



SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

EVALUACIÓN DE SAPONINAS DE QUINUA (*Chenopodium*

***quinoa*) PARA EL CONTROL DE *Fusarium* spp.,**

CAUSANTE DEL DAMPING-OFF EN ARUPO

**(*Chionanthus pubescens* Kunth), EN CHAMBO,
CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración

Curricular Tipo: Proyecto

de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

ABDO ANDINO SAID ANDRES

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

EVALUACIÓN DE SAPONINAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) PARA EL CONTROL DE *Fusarium spp*, CAUSANTE DEL DAMPING-OFF EN ARUPO (*Chionanthus pubescens* Kunth), EN CHAMBO, CHIMBORAZO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: ABDO ANDINO SAID ANDRES

DIRECTORA: Dra. Cs. ROSA DEL PILAR CASTRO GÓMEZ. PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Said Andrés Abdo Andino

Se autoriza la reproducción total o 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, **Said Andrés Abdo Andino**, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 18 de noviembre de 2021

Said Andrés Abdo Andino
0604173690

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo proyecto de investigación, **EVALUACION DE SAPONINAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) PARA EL CONTROL DE *Fusarium spp*, CAUSANTE DEL DAMPING-OFF EN ARUPO (*Chionanthus pubescens Kunth*), EN CHAMBO, CHIMBORAZO**, de responsabilidad del Señor egresado Said Andrés Abdo Andino, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizado su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 <p>PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO</p> <p>Firmado digitalmente por PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO</p>	2021/11/18
Dra. Rosa DEL Pilar Castro Gómez PhD DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 <p>ROSA DEL PILAR CASTRO GGMBZ..</p> <p>Firmado digitalmente por ROSA DEL PILAR CASTRO GGMBZ..</p>	2021/11/18
Ing. Juan Hugo Rodríguez Guerra Msc MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 <p>JUAN HUGO RODRIGUEZ GUERRA</p> <p>Firmado digitalmente por JUAN HUGO RODRIGUEZ GUERRA Fecha: 2021.12.01 09:07:49 -05'00'</p>	2021/11/18

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este trabajo de integración curricular a mi padre, hermano y hermana, ya que sin el apoyo incondicional de mi familia nada de esto hubiera sido posible, y a mi madre que, a pesar de no estar presente físicamente, me acompaña en alma y me guía, por eso doy mi trabajo de titulación como ofrenda a mi madre para que me siga guiando en mi vida profesional; y por último a mi hijo, a pesar que aún no nace, este trabajo es dedicado a él ya que fue la motivación final que necesité para culminar esta etapa de mi vida.

Gracias padre, madre y hermanos.

Said

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día. Agradezco también a mi Directora de Tesis Ing. Rosita Castro PhD. por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis, así como también haberme abierto las puertas de su hogar, lugar donde fue realizada la tesis “El Lucerito”. Un hermoso lugar para trabajar junto a mi querido amigo Cristian Castro cuyo conocimiento y apoyo fue incondicional para la realización de mi trabajo de titulación. Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Said

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXO	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Identificación del problema	2
1.2. Justificación de la investigación	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. General.....	3
1.3.2. Específicos.....	3
1.4. Hipótesis	3
1.4.1. Hipótesis nula	4
1.4.2. Hipótesis alterna	4
1.5. Marco teórico conceptual.....	4
1.5.1. <i>Fusarium spp</i>	4
1.5.1.1. <i>Marchitez vascular causada por Fusarium en plantas.....</i>	4
1.5.1.2. <i>Pudriciones de raíz y tallo causadas por Fusarium</i>	5
1.5.1.3. <i>Ciclo de vida y forma de infección de Fusarium.....</i>	6
1.5.1.4. <i>Control de Fusarium.....</i>	6
1.5.1.5. <i>Taxonomía.....</i>	7
1.5.1.6. <i>Características Morfológicas</i>	7
1.5.2. Saponinas.....	8
1.5.2.1. <i>Composición química de las saponinas.....</i>	9

1.5.2.2.	<i>Propiedades y usos de las saponinas</i>	10
1.5.2.3.	<i>Saponinas de Chenopodium quinoa Wild</i>	10
1.5.3.	<i>Métodos de extracción de Saponinas</i>	11
1.5.3.1.	<i>Extractor Soxhlet</i>	11
1.5.3.2.	<i>Funcionamiento del equipo Soxhlet</i>	12
1.5.3.3.	<i>Cuantificación de saponinas</i>	12
1.5.4.	<i>Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)</i>	13
1.5.4.1.	<i>Taxonomía</i>	14
1.5.4.2.	<i>Chenopodium quinoa Willd en el Ecuador</i>	15
1.5.4.3.	<i>Propiedades nutricionales</i>	15
1.5.4.4.	<i>Usos de la Chenopodium quinoa Willd</i>	16
1.5.5.	<i>Arupo Chionanthus pubescens Kunth</i>	17
1.5.5.1.	<i>Descripción botánica</i>	17
1.5.5.2.	<i>Ecología y distribución de la especie</i>	18
1.5.5.2.	<i>Características edafoclimáticas</i>	18
1.5.5.3.	<i>Requerimientos edáficos</i>	18
1.5.5.4.	<i>Factores limitantes de crecimiento</i>	18
1.5.5.5.	<i>Descripción silvicultural y de manejo de la especie</i>	18
1.5.5.6.	<i>Reproducción</i>	19

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1.	Variables	20
2.1.1.	<i>Variable Dependiente</i>	20
2.1.2.	<i>Variable Dependiente</i>	20
2.1.3.	<i>Variables Intervinientes</i>	20
2.2.	Tipo y diseño de la Investigación	20
2.3.	Lugar de la Investigación	21
2.4.	Condiciones Climáticas	21
2.5.	Diseño experimental	21
2.6.	Unidad de análisis	23
2.7.	Población de estudio	23

