El rango óptimo de humedad relativa en el cultivo de rábano no debe ser menor al 60 % ni mayor al 65 % (Mosquera 2018).

- Suelo

El suelo debe contener concentraciones elevadas de materia orgánica, nutrientes y debe mantenerse siempre húmedo. En la zona radicular del rábano debe existir un pH dentro del rango de 5.5 hasta 6.8, mientras que la conductividad eléctrica deberá encontrarse entre 1.7 y 2.6 mS/m (Mosquera 2018).

1.2.2.4. Contenido de nutrientes

De acuerdo con Ávila (2014), la composición nutricional del rábano en 100 gramos de parte comestible contiene:

Tabla 2-1 Composición nutricional del rábano

Compuesto	Contenido
Agua	94 g
Carbohidratos	3.59 g
Proteínas	0.6
Grasas	0.54
Calorías	20 kcal
Fibra	1.6 g
Cenizas	0.54 g
Calcio	21 mg
Potasio	232 mg
Magnesio	9 mg
Fósforo	18 mg
Sodio	24 mg
Hierro	0.29 mg
Tiamina	0.005 mg
Riboflavina	0.045 mg
Niacina	0.3 mg
Ácido ascórbico	20 mg

Fuente: Ávila, 2014

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

1.2.2.5. Beneficios

El consumo de rábano tiene potenciales beneficios en la salud debido a su extensa composición nutritiva; así, sus componentes sulfurados aumentan la producción de bilis en el hígado y permiten el vaciamiento de la vesícula biliar con facilidad, de igual manera el rábano puede utilizarse en el tratamiento de trastornos digestivos. Al contener yodo, el rábano contribuye con el adecuado funcionamiento de la glándula tiroides, regulando el metabolismo de los consumidores. Por otra parte, es necesario destacar que algunos estudios establecen que el rábano puede funcionar como anticancerígeno, debido a la posibilidad de que exista una estrecha relación entre el consumo de esta hortaliza y la prevención en la aparición de mutaciones celulares que desencadenan los carcinomas (Tul 2020).

1.2.3. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV)

La expresión “Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal” fue propuesta por J. W. Kloepper y M.N. Schroth en el año de 1978 para hacer referencia a las bacterias que habitan la zona radicular de las plantas que tienen un impacto positivo en su desarrollo. Dichas bacterias poseen la capacidad de colonizar las raíces para mejorar su rendimiento y representan del 2 al 5 % de las rizobacterias (Moreno et al. 2018). Estos microorganismos se usan en la agricultura como biofertilizantes, agentes de control biológico y como biorremediadores, tanto para el suelo como en sistemas hidropónicos con resultados positivos en la cantidad y calidad de la planta (Lee & Lee 2015).

Las RPCV cuentan con mecanismos directos e indirectos para ejercer los efectos benéficos en las plantas. Los mecanismos directos suceden cuando las rizobacterias actúan sintetizando metabolitos para las plantas o cuando aumentan la disponibilidad de los compuestos nutritivos requeridos para su desarrollo. En los mecanismos indirectos las RPCV favorecen la reducción o eliminación de microorganismos fitopatógenos mediante la generación de antibióticos o sustancias antimicrobianas, además de enzimas de carácter lítico (Moreno et al. 2018).

Dentro de los mecanismos directos empleados por las RPCV se tiene la fijación biológica de nitrógeno (FBN), solubilización de fosfatos, solubilización de potasio, producción de fitohormonas (auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico) y la producción de exopolisacáridos y biopelículas. Mientras que en los mecanismos indirectos se encuentran como controladoras de estrés, producción de ACC desaminasa, generación de osmoprotectores y proteínas de choque térmico, resistencia sistémica inducida (ISR) y mecanismos de control biológico por antagonismo (Velasco et al. 2020).

1.2.3.1. RPCV y su utilización en cultivos

En la tabla 3-1 se presentan los principales cultivos en donde se han utilizado rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal:

Tabla 3-1 RPCV en cultivos

RPCV	Cultivos	Efecto
<i>Bacillus spp</i>	Lechuga y tabaco.	Aumento en el peso fresco y longitud de brotes.
<i>Pseudomonas spp.</i>	Soya y trigo.	Aumento en la actividad enzimática del suelo, productividad total y absorción de nutrientes.
<i>Bacillus subtilis,</i> <i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	Tomate, okra y espinaca africana	Aumento en la biomasa seca de las plantas.
<i>Pseudomonas spp.</i>	Frijol, clavel, garbanzo, pepino, lechuga, pimientos, papas, rábano, tomate.	Aumento en el peso fresco de raíces y brotes, productividad total y absorción de nutrientes.
<i>Aeromonas spp.,</i> <i>Agrobacterium spp.,</i> <i>Alcaligenes spp.,</i> <i>Azospirillum spp.,</i> <i>Comamonas spp.,</i> <i>Enterobacter spp.,</i> <i>Rhizobium spp.,</i> <i>Pseudomonas spp.,</i> <i>Bacillus spp.</i>	Arroz, lechuga, trigo, soya, rábano, colza, aliso.	Aumento en la producción de fitohormonas (AIA, citoquininas, giberelinas).
<i>Pseudomonas putida,</i> <i>Azospirillum spp.,</i> <i>Azotobacter spp.</i>	Alcachofa.	Aumentó la longitud de los brotes, peso de brote y tiempo de germinación.

Fuente: Velasco et al, 2020, Moreno et al, 2018, Lee & Lee, 2015

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

1.2.4. *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva de diámetro menor a 0.9 micras, anaerobia facultativa con capacidad de producir esporas termorresistentes, de forma esférica, que se adaptan con facilidad a condiciones ambientales adversas (Chávez 2018). Dentro de las características de las colonias de este microorganismo se tienen a la forma redondeada o irregular de las mismas con superficies opacas de color café, crema o verde (Gavin 2018).

Se desarrollan entre los 10 y 48 °C, siendo su temperatura óptima entre los 28 y 35 °C; a su vez, el valor del pH se encuentra entre 4.9 y 9.3, teniendo una actividad de agua de 0.93 a 0.95 (Gavin 2018).

Se caracterizan por ser microorganismos ubicuos que se encuentran en agua, aire, tracto digestivo de personas y animales, pero principalmente en el suelo gracias a la descomposición de residuos vegetales (Chávez 2018).

Son capaces de producir proteasas, glucosidasas, amilasas y otras enzimas hidrolíticas que le confieren la capacidad de descomponer moléculas complejas de sustratos (Gavin 2018). A su vez, producen compuestos como citosinas, auxinas y ácidos que son requeridos para el crecimiento adecuado de plantas (Chávez 2018).

Es necesario destacar que *Bacillus subtilis* figura como un “caballo de batalla” de la biotecnología, debido a su uso habitual en la producción de enzimas, antibióticos y biorremediación. Esta bacteria no es patógena, de acuerdo con la Administración de Medicamentos y Alimentos de EE.UU. se la denomina como “Generalmente Considerada Segura” y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria le otorgó el estado de “Presunción Calificada de Seguridad” (Guiziou et al. 2016).

1.2.4.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *Bacillus subtilis*, de acuerdo con Gavin (2018):

- **Reino:** Mónera.
- **División:** Firmicutes.
- **Clase:** Bacilli.
- **Orden:** Bacillales.

- **Familia:** Bacillaceae.
- **Género:** *Bacillus*.
- **Especie:** *Bacillus subtilis*.

1.2.4.2. Aplicaciones en el desarrollo vegetal

El género *Bacillus*, en base a Velasco et al. (2020), participa con mecanismos directos e indirectos en la promoción de crecimiento vegetal. De manera que, los mecanismos directos de *Bacillus spp.* son:

- Solubilización de potasio; macronutriente esencial necesario para el desarrollo vegetal que participa de forma activa en la fotosíntesis, en la activación de enzimas, en la síntesis de proteínas y en el mantenimiento de la turgencia de las células.
- Producción de citocininas; fitohormonas que promueven el incremento del área de la raíz, formación de hojas y la prevención de la senescencia.
- Producción de giberelinas; fitohormonas que conducen la absorción adecuada de iones hacia el interior de las plantas, aumentando el crecimiento y manteniendo el metabolismo de las plantas, tanto en condiciones normales como en condiciones de estrés.

Los mecanismos indirectos de *Bacillus spp.*, de acuerdo con Velasco et al. (2020), en la promoción del crecimiento vegetal son:

- Producción de ACC desaminasa; enzima encargada de la síntesis del etileno para facilitar el crecimiento de la planta en condiciones de estrés, además de promover el desarrollo de raíces laterales en las plantas.
- Generación de osmoprotectores; moléculas que mantienen el equilibrio de los fluidos en las células bajo condiciones de estrés y estimula el crecimiento de las plantas. Además, se encargan del mejoramiento del contenido relativo del agua en las hojas y el peso seco.
- Producción de proteínas de choque térmico; capacidad de proveer termotolerancia en plantas con la síntesis de proteínas de alto peso molecular que protegen a otras proteínas que se ven afectadas por las temperaturas elevadas.
- Producción de antibióticos; moléculas encargadas de la eliminación de fitopatógenos mediante la desestabilización estructural de la membrana celular, la inhibición en la síntesis de la pared celular y la inhibición en la traducción de los fitopatógenos.

- Producción de COVs; moléculas de bajo peso molecular que afectan de manera positiva al crecimiento de las plantas.

1.2.5. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram negativa con un diámetro aproximado de 0.5 a 1.0 micra, aerobia facultativa, debido a que puede desarrollarse en condiciones anaerobias tomando al nitrógeno o a la arginina como terminal de aceptación de electrones; bacilo con forma de bastón, oportunista y de gran persistencia en el medio ambiente (Paz et al. 2019). El término *aeruginosa* significa “color del cobre oxidado”, definición que refleja el color azul verdoso característico de las colonias de este microorganismo en los cultivos microbianos (Moreno 2012).

Se desarrollan entre los 20 y 43 °C, siendo su temperatura óptima de 37 °C. El crecimiento de *P. aeruginosa* en altas temperaturas la diferencia de las demás especies de *Pseudomonas* y el crecimiento de este microorganismo se lleva a cabo en condiciones de pH neutras (Paz et al. 2019).

Se caracterizan por ser microorganismos ubicuos y oportunistas que se encuentran principalmente en medios húmedos. En el medio ambiente se encuentran en el agua y en el suelo con un requerimiento nutricional mínimo (Paz et al. 2019). Sin embargo, *P. aeruginosa* actúa como patógeno en varios dispositivos médicos, como catéteres y ventiladores mecánicos (Bravo-Burquillos 2018).

Son bacterias no fermentadoras capaces de producir proteasa alcalina, proteasa IV y elastasas; dichas enzimas tienen la capacidad de degradar proteínas surfactantes y péptidos antimicrobianos (Paz et al. 2019). Por otra parte, *P. aeruginosa* es capaz de sintetizar compuestos de importancia agrícola como HCN, NH₃, sideróforos, agentes antifúngicos, entre otros; de manera que la aplicación de este microorganismo promueve la biomasa en raíces y hojas de las plantas (Protim et al. 2017).

1.2.5.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *Pseudomonas aeruginosa*, de acuerdo con Paz et al. (2018):

- **Reino:** Bacteria.
- **División:** Proteobacteria.
- **Clase:** Gammaproteobacteria.

- **Orden:** Pseudomonadales.
- **Familia:** Pseudomonadaceae.
- **Género:** *Pseudomonas*.
- **Especie:** *Pseudomonas aeruginosa*.

1.2.5.2. Aplicaciones en el desarrollo vegetal

El género *Pseudomonas*, de acuerdo con Velasco et al. (2020), participa con mecanismos directos e indirectos en la promoción de crecimiento vegetal. Así, los mecanismos directos de *Pseudomonas spp.* son:

- Producción de citocininas; fitohormonas que promueven el incremento del área de la raíz, formación de hojas y la prevención de la senescencia.
- Producción de giberelinas; fitohormonas que conducen la absorción adecuada de iones hacia el interior de las plantas, aumentando el crecimiento y manteniendo el metabolismo de las plantas, tanto en condiciones normales como en condiciones de estrés.

Los mecanismos indirectos de *Pseudomonas spp.*, en base a Velasco et al. (2020), en la promoción del crecimiento vegetal son:

- Producción de ACC desaminasa; enzima encargada de la síntesis del etileno para facilitar el crecimiento de la planta en condiciones de estrés, además de promover el desarrollo de raíces laterales en las plantas.
- Producción de antibióticos; moléculas encargadas de la eliminación de fitopatógenos mediante la desestabilización estructural de la membrana celular, la inhibición en la síntesis de la pared celular y la inhibición en la traducción de los fitopatógenos.
- Producción de COVs; moléculas de bajo peso molecular que afectan de manera positiva al crecimiento de las plantas.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño experimental

2.1.1. Tipo de investigación

- Por el método de investigación, el presente estudio es de carácter cuantitativo puesto que las propiedades fisicoquímicas a analizar para comprobar la hipótesis están sujetas a un análisis estadístico.
- Según el objetivo, es de carácter aplicado debido a que la investigación está centrada en la producción de rábano en cultivos hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*.
- Según el nivel de profundización en el objeto de estudio, es una investigación correlacional puesto que tiene como finalidad comparar la producción de rábano en sistemas de hidroponía inoculados con dos especies de microorganismos por separado.
- Según la manipulación de variables, la investigación es experimental ya que existe la manipulación de dos tipos de variables, dependientes e independientes, en la aplicación de distintos tratamientos.
- Según el tipo de inferencia, es de carácter hipotética-deductiva debido a que la investigación está basada en la comprobación o discrepancia de la hipótesis que será sometida a experimentación.
- Según el periodo temporal, la investigación es longitudinal ya que se va a controlar el desarrollo de las plantas y sus frutos en periodos de tiempo concretos.

2.1.2. Diseño de investigación

2.1.2.1. Identificación de las variables

- **Variables dependientes:** Propiedades fisicoquímicas a analizar en la producción de rábano mediante un sistema de hidroponía.
 - Altura de la planta.
 - Número de hojas.
 - Diámetro del fruto.

- Peso del fruto.
 - Porcentaje de germinación.
 - pH
 - Acidez
 - Azúcar.
 - Humedad.
 - Contenido de Ácido Ascórbico.
- **Variables independientes:** Microorganismos inoculados en la solución nutritiva del cultivo hidropónico.
 - *Bacillus subtilis*
 - *Pseudomonas aeruginosa*.

2.1.3. Población de estudio

La población de estudio de la presente investigación se encuentra conformada por la cantidad de producción de rábano en el sistema de hidroponía, mismo que hace referencia a 12 plántulas.

2.1.4. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra en este estudio se puede calcular mediante una formula estadística que representa el 95 % de nivel de confianza.

$$n = \frac{z^2 * \sigma^2 * N}{e^2(N - 1) + z^2 * \sigma^2}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra.
- z = 1.96 (95 % de confianza).
- σ = Desviación estándar (0.5, asumido).
- N: Tamaño de la población.
- e = Error de la muestra (5%).

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5^2 * 12}{0.05^2(12 - 1) + 1.96^2 * 0.5^2}$$
$$n = 11.67 \cong 12$$

2.1.5. Método de muestreo

El método de muestreo que se aplicará en la investigación hace referencia a un modelo no probabilístico: por conveniencia del autor, debido al tamaño de la población con el que se plantea trabajar.

2.1.6. Técnicas de recolección de datos

La investigación se basará en el cultivo de microorganismos, la observación directa de los hechos y a través del análisis de las propiedades fisicoquímicas de la producción de rábano.

2.1.6.1. *Bacillus subtilis*

La cepa *Bacillus subtilis* BCM-183 fue adquirida en la empresa biotecnológica BioSeb Organics, proporcionada por el gerente técnico, el Ing. Francisco Noboa y conservada en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Replicación de la cepa bacteriana e inoculación en la solución nutritiva

- **Materiales**
 - Cepa bacteriana activada.
 - Caldo Nutritivo.
 - Agar Nutritivo.
 - Matraz de Erlenmeyer.
 - Cajas Petri.
 - Tubos de ensayo.
 - Mechero.
 - Asa de cultivo.
 - Agua destilada.
 - Alcohol potable.
 - Contenedor de solución nutritiva.