2.8.	Tamaño de la muestra	23
2.9.	Selección de la muestra.....	24
2.9.1.	<i>Preparación del bioproducto a base de saponinas de Chenopodium quinoa Willd.....</i>	24
2.10.	Materiales de campo.....	24
2.11.	Materiales y equipos de laboratorio	25
2.12.	Equipos de oficina.....	25
2.13.	Material Biológico.....	25
2.14.	Material Vegetal.....	25
2.15.	Técnica de Recolección de datos	26
2.15.1.	<i>Fase de Campo.....</i>	26
2.16.	Tratamiento Estadístico	26
2.17.	Análisis económico.....	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1.	Identificación macroscópica y microscópica del hongo fitopatógeno (<i>Fusarium spp.</i>)	28
3.2.	Evaluación a nivel de campo del crecimiento de las plantas de arupo (<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth) acorde a la frecuencia de aplicación y mediciones semanales	28
3.2.1.	<i>Frecuencia de aplicación del bioproducto</i>	29
3.2.2.	<i>Análisis de la tasa de crecimiento de la altura en cm, de las plantas a las 2, 4 y 6 semanas de la primera medición</i>	29
3.2.2.1.	<i>ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la primera medición a la segunda semana</i>	29
3.2.2.2.	<i>ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la segunda a la cuarta semana.....</i>	31
3.2.2.3.	<i>ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la cuarta a la sexta semana.....</i>	33
3.2.3.	<i>Análisis de la tasa de crecimiento del número de hojas, de las plantas a las 2, 4 y 6 semanas de la primera medición</i>	34
3.2.3.1.	<i>ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana</i>	34

3.2.3.2.	<i>ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana</i>	36
3.2.3.3.	<i>ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la cuarta a la sexta semana.....</i>	38
3.2.4.	<i>Comparación de los resultados de los tratamientos</i>	39
3.3.	Análisis económico.....	40
CONCLUSIONES.....		42
RECOMENDACIONES.....		43
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica de <i>Fusarium</i> spp	7
Tabla 2-1:	Clasificación taxonómica de la <i>Chenopodium quinoa</i> Willd	14
Tabla 3-1:	Componentes del grano de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.....	16
Tabla 1-2:	Tratamientos aplicados en la investigación	22
Tabla 2-2:	Concentración del extracto acuosa de saponinas para cada concentración ensayada .	24
Tabla 3-2:	Significancia de los valores para el análisis de varianza (ANOVA)	27
Tabla 1-3:	Fechas de aplicación del bioproducto acorde ala frecuencia	29
Tabla 2-3:	ANOVA de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la primera medición a la segunda semana.....	29
Tabla 3-3:	Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la primera medición a la segunda semana	30
Tabla 4-3:	ANOVA de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la segunda a la cuarta semana	31
Tabla 5-3:	Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la segunda a la cuarta semana.....	32
Tabla 6-3:	ANOVA de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la cuarta a la sexta semana.....	33
Tabla 7-3:	Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la cuarta a la sexta semana	33
Tabla 8-3:	ANOVA de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana.....	34
Tabla 9-3:	Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana	35
Tabla 10-3:	ANOVA de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana	36
Tabla 11-3:	Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana.....	37
Tabla 12-3:	ANOVA de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la cuarta a la sexta semana	38

Tabla 13-3: Comparación de los resultados de los tratamientos.....	39
Tabla 14-3: Costo dela producción.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Morfología de <i>Fusarium</i> spp.....	8
Figura 2-1.	Estructura de las saponinas.....	9
Figura 3-1.	Planta de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd	14
Figura 1-3.	Cepa de <i>Fusarium</i> spp.....	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Medias de las tasas de crecimiento de las alturas, desde la primera medición a la segunda semana.....	31
Gráfico 2-3. Medias de las tasas de crecimiento de las alturas, desde segunda a la cuarta semana	32
Gráfico 3-3. Medias de las tasas de crecimiento de las alturas, desde cuarta a la sexta semana	34
Gráfico 4-3. Medias de las tasas de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana.....	36
Gráfico 5-3. Medias de las tasas de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana	37
Gráfico 6-3. Medias de las tasas de crecimiento del número de hojas, desde la cuarta a la sexta semana	38

ÍNDICE DE ANEXO

- ANEXO A:** PRIMERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1
- ANEXO B:** SEGUNDA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1
- ANEXO C:** TERCERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1
- ANEXO D:** CUARTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1
- ANEXO E:** QUINTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1
- ANEXO F:** SEXTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1
- ANEXO G:** PRIMERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2
- ANEXO H:** SEGUNDA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2
- ANEXO I:** TERCERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2
- ANEXO J:** CUARTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2
- ANEXO K:** QUINTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2
- ANEXO L:** SEXTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2
- ANEXO M:** PRIMERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3
- ANEXO N:** SEGUNDA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3
- ANEXO O:** TERCERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3
- ANEXO P:** CUARTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3
- ANEXO Q:** MEDICIONES DEL TESTIGO ABSOLUTO
- ANEXO R:** PREPARACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO PARA EL HONGO
- ANEXO S:** CRECIMIENTO DEL HONGO EN EL MEDIO DE CULTIVO
- ANEXO T:** PREPARACIÓN Y OBSERVACIÓN DE *FUSARIUM* SPP. BAJO MICROSCOPIO
- ANEXO U:** MEDICIÓN DE ALTURA Y CONTEO DE HOJAS
- ANEXO V:** APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar un bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) para el control de *Fusarium* spp., causante del Damping-off en arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), para lo cual se analizó el efecto de tres dosis y tres frecuencias de aplicación del bioproducto; y un análisis financiero del proceso. Se empleó del método Soxhlet para elaborar un extracto acuoso de residuos de quinua amarga (22% de saponinas en residuos) con 425 mililitros por cada 200 gramos que alcanza una concentración de 0,610 miligramos por mililitro de saponinas; este bioproducto se separó en tres dosis de concentración del 50, 75 y 100%, los cuales se aplicaron en frecuencias de una, dos y tres semanas de diferencia cada uno, junto con un Testigo Absoluto, todo ubicado en el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo. Aplicando un análisis de varianza (ANOVA) se determinó que la frecuencia con mayor significancia fue F1, en donde su aplicación fue cada siete días, mientras que la concentración con mayor significancia fue C2, de 75% del bioproducto de saponinas y 25% de agua destilada; y el costo de producción del proceso fue de 667,35 dólares. Se concluye que hay diferencias entre las distintas dosis de concentración y sus frecuencias viendo que el bioproducto es útil en el control contra el *Fusarium* spp. Se recomienda comparar otros niveles de dosificación del bioproducto en la misma especie forestal y en otras de interés comercial, lo mismo en el combate contra otros hongos patógenos.

Palabras claves: <INGENIERÍA FORESTAL>, <COMBATE>, <FUNGICIDA>, <BIOPRODUCTO>, <SAPONINAS>, <QUINUA (*Chenopodium quinoa*)>, <*Fusarium* spp.>, <ARUPO (*Chionanthus pubescens* Kunth)>.



2158-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate a bioproduct based on quinoa saponins (*Chenopodium quinoa*) for the control of *Fusarium* spp. causing Damping-off in arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), for which the effect of three doses and three application frequencies of the bio product were analyzed; and a financial analysis of the process. The Soxhlet method was used to prepare an aqueous extract of bitter quinoa residues (22% of saponins in residues) with 425 milliliters per 200 grams, reaching a concentration of 0,610 milligrams per milliliter of saponins; this bio product was separated into three concentration doses of 50, 75 and 100%, which were applied at frequencies of one, two and three weeks apart each, together with an Absolute Control, all located in Chambo canton province of Chimborazo. Applying an analysis of variance (ANOVA) it was determined that the frequency with the highest significance was F1, where its application was every seven days, while the concentration with the highest significance was C2, of 75% of the bio product of saponins and 25% of distilled water; and the production cost of the process was 667,35 dollars. It is concluded that there are differences between the different doses of concentration and their frequencies seeing that the bio product is useful in the control against *Fusarium* spp. It is recommended to compare other dosage levels of the bio product in the same forest species and in others of commercial interest, the same in the combat against other pathogenic fungi.

Key words: <FOREST ENGINEERING>, <COMBAT>, <FUNGICIDE>, <BIO PRODUCT>, <SAPONINS>, <QUINUA (*Chenopodium quinoa*)>, <*Fusarium* spp.>, <ARUPO (*Chionanthus pubescens* Kunth)>.



INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales son muy importantes, pues los árboles son el medio más eficaz contra la desertificación y la sequía que vivimos a nivel mundial. Influyen en el clima, disminuyen el reflejo de la radiación solar, protegen el suelo y mantienen la humedad del aire. Contribuyen a reducir el efecto invernadero, además las plantaciones se convierten en el hábitat para muchos animales. En muchos países, las especies vegetales en general, y los árboles han ayudado a recuperar suelos destruidos (Martínez et al, 2006: pp. 823-829).

Fusarium es un género de hongos que infecta plantas, animales, e inclusive, a las personas (Tapia y Amaro, 2014: pp. 85-86). En el caso de las plantas, es uno de los principales agentes causales de las enfermedades conocidas como marchitamiento vascular. Los primeros síntomas que se observan, es que los folíolos de las hojas más jóvenes se aclaran. Posteriormente, ocurre la epinastia (se alargan y curvan hacia abajo) de las hojas senescentes debido al debilitamiento de los pecíolos (Kenneth et al, 2018: 115-126).

El hongo se encuentra en el suelo (donde puede permanecer por tiempo indefinido) y penetra por las raíces de la planta. Si la infección ocurre en plántulas, estas se marchitan y mueren rápidamente después de verse los primeros síntomas. Lo primero que sucede es el aclaramiento de las nervaduras y la epinastia foliar. Después, las hojas inferiores se tornan amarillentas, hay formación de raíces adventicias. Luego se marchitan hojas y tallos jóvenes, ocurre la defoliación, se produce una necrosis en el margen de las hojas que no se caen y, finalmente, la muerte (Martínez, 2012: p. 21).

El término saponina se deriva de la palabra Latina *sapo*, que significa “jabón”, lo que refleja su disposición para formar espumas estables parecidas al jabón en soluciones acuosas. El rol biológico de las saponinas no es comprendido completamente, pero generalmente son consideradas como parte del sistema de defensa de las plantas contra patógenos y herbívoros, especialmente debido a su sabor amargo. Las saponinas consisten de aglicona y azúcar, cada uno representando aproximadamente el 50% del peso total de las moléculas. Las saponinas son compuestos que se encuentran en muchas plantas. Deben su nombre a la característica distintiva de formar espuma. Su nombre probablemente proviene de la planta *Saponaria*, cuyas raíces se han usado históricamente

para formar jabón (Troisi, 2014: p. 317-318).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

Es muy común ver a las especies forestales de viveros ser afectadas por Damping off, causado principalmente por la invasión al hospedero del hongo (*Fusarium* spp), El brote posterior del marchitamiento fúngico se produce en plántulas jóvenes al nivel del suelo o cerca de él, El marchitamiento fúngico se convierte en un problema menor ya que las plantas huéspedes maduran. Una infección del tallo de las plantas más viejas por (*Fusarium* spp), puede producir marchitamiento.

Se ve la importancia de esta investigación al probar varias dosis y tratamientos de un bioproducto a base de saponinas ayudan a aumentar la permeabilidad de la membrana la cual forma complejos que al ser eliminados crean orificios la cual llevan al hongo a su destrucción

1.2. Justificación de la investigación

La *Chenopodium quinoa* es una de las especies con mayor importancia en la Sierra centro de nuestro país, es muy apreciado especialmente por ser una especie con tantas aplicaciones y beneficios, además de contener gran cantidad de proteínas y pueden servir de forraje o para mejorar las características del suelo.

Ecuador es un país que goza de una gran biodiversidad entre la cual encontramos grandes variedades de *Chenopodium quinoa*, con esta investigación queremos incrementar el conocimiento e información sobre los usos y características de las saponinas de *Chenopodium quinoa*, por lo que no se realiza un correcto aprovechamiento de las propiedades fúngicas que nos ofrecen.

La alternativa al uso de estos productos es el Control biológico, mismo que desde hace varios años

ha ido tomando mucha relevancia en este tema, ya que mediante el uso de organismos entomófagos especialmente de *Fusarium spp* busca eliminar o reducir daños causados por agentes perjudiciales y con esto restablecer de alguna manera el perturbado equilibrio ecológico en el que nos encontramos.

Es necesario conocer la importancia del control biológico como un componente vital de la producción en viveros forestales, de manera sustentable y sostenible que preserve los recursos naturales y el ambiente mediante la utilización de microorganismos seleccionados por su alta eficiencia e inocuidad

Con el desarrollo de este trabajo de investigación se dará a conocer los mecanismos de acción efectuados por el bioproducto a base de *Chenopodium quinoa* en cuanto a agentes fúngicos en arupo (*Chionanthus pubescens kunth*), como método para reducir el uso de sustancias químicas y disminuir la contaminación que se genera en los viveros forestales de nuestra provincia.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General

Evaluar un bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) para el control de *Fusarium spp*, causante del Damping-off en arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*), en Chambo, Chimborazo

1.3.2. Específicos

- Determinar el efecto de tres dosis de bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*), infectado por *Fusarium spp*.
- Evaluar tres frecuencias de aplicación de bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en arupo (*Chionanthus pubescens Kunth*) infectado por *Fusarium spp*
- Realizar un análisis económico de tratamientos.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis nula

No existe diferencias entre las distintas dosis y frecuencias de aplicación del bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), infectado por *Fusarium* spp.