- **Método**

- Lavar y esterilizar los materiales a utilizar.
- Preparar la solución necesaria de caldo nutritivo (0.64 g en 80 mL de agua destilada) y esterilizar.
- Dejar enfriar hasta temperatura ambiente y tomar los tubos de ensayo en donde se encuentra la cepa de *B. subtilis* activada.
- Verter el contenido de los tubos de ensayo en el matraz de Erlenmeyer.
- Sellar bien el matraz de Erlenmeyer e incubar a 37 °C durante 24 horas.
- Verificar los resultados después del periodo de incubación.
- Verter el contenido del matraz de Erlenmeyer en el contenedor de la solución nutritiva.
- Incubar a temperatura ambiente durante 24 horas.
- Verificar los resultados después del periodo de incubación por medio de siembra en placa.

2.1.6.2. *Pseudomonas aeruginosa*

La cepa *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 fue proveída por el laboratorio de Análisis Clínico y Microbiológico de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Activación de la cepa bacteriana

- **Materiales**

- Cepa bacteriana aislada.
- Caldo Nutritivo.
- Matraz de Erlenmeyer.
- Tubos de ensayo.
- Mechero.
- Asa de cultivo.
- Agua destilada.
- Alcohol potable.

- **Método**

- Lavar y esterilizar los materiales a utilizar.

- Preparar la solución necesaria de caldo nutritivo (0.096 g en 12 mL de agua destilada) y esterilizar.
- Dejar enfriar hasta temperatura ambiente y colocar la solución en dos tubos de ensayo.
- Tomar el eppendorf en donde se encuentra la cepa de *P. aeruginosa* aislada.
- Introducir el asa de cultivo en el eppendorf y sembrar en los tubos respectivos.
- Sellar bien los tubos de ensayo e incubar a 37 °C durante 24-48 horas.
- Verificar los resultados después del periodo de incubación.

Replicación de la cepa bacteriana e inoculación en la solución nutritiva

- **Materiales**

- Cepa bacteriana activada.
- Caldo Nutritivo.
- Agar Nutritivo.
- Matraz de Erlenmeyer.
- Cajas Petri.
- Tubos de ensayo.
- Mechero.
- Asa de cultivo.
- Agua destilada.
- Alcohol potable.
- Contenedor de solución nutritiva.

- **Método**

- Lavar y esterilizar los materiales a utilizar.
- Preparar la solución necesaria de caldo nutritivo (0.64 g en 80 mL de agua destilada) y esterilizar.
- Dejar enfriar y tomar los tubos de ensayo en donde se encuentra la cepa de *P. aeruginosa* activada.
- Verter el contenido de los tubos de ensayo en el matraz de Erlenmeyer.
- Sellar bien el matraz de Erlenmeyer e incubar a 37 °C durante 24-48 horas.
- Verificar los resultados después del periodo de incubación.
- Verter el contenido del matraz de Erlenmeyer en el contenedor de la solución nutritiva.
- Incubar a temperatura ambiente durante 24-48 horas.
- Verificar los resultados después del periodo de incubación por medio de siembra en placa.

2.1.6.3. *Altura de la planta*

- **Materiales**

- Cinta métrica

- **Método**

- Tomar la planta completa y estirar sus hojas y raíces.
- Tomar la cinta métrica y realizar la medición.
- Anotar el resultado

2.1.6.4. *Número de hojas*

- **Método**

- Tomar la planta completa.
- Realizar la medición por observación.
- Anotar el resultado

2.1.6.5. *Diámetro del fruto*

- **Materiales**

- Cinta métrica.

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Tomar la cinta métrica y medir la circunferencia del fruto.
- Realizar el cálculo correspondiente.
- Anotar el resultado.
- Ecuación:

$$\text{Diámetro} = \frac{C}{\pi}$$

Donde:

C = Circunferencia del fruto.

π = Valor de Pi.

2.1.6.6. *Peso del fruto*

- **Materiales**

- Balanza analítica *BOECO Balances BAS 31 Plus*.

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Encerar balanza analítica.
- Colocar el rábano en la balanza analítica y realizar la medición.
- Anotar el resultado.

2.1.6.7. *Porcentaje de germinación*

- **Materiales**

- Semilleros.

- **Método**

- Preparar los semilleros.
- Sembrar las semillas necesarias de la hortaliza.
- Dejar transcurrir 5 días y realizar la observación.
- Calcular el porcentaje y anotar el resultado.

2.1.6.8. *pH del fruto*

- **Materiales**

- Balanza analítica *BOECO Balances BAS 31 Plus*.
- Potenciómetro *OAKTON PC2700*.

- Probeta de 100 mL.
- Vasos de precipitación de 100 mL.
- Agua destilada.

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Calibrar el potenciómetro.
- Pesar 10 g de muestra en 90 mL de agua destilada y licuar por un minuto y medio.
- Colocar 50 mL de alícuota, después de filtrar, en un vaso de precipitación.
- Realizar la medición y anotar el resultado.

2.1.6.9. Acidez del fruto

- **Materiales**

- Balanza analítica *BOECO Balances BAS 31 Plus*.
- Equipo para titulación.
- Probeta de 100 mL.
- Vasos de precipitación de 100 mL.
- Matrices Erlenmeyer de 250 mL.
- Embudo.
- Papel filtro.
- Fenolftaleína.
- Hidróxido de sodio (0.1 N).

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Preparar equipo para titulación.
- Pesar 10 g de muestra en 90 mL de agua destilada y licuar por un minuto y medio.
- Colocar 25 mL de alícuota, después de filtrar, en un matraz Erlenmeyer y 4 gotas de fenolftaleína.
- Titular con la solución de NaOH (0.1 N).
- Observar el viraje de color morado ligero por 20-30 segundos.
- Realizar el cálculo correspondiente y anotar el resultado.
- Ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V * N * mEq}{v} * 100$$

Donde:

V = Volumen de NaOH gastado en mL.

N = Normalidad del NaOH.

mEq = Miliequivalentes del NaOH.

v = Volumen de la muestra en mL.

2.1.6.10. Azúcar del fruto

- **Materiales**

- Balanza analítica *BOECO Balances BAS 31 Plus*.
- Equipo para titulación.
- Probeta de 100 mL.
- Vasos de precipitación de 100 mL.
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL.
- Embudo.
- Papel filtro.
- Ácido clorhídrico concentrado.
- Hidróxido de sodio al 50 %.
- Solución de Fehling A.
- Solución de Fehling B.
- Núcleos de ebullición.
- Balones de aforo de 250 mL.
- Placa calefactora.
- Azul de metileno al 1 %.

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Preparar equipo para titulación.
- Preparar una solución (1:2) entre la muestra y agua destilada y licuar por un minuto y medio.

- Pesar 5 g de solución en 100 mL de agua destilada.
- Adicionar 5 mL de HCl conc., y calentar por 20 minutos.
- Neutralizar con NaOH al 50 % hasta pH 7 y aforar a 250 mL con agua destilada.
- Filtrar y colocar el filtrado en una bureta.
- En un matraz Erlenmeyer de 250 mL colocar 5 mL de solución de Fehling A y 5 mL de solución de Fehling B, añadir 40 mL de agua destilada y mezclar, colocar los núcleos de ebullición y calentar hasta ebullición por 2 minutos.
- Añadir lentamente, cada 2 segundos, 0.5 mL de la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- Agregar 4 gotas de azul de metileno al 1%, antes de los dos minutos de ebullición, y continuar con la titulación a ritmo de 0,1 mL por segundo hasta coloración rojo brillante.
- Realizar el cálculo correspondiente y anotar el resultado.
- Ecuación:

$$\% \text{ Azúcares totales} = \frac{A * T}{m * v} * 100$$

Donde:

A = Aforo de la muestra en mL.

T = Título de Fehling en g.

m = Peso de la muestra en g.

v = Volumen de la muestra gastado en mL.

2.1.6.11. Humedad del fruto

- **Materiales**

- Cápsula de pesaje.
- Balanza analítica *BOECO Balances BAS 31 Plus*.
- Estufa *Thermo Scientific Thermolyne*.

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Acondicionar una cápsula de pesaje.
- Pesar 2 g de muestra dentro de la cápsula en la balanza analítica.

- Secar en la estufa a 105 °C durante 4 horas.
- Pesar la cápsula.
- Realizar el cálculo correspondiente y anotar el resultado.
- Ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100$$

Donde:

V_i = Volumen inicial de la cápsula + muestra.

V_f = Volumen final de la cápsula + muestra.

2.1.6.12. Ácido ascórbico del fruto

- **Materiales**

- Balanza analítica *BOECO Balances BAS 31 Plus*.
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL.
- Agua destilada.
- Ácido clorhídrico concentrado.
- Solución de yodo (0.01 N).
- Solución de almidón soluble.

- **Método**

- Tomar el fruto entero y lavado.
- Preparar equipo para titulación.
- Pesar 15 g de muestra en 100 mL de agua destilada y licuar por un minuto y medio.
- Agregar 1 mL de HCl conc.
- Titular 25 mL de solución con la solución de yodo (0.01 N) en presencia de 1 mL de solución de almidón soluble hasta observar la coloración azul.
- Realizar el cálculo correspondiente y anotar el resultado.
- Ecuación:

$$\text{mg de Ác. Ascórbico} = \frac{v * Eq}{V}$$

Donde:

v = Volumen de la solución de yodo gastado en mL.

E_q = Equivalente de ácido ascórbico (0.8806 mg).

V = Volumen equivalente de ácido ascórbico (1 mL).

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. *Bacillus subtilis*

3.1.1. *Replicación de la cepa bacteriana e inoculación en la solución nutritiva*

Se observó el crecimiento y multiplicación de la cepa bacteriana de *Bacillus subtilis* debido a la turbidez presentada luego de las 24 horas de incubación en caldo nutritivo, como se observa en la Figura 1-3. Después de la inoculación en la solución nutritiva, se procedió a comprobar el crecimiento de *B. subtilis* en el contenedor. Se tomó una muestra y mediante siembra en placa se verificó el desarrollo de colonias de color blanco, de forma ovalada y de diámetro de 1 a 10 milímetros. No se evidenció crecimiento de agentes contaminantes.



Figura 1-3 Replicación de la cepa de *B. subtilis* e inoculación en la solución nutritiva

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.2. *Pseudomonas aeruginosa*

3.2.1. *Activación de la cepa bacteriana*

Se observó el crecimiento y multiplicación de la cepa bacteriana de *Pseudomonas aeruginosa* debido a la turbidez presentada luego de las 24-48 horas de incubación en caldo nutritivo, como se observa en la Figura 2-3.



Figura 2-3 Activación de la cepa de *P. aeruginosa*

Fuente: Reinoso, Rony, 2021.

3.2.2. *Replicación de la cepa bacteriana e inoculación en la solución nutritiva*

Se observó el crecimiento y multiplicación de la cepa bacteriana de *Pseudomonas aeruginosa* debido a la turbidez presentada luego de las 24-48 horas de incubación en caldo nutritivo, como se observa en la Figura 3-3. Posterior a la inoculación en la solución nutritiva, se procedió a comprobar el crecimiento de *P. aeruginosa* en el contenedor. Se tomó una muestra y mediante siembra en placa se verificó el desarrollo de colonias de color blanco, de forma ovalada y de diámetro menores a 1 hasta los 2 milímetros. No se evidenció crecimiento de agentes contaminantes.



Figura 3-3 Replicación de la cepa de *P. aeruginosa* e inoculación en la solución nutritiva

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.3. Altura de la planta

En la tabla 1-3 sobre la altura de la planta, se pueden observar las distintas alturas de las 12 plantas, valor considerado desde la raíz más profunda hasta el ápice superior de las mismas; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 19.0 centímetros, un valor máximo de 23.4 centímetros y un valor medio de 20.98 centímetros. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 20.5 centímetros, un valor máximo de 29.5 centímetros y un valor medio de 24.42 centímetros. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 19.5 centímetros, un valor máximo de 33.5 centímetros y un valor medio de 25.38 centímetros.

Tabla 1-3 Altura de la planta

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Altura de la planta (cm)	Promedio de altura de las plantas (cm)	Altura de la planta (cm)	Promedio de altura de las plantas (cm)	Altura de la planta (cm)	Promedio de altura de las plantas (cm)
1	24.50		19.50		24.80	
2	29.00		19.00		21.50	
3	19.50		23.40		24.90	
4	25.00		20.50		20.50	
5	24.00		21.20		24.30	
6	26.00	25.38	19.80	20.98	20.50	24.42
7	33.50		22.80		29.50	
8	28.00		23.10		27.00	
9	22.50		22.20		25.50	
10	25.00		20.40		24.50	
11	23.50		19.80		28.60	
12	24.00		20.00		21.40	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 4-3 Altura de la planta

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.4. Número de hojas

En la tabla 2-3 sobre el número de hojas, se pueden observar las distintas cantidades de hojas de las 12 plantas, valor considerado después de separar las hojas en mal estado; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 16 hojas, un valor máximo de 24 hojas y un valor medio de 20 hojas. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 18 hojas, un valor máximo de 30 hojas y un valor medio de 23 hojas. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 21 hojas, un valor máximo de 48 hojas y un valor medio de 31 hojas.

Tabla 2-3 Número de hojas

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Número de hojas	Promedio del número de hojas	Número de hojas	Promedio del número de hojas	Número de hojas	Promedio del número de hojas
1	27		24		21	
2	48		18		26	
3	21		16		24	
4	40		16		22	
5	29		20		21	
6	22	31	21	20	23	23
7	39		19		30	
8	36		20		26	
9	30		23		18	
10	36		19		22	
11	24		19		21	
12	21		22		20	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 5-3 Número de hojas

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.5. Diámetro del fruto

En la tabla 3-3 sobre el diámetro del fruto, se pueden observar los distintos valores del diámetro de los 12 frutos, valor considerado en el grosor máximo del fruto; teniendo para el tratamiento

con *B. subtilis* un valor mínimo de 1.43 centímetros, un valor máximo de 2.80 centímetros y un valor medio de 2.28 centímetros. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 2.10 centímetros, un valor máximo de 3.02 centímetros y un valor medio de 2.54 centímetros. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 1.43 centímetros, un valor máximo de 3.82 centímetros y un valor medio de 2.62 centímetros.

Tabla 3-3 Diámetro del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Diámetro del fruto (cm)	Promedio del diámetro del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Promedio del diámetro del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Promedio del diámetro del fruto (cm)
1	3.57		2.26		3.02	
2	3.82		1.43		2.61	
3	2.07		2.80		3.02	
4	1.43		2.39		2.80	
5	2.51		2.45		2.16	
6	3.50		2.04		2.26	
7	3.72	2.62	2.36	2.28	2.23	2.54
8	2.48		2.61		2.55	
9	1.91		2.45		2.71	
10	2.45		2.20		2.61	
11	1.43		2.23		2.39	
12	2.55		2.20		2.10	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 6-3 Diámetro del fruto

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

3.6. Peso del fruto

En la tabla 4-3 sobre el peso del fruto, se pueden observar los distintos valores del peso de los 12 frutos, valor considerado después de separar las hojas y las raíces de la planta; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 6.00 gramos, un valor máximo de 17.32 gramos y un valor medio de 9.99 gramos. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 6.49 gramos, un valor máximo de 21.73 gramos y un valor medio de 12.25 gramos. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 2.33 gramos, un valor máximo de 31.35 gramos y un valor medio de 15.79 gramos.

Tabla 4-3 Peso del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Peso del fruto (g)	Promedio del peso del fruto (g)	Peso del fruto (g)	Promedio del peso del fruto (g)	Peso del fruto (g)	Promedio del peso del fruto (g)
1	26.83		9.89		21.73	
2	31.35		6.00		14.55	
3	5.12		17.32		18.68	
4	21.49		8.96		10.81	
5	9.51		10.45		6.58	
6	26.95	15.79	7.73	9.99	7.39	12.25
7	29.94		8.16		6.91	
8	7.87		16.18		15.94	
9	6.05		10.11		13.59	
10	12.44		9.24		13.86	
11	2.33		7.28		10.42	
12	9.65		8.52		6.49	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 7-3 Peso del fruto

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.7. Porcentaje de germinación

En la tabla 5-3 sobre el porcentaje de germinación, se pueden observar los distintos valores del porcentaje de germinación, valor considerado después de un periodo de 5 días después de la siembra; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor medio de 91.67 %, que corresponde a 11 plantas germinadas y 1 planta no germinada. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor medio de 75.00 %, que corresponde a 9 plantas germinadas y 3 plantas no germinadas para el presente tratamiento. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor medio de 66.67 %, que corresponde a 8 plantas germinadas y 4 plantas no germinadas.

Tabla 5-3 Porcentaje de germinación

Muestra	CONTROL			<i>B. subtilis</i>			<i>P. aeruginosa</i>		
	Germinación al quinto día	Valor	Porcentaje de germinación	Germinación al quinto día	Valor	Porcentaje de germinación	Germinación al quinto día	Valor	Porcentaje de germinación
1	SI	1		SI	1		SI	1	
2	SI	1		NO	0		SI	1	
3	NO	0		SI	1		SI	1	
4	SI	1		SI	1		SI	1	
5	SI	1		SI	1		NO	0	
6	SI	1	66.67 %	SI	1	91.67 %	SI	1	75.00 %
7	SI	1		SI	1		NO	0	
8	NO	0		SI	1		SI	1	
9	NO	0		SI	1		SI	1	
10	SI	1		SI	1		SI	1	
11	NO	0		SI	1		SI	1	
12	SI	1		SI	1		NO	0	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

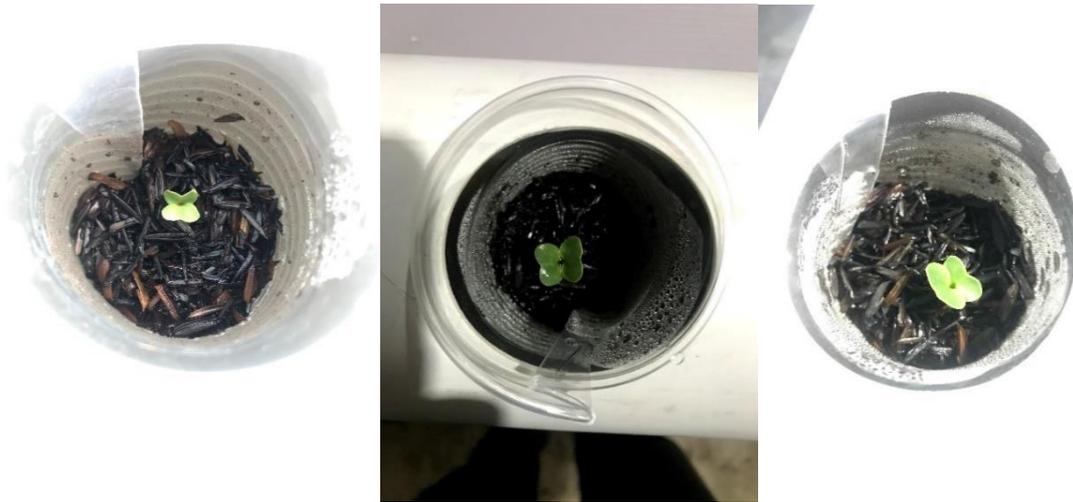


Figura 8-3 Porcentaje de germinación

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.8. pH del fruto

En la tabla 6-3 sobre el pH del fruto, se pueden observar los distintos valores del pH en los frutos, valor considerado después de realizar la prueba por triplicado; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 6.15, un valor máximo de 6.65 y un valor medio de 6.39. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 6.39, un valor máximo de 6.45 y un valor medio de 6.42. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 6.85, un valor máximo de 6.91 y un valor medio de 6.87.

Tabla 6-3 pH del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	pH del fruto	Promedio del pH del fruto	pH del fruto	Promedio del pH del fruto	pH del fruto	Promedio del pH del fruto
1	6.85		6.15		6.39	
2	6.91	6.87	6.65	6.39	6.43	6.42
3	6.86		6.37		6.45	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 9-3 pH del fruto

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.9. Acidez del fruto

En la tabla 7-3 sobre la acidez del fruto, se pueden observar los distintos valores de la acidez en los frutos, valor considerado después de realizar la prueba por triplicado; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 0.003 %, un valor máximo de 0.005 % y un valor medio de 0.004 %. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 0.011 %, un valor máximo de 0.013 % y un valor medio de 0.012 %. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 0.010 %, un valor máximo de 0.014 % y un valor medio de 0.012 %.

Tabla 7-3 Acidez del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Acidez del fruto	Promedio de acidez del fruto	Acidez del fruto	Promedio de acidez del fruto	Acidez del fruto	Promedio de acidez del fruto
1	0.011 %		0.005 %		0.011 %	
2	0.010 %	0.012 %	0.004 %	0.004 %	0.013 %	0.012 %
3	0.014 %		0.003 %		0.011 %	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 10-3 Acidez del fruto

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.10. Azúcar del fruto

En la tabla 8-3 sobre el azúcar del fruto, se pueden observar los distintos valores del azúcar en los frutos, valor considerado después de realizar la prueba por triplicado; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 1.01 %, un valor máximo de 1.04 % y un valor medio de 1.02 %. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 1.02 %, un valor máximo de 1.05 % y un valor medio de 1.04 %. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 1.06 %, un valor máximo de 1.10 % y un valor medio de 1.08 %.

Tabla 8-3 Azúcar del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Azúcar del fruto	Promedio de azúcar del fruto	Azúcar del fruto	Promedio de azúcar del fruto	Azúcar del fruto	Promedio de azúcar del fruto
1	1.10 %		1.01 %		1.04 %	
2	1.07 %	1.08 %	1.04 %	1.02 %	1.05 %	1.04 %
3	1.06 %		1.02 %		1.02 %	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 11-3 Azúcar del fruto

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.11. Humedad del fruto

En la tabla 9-3 sobre la humedad del fruto, se pueden observar los distintos valores de la humedad en los frutos, valor considerado después de realizar la prueba por triplicado; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 2.87 %, un valor máximo de 3.94 % y un valor medio de 3.42 %. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 4.08 %, un valor máximo de 4.50 % y un valor medio de 4.36 %. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 4.50 %, un valor máximo de 6.43 % y un valor medio de 5.16 %.

Tabla 9-3 Humedad del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Humedad del fruto	Promedio de humedad del fruto	Humedad del fruto	Promedio de humedad del fruto	Humedad del fruto	Promedio de humedad del fruto
1	6.43 %		3.94 %		4.50 %	
2	4.50 %	5.16 %	3.46 %	3.42 %	4.08 %	4.36 %
3	4.55 %		2.87 %		4.48 %	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 12-3 Humedad del fruto

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.12. Ácido ascórbico del fruto

En la tabla 10-3 sobre el ácido ascórbico del fruto, se pueden observar los distintos valores del ácido ascórbico en los frutos, valor considerado después de realizar la prueba por triplicado; teniendo para el tratamiento con *B. subtilis* un valor mínimo de 3.52 miligramos, un valor máximo de 3.96 miligramos y un valor medio de 3.76 miligramos. Para el tratamiento con *P. aeruginosa* se tiene un valor mínimo de 2.11 miligramos, un valor máximo de 2.55 miligramos y un valor medio de 2.38 miligramos. Mientras que el control de los tratamientos presenta un valor mínimo de 1.32 miligramos, un valor máximo de 1.59 miligramos y un valor medio de 1.44 miligramos.

Tabla 10-3 Ácido ascórbico del fruto

Muestra	CONTROL		<i>B. subtilis</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Ácido ascórbico del fruto (mg)	Promedio de ácido ascórbico del fruto (mg)	Ácido ascórbico del fruto (mg)	Promedio de ácido ascórbico del fruto (mg)	Ácido ascórbico del fruto (mg)	Promedio de ácido ascórbico del fruto (mg)
1	1.41		3.96		2.11	
2	1.32	1.44	3.79	3.76	2.47	2.38
3	1.59		3.52		2.55	

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021



Figura 13-3 Ácido ascórbico del fruto

Fuente: Reinoso, Rony, 2021

3.13. Análisis estadístico

El análisis estadístico inferencial que se utilizó para la presente investigación fue el método de ANOVA, incluyendo un post test de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %. La técnica ANOVA permite realizar las comparaciones necesarias entre las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos, verificando la presencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los mismos y de esta manera evitar errores en los resultados.

3.13.1. Altura de la planta

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media de la altura de la planta es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media de la altura de la planta no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 11-3 Altura de la planta. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento1	2	128.5	64.25	10.103	0.000772***
Medición1	11	123.2	11.20	1.761	0.124630
Error	22	139.9	6.36		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para la altura de la planta se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las

medias de la altura de la planta son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 12-3 Altura de la planta. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	25.37500	a
<i>P. aeruginosa</i>	24.41667	a
<i>B. subtilis</i>	20.97500	b

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

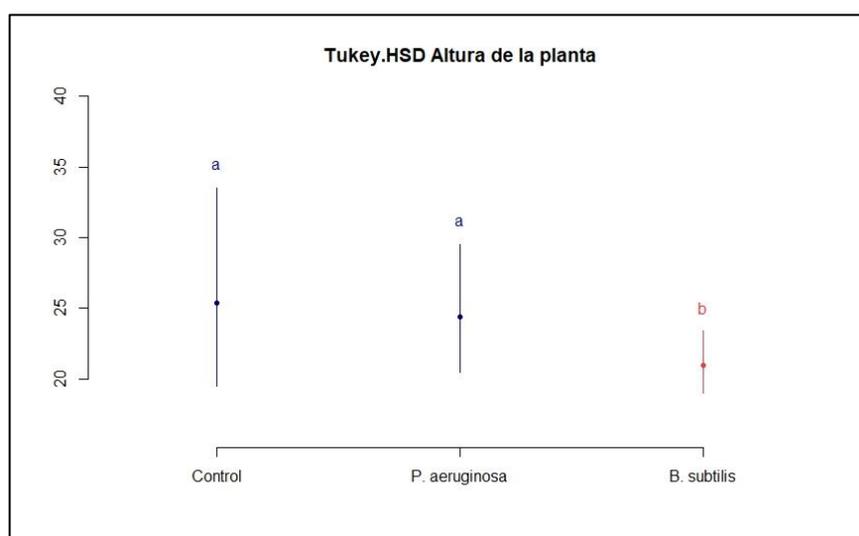


Gráfico 1-3 Altura de la planta. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento con *B. subtilis* hacia los demás tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten distinta letra son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento Control presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.2. Número de hojas

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del número de hojas es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del número de hojas no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 13-3 Número de hojas. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento2	2	824.1	412.0	13.83	0.000129***
Medición2	11	363.6	33.1	1.11	0.399103
Error	22	655.3	29.8		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el número de hojas se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del número de hojas son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 14-3 Número de hojas. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	31.08333	a
<i>P. aeruginosa</i>	22.83333	b
<i>B. subtilis</i>	19.75000	b

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

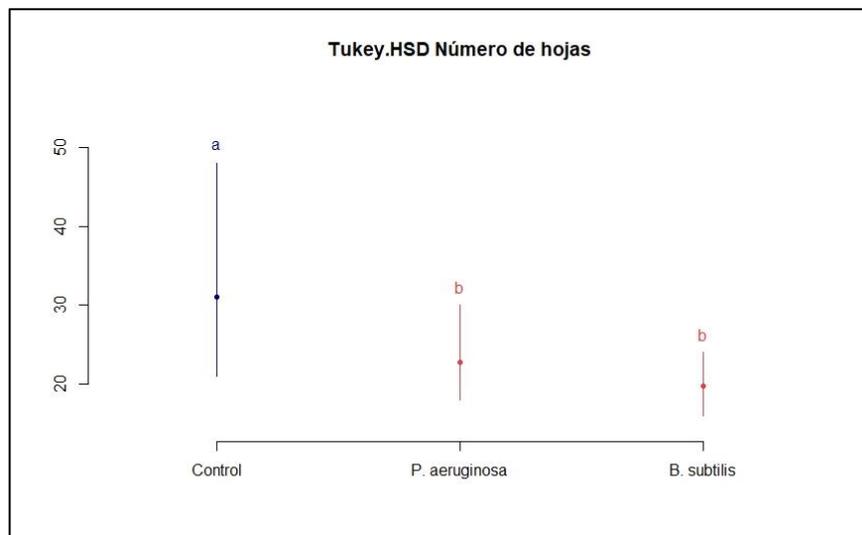


Gráfico 2-3 Número de hojas. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento Control hacia los demás tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que

presenten distinta letra son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento Control presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.3. Diámetro del fruto

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del diámetro del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del diámetro del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 15-3 Diámetro del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento3	2	0.740	0.3702	0.993	0.387
Medición3	11	2.175	0.1977	0.530	0.862
Error	22	8.204	0.3729		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el diámetro del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del diámetro del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 16-3 Diámetro del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	2.620751	a
<i>P. aeruginosa</i>	2.538521	a
<i>B. subtilis</i>	2.283873	a

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

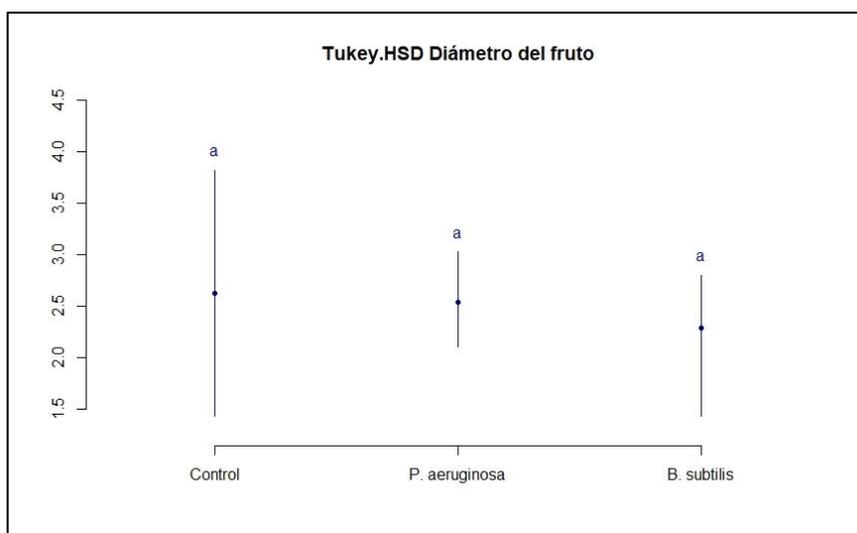


Gráfico 3-3 Diámetro del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey no se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre los distintos tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten la misma letra no son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento Control presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.4. *Peso del fruto*

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del peso del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del peso del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 17-3 Peso del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento	2	205.7	102.84	1.888	0.175
Medición	11	469.3	42.66	0.783	0.654
Error	22	1198.2	54.46		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el peso del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del peso del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un

test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 18-3 Peso del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	15.794167	a
<i>P. aeruginosa</i>	12.245833	a
<i>B. subtilis</i>	9.986667	a