1.4.2. Hipótesis alterna

Existe al menos una diferencia entre las distintas dosis y frecuencias de aplicación del bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), infectado por *Fusarium* spp.

1.5. Marco teórico conceptual

1.5.1. *Fusarium* spp.

Fusarium es un género de hongos que infecta plantas, animales, e inclusive, a las personas (Tapia y Amaro, 2014: pp. 85-86). En el caso de las plantas, es uno de los principales agentes causales de las enfermedades conocidas como marchitamiento vascular. Tiene la particularidad de afectar una gran variedad de cultivos como flores, hortalizas, gramíneas (*Fusarium graminearum*), mimosa y ornamentales (Kenneth et al, 2018: 115-126). Entre estas destacan algunas formas especiales de *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium verticilloides* (Martínez, 2015: pp.194-205).

1.5.1.1. Marchitez vascular causada por Fusarium en plantas

El marchitamiento vascular es una de las enfermedades más difíciles de controlar en las plantas. Anualmente, produce considerables pérdidas a nivel mundial en una gran variedad de cultivos, sobre todo, si se desarrolla en climas cálidos. La especie más relevante es *Fusarium oxysporum* (Bernal, 2010: p. 16).

Cada especie de planta, se ve afectada por una forma especial de este hongo, así, el *Fusarium* en tomate se llama *Fusarium oxysporum* f. spp. lycopersici. La especie que infecta al crisantemo se

denomina *Fusarium oxysporum* f. *chrysanthemi*, y así por el estilo para cada cultivo (Bernal, 2010: p. 21).

Síntomas

El hongo se encuentra en el suelo (donde puede permanecer por tiempo indefinido) y penetra por las raíces de la planta. Si la infección ocurre en plántulas, estas se marchitan y mueren rápidamente después de verse los primeros síntomas. Los primeros síntomas que se observan, es que los folíolos de las hojas más jóvenes se aclaran. Posteriormente, ocurre la epinastia (se alargan y curvan hacia abajo) de las hojas senescentes debido al debilitamiento de los pecíolos (Cifuentes, 2006: p. 53).

Por otro lado, en plantas adultas no es común que la muerte se produzca violentamente, más bien, ocurren una serie de síntomas previos. Lo primero que sucede es el aclaramiento de las nervaduras y la epinastia foliar. Después, las hojas inferiores se tornan amarillentas, hay formación de raíces adventicias. Luego se marchitan hojas y tallos jóvenes, ocurre la defoliación, se produce una necrosis en el margen de las hojas que no se caen y, finalmente, la muerte (Cifuentes, 2006: p. 169).

¿Cómo saber si el suelo está infestado?

La manera más sencilla es analizar las plantas. Si se le realiza un corte transversal en la base del tallo, se puede observar anillo de color café en el área de los haces vasculares. Esto permite identificar la presencia del hongo en el suelo, para proceder entonces a su desinfección (Ames, 1997: p. 21).

15.1.2 Pudriciones de raíz y tallo causadas por Fusarium

Otras especies del género, especialmente *Fusarium solani*, son responsables de la pudrición de raíces (frejol (*Phaseolus vulgaris*), cacahuate (*Arachis hypogaea*), soya (*Glycine max*), espárragos (*Asparagus officinalis*) y tallos (crisantemo (*Chrysanthemum*), clavel (*Dianthus caryophyllus*), etc.) (Mora, 2016: pp. 1-159). También, algunas formas especiales de *Fusarium oxysporum* causan la pudrición de semillas y plántulas (ahogamiento), pudriciones de raíces, tallos inferiores, coronas, cormos, bulbos y tubérculos (cebollas (*Allium cepa*), lirios (*Lilium*), gladiolas (*Gladiolus*) etc.) (Guzmán et al., 2004: pp. 246-258)

15.13. Ciclo de vida y forma de infección de *Fusarium*

El hongo habita en el suelo en forma de micelio o en cualquiera de las formas de esporas, aunque mayormente sobrevive en forma de clamidosporas. Se propaga muy fácilmente a través del agua y de los implementos agrícolas contaminados. Cuando un suelo ha sido infectado por *Fusarium*, puede permanecer en él por tiempo indefinido. Por esta razón, la rotación de cultivos no es un método eficiente para escapar del ataque del hongo (Vásquez y Castaño, 2017: pp.363-374).

Los tubos germinales de las esporas, o el micelio del hongo penetra en las raíces o a través de heridas (causadas por implementos, nematodos, etc.). Así, el micelio se propaga entre las células a través de la corteza de la raíz y, al llegar a la xilema (transporta agua de forma ascendente por la planta), penetra en este por medio de las hojas (Vásquez y Castaño, 2017: pp. 363-374).

Dentro del xilema, el micelio del hongo se ramifica y produce microconidios que son llevados hacia la parte superior de la planta, infectando tallo y ápice. Una vez alcanzado el punto donde termina el movimiento ascendente, el micelio penetra la pared superior de los vasos y produce más microconidios en los otros vasos, para avanzar lateralmente por la planta (Vásquez y Castaño, 2017: pp. 363-374).

15.14. Control de *Fusarium*

La utilización de fungicidas sistémicos está indicada para prevenir el ataque de *Fusarium*. El producto viaja por el interior de la planta, previniendo la formación de micelio. Sin embargo, lo que mejor resultado puede darnos, es la utilización de *Trichoderma*. Este hongo benéfico actúa como protector de nuestras plantas, al reproducirse y establecerse en el suelo. *Trichoderma* forma colonias en la zona radicular de las plantas, impidiendo la reproducción de *Fusarium*. También, mejora la absorción y disponibilidad de nutrientes en el suelo, y estimula la producción de raíces (Vásquez y Castaño, 2017: pp.363-374).

Otra herramienta que podemos utilizar es la solarización del suelo. Este procedimiento comprende, cubrir por completo el suelo con un plástico transparente durante varios días (antes de plantar). El incremento en la temperatura del suelo elimina las estructuras de permanencia de *Fusarium*,

además, ayudará a eliminar las semillas de muchas malezas (Vásquez y Castaño, 2017: pp. 363-374).

1.5.1.5. Taxonomía

Barnett y Hunter (1998: pp. 148-149) clasifican a *Fusarium* spp. de la siguiente forma:

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de *Fusarium* spp.

Reino	Fungi
División	Eumycota
Orden	Moniliales
Clase	Deuteromycete
Familia	Moniliaceae
Género	<i>Fusarium</i>

Fuente: Barnett y Hunter, 1998

1.5.1.6. Características Morfológicas

Fusarium oxysporum f. sp. se caracteriza por ser de estructura reproductiva asexual y no posee un estado sexual, la dispersión de este hongo se produce mediante la producción de macroconidios, microconidios y clamidosporas (Berruezo, 2018: pp. 59-60).