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

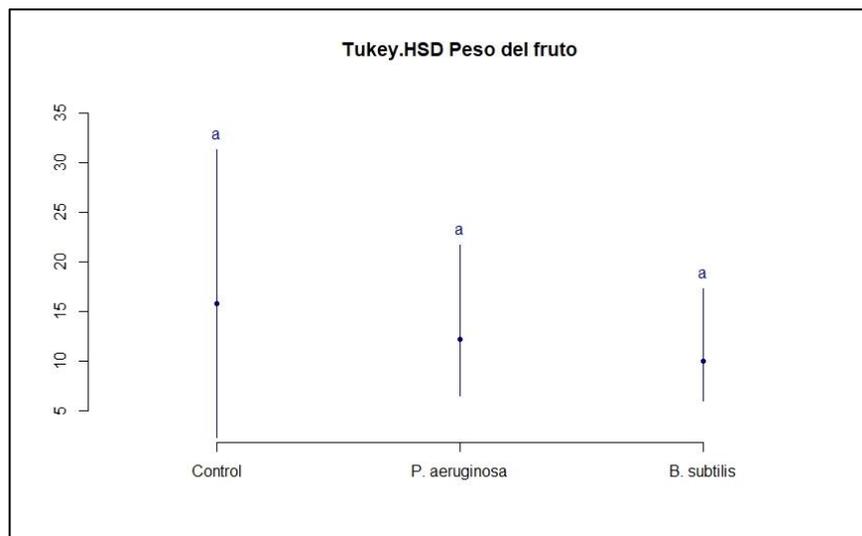


Gráfico 4-3 Peso del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey no se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre los distintos tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten la misma letra no son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento Control presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.5. Porcentaje de germinación

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del porcentaje de germinación es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del porcentaje de germinación no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 19-3 Porcentaje de germinación. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento ⁵	2	0.389	0.19444	0.865	0.435
Medición ⁵	11	0.889	0.08081	0.360	0.959
Error	22	4.944	0.22475		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el porcentaje de germinación se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del porcentaje de germinación son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 20-3 Porcentaje de germinación. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	0.6666667	a
<i>P. aeruginosa</i>	0.7500000	a
<i>B. subtilis</i>	0.9166667	a

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

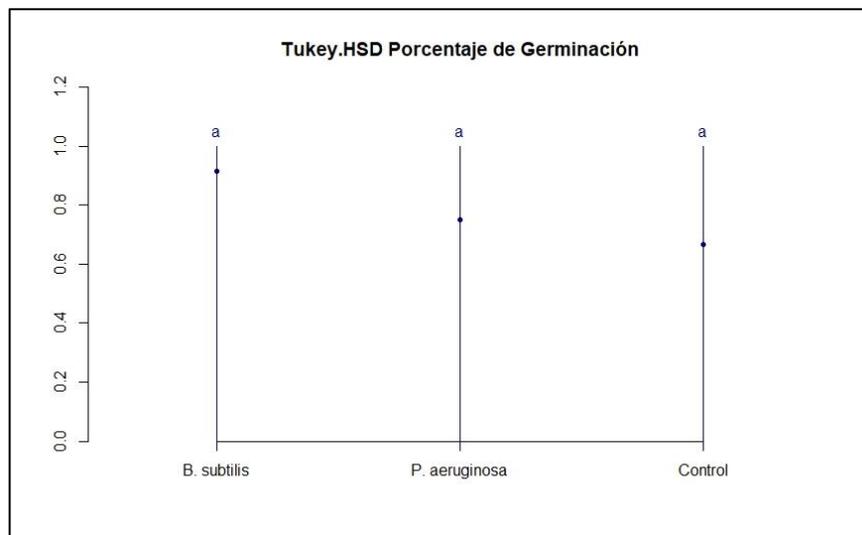


Gráfico 5-3 Porcentaje de germinación. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey no se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre los distintos tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten la misma

letra no son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento con *B. subtilis* presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.6. pH del fruto

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del pH del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del pH del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 21-3 pH del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento⁶	2	0.4372	0.21861	12.580	0.0188*
Medición⁶	2	0.0600	0.03001	1.727	0.2880
Error	4	0.0695	0.01738		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el pH del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del pH del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 22-3 pH del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	6.873333	a
<i>P. aeruginosa</i>	6.423333	b
<i>B. subtilis</i>	6.390000	b

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

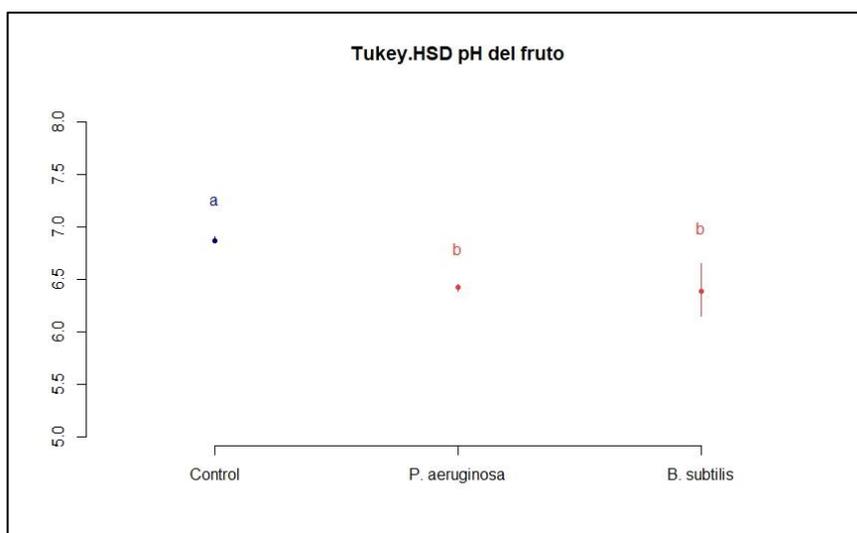


Gráfico 6-3 pH del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento Control hacia los demás tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten distinta letra son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento con *B. subtilis* presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.7. Acidez del fruto

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media de la acidez del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media de la acidez del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 23-3 Acidez del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento7	2	1.196e ⁻⁰⁸	5.98e ⁻⁰⁹	17.163	0.0109*
Medición7	2	1.000e ⁻¹⁰	5.00e ⁻¹¹	0.143	0.8711
Error	4	1.394e ⁻⁰⁹	3.48e ⁻¹⁰		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para la acidez del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias de la acidez del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar

un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 24-3 Acidez del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	0.0001173245	a
<i>P. aeruginosa</i>	0.0001173245	a
<i>B. subtilis</i>	0.0000399970	b

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

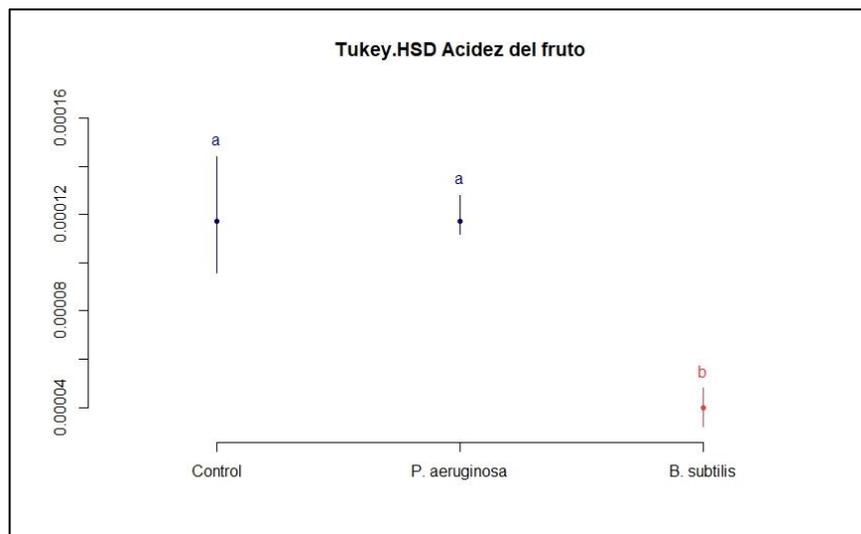


Gráfico 7-3 Acidez del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento con *B. subtilis* hacia los demás tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten distinta letra son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento Control y el tratamiento con *P. aeruginosa* comparten los mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.8. Azúcar del fruto

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del azúcar del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del azúcar del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 25-3 Azúcar del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento	2	4.448e ⁻⁰⁷	2.224e ⁻⁰⁷	6.857	0.051
Medición	2	6.030e ⁻⁰⁸	3.014e ⁻⁰⁸	0.929	0.466
Error	4	1.297e ⁻⁰⁷	3.243e ⁻⁰⁸		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el azúcar del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del azúcar del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 26-3 Azúcar del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	0.01076340	a
<i>P. aeruginosa</i>	0.01038892	ab
<i>B. subtilis</i>	0.01023380	b

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

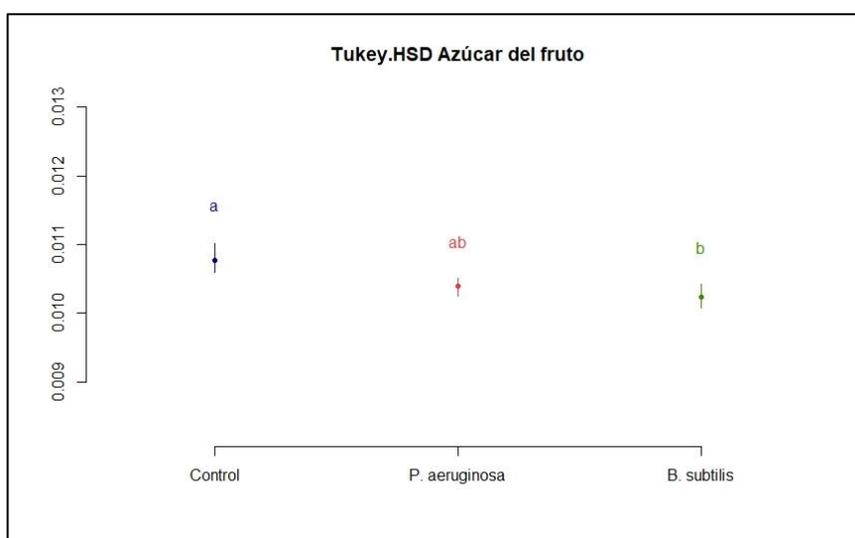


Gráfico 8-3 Azúcar del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una particularidad en la diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento con *P. aeruginosa* hacia los demás tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten distinta letra son significativamente diferentes; sin

embargo, el tratamiento con *P. aeruginosa* comparte letras tanto con el tratamiento Control como con el tratamiento con *B. subtilis*, lo que indica únicamente diferencia entre estos dos últimos tratamientos. Finalmente, se tiene que el tratamiento Control presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.9. Humedad del fruto

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media de la humedad del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media de la humedad del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 27-3 Humedad del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento⁹	2	0.0004539	2.270e ⁻⁰⁴	7.362	0.0456*
Medición⁹	2	0.0001859	9.294e ⁻⁰⁵	3.014	0.1591
Error	4	0.0001233	3.083e ⁻⁰⁵		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para la humedad del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias de la humedad del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 28-3 Humedad del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	0.05160182	a
<i>P. aeruginosa</i>	0.04356673	ab
<i>B. subtilis</i>	0.03422192	b

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

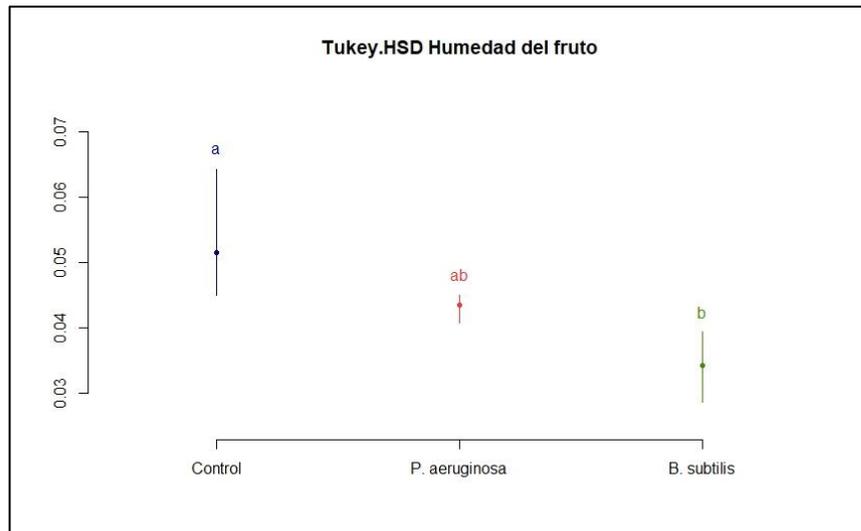


Gráfico 9-3 Humedad del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una particularidad en la diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento con *P. aeruginosa* hacia los demás tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten distinta letra son significativamente diferentes; sin embargo, el tratamiento con *P. aeruginosa* comparte letras tanto con el tratamiento Control como con el tratamiento con *B. subtilis*, lo que indica únicamente diferencia entre estos dos últimos tratamientos. Finalmente, se tiene que el tratamiento con *B. subtilis* presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.13.10. Ácido ascórbico del fruto

Se plantearon las hipótesis nula y alternativa:

H_0 = La media del ácido ascórbico del fruto es igual para todos los tratamientos.

H_1 = La media del ácido ascórbico del fruto no es igual para todos los tratamientos.

Tabla 29-3 Ácido ascórbico del fruto. ANOVA

F.V.	D.F.	SUM. SQ.	MEAN SQ.	F. VALUE	PR (>F)
Tratamiento10	2	8.163	4.081	68.652	0.000801***
Medición10	2	0.005	0.003	0.043	0.957900
Error	4	0.238	0.059		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

De acuerdo con el ANOVA realizado para el ácido ascórbico del fruto se tiene que $p > 0.05$ por lo que se procede a rechazar la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula que indica que las medias del ácido ascórbico del fruto son iguales para todos los tratamientos. Sin embargo, se procedió a realizar un test de Tukey para identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 30-3 Ácido ascórbico del fruto. Test de Tukey

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS
Control	1.438313	c
<i>P. aeruginosa</i>	2.377620	b
<i>B. subtilis</i>	3.757227	a

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

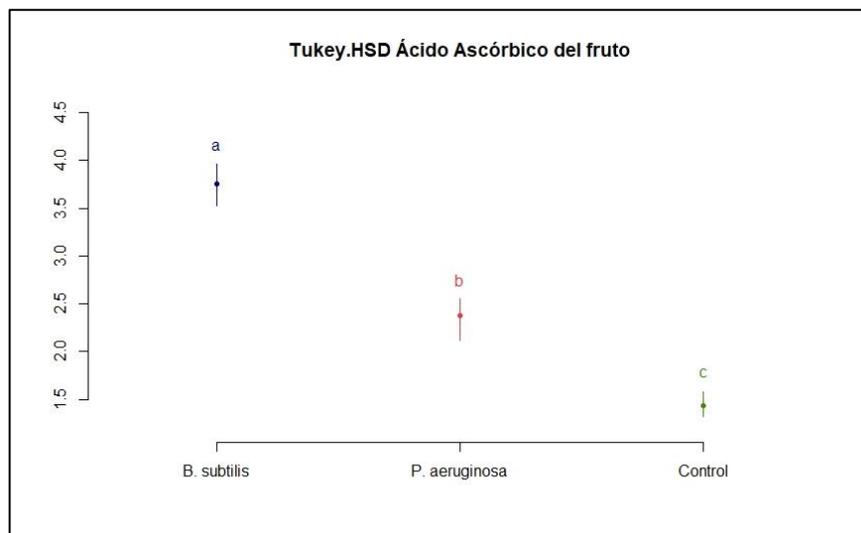


Gráfico 10-3 Ácido ascórbico del fruto. Test de Tukey

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

Mediante el test de Tukey se logró identificar una diferencia estadísticamente significativa entre los tres tratamientos, debido a que los tratamientos o grupos que presenten distinta letra son significativamente diferentes. Finalmente, se tiene que el tratamiento con *B. subtilis* presenta mejores resultados para el presente parámetro.

3.14. Análisis costo – beneficio

Tabla 31-3 Análisis costo – beneficio de la producción de rábano para un solo tratamiento

Rubro	Cantidad	Unidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Egresos-Insumos				
Solución Nutritiva	80	mL	0.006	0.48
Semillas	1	g	0.050	0.05
Semillero	1	Kg	0.100	0.10
Vasos	12	-	0.010	0.12
Subtotal				0.75
Ingresos				
Venta de rábanos	12	-	0.083	1.00
Ingresos totales	1.00	\$		
Egresos totales	0.75	\$		
Diferencia	0.25	\$		
B/C	1.33	-		

Elaborado por: Reinoso, Rony, 2021

En la tabla 31-3 sobre el costo – beneficio de la producción de rábano para un solo tratamiento, sin considerar los gastos de instalación del invernadero ni de los equipos utilizados en el sistema de hidroponía, se puede observar que los ingresos de \$ 1.00 son mayores a los egresos de \$ 0.75. Calculando el beneficio - costo (Ingresos/Egresos) se tiene como resultado 1.33, valor superior a 1, el cual indica que los ingresos son superiores a los egresos, es decir, el beneficio es superior al costo y, por ende, la producción fue económicamente factible.

3.15. Comprobación de hipótesis

- La producción de rábanos en sistemas hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* presenta valores superiores, de acuerdo con las propiedades fisicoquímicas, ante aquella producción tradicional sin uso de microorganismos.

Se rechaza la hipótesis debido a que, después de realizar los análisis correspondientes sobre las tres producciones, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en los valores de las propiedades fisicoquímicas. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que existan pequeñas o grandes mejorías en algunas características sobre posteriores producciones de rábano y demás hortalizas.

- En los cultivos hidropónicos se gasta mayor cantidad de agua que en un cultivo tradicional en tierra.

Se rechaza la hipótesis debido a que, en la presente investigación, para la producción completa de 12 plantas en 2 m² se utilizan 40 L de agua; comparando con datos proporcionados por InfoAgro, se requieren 880 m³/ha en riego por aspersión sobre el suelo y, realizando los cálculos correspondientes, se requerirían 176 L para 2 m² de terreno. De igual manera, comparando con la información proporcionada por HydroEnvironment, en donde se indica que cada planta requiere 450 mL de agua al día, realizando los cálculos correspondientes para 35 días (periodo máximo de maduración del rábano), se requerirían 189 L para 12 plantas. Es decir, la producción en un sistema hidropónico ocupó menos de la cuarta parte de agua que un cultivo tradicional necesita en ambas comparaciones.

- El monitoreo constante de los elementos componentes del sistema hidropónico, tales como el temperatura, pH y conductividad eléctrica, contribuyen al desarrollo y maduración completa del fruto.

Se acepta la hipótesis debido que el monitoreo adecuado y periódico de estos tres parámetros señalan el funcionamiento regular del ciclo de cultivo puesto que la temperatura de la solución nutritiva indicaba el aumento o disminución del calor dentro de los contenedores, el pH de la solución, ya sea medio ácido o básico, indica la facilidad con la que las plantas absorben los nutrientes y, finalmente, la conductividad eléctrica indica la presencia y consumo de la solución nutritiva por parte de las plantas.

- El porcentaje de germinación es de considerable importancia sobre los resultados de cada producción e influye en otras propiedades a analizar.

Se acepta la hipótesis debido a que el porcentaje de germinación es un parámetro que predice el comportamiento de la planta al final del ciclo de cultivo, es decir, si el valor es positivo se considera que resultará un fruto maduro adecuado, mientras que si el valor es nulo se considera que resultará un fruto con características deficientes. De esta manera, se comprueba que el porcentaje de germinación influye principalmente sobre las propiedades físicas a analizar de la planta, tales como la altura, el número de hojas y el diámetro y peso del fruto.

3.16. Discusión de resultados

De acuerdo con Velasco et al. (2020), la rizobacteria *Bacillus subtilis* tiene mecanismos de acción, directos e indirectos, en la promoción del crecimiento vegetal, tales como absorción de nutrientes, incremento del área de la raíz, formación de hojas, prevención de la senescencia, protección ante fitopatógenos y crecimiento de la planta en condiciones de estrés. Sin embargo, en el análisis de las propiedades físicas (altura, número de hojas, diámetro, peso) no se reflejan estos resultados, siendo una de las causas principales las altas temperaturas dentro del invernadero provocadas por la inclemencia del clima. No obstante, la producción con *B. subtilis* alcanzó mejores resultados en el porcentaje de germinación, pH del fruto y en el contenido de humedad y ácido ascórbico del fruto frente al tratamiento de *P. aeruginosa* y el control de los tratamientos.

Por otra parte, la rizobacteria *Pseudomonas aeruginosa* tiene mecanismos de acción, directos o indirectos, en la promoción del crecimiento vegetal, tales como incremento del área de la raíz, formación de hojas, prevención de la senescencia y crecimiento de la planta en condiciones de estrés (Velasco et al. 2020). Sin embargo, en el análisis de las propiedades físicas (altura, número de hojas, diámetro, peso) no se reflejan estos resultados, se presume que el microorganismo colonizó la zona radicular del fruto impidiendo la absorción necesaria de nutrientes y por lo tanto perjudicando a la planta ya que las hojas de esta producción presentaron pronta senescencia de las mismas. A pesar de estos inconvenientes, la producción con *P. aeruginosa* presentó leves mejorías en ciertas propiedades, únicamente, frente al control de los tratamientos, tales como porcentaje de germinación, pH del fruto y en el contenido de acidez, humedad y ácido ascórbico del fruto.

El control de los tratamientos ofreció mejores resultados en las propiedades físicas (altura, número de hojas, diámetro, peso) de la producción frente a los demás tratamientos. Sin embargo, se situó por detrás de los tratamientos con microorganismos en cuanto a las propiedades químicas (pH, acidez, humedad, ácido ascórbico) de los mismos, destacando únicamente en el parámetro de azúcar del fruto con una diferencia mínima.

Existe una particularidad en los valores de pH y humedad del fruto ya que se señalan como mejores resultados a los valores más bajos. De acuerdo con Moscoso (2017), las causas principales en el pH se deben a que este parámetro influye sobre la mayoría de agentes patógenos que pueden actuar sobre el fruto siendo recomendable un pH ácido o menor a 7; mientras que las causas principales en la humedad del fruto se deben a que este parámetro es de vital importancia sobre la calidad de los alimentos ya que indica la cantidad de agua disponible en los frutos y un valor mayor contribuiría a la proliferación de agentes patógenos o a su vez, generaría el deterioro acelerado del fruto hasta llegar a estropearlo.

CONCLUSIONES

- Se realizó un estudio comparativo entre diez propiedades fisicoquímicas del rábano (*Raphanus sativus*), tales como altura y número de hojas de la planta, diámetro y peso del fruto, porcentaje de germinación, pH del fruto y el contenido de acidez, azúcar, humedad y ácido ascórbico del fruto, en cultivos hidropónicos inoculados con *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*.
- Se evaluó la producción total de *Raphanus sativus* en cultivos de hidroponía en base al porcentaje de germinación de cada tratamiento y de acuerdo al monitoreo periódico de los elementos hidropónicos tales como temperatura, pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva para la maduración completa de los frutos. Además, se inocularon cepas bacterianas de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* en la solución nutritiva del sistema hidropónico, comprobando el desarrollo bacteriano en la solución mediante siembra en placa en el laboratorio teniendo como resultado la abundante presencia de estos microorganismos.
- Se analizaron las propiedades fisicoquímicas de los rábanos obtenidos en los cultivos hidropónicos para cada tratamiento en donde se identificó la poca o nula efectividad de estos dos microorganismos en la mejoría de las características del rábano, destacándose *Bacillus subtilis* en las propiedades de porcentaje de germinación, pH, humedad y contenido de ácido ascórbico del fruto. Mientras que en las demás propiedades sobresalió el tratamiento Control por encima de los tratamientos con bacterias.
- Se determinó el costo y el beneficio de la producción de rábano con la presente tecnología para la aplicación de huertos urbanos siendo una producción económicamente factible debido a que los ingresos son superiores a los egresos en la obtención de rábanos para un solo tratamiento. Es menester destacar que los gastos iniciales en la construcción del invernadero y del sistema hidropónico NFT no fueron considerados en el cálculo ya que la comparación se basa únicamente en la producción neta del fruto.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas microbiológicas de los distintos frutos obtenidos para verificar la presencia o no de las rizobacterias utilizadas en el interior de los rábanos.
- Inocular las cepas bacterianas en los semilleros para comprobar si se alcanzarían resultados superiores en cuanto al porcentaje de germinación.
- Realizar los tratamientos en simultáneo para obtener una comparación en tiempo real.
- Probar los tratamientos en otros sistemas hidropónicos para identificar semejanzas y diferencias entre sistemas para la producción de rábano hidropónico.

BIBLIOGRAFÍA

ADESEMOYE, A.O; et al. “Comparison of plant growth-promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables”. *Brazilian Journal of Microbiology*, [En línea], 2008, (Brasil), 39 (3), pp. 423–426, [Consulta: 29 noviembre 2020]. ISSN 1678-4405. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/tyBk55TqgP7Gzbv688bNHtC/?lang=en#>

ALVARADO AGUIRRE, Adrián. Incidencia de los plaguicidas sobre los organismos del suelo (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador). 2019, pp. 13 - 14. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6001/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000124.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ÁVILA SILVA, Lileth. DOSIS DE FERTILIZANTE CON MICROORGANISMOS BENÉFICOS (FERTI EM) EN EL CULTIVO DE RABANITO (*Raphanus sativus* L.) EN LA PROVINCIA DE LAMAS. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín, (Perú). 2014, pp. 6 [Consulta: 07 diciembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/598>

BELTRANO, J & GIMÉNEZ, D.O. *Cultivo en hidroponía* [en línea]. La Plata - Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata, 2015. [Consulta: 04 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/66458>.

BRAVO-BURGUILLOS ROS, Laura. RESISTENCIA ANTIBIÓTICA EN *Pseudomonas aeruginosa*: SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA EN ESPAÑA Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, (Madrid – España). 2018, pp. 4. [Consulta: 19 febrero 2021]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/62479/>.

CALDAS QUIÑONEZ, A.L; et al. Diseño y construcción de sistemas acuapónicos a pequeña escala para familias de la región Piura. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, (Piura - Perú). 2008, [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/4285>

CARRERA BASTIDAS, Jonatan Vicente. RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus*) A LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, (Cotopaxi – Ecuador). 2015, pp. 14 [Consulta: 07 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3546>.

CHÁVEZ PAREDES, María Antonieta. OBTENCIÓN DE UN BIOFUNGICIDA A BASE DE *Bacillus subtilis* MEDIANTE FERMENTACIÓN LIQUIDA SUMERGIDA UTILIZANDO RESIDUOS AGROINDUSTRIALES. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba –

Ecuador). 2018, pp. 10. [Consulta: 01 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10548>.

CHUQUIANA CUNALATA, María Gabriela. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COLINESTERASA SÉRICA Y ENZIMAS DEL PERFIL HEPÁTICO (AST, ALT, APL, BILIRRUBINAS y GGT) EN LOS AGRICULTORES DE LA COMUNIDAD GUASLÁN GRANDE DEL CANTÓN RIOBAMBA QUE ESTÁN EXPUESTOS A PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba – Ecuador). 2016, pp. 20 [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4980>.

FLORES, M; et al. *Infraestructura para cultivos hidropónicos* [en línea]. Santiago de Chile - Chile: Centro de Estudios Postcosecha Universidad de Chile, 2020. [Consulta: 06 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.microhortalizas.uchile.cl/doc/fichas/1.%20Tipos%20de%20invernaderos.pdf>

GAVIN MOYANO, César Stalin. Producción de un simbiótico para alimentación animal a partir de *Bacillus subtilis* con un sustrato de residuos agroindustriales. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba – Ecuador). 2018, pp. 29-30. [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10415>.

GIRALDO ESPINOZA, Beatriz Elena, & NAVARRO MELO, Helbert Andrés. Sensibilizar acerca del uso razonable del suelo y el cuidado del medio ambiente a través de los cultivos hidropónicos en el corregimiento de Nariño municipio de Tuluá Valle del Cauca. (Trabajo de titulación) (Doctoral). [En línea], Fundación Universitaria Los Libertadores, (Bogotá – Colombia). 2019, pp. 2-4. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11371/1835>.

GUIZIOU, S; et al. “A part toolbox to tune genetic expression in *Bacillus subtilis*”. *Nucleic Acids Research*, [en línea], 2016, 44 (15), pp. 7495-7508. [Consulta: 17 febrero 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/nar/gkw624>.

HERRERA BELTRÁN, Aldemar, & SUÁREZ BAUTISTA, Sergio Andrés. Estudio de Factibilidad Financiera del Cultivo Hidropónico de lechuga Cresspa, Caso: Finca el Tambo Vereda el Aventino en el municipio de Mutiscua. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias, Universidad Santo Tomás, (Bucaramanga – Colombia). 2016, pp. 29. [Consulta: 04 diciembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/9716>.

HOSSEINZADEH, S; et al. “Closed hydroponic systems: operational parameters, root exudates occurrence and related water treatment”. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*,

[en línea], 2017, 16 (1), pp. 59-79. [Consulta: 06 diciembre 2020]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-016-9418-6>.

HYDRO ENVIROMENT. *Guía para el Cultivo de Rábano* [blog]. México: COMERCIALIZADORA HYDRO ENVIRONMENT S.A. DE C.V, 2008. [Consulta: 14 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=406&fbclid=IwAR0-sOs4EoBLHh4hCn9mFGEM2iQdcbczMjLZltkC1VMWWmBHtiVzL_sRzYE

INFOAGRO. *El cultivo de la Alfalfa (1° parte)* [blog]. España: AGRI nova Science. [Consulta: 14 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa2.htm?fbclid=IwAR3B0d_DP6SWBtvLPgR1ZF4ey3p3JLTGy7qhWhK40LK_89yiJy7D_tli3dg

KHAN, F.A; et al. “A Review on Hydroponic Greenhouse Cultivation for Sustainable Agriculture”. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Science*, [en línea], 2018, (Turquía), 2 (2), pp. 59-66. [Consulta: 04 diciembre 2020]. ISSN 2618-5946. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/324416286>.

LEE, S., & LEE, J. “Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods”. *Scientia Horticulturae* [en línea], 2015, 195, pp. 206–215. [Consulta: 21 noviembre 2020]. ISSN 0304-4238. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301758>

MOHAPATRA, Bikash Chandra; et al. “Design and development of a portable and streamlined nutrient film technique (NFT) aquaponic system”. *Aquacultural Engineering*, [en línea], 2020, 90 (1), pp. 102100. [Consulta: 14 septiembre 2021]. ISSN 0144-8609. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860919301220>.

MORENO BARONA, Yeison Stiven. Construcción e implementación de un cultivo hidropónico en la zona urbana del municipio de Puerto Tejada. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, (Santander de Quilichao – Colombia). 2020, pp. 19-20 [Consulta: 06 diciembre 2020]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36687>

MORENO-RESÉNDEZ; et al. “Plant growth promoting rhizobacteria: a biofertilization alternative for sustainable agriculture”. *Revista Colombiana de biotecnología*, [en línea], 2018, 20 (1), pp. 68-83. [Consulta: 07 diciembre 2020]. ISSN 0123-3475. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>.

MOSCOSO SILVA, Mónica Viviana. TECNOLOGÍA DE IV GAMA PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL RABANO (*Raphanus sativus*) CULTIVADO EN LA PARROQUIA DE PANZALEO. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, (Ambato – Ecuador). 2017,

pp. 30-32. [Consulta: 01 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/6013>.

MOSQUERA GUTIÉRRES, Juan José. VALORACIÓN DE LA APLICACIÓN DE INÓCULOS DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS (MOBs) EN EL CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus*) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL-PAUTE. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, (Cuenca – Ecuador). 2018, pp. VII. [Consulta: 06 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16423>.