Macroconidios: su altura puede ser largo o corto, no son rectos y presentan una curvatura, se observa una anchura en la mitad de la espora y en los extremos la anchura va disminuyendo (Berruezo, 2018: pp. 59-60).

Microconidios: poseen diferentes formas entre ellas ovoide, ovalada, truncada, reniforme, globosa, periforme y éstos se puede encontrar en un solo cultivo, el tamaño varía, el número de conidio es de cero o uno y en algunas especies produce dos septos (Berruezo, 2018: pp. 59-60).

Clamidosporas: se pueden formar en cadenas, en grupos o por separado, son de pared gruesa y compuestas por una o dos células, sus esporas son redondas y se forman en el micelio más viejo o macronidios del hongo (Berruezo, 2018: pp. 59-60). En la Figura 1-1 se observa la Morfología de *Fusarium* spp.

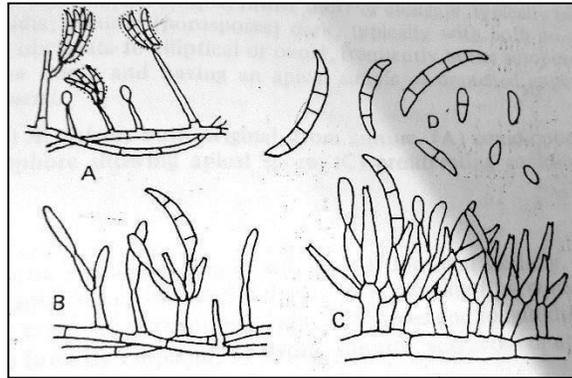


Figura 1-1. Morfología de *Fusarium* spp.

Fuente: Barnett y Hunter, 1998

1.5.2. Saponinas

Delporte (2014: pp. 47-51) menciona que las saponinas son triterpenoides (ácidos) derivados del isopreno o glucósidos esteroides (neutros) derivados del ciclopentano perhidrofenantreno. Según el contenido de saponinas, se pueden clasificar en amargas o dulces. La concentración de saponinas varía con el crecimiento de *Chenopodium álbum*, el contenido de saponinas es mayor en floración y el contenido de saponinas es menor en ramificación.

Díaz (2014: p. 37) menciona que las saponinas tienen en su estructura una o más moléculas de azúcar conectadas al carbono 3. Cuando pierden azúcares terminales, pierden su actividad antifúngica.

Los glucósidos o heteroglucósidos de las saponinas se caracterizan por tener un resto carbohidrato y otra sapogenina llamada sapogenina (López, 2001: pp. 39-44). Cuando hay sequía, la sapogenina en la quinua (*Chenopodium quinoa*) se reduce en un 45% (Gómez et al., 2011: pp. 10815-10825), y cuando el suelo se saliniza, el contenido de sapogenina también aumenta.

Los hongos, las bacterias y los insectos son susceptibles a las saponinas que se encuentran en los

tejidos vegetales (Wina et al., 2005: pp. 1-9). Las semillas de *Chenopodium quinoa* deben someterse a un proceso para eliminar la saponina antes de que se puedan comer.

1.5.2.1. Composición química de las saponinas

Hay muchos tipos de plantas que contienen saponinas. Su nombre se debe a que utilizan la raíz de las saponinas de plata para obtener jabón. Son anfipáticas. Químicamente, estas saponinas contienen glucósidos policíclicos o sapogeninas ligados al carbono 3, que están ligados a cadenas de azúcar. A través de la llave de éter (Hernández y Hermosillo, 2014: p. 6). En (Figura 2-1), se puede observar la estructura de la saponina.

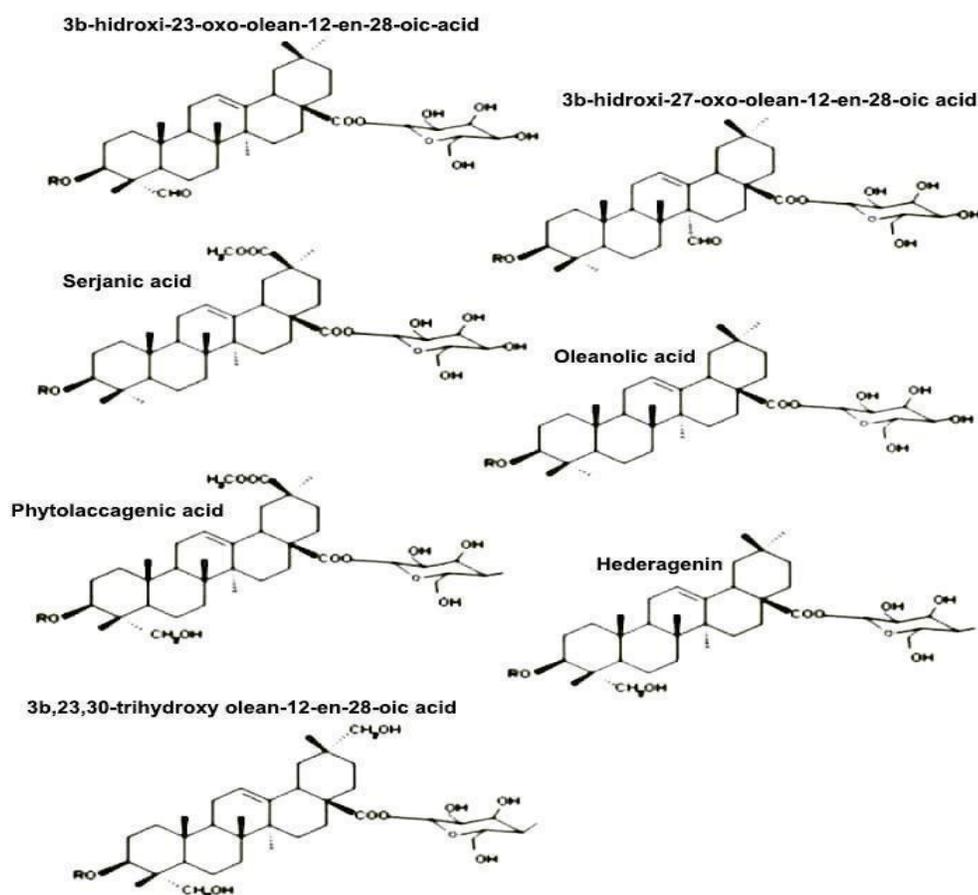


Figura 2-1. Estructura de las saponinas

Fuente: Troisi, 2014

La sapogenina está compuesta de aglicona y aglicona unidos por enlace glucosúrico. Esta

combinación ha llevado a la identificación de una treintena de saponinas diferentes, que se encuentran en frutos, endospermo, granos, panículas, tallos y flores, y otras determinaciones de contenido. Uno de estos compuestos, que lo hace adaptable a factores biológicos y no biológicos: tipo de suelo y clima (Hernández y Hermosillo, 2014: p. 54).