OÑA PAUCAR, Edwin Steeven. MEDICIÓN DE pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA PARA EL CONTROL DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO NFT. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, (Ibarra – Ecuador). 2020, pp. 6-7 [Consulta: 06 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10622>

ORTEGA-ANTE, D. “Approach to Industrial Biotechnology in Ecuador and the Province of Esmeraldas”. *Polo del Conocimiento*, [en línea], 2020, 5 (8), pp. 1228-1239. [Consulta: 16 diciembre 2020]. ISSN 2550 - 682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7554325.pdf>

PAZ-ZARZA, VM; et al. “*Pseudomonas aeruginosa*: patogenicidad y resistencia antimicrobiana en la infección urinaria”. *Revista Chilena de Infectología*, [en línea], 2019, 36 (2), pp. 180-189. [Consulta: 19 febrero 2021]. ISSN 0716-1018. Disponible en: <https://revinf.cl/index.php/revinf/article/view/420>

PROTIM -SANDILYA, S; et al. “Impact of *Pseudomonas aeruginosa* MAJ PIA03 affecting the growth and phytonutrient production of castor, a primary host-plant of *Samia ricini*”. *Journal of soil science and plant nutrition*, [en línea], 2017, 17 (2), pp. 499-514. [Consulta: 19 febrero 2021]. ISSN 0718-9516. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162017000200017&lng=es&nrm=iso

ROJAS-FERNÁNDEZ, J.A; et al. “RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN SUELOS DE USO AGRÍCOLA Y RIESGO DE EXPOSICIÓN EN LA MICROCUENCA LOS ZARZALES, MUNICIPIO RIVAS DÁVILA, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, [en línea], 2019, 35 (2), pp. 307–315. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.02.04/46828>.

RUBIO MENA, Carsten. AUTOMATIZACIÓN DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO NFT PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA, RIEGO Y MEZCLA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA, UBICADA EN LA ZONA URBANA DE QUITO. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana,

(Quito – Ecuador). 2017, pp. 8-11 [Consulta: 06 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14533>

SHARMA, N; et al. “Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview”. *Journal of Soil and Water Conservation*, [en línea], 2018, 17 (4), pp. 364-371. [Consulta: 05 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Hydroponics-as-an-advanced-technique-for-vegetable-Sharma-Acharya/b73aae3a6a6a24cfe3cb9ae111a29e294f74469d>

TUL CASTRO, Jacqueline Stefanía. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA FLOR DE RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS*) PARA CREACIÓN DE UN SAZONADOR PICANTE. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, (Guayaquil – Ecuador). 2020, pp. 7-16 [Consulta: 07 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49540>

VALLES FÉLIX, Jhordan Vinicio. SISTEMA DE MEZCLA DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y ÁCIDO PARA UN CULTIVO HIDROPÓNICO BASADO EN LA TÉCNICA DE PELÍCULA DE NUTRIENTES (NFT), (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, (Ibarra – Ecuador). 2020, pp. 9-15. [Consulta: 04 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10670>.

VELASCO-JIMÉNEZ, A; et al. “Rhizospheric bacteria with potential benefits in agricultura”. *Revista Terra Latinoamericana*, [en línea], 2020, 38 (2), pp. 333-345. [Consulta: 29 noviembre 2020]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>.

VELASCO SUXO, Elvis Alfer. DISEÑO DE UNA CÁMARA CONTROLADA Y MONITOREADA POR INTERNET PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES EN LOS VIVEROS DE EMAVERDE. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Tecnología, Universidad Mayor de San Andres, (La Paz – Bolivia). 2018, pp. 33. [Consulta: 15 septiembre 2021]. Disponible en: https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/18782?fbclid=IwAR18_kEVUBL_9On9HwsruGJysFH7zpMByRsD_HBuNIXqfQEG4GIOcGsSGjM.

VITERI BONILLA, Francisco Javier. Estudio Bioquímico Clínico de la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos sobre el perfil Hepático en agricultores de la parroquia de San Luís cantón Riobamba provincia de Chimborazo. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea], Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba – Ecuador). 2015, pp. 15. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4015>.

ANEXOS

ANEXO A POBLACIONES DE RÁBANO UTILIZADAS



Control



Tratamiento *P. Aeruginosa*



Tratamiento *B. subtilis*



Conjunto de rábanos hidropónicos

ANEXO B CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO



ANEXO C CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT



ANEXO D MONITOREO pH, TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA



ANEXO E CERTIFICACIÓN DE LA CEPA BACTERIANA DE *Bacillus subtilis*



Ambato, 20 de septiembre de 2021

CERTIFICACIÓN

BIOSEBORGANICS CIA. LTDA., certifica que el producto Balus elaborado con la cepa BCM-183 perteneciente a *Bacillus subtilis*, fue adquirido por el Señor Rony Reinoso para la elaboración de su tesis de grado.

Es todo cuanto pudo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,

Ing. Gabriela Vinueza
JEFE DE PLANTA
BIOSEBORGANICS CIA. LTDA.

ANEXO F ANOVA Y TEST DE TUKEY EN RSTUDIO PARA LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL RÁBANO

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

```

1 # ALTURA DE LA PLANTA
2 library(readxl)
3 Altura <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
4                       sheet = "Altura")
5 view(Altura)
6
7 #ANOVA
8 attach(Altura)
9 names(Altura)
10 str(Altura)
11
12 Tratamiento_trat <- factor(Tratamiento)
13 Medición_bloq <- factor(Medición)
14
15 Modelo1 <- lm(Resultado~Tratamiento1_trat+Medición1_bloq)
16 AnovaAltura <- aov(Modelo1)
17 summary(AnovaAltura)
18
19 #Tukey, HSD
20 library(agricolae)
21 AlturaHSD <- HSD.test(y=AnovaAltura, trt="Tratamiento1_trat", group = T, console = T)
22 plot(AlturaHSD, main="Tukey.HSD Altura de la planta")
23

```

23:1 (Top Level) R Script

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

	Tratamiento	Medición	Resultado
1	B. subtilis	1	19.5
2	B. subtilis	2	19.0
3	B. subtilis	3	23.4
4	B. subtilis	4	20.5
5	B. subtilis	5	21.2
6	B. subtilis	6	19.8
7	B. subtilis	7	22.8
8	B. subtilis	8	23.1
9	B. subtilis	9	22.2
10	B. subtilis	10	20.4
11	B. subtilis	11	19.8
12	B. subtilis	12	20.0
13	P. aeruginosa	1	24.8
14	P. aeruginosa	2	21.5
15	P. aeruginosa	3	24.9
16	P. aeruginosa	4	20.5
17	P. aeruginosa	5	24.3
18	P. aeruginosa	6	20.5
19	P. aeruginosa	7	29.5
20	P. aeruginosa	8	27.0
21	P. aeruginosa	9	25.5
22	P. aeruginosa	10	24.5
23	P. aeruginosa	11	28.6
24	P. aeruginosa	12	21.4
25	Control	1	24.5
26	Control	2	29.0
27	Control	3	19.5
28	Control	4	25.0
29	Control	5	24.0
30	Control	6	26.0
31	Control	7	33.5
32	Control	8	28.0
33	Control	9	22.5

Showing 1 to 34 of 36 entries, 3 total columns

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
package 'readxl' was built under R version 4.1.1
> Altura <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+                      sheet = "Altura")
> view(Altura)
> #ANOVA
> attach(Altura)
> names(Altura)
[1] "Tratamiento" "Medición" "Resultado"
> str(Altura)
tibble [36 x 3] (s3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento: chr [1:36] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" ...
 $ Medición   : num [1:36] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ Resultado  : num [1:36] 19.5 19 23.4 20.5 21.2 19.8 22.8 23.1 22.2 20.4 ...
> Tratamiento1_trat <- factor(Tratamiento)
> Medición1_bloq <- factor(Medición)
> Modelo1 <- lm(Resultado~Tratamiento1_trat+Medición1_bloq)
> AnovaAltura <- aov(Modelo1)
> summary(AnovaAltura)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento1_trat  2  128.5    64.25  10.103 0.000772 ***
Medición1_bloq    11  123.2    11.20   1.761 0.124630
Residuals        22  139.9     6.36
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #Tukey.HSD
> library(agricolae)
warning message:
package 'agricolae' was built under R version 4.1.1
> AlturaHSD <- HSD.test(y=AnovaAltura, trt="Tratamiento1_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaAltura ~ "Tratamiento1_trat"

HSD Test for Resultado

Mean Square Error: 6.359066

Tratamiento1_trat, means

              Resultado      std r  Min Max
B. subtilis  20.97500  1.526210  12 19.0 23.4
Control     25.37500  3.536337  12 19.5 33.5
P. aeruginosa 24.41667  3.013254  12 20.5 29.5

Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
Critical value of Studentized Range: 3.552594

Minimum Significant Difference: 2.586137

Treatments with the same letter are not significantly different.

              Resultado groups
Control     25.37500      a
P. aeruginosa 24.41667      a
B. subtilis  20.97500      b
> plot(AlturaHSD, main="Tukey.HSD Altura de la planta")
>

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVAR* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico
25 #
26 library(readxl)
27 Hojas <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
28                   sheet = "Hojas")
29 view(Hojas)
30
31 #ANOVA
32 attach(Hojas)
33 names(Hojas)
34 str(Hojas)
35
36 Tratamiento2_trat <- factor(Tratamiento2)
37 Medición2_bloq <- factor(Medición2)
38
39 Modelo2 <- lm(Resultado2~Tratamiento2_trat+Medición2_bloq)
40 AnovaHojas <- aov(Modelo2)
41 summary(AnovaHojas)
42
43 #Tukey.HSD
44 HojasHSD <- HSD.test(y=AnovaHojas, trt="Tratamiento2_trat", group = T, console = T)
45 plot(HojasHSD, main="Tukey.HSD Número de hojas")
46
47
46:1 (Top Level) R Script

```

Go to file/function Addins

ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico >>

Filter

	Tratamiento2	Medición2	Resultado2
1	B. subtilis	1	24
2	B. subtilis	2	18
3	B. subtilis	3	16
4	B. subtilis	4	16
5	B. subtilis	5	20
6	B. subtilis	6	21
7	B. subtilis	7	19
8	B. subtilis	8	20
9	B. subtilis	9	23
10	B. subtilis	10	19
11	B. subtilis	11	19
12	B. subtilis	12	22
13	P. aeruginosa	1	21
14	P. aeruginosa	2	26
15	P. aeruginosa	3	24
16	P. aeruginosa	4	22
17	P. aeruginosa	5	21
18	P. aeruginosa	6	23
19	P. aeruginosa	7	30
20	P. aeruginosa	8	26
21	P. aeruginosa	9	18
22	P. aeruginosa	10	22
23	P. aeruginosa	11	21
24	P. aeruginosa	12	20
25	Control	1	27
26	Control	2	48
27	Control	3	21
28	Control	4	40
29	Control	5	29
30	Control	6	22
31	Control	7	39
32	Control	8	36
33	Control	9	30

Showing 1 to 34 of 36 entries, 3 total columns

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> library(readxl)
> Hojas <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+ sheet = "Hojas")
> view(Hojas)
> #ANOVA
> attach(Hojas)
> names(Hojas)
[1] "Tratamiento2" "Medición2" "Resultado2"
> str(Hojas)
tibble [36 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento2: chr [1:36] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" ...
 $ Medición2 : num [1:36] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ Resultado2 : num [1:36] 24 18 16 16 20 21 19 20 23 19 ...
> Tratamiento2_trat <- factor(Tratamiento2)
> Medición2_bloq <- factor(Medición2)
> Modelo2 <- lm(Resultado2~Tratamiento2_trat+Medición2_bloq)
> AnovaHojas <- aov(Modelo2)
> summary(AnovaHojas)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento2_trat  2  824.1   412.0   13.83 0.000129 ***
Medición2_bloq    11  363.6    33.1    1.11 0.399103
Residuals        22  655.3    29.8
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #Tukey.HSD
> HojasHSD <- HSD.test(y=AnovaHojas, trt="Tratamiento2_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaHojas ~ "Tratamiento2_trat"

HSD Test for Resultado2

Mean Square Error: 29.78535

Tratamiento2_trat, means

          Resultado2      std  r Min Max
B. subtilis  19.75000  2.490893 12  16  24
Control     31.08333  8.712148 12  21  48
P. aeruginosa 22.83333  3.242707 12  18  30

Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
Critical value of Studentized Range: 3.552594
Minimum Significant Difference: 5.597013

Treatments with the same letter are not significantly different.

          Resultado2 groups
Control     31.08333      a
P. aeruginosa 22.83333      b
B. subtilis  19.75000      b
> plot(HojasHSD, main="Tukey.HSD Número de hojas")

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico >>
Source on Save Run Source
48 # DIÁMETRO DEL FRUTO
49 library(readxl)
50 Diámetro <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
51 sheet = "Diámetro")
52 view(Diámetro)
53
54 #ANOVA
55 attach(Diámetro)
56 names(Diámetro)
57 str(Diámetro)
58
59 Tratamiento3_trat <- factor(Tratamiento3)
60 Medición3_bloq <- factor(Medición3)
61
62 Modelo3 <- lm(Resultado3~Tratamiento3_trat+Medición3_bloq)
63 AnovaDiámetro <- aov(Modelo3)
64 summary(AnovaDiámetro)
65
66 #Tukey.HSD
67 DiámetroHSD <- HSD.test(y=AnovaDiámetro, trt="Tratamiento3_trat", group = T, console = T)
68 plot(DiámetroHSD, main="Tukey.HSD Diámetro del fruto")
69
69:1 (Top Level) R Script

```

Go to file/function Addins

ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico >>

Filter

	Tratamiento3	Medición3	Resultado3
1	B. subtilis	1	2.260000
2	B. subtilis	2	1.432394
3	B. subtilis	3	2.801127
4	B. subtilis	4	2.387324
5	B. subtilis	5	2.450986
6	B. subtilis	6	2.037183
7	B. subtilis	7	2.355493
8	B. subtilis	8	2.610141
9	B. subtilis	9	2.450986
10	B. subtilis	10	2.196338
11	B. subtilis	11	2.228169
12	B. subtilis	12	2.196338
13	P. aeruginosa	1	3.023944
14	P. aeruginosa	2	2.610141
15	P. aeruginosa	3	3.023944
16	P. aeruginosa	4	2.801127
17	P. aeruginosa	5	2.164507
18	P. aeruginosa	6	2.260000
19	P. aeruginosa	7	2.228169
20	P. aeruginosa	8	2.546479
21	P. aeruginosa	9	2.705634
22	P. aeruginosa	10	2.610141
23	P. aeruginosa	11	2.387324
24	P. aeruginosa	12	2.100845
25	Control	1	3.565071
26	Control	2	3.619719
27	Control	3	2.069014
28	Control	4	1.432394
29	Control	5	2.514648
30	Control	6	3.501409
31	Control	7	3.724226
32	Control	8	2.482817
33	Control	9	1.909859

Showing 1 to 34 of 36 entries, 3 total columns

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> # DIAMETRO DEL FRUTO
> library(readxl)
> Diámetro <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+ sheet = "Diámetro")
> view(Diámetro)
> #ANOVA
> attach(Diámetro)
> names(Diámetro)
[1] "Tratamiento3" "Medición3" "Resultado3"
> str(Diámetro)
tibble [36 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento3: chr [1:36] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" ...
 $ Medición3 : num [1:36] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ Resultado3 : num [1:36] 2.26 1.43 2.8 2.39 2.45 ...
>
> Tratamiento3_trat <- factor(Tratamiento3)
> Medición3_bloq <- factor(Medición3)
> Modelo3 <- lm(Resultado3~Tratamiento3_trat+Medición3_bloq)
> AnovaDiámetro <- aov(Modelo3)
> summary(AnovaDiámetro)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento3_trat  2  0.740  0.3702   0.993  0.387
Medición3_bloq    11  2.175  0.1977   0.530  0.862
Residuals        22  8.204  0.3729
>
> #Tukey.HSD
> DiámetroHSD <- HSD.test(y=AnovaDiámetro, trt="Tratamiento3_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaDiámetro ~ "Tratamiento3_trat"

HSD Test for Resultado3

Mean Square Error: 0.3728901

Tratamiento3_trat, means

          Resultado3      std  r      Min      Max
B. subtilis  2.283873 0.3371750 12  1.432394  2.801127
Control     2.620751 0.8539353 12  1.432394  3.819719
P. aeruginosa 2.538521 0.3171866 12  2.100845  3.023944

Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
Critical value of Studentized Range: 3.552594

Minimum significant difference: 0.6262466

Treatments with the same letter are not significantly different.

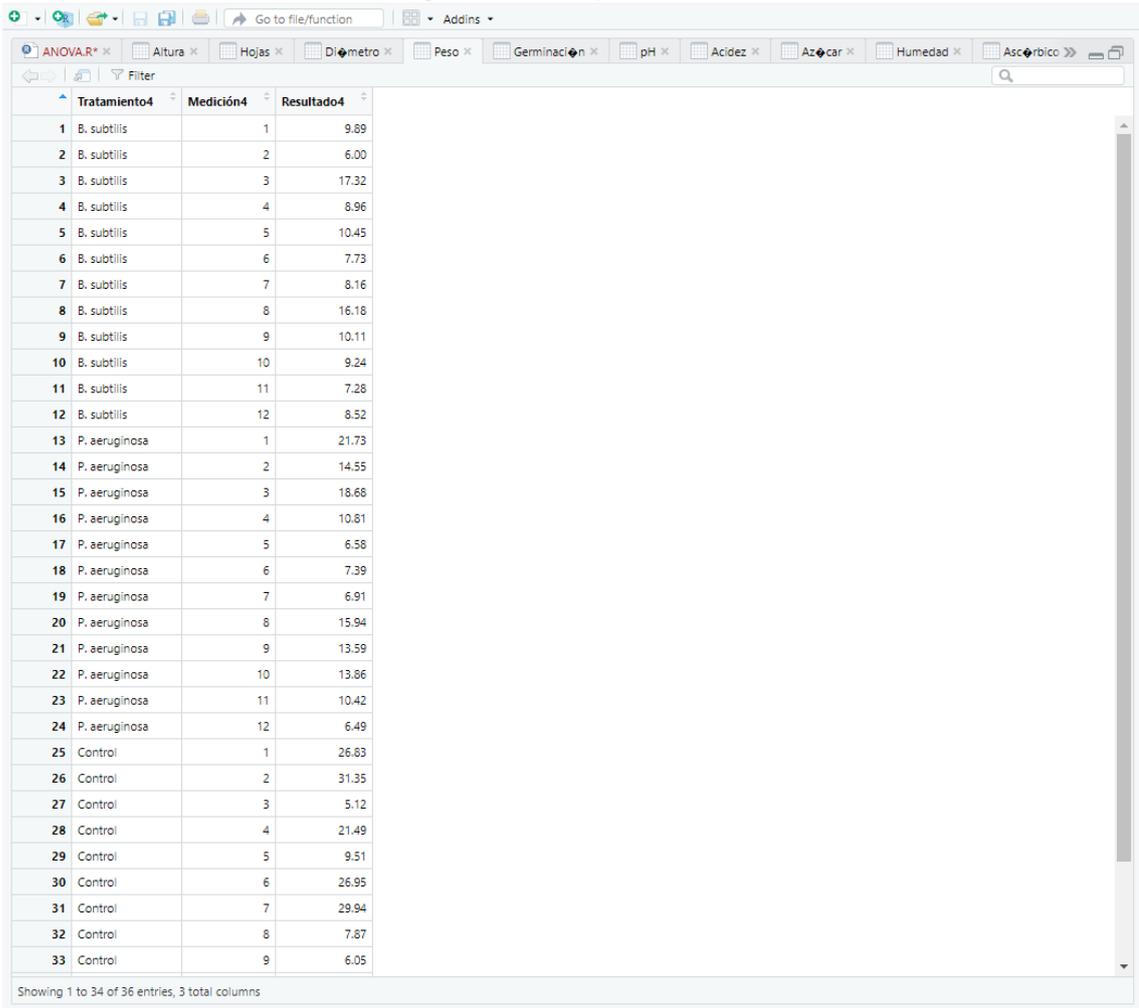
          Resultado3 groups
Control     2.620751      a
P. aeruginosa 2.538521      a
B. subtilis  2.283873      a
> plot(DiámetroHSD, main="Tukey.HSD Diámetro del fruto")
>

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico
Source on Save Run Source
70
71 # PESO DEL FRUTO
72 library(readxl)
73 Peso <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
74 sheet = "Peso")
75 view(Peso)
76
77 #ANOVA
78 attach(Peso)
79 names(Peso)
80 str(Peso)
81
82 Tratamiento4_trat <- factor(Tratamiento4)
83 Medición4_bloq <- factor(Medición4)
84
85 Modelo4 <- lm(Resultado4~Tratamiento4_trat+Medición4_bloq)
86 AnovaPeso <- aov(Modelo4)
87 summary(AnovaPeso)
88
89 #Tukey.HSD
90 PesoHSD <- HSD.test(y=AnovaPeso, trt="Tratamiento4_trat", group = T, console = T)
91 plot(PesoHSD, main="Tukey.HSD Peso del fruto")
92
92:1 (Top Level)
R Script

```



ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico >>

Filter

	Tratamiento4	Medición4	Resultado4
1	B. subtilis	1	9.89
2	B. subtilis	2	6.00
3	B. subtilis	3	17.32
4	B. subtilis	4	8.96
5	B. subtilis	5	10.45
6	B. subtilis	6	7.73
7	B. subtilis	7	8.16
8	B. subtilis	8	16.18
9	B. subtilis	9	10.11
10	B. subtilis	10	9.24
11	B. subtilis	11	7.28
12	B. subtilis	12	8.52
13	P. aeruginosa	1	21.73
14	P. aeruginosa	2	14.55
15	P. aeruginosa	3	18.68
16	P. aeruginosa	4	10.81
17	P. aeruginosa	5	6.58
18	P. aeruginosa	6	7.39
19	P. aeruginosa	7	6.91
20	P. aeruginosa	8	15.94
21	P. aeruginosa	9	13.59
22	P. aeruginosa	10	13.86
23	P. aeruginosa	11	10.42
24	P. aeruginosa	12	6.49
25	Control	1	26.83
26	Control	2	31.35
27	Control	3	5.12
28	Control	4	21.49
29	Control	5	9.51
30	Control	6	26.95
31	Control	7	29.94
32	Control	8	7.87
33	Control	9	6.05

Showing 1 to 34 of 36 entries, 3 total columns

```

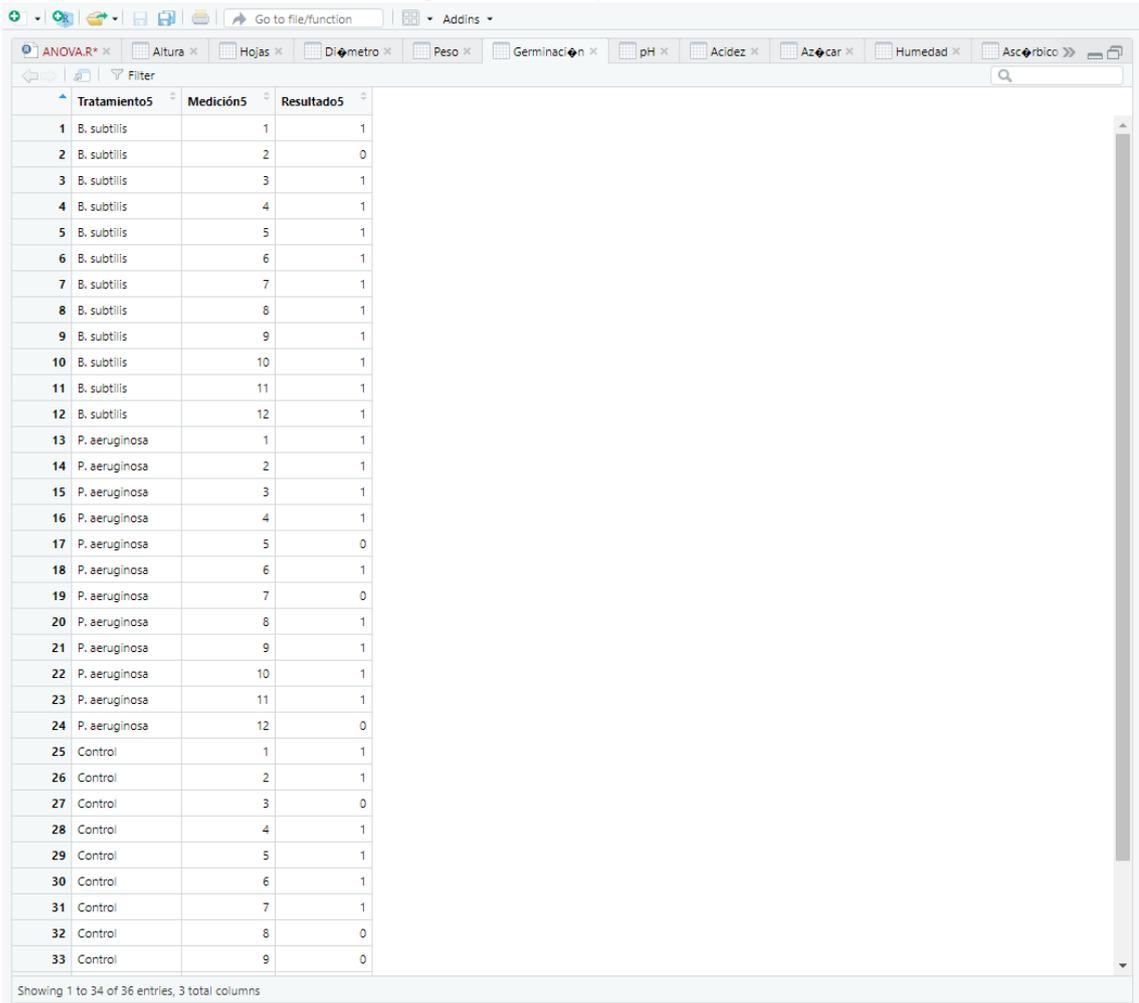
RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> # PESO DEL FRUTO
> library(readxl)
> Peso <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+ sheet = "Peso")
> view(Peso)
> #ANOVA
> attach(Peso)
> names(Peso)
[1] "Tratamiento4" "Medición4" "Resultado4"
> str(Peso)
tibble [36 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento4: chr [1:36] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" ...
 $ Medición4 : num [1:36] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ Resultado4 : num [1:36] 9.89 6 17.32 8.96 10.45 ...
>
> Tratamiento4_trat <- factor(Tratamiento4)
> Medición4_bloq <- factor(Medición4)
> Modelo4 <- lm(Resultado4~Tratamiento4_trat+Medición4_bloq)
> AnovaPeso <- aov(Modelo4)
> summary(AnovaPeso)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento4_trat  2  205.7   102.84   1.888  0.175
Medición4_bloq    11  469.3    42.66   0.783  0.654
Residuals        22 1198.2    54.46
>
> #Tukey.HSD
> PesoHSD <- HSD.test(y=AnovaPeso, trt="Tratamiento4_trat", group = T, console = T)
Study: AnovaPeso ~ "Tratamiento4_trat"
HSD Test for Resultado4
Mean Square Error: 54.46163
Tratamiento4_trat, means
          Resultado4      std r Min Max
B. subtilis  9.986667  3.408357 12 6.00 17.32
Control     15.794167 10.712050 12 2.33 31.35
P. aeruginosa 12.245833  5.021708 12 6.49 21.73
Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 3.552594
Minimum Significant Difference: 7.568334
Treatments with the same letter are not significantly different.
          Resultado4 groups
Control     15.794167      a
P. aeruginosa 12.245833      a
B. subtilis  9.986667      a
> plot(PesoHSD, main="Tukey.HSD Peso del fruto")
>

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVAR* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico >>
Source on Save Run Source
94 # PORCENTAJE DE GERMINACIÓN
95 library(readxl)
96 Germinación <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
97 sheet = "Germinación")
98 View(Germinación)
99
100 #ANOVA
101 attach(Germinación)
102 names(Germinación)
103 str(Germinación)
104
105 Tratamiento5_trat <- factor(Tratamiento5)
106 Medición5_bloq <- factor(Medición5)
107
108 Modelo5 <- lm(Resultado5~Tratamiento5_trat+Medición5_bloq)
109 AnovaGerminación <- aov(Modelo5)
110 summary(AnovaGerminación)
111
112 #Tukey.HSD
113 GerminaciónHSD <- HSD.test(y=AnovaGerminación, trt="Tratamiento5_trat", group = T, console = T)
114 plot(GerminaciónHSD, main="Tukey.HSD Porcentaje de Germinación")
115
116
115:1 (Top Level) R Script

```



ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascorbico >>

Filter

	Tratamiento5	Medición5	Resultado5
1	B. subtilis	1	1
2	B. subtilis	2	0
3	B. subtilis	3	1
4	B. subtilis	4	1
5	B. subtilis	5	1
6	B. subtilis	6	1
7	B. subtilis	7	1
8	B. subtilis	8	1
9	B. subtilis	9	1
10	B. subtilis	10	1
11	B. subtilis	11	1
12	B. subtilis	12	1
13	P. aeruginosa	1	1
14	P. aeruginosa	2	1
15	P. aeruginosa	3	1
16	P. aeruginosa	4	1
17	P. aeruginosa	5	0
18	P. aeruginosa	6	1
19	P. aeruginosa	7	0
20	P. aeruginosa	8	1
21	P. aeruginosa	9	1
22	P. aeruginosa	10	1
23	P. aeruginosa	11	1
24	P. aeruginosa	12	0
25	Control	1	1
26	Control	2	1
27	Control	3	0
28	Control	4	1
29	Control	5	1
30	Control	6	1
31	Control	7	1
32	Control	8	0
33	Control	9	0

Showing 1 to 34 of 36 entries, 3 total columns

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> # PORCENTAJE DE GERMINACION
> library(readxl)
> Germinación <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+ sheet = "Germinación")
> view(Germinación)
>
> #ANOVA
> attach(Germinación)
> names(Germinación)
[1] "Tratamiento5" "Medición5" "Resultado5"
> str(Germinación)
tibble [36 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento5: chr [1:36] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" ...
 $ Medición5 : num [1:36] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ Resultado5 : num [1:36] 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
>
> Tratamiento5_trat <- factor(Tratamiento5)
> Medición5_bloq <- factor(Medición5)
>
> Modelo5 <- lm(Resultado5~Tratamiento5_trat+Medición5_bloq)
> AnovaGerminación <- aov(Modelo5)
> summary(AnovaGerminación)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento5_trat  2  0.389  0.19444   0.865  0.435
Medición5_bloq    11  0.889  0.08081   0.360  0.959
Residuals        22  4.944  0.22475
>
> #Tukey, HSD
> GerminaciónHSD <- HSD.test(y=AnovaGerminación, trt="Tratamiento5_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaGerminación ~ "Tratamiento5_trat"

HSD Test for Resultado5

Mean Square Error:  0.2247475

Tratamiento5_trat, means

          Resultado5      std  r Min Max
B. subtilis  0.9166667 0.2886751 12   0  1
Control     0.6666667 0.4923660 12   0  1
P. aeruginosa 0.7500000 0.4522670 12   0  1

Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 3.552594
Minimum Significant Difference: 0.4861859

Treatments with the same letter are not significantly different.

          Resultado5 groups
B. subtilis  0.9166667    a
P. aeruginosa 0.7500000    a
Control     0.6666667    a
> plot(GerminaciónHSD, main="Tukey.HSD Porcentaje de Germinación")
>

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico >>
Source on Save Run Source
117 # pH del fruto
118 library(readxl)
119 pH <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
120 sheet = "pH")
121 view(pH)
122
123 #ANOVA
124 attach(pH)
125 names(pH)
126 str(pH)
127
128 Tratamiento6_trat <- factor(Tratamiento6)
129 Medición6_bloq <- factor(Medición6)
130
131 Modelo6 <- lm(Resultado6~Tratamiento6_trat+Medición6_bloq)
132 AnovapH <- aov(Modelo6)
133 summary(AnovapH)
134
135 #Tukey, HSD
136 pHHSD <- HSD.test(y=AnovapH, trt="Tratamiento6_trat", group = T, console = T)
137 plot(pHHSD, main="Tukey.HSD pH del fruto")
138
139
140
138:1 (Top Level)
R Script

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

	Tratamiento6	Medición6	Resultado6
1	B. subtilis	1	6.15
2	B. subtilis	2	6.65
3	B. subtilis	3	6.37
4	P. aeruginosa	1	6.39
5	P. aeruginosa	2	6.43
6	P. aeruginosa	3	6.45
7	Control	1	6.85
8	Control	2	6.91
9	Control	3	6.86

Showing 1 to 9 of 9 entries, 3 total columns

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

```

Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~
> library(readxl)
> pH <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+                 sheet = "pH")
> view(pH)
> #ANOVA
> attach(pH)
> names(pH)
[1] "tratamiento6" "Medición6" "Resultado6"
> str(pH)
tibble [9 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento6: chr [1:9] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" "P. aeruginosa" ...
 $ Medición6   : num [1:9] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
 $ Resultado6  : num [1:9] 6.15 6.65 6.37 6.39 6.43 6.45 6.85 6.91 6.86
>
> Tratamiento6_trat <- factor(Tratamiento6)
> Medición6_bloq <- factor(Medición6)
>
> Modelo6 <- lm(Resultado6~Tratamiento6_trat+Medición6_bloq)
> Anovaph <- aov(Modelo6)
> summary(Anovaph)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento6_trat  2  0.4372  0.21861  12.580 0.0188 *
Medición6_bloq    2  0.0600  0.03001   1.727 0.2880
Residuals        4  0.0695  0.01738
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> #Tukey.HSD
> pHHSD <- HSD.test(y=Anovaph, trt="Tratamiento6_trat", group = T, console = T)

Study: Anovaph ~ "Tratamiento6_trat"

HSD Test for Resultado6

Mean Square Error:  0.01737778

Tratamiento6_trat, means

              Resultado6      std r  Min  Max
B. subtilis    6.390000  0.2505993  3  6.15  6.65
Control        6.873333  0.0321455  3  6.85  6.91
P. aeruginosa  6.423333  0.0305505  3  6.39  6.45

Alpha: 0.05 ; DF Error: 4
Critical Value of Studentized Range: 5.040241
Minimun Significant Difference: 0.3836081

Treatments with the same letter are not significantly different.