1.5.2.2. *Propiedades y usos de las saponinas*

De las saponinas se pueden obtener diversos subproductos utilizados en el campo farmacéutico, como fármacos y antibióticos que provocan cambios en la permeabilidad intestinal. Se utilizan en la industria cosmética y alimentaria, y también como insecticidas naturales para el control de plagas (Ahumada et al., 2016: pp. 438-469).

Tiene propiedades tensoactivas naturales porque reducen la tensión superficial, forman una solución coloidal con el agua y forman espuma cuando se agitan. Esto se debe a la presencia de saponinas. Como agliconas, es decir, terpenos sin azúcar, cuando añaden grupos hidrófilos a los terpenoides hidrófobos, exhiben propiedades tensoactivas. Las saponinas tienen propiedades bioquímicas, mostrando actividades hemolíticas, molusquicidas, alelopáticas, fungicidas, insecticidas y antibacterianas (Arias, 2017: pp. 148-149).

Guzmán et al. (2015: pp. 8-14) realizaron una investigación y han logrado resultados positivos contra hongos fitopatógenos (*Fusarium*, *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* y *Plutella xylostella*) mediante el uso de saponina para inhibir y controlar plagas y enfermedades.

1.5.2.3. *Saponinas de *Chenopodium quinoa* Wild*

Las saponinas de *Chenopodium* representan un factor antinutricional y deben ser eliminadas antes de su consumo, su contenido se encuentra entre 0,1% y 5%, sin embargo, espárragos (*Asparagus officinalis*), alfalfa (*Medicago sativa*), espinacas (*Spinacia oleracea*) donde también contienen saponinas. Las saponinas se encuentran en la piel de los granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) tienen propiedades espumantes y son estables a bajas concentraciones, se pueden utilizar en bebidas, jabones, champús, etc. (Chávez, 2018: pp. 50-51).

Szakiel et al. (2011: pp. 493-500) mencionó que los factores ambientales no biológicos tienen mucho que ver con determinar si la quinua es dulce o amarga.

Las 30 saponinas de la *Chenopodium quinoa* Willd se identificaron de acuerdo a la mezcla que conforman los carbohidratos y agliconas estas son: (hexosa, pentosa y ácidos urónicos) y (ácido: serjánico, oleanólico, fitolacagénico, hederagenina, 3 β ,23,30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico y 3 β -hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico) respectivamente (Ahumada et al., 2016: pp. 438-469; García et al., 2018: pp. 241-249).

1.5.3. Métodos de extracción de Saponinas

Según la definición de Núñez (2008: p.1), la extracción es la separación de partes específicas de una muestra mediante el uso de un líquido que es soluble en la muestra. Hay tres métodos de extracción: extracción gas-líquido, extracción sólido-líquido y extracción líquido-líquido.

1.5.3.1. Extractor Soxhlet

El método de extracción Soxhlet se desarrolló en 1879 y se considera la técnica de extracción más antigua, pero todavía se utiliza como método de referencia hasta el día de hoy, y su rendimiento de extracción se ha evaluado en comparación con otros métodos existentes. Es un método aprobado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) y se puede encontrar como Método 3540C (Arias, 2011: p. 38).

El método de extracción Soxhlet se utiliza para extraer compuestos orgánicos no volátiles. El equipo de extracción Soxhlet en sí está hecho de material de vidrio, que transporta compuestos contenidos en sólidos lipídicos. Se considera un método de extracción sólido-líquido, que tiene como objetivo utilizar un solvente para separar compuestos de fuentes naturales (Cervantes, 2013: pp. 34-35).

Según el equipo de Arias (2011: p. 27), se pueden obtener triglicéridos, pigmentos, carotenoides, lecitina, ácidos grasos, fosfolípidos, clorofila y ácidos grasos.

1.5.3.2. *Funcionamiento del equipo Soxhlet*

Para comprender el funcionamiento de los equipos Soxhlet, primero debemos introducir el montaje del equipo.

El equipo de extracción Soxhlet está compuesto de bottom-up: reflectante, que es la fuente de calor para evaporar el solvente; el matraz que contiene el solvente y el compuesto extraído del tapón de la botella; el extractor Soxhlet es una muestra de la tapa de la botella contiene la muestra. El refrigerante, donde se condensa el disolvente (Núñez, 2008: pp. 1-7). El funcionamiento del equipo se divide en cinco etapas:

- Preparar la muestra y colocarla en el extractor Soxhlet
- Ponga el solvente en el matraz
- La evaporación del solvente causa refrigerante
- El solvente contenido en el refrigerante se condensa en la tapa del extractor, que es el lugar para la extracción sólido-líquido.
- Verter el material extraído de la muestra en el matraz y realizar reflujo de disolvente. Este proceso continúa hasta que se agota el contenido de la muestra en el matraz (Núñez, 2008: pp. 1-7).

1.5.3.3. *Cuantificación de saponinas.*

Existen muchos métodos para determinar la concentración de saponinas en las semillas de quinua, incluida la medición de la altura de la espuma y su capacidad hemolítica, que es una característica típica de la quinua.

Ncube et al. (2011: pp. 775-780) mencionaron que primero se debe realizar el método de identificación de saponinas, en el cual parte del material vegetal debe colocarse en un tubo de ensayo lleno de agua destilada, y si hay espuma se debe agitar durante dos minutos. Al menos 15 minutos indica la presencia de saponina, después de lo cual se puede realizar la cuantificación.

Los métodos de cuantificación de saponinas se dividen en espectrofotometría y cromatografía, el primer método se caracteriza por dar el valor total de saponinas y el segundo método se caracteriza por compuestos cuantitativos específicos (Cheok et al., 2014: pp. 16-40).

1.5.4. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)

Chenopodium quinoa se cultiva desde la antigüedad y pertenece a la familia de las hortalizas, el país donde más se ha desarrollado la diversidad de este cultivo es la región andina, por lo que países como Bolivia y Perú abarcan 80 países. Porcentaje de demanda internacional. Esta planta tiene una gran capacidad para adaptarse a condiciones ecológicas extremas, por lo que puede extenderse a otros países en diferentes pisos y áreas agroecológicas (FAO, 2011: p.3).