              Resultado6 groups
Control        6.873333  a
P. aeruginosa  6.423333  b
B. subtilis    6.390000  b
> plot(pHHSD, main="Tukey.HSD pH del fruto")

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

```

140 # Acidez del fruto
141 library(readxl)
142 Acidez <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
143                     sheet = "Acidez")
144 View(Acidez)
145
146 #ANOVA
147 attach(Acidez)
148 names(Acidez)
149 str(Acidez)
150
151 Tratamiento7_trat <- factor(Tratamiento7)
152 Medición7_bloq <- factor(Medición7)
153
154 Modelo7 <- lm(Resultado7~Tratamiento7_trat+Medición7_bloq)
155 AnovaAcidez <- aov(Modelo7)
156 summary(AnovaAcidez)
157
158 #Tukey. HSD
159 AcidezHSD <- HSD.test(y=AnovaAcidez, trt="Tratamiento7_trat", group = T, console = T)
160 plot(AcidezHSD, main="Tukey.HSD Acidez del fruto")
160:51 | (Top Level)

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Tratamiento7	Medición7	Resultado7
1 B. subtilis	1	0.0000479964
2 B. subtilis	2	0.0000399970
3 B. subtilis	3	0.0000319976
4 P. aeruginosa	1	0.0001119916
5 P. aeruginosa	2	0.0001279904
6 P. aeruginosa	3	0.0001119916
7 Control	1	0.0001119916
8 Control	2	0.0000959928
9 Control	3	0.0001439892

Showing 1 to 9 of 9 entries, 3 total columns

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> Acidez <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+ sheet = "Acidez")
> view(Acidez)
>
> #ANOVA
> attach(Acidez)
> names(Acidez)
[1] "Tratamiento7" "Medición7" "Resultado7"
> str(Acidez)
tibble [9 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento7: chr [1:9] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" "P. aeruginosa" ...
 $ Medición7 : num [1:9] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
 $ Resultado7 : num [1:9] 0.000048 0.00004 0.00032 0.000112 0.000128 ...
>
> Tratamiento7_trat <- factor(Tratamiento7)
> Medición7_bloq <- factor(Medición7)
>
> Modelo7 <- lm(Resultado7~Tratamiento7_trat+Medición7_bloq)
> AnovaAcidez <- aov(Modelo7)
> summary(AnovaAcidez)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento7_trat  2  1.196e-08  5.98e-09  17.163 0.0109 *
Medición7_bloq    2  1.000e-10  5.00e-11   0.143 0.8711
Residuals        4  1.394e-09  3.48e-10
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> #Tukey.HSD
> AcidezHSD <- HSD.test(y=AnovaAcidez, trt="Tratamiento7_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaAcidez ~ "Tratamiento7_trat"

HSD Test for Resultado7

Mean Square Error:  3.483922e-10

Tratamiento7_trat, means

          Resultado7      std r      Min      Max
B. subtilis  0.0000399970  7.999400e-06  3  0.0000319976  0.0000479964
Control      0.0001173245  2.443857e-05  3  0.0000959928  0.0001439892
P. aeruginosa 0.0001173245  9.236911e-06  3  0.000119916  0.0001279904

Alpha: 0.05 ; DF Error: 4
Critical Value of Studentized Range: 5.040241
Minimum Significant Difference: 5.431564e-05

Treatments with the same letter are not significantly different.

          Resultado7 groups
Control      0.0001173245  a
P. aeruginosa 0.0001173245  a
B. subtilis  0.0000399970  b
> plot(AcidezHSD, main="Tukey.HSD Acidez del fruto")
>

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVA.R* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico
162
163 # Azúcar del fruto
164 library(readxl)
165 Azúcar <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
166 sheet = "Azúcar")
167 view(Azúcar)
168
169 #ANOVA
170 attach(Azúcar)
171 names(Azúcar)
172 str(Azúcar)
173
174 Tratamiento8_trat <- factor(Tratamiento8)
175 Medición8_bloq <- factor(Medición8)
176
177 Modelo8 <- lm(Resultado8~Tratamiento8_trat+Medición8_bloq)
178 AnovaAzúcar <- aov(Modelo8)
179 summary(AnovaAzúcar)
180
181 #Tukey.HSD
182 AzúcarHSD <- HSD.test(y=AnovaAzúcar, trt="Tratamiento8_trat", group = T, console = T)
183 plot(AzúcarHSD, main="Tukey.HSD Azúcar del fruto")
184
185
184:1 (Top Level) R Script

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

Tratamiento8	Medición8	Resultado8	
1	B. subtilis	1	0.01008065
2	B. subtilis	2	0.01041667
3	B. subtilis	3	0.01020408
4	P. aeruginosa	1	0.01041667
5	P. aeruginosa	2	0.01050420
6	P. aeruginosa	3	0.01024590
7	Control	1	0.01101322
8	Control	2	0.01068376
9	Control	3	0.01059322

Showing 1 to 9 of 9 entries, 3 total columns

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

```

Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> Azúcar <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+                      sheet = "Azúcar")
> view(Azúcar)
> #ANOVA
> attach(Azúcar)
> names(Azúcar)
[1] "Tratamiento8" "Medición8" "Resultado8"
> str(Azúcar)
tibble [9 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento8: chr [1:9] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" "P. aeruginosa" ...
 $ Medición8   : num [1:9] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
 $ Resultado8  : num [1:9] 0.0101 0.0104 0.0102 0.0104 0.0105 ...
>
> Tratamiento8_trat <- factor(Tratamiento8)
> Medición8_bloq <- factor(Medición8)
>
> Modelo8 <- lm(Resultado8~Tratamiento8_trat+Medición8_bloq)
> AnovaAzúcar <- aov(Modelo8)
> summary(AnovaAzúcar)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento8_trat  2 4.448e-07 2.224e-07  6.857  0.031 .
Medición8_bloq    2 6.030e-08 3.014e-08  0.929  0.466
Residuals        4 1.297e-07 3.243e-08
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #Tukey.HSD
> AzúcarHSD <- HSD.test(y=AnovaAzúcar, trt="Tratamiento8_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaAzúcar ~ "Tratamiento8_trat"

HSD Test for Resultado8

Mean Square Error: 3.24334e-08

Tratamiento8_trat, means

              Resultado8      std r      Min      Max
B. subtilis  0.01023380 0.0001699703 3 0.01008065 0.01041667
Control      0.01076340 0.0002210334 3 0.01059322 0.01101322
P. aeruginosa 0.01038892 0.0001313659 3 0.01024590 0.01050420

Alpha: 0.05 ; DF Error: 4
Critical Value of Studentized Range: 5.040241
Minimun significant Difference: 0.0005240671

Treatments with the same letter are not significantly different.

              Resultado8 groups
Control      0.01076340      a
P. aeruginosa 0.01038892      ab
B. subtilis  0.01023380      b
> plot(AzúcarHSD, main="Tukey.HSD Azúcar del fruto")
>

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

ANOVA.R x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico x

```

185 # Humedad del fruto
186 library(readxl)
187 Humedad <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
188                       sheet = "Humedad")
189 View(Humedad)
190
191 #ANOVA
192 attach(Humedad)
193 names(Humedad)
194 str(Humedad)
195
196 Tratamiento9_trat <- factor(Tratamiento9)
197 Medición9_bloq <- factor(Medición9)
198
199 Modelo9 <- lm(Resultado9~Tratamiento9_trat+Medición9_bloq)
200 AnovaHumedad <- aov(Modelo9)
201 summary(AnovaHumedad)
202
203 #Tukey.HSD
204 HumedadHSD <- HSD.test(y=AnovaHumedad, trt="Tratamiento9_trat", group = T, console = T)
205 plot(HumedadHSD, main="Tukey.HSD Humedad del fruto")
206
207
206:53 (Top Level)
R Script

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

ANOVA.R x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico x

Tratamiento9	Medición9	Resultado9
1 B. subtilis	1	0.039935263
2 B. subtilis	2	0.03460540
3 B. subtilis	3	0.02870772
4 P. aeruginosa	1	0.04502575
5 P. aeruginosa	2	0.04083781
6 P. aeruginosa	3	0.04483663
7 Control	1	0.06427706
8 Control	2	0.04499372
9 Control	3	0.04553467

Showing 1 to 9 of 9 entries, 3 total columns

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> library(readxl)
> Humedad <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+                       sheet = "Humedad")
> view(Humedad)
>
> #ANOVA
> attach(Humedad)
> names(Humedad)
[1] "Tratamiento9" "Medición9" "Resultado9"
> str(Humedad)
tibble [9 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento9: chr [1:9] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" "P. aeruginosa" ...
 $ Medición9   : num [1:9] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
 $ Resultado9  : num [1:9] 0.0394 0.0346 0.0287 0.045 0.0408 ...
>
> Tratamiento9_trat <- factor(Tratamiento9)
> Medición9_bloq <- factor(Medición9)
>
> Modelo9 <- lm(Resultado9~Tratamiento9_trat+Medición9_bloq)
> AnovaHumedad <- aov(Modelo9)
> summary(AnovaHumedad)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento9_trat  2  0.0004539  2.270e-04  7.362 0.0456 *
Medición9_bloq    2  0.0001859  9.294e-05  3.014 0.1591
Residuals        4  0.0001233  3.083e-05
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> #Tukey.HSD
> HumedadHSD <- HSD.test(y=AnovaHumedad, trt="Tratamiento9_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaHumedad ~ "Tratamiento9_trat"

HSD Test for Resultado9

Mean Square Error: 3.083202e-05

Tratamiento9_trat, means

          Resultado9      std r      Min      Max
B. subtilis  0.03422192  0.005332805  3  0.02870772  0.03935263
Control     0.05160182  0.010980416  3  0.04499372  0.06427706
P. aeruginosa 0.04356673  0.002365207  3  0.04083781  0.04502575

Alpha: 0.05 ; DF Error: 4
Critical Value of Studentized Range: 5.040241

Minimun significant Difference: 0.01615815

Treatments with the same letter are not significantly different.

          Resultado9 groups
Control     0.05160182    a
P. aeruginosa 0.04356673  ab
B. subtilis  0.03422192    b
> plot(HumedadHSD, main="Tukey.HSD Humedad del fruto")

```

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
ANOVAR* x Altura x Hojas x Diámetro x Peso x Germinación x pH x Acidez x Azúcar x Humedad x Ascórbico
208 # Ácido Ascórbico del fruto
209 library(readxl)
210 Ascórbico <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
211                       sheet = "Ascórbico")
212 view(Ascórbico)
213
214
215 #ANOVA
216 attach(Ascórbico)
217 names(Ascórbico)
218 str(Ascórbico)
219
220 Tratamiento10_trat <- factor(Tratamiento10)
221 Medición10_bloq <- factor(Medición10)
222
223 Modelo10 <- lm(Resultado10~Tratamiento10_trat+Medición10_bloq)
224 AnovaAscórbico <- aov(Modelo10)
225 summary(AnovaAscórbico)
226
227 #Tukey.HSD
228 AscórbicoHSD <- HSD.test(y=AnovaAscórbico, trt="Tratamiento10_trat", group = T, console = T)
229 plot(AscórbicoHSD, main="Tukey.HSD Ácido Ascórbico del fruto")
17:36 (Top Level) R Script

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

	Tratamiento10	Medición10	Resultado10
1	B. subtilis	1	3.96270
2	B. subtilis	2	3.78658
3	B. subtilis	3	3.52240
4	P. aeruginosa	1	2.11344
5	P. aeruginosa	2	2.46568
6	P. aeruginosa	3	2.55374
7	Control	1	1.40896
8	Control	2	1.32090
9	Control	3	1.58508

Showing 1 to 9 of 9 entries, 3 total columns

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

```

Source
Console Terminal Jobs
R 4.1.0 ~ /
> Ascórbico <- read_excel("D:/EXCEL/AnovaPrueba.xlsx",
+   sheet = "Ascórbico")
> View(Ascórbico)
> #ANOVA
> attach(Ascórbico)
> names(Ascórbico)
[1] "Tratamiento10" "Medición10" "Resultado10"
> str(Ascórbico)
tibble [9 x 3] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Tratamiento10: chr [1:9] "B. subtilis" "B. subtilis" "B. subtilis" "P. aeruginosa" ...
 $ Medición10 : num [1:9] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
 $ Resultado10 : num [1:9] 3.96 3.79 3.52 2.11 2.47 ...
>
> Tratamiento10_trat <- factor(Tratamiento10)
> Medición10_bloq <- factor(Medición10)
>
> Modelo10 <- lm(Resultado10~Tratamiento10_trat+Medición10_bloq)
> AnovaAscórbico <- aov(Modelo10)
> summary(AnovaAscórbico)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento10_trat  2  8.163   4.081  68.652 0.000801 ***
Medición10_bloq    2  0.005   0.003   0.043 0.957900
Residuals          4  0.238   0.059
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> #Tukey.HSD
> AscórbicoHSD <- HSD.test(y=AnovaAscórbico, trt="Tratamiento10_trat", group = T, console = T)

Study: AnovaAscórbico ~ "Tratamiento10_trat"

HSD Test for Resultado10

Mean Square Error: 0.05945165

Tratamiento10_trat, means
          Resultado10      std r      Min      Max
B. subtilis  3.757227 0.2216128 3 3.52240 3.96270
Control      1.438313 0.1345139 3 1.32090 1.58508
P. aeruginosa 2.377620 0.2329849 3 2.11344 2.55374

Alpha: 0.05 ; DF Error: 4
Critical value of Studentized Range: 5.040241
Minimum Significant Difference: 0.7095331

Treatments with the same letter are not significantly different.

          Resultado10 groups
B. subtilis  3.757227      a
P. aeruginosa 2.377620      b
Control      1.438313      c
> plot(AscórbicoHSD, main="Tukey.HSD Ácido Ascórbico del fruto")
>

```



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 02 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Rony Ricardo Reinoso Haro
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental.
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Rafael Inty Salto Hidalgo

1 8 5 0 - D B R A - U T P - 2 0 2 1



Firmado electrónicamente por:
RAFAEL INTY
SALTO