Por lo tanto, existen muchos tipos de *Chenopodium quinoa*, pero siguen siendo la misma especie, por lo que se registran cinco tipos ecológicos diferentes a lo largo de los Andes. La primera es la quinua La quinua del valle entre los Andes, que está conformada por países como Colombia, Perú y Ecuador; la segunda es la quinua La quinua de la sierra norte, conformada por países como Perú y Bolivia; la tercera es Quinoa de Yungas, compuesta de Bolivia. El cuarto es Bolivia, Chile y Argentina, conocido como Quinoa o Meseta Sur. La quinta especie se llama *Chenopodium quinoa Willd* desde la costa o al nivel del mar y se compone del centro y sur de Chile, al menos hasta Chiloé (FAO, 2011: p. 24).

Según la FAO (2014: p. 20), *Chenopodium quinoa* representa el significado de grano maestro, que proviene del idioma quechua. Solía llamarse el alimento de los pueblos indígenas, pero hoy, desde la década de 1970, ha ganado reconocimiento internacional.

Para encontrar plantas que puedan sustentar la vida en el espacio, la NASA recomienda que *Chenopodium quinoa Willd* contiene muchas proteínas y otros aminoácidos esenciales, y es fácil de usar y preparar; a su vez, se encontró que responde a experimentos hidropónicos en un ambiente controlado. Bueno, que es otra razón para considerarlo como alimento extra (FAO, 2011: p. 9).

Las Naciones Unidas designaron en 2013 como el Año Internacional de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y enfatizaron que este grano falso jugará un papel importante en la alimentación, reconociendo así el papel de los pueblos indígenas en la protección de la biodiversidad (Figura 3-1) Se observó la planta de *Chenopodium quinoa* (FAO, 2011: p. 3).

Cotler et al. (2007: pp. 7-10) mencionó que en la década de 1960 se incrementó la salinización de suelos agrícolas, debido a que no se consideró el medio ambiente en ese momento, se incrementó la

agricultura tradicional, lo que resultó en una reducción de la producción agrícola y el abandono de tierras. Cuando *Chenopodium quinoa* Willd está bien adaptado a estas condiciones, se considera un método de cultivo alternativo y, por lo tanto, se beneficia porque se considera que tiene un alto valor nutricional (FAO, 2011: p. 3-29).



Figura 3-1. Planta de *Chenopodium quinoa* Willd

Realizado por: Abdo, 2021

1.5.4.1. Taxonomía

La Tabla 2-1 muestra la clasificación taxonómica de *Chenopodium quinoa* Willd.

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica de la *Chenopodium quinoa* Willd

Nombre científico	Chenopodium quinoa Willd
Reino	Plantae
División	Magonoliophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceae
Género	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Quinoa</i>
Sección	<i>Chenopodia</i>

1.5.4.2. *Chenopodium quinoa Willd en el Ecuador*

Hay muchos tipos de quinua, pero la mayoría de ellos se distribuyen en los países andinos. Ecuador ocupa el cuarto lugar con 740 números de accesiones y dos bancos de genes. Hay un total de 16.263 entradas en el mundo, Bolivia es una de las mayores colecciones de quinua, seguida de Perú, Argentina, Ecuador, Chile y Colombia (Troisi, 2014: p. 317-318).

Según Peralta (2009: p. 7), según datos, la demanda de la producción de quinua para Ecuador se clasifica según el nivel de importancia: Imbabura, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Las provincias de Cachi y Tungurahua están ordenadas jerárquicamente. Compilado a partir de una investigación realizada por INIAP (Instituto Nacional de Agricultura) y Fundación IDEA (Instituto de Estrategias Agrícola (2012).

En 2013, la superficie plantada de Ecuador era de aproximadamente 2.000 hectáreas, con una producción anual de 2.000 toneladas, y planea aumentarla en 10.000 hectáreas para proporcionar granos de alta calidad en lugar de cantidades. En las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Imbabura y Carchi, las familias de agricultores cultivan quinua en menos de 5 hectáreas, por lo que los precios fluctúan. Especialmente la siembra se realiza de septiembre a abril por ser la época de lluvias y la recolección se realiza en mayo, junio y julio (Silva, 2013: pp. 35-42).

En el año 2015 la producción de *Chenopodium quinoa* Willd fue de 12.707 toneladas en 7.148 hectáreas y para el año 2016 se estimó que hubo una productividad de 1.36 toneladas por hectárea (Monteros, 2016: pp. 1-9), en total 3.903 toneladas, en el 2017 se calculó una producción de 1.286 toneladas

1.5.4.3. *Propiedades nutricionales*

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se considera un grano especial porque aporta la mayoría de los nutrientes, tiene un alto contenido de proteínas, calcio y hierro y contiene aminoácidos

esenciales, como la lisina. En comparación con otros tipos de trigo (*Triticum*), la quinua puede proporcionar un contenido de calcio 1,5 veces más alto, un contenido de zinc dos veces más alto y un contenido de zinc 3,3 veces más alto, pero en comparación con el maíz (*Zea mays*) y el arroz (*Oryza sativa*), aunque el maíz tenga un rico valor nutricional, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) tiene más ventajas. (Peralta, 2009: p. 7).

Los componentes de grano de *Chenopodium quinoa* Willd están descritos en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Componentes del grano de *Chenopodium quinoa* Willd

Elementos	Porcentaje %
Humedad	12,6
Proteína	13,8 a 16
Extracto etéreo	5,1
Carbohidratos	59,7
Fibras	4,1
Cenizas	3,3
Lisina	0,88
Metionina	0,42
Triptófano	0,12
Grasas	4 a 9

Fuente: Peralta, 2009

Además, Valeiro et al. (2013: pp. 97-98) mencionaron que además de tener una gran cantidad de proteína, las cuales también se caracterizan por un contenido de azúcar total del 45%, un contenido de azúcar soluble del 16% y un contenido de azúcar del 4%. Los lípidos, el 33% de almidón (ubicado en la colcha), las vitaminas E y C, la riboflavina, la tiamina y una gran cantidad de ácido fólico son 10 veces mayores que el trigo (trigo). También contiene saponina en la capa externa de los granos, en comparación con el arroz, el maíz y el trigo, el potasio (9,7 mg / kg) y el calcio 707,9 mg / kg son muy altos.

1.5.4.4. Usos de la *Chenopodium quinoa* Willd

De acuerdo con Arias (2017: pp. 148-149), la *Chenopodium quinoa* Willd es usada principalmente

como:

- Alimentos para humanos, debido a que los granos contienen un alto contenido de proteínas y se mezclan con alimentos como frijoles y granos, son productos importantes en la dieta humana.
- Los cereales son versátiles y se pueden preparar infinidad de recetas, la quinua se puede utilizar como cereales integrales, harina, polvo instantáneo, sémola, hojuelas, etc.
- Se utiliza en la industria alimentaria, pero su precio es a veces tan elevado que la mayoría de la gente no puede permitírselo, para mejorar la calidad del producto y la dieta de los niños se mezcla con otras legumbres.
- Se utiliza como cereal para el desayuno, existen varios tipos de quinua cereales de quinua, como rallado, inflado, exprimido, en copos y caliente.
- Se utiliza en la industria harinera y es característico de los productos sin gluten, utilizan de 10% a 40% de harina de quinua para pan, 60% para galletas, 40% para pasta y 70% para pan Galletas.
- Los cultivos de *Chenopodium quinoa* y los residuos de las plantaciones se utilizan como alimento verde para la alimentación animal.
- Las hojas, tallos y granos se usan con fines medicinales, y pueden usarse para curar cicatrices, analgésicos, desinfectantes del tracto urinario, fracturas, sangrado y repelentes de insectos.
- El almidón de quinua se puede utilizar para producir papel, aerosoles, postres, talco en polvo, plásticos, etc.

1.5.5. Arupo Chionanthus pubescens Kunth

Arupo, *Chionanthus* en griego significa “Flores de nieve” y *pubescens* que significa “peludo por el vello que cubre las hojas” (Mena, 2006: p.25).

1.5.5.1. Descripción botánica

- **Árbol** es un árbol que puede alcanzar hasta 8 metros de altura, caducifolio.
- **Tronco** su tronco es torcido, grisáceo y sus ramas extendidas forman una copa globosa sus ramitas son delgadas y lenticeladas.
- **Hojas** simples, opuestas, enteras, sin estípulas, de 20 cm de longitud, oblongas, con nervios pronunciados y limbos acanalados hacia el raquis

- **Flores** se destaca por el colorido que resalta entre la vegetación nativa, rosadas o blancas con pétalos lineares de 2,5 cm, en panículas.
- **Fruto** luego de caer los pétalos aparecen los frutos, el fruto es una drupa de 1cm de largo y 0,8 cm de diámetro, contiene una semilla. Presenta un color negro cuando madura y caen al suelo donde se recolecta (Córdova, 2018: pp.27-28).

1.5.5.2. Ecología y distribución de la especie

Son originarios del sur del Ecuador y muy aptos para el clima de todo el país. Crecen a un ritmo medio y tienen una vida útil de 20 a 30 años. Tienen forma de árbol, un fuste único, una copa esférica y una densidad de copa densa. hoja. Características decorativas: flores de color rosa claro o blanco. Susceptible a plagas y enfermedades. Resistente a la poda, apto para árboles urbanos. Es famoso en parques y jardines por sus flores únicas y hermosas (Córdova, 2018: pp. 27-28).

1.5.5.2. Características edafoclimáticas

- Altitud: 1600 – 2800 msnm
- Precipitación: 1000 – 1300 mm
- Temperatura: 16 °C (Córdova, 2018: pp. 28-30).

1.5.5.3. Requerimientos edáficos

Tolera todo tipo de suelos, menos en los que se inunda (Quishpe, 2009: pp. 6-7).

1.5.5.4. Factores limitantes de crecimiento

Sin embargo, la limitación para su producción se ve afectada por el tiempo que tarda en germinar impidiendo propagarla abundantemente para satisfacer la demanda existente (Quishpe, 2009: pp. 6-7).

1.5.5.5. Descripción silvicultural y de manejo de la especie

- Los árboles adultos producen frutos en abundancia. El número de semillas por kilogramos. Es alrededor de 2500.

- Tratamiento pre germinativo: Dejar la semilla en remojo por 24 horas.
- Producción en vivero

La siembra se hace en platabandas o en fundas de polietileno de tamaño 13 x 8 cm colocando la semilla con la parte cóncava hacia abajo y a 2 cm de profundidad. La germinación se inicia después de los 11 a 25 días dependiendo de la variedad de semillas, algunas tardan hasta 43 días en emerger, dependiendo de las condiciones climáticas. Con la aparición de la raíz, después de una a dos semanas aparecen las primeras hojas (Quishpe, 2009: pp. 6-7).

1.5.5.6. Reproducción

Se propaga sexualmente, para obtener su germinación se debe recoger los frutos maduros, hacerlos secar y dejarlos en reposo durante dos meses y sembrarlos así tarda un mes en germinar. Reproducción vegetativa asexual se realiza mediante estacas de 12 - 15 cm, directamente implantadas en el terreno o fundas con su respectivo manejo (Quishpe, 2009: pp. 6-7).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Variables

2.1.1. *Variable Dependiente*

- Inhibición del crecimiento *in vitro* de *Fusarium* spp.

2.1.2. *Variable Dependiente*

- Altura de las Plantas
- Numero de foliolos
- Concentración del bioproducto
- Frecuencia de aplicación del bioproducto en 3 dosis

2.1.3. *Variables Intervinientes*

- Variedad de *Chenopodium quinoa* Willd
- Calidad del agua para extraer saponinas
- Tiempo de extracción

2.2. Tipo y diseño de la Investigación

La investigación fue de tipo explicativa y documental.

- **Explicativa:** porque se describió las técnicas y métodos a utilizar, se analizó el resultado del efecto de las concentraciones de saponinas en extracto acuoso que serán aplicadas.
- **Documental:** ya que se basó en la búsqueda de información la cual permitió relacionar los resultados con otros estudios.

Se utilizó un diseño de investigación de tipo experimental.

- **Experimental:** Porque se realizó a nivel de laboratorio en un ambiente controlado. Aplicando tres concentraciones de saponinas en 3 repeticiones de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), para tratar especies de hongos fitopatógenos (*Fusarium* spp) en cultivo puro, para evidenciar si inhiben o no su crecimiento, se mantuvo un grupo control de plantas testigo sin aplicar saponinas para observar su crecimiento.

2.3. Lugar de la Investigación

La colección de plantas e investigación de laboratorio se realizó en la finca “Lucerito” ubicada en el cantón Chambo provincia de Chimborazo

2.4. Condiciones Climáticas

Temperatura: Temperatura media anual de 14°C.

Coordenadas: 1°42'24,226" S 78°36'11,389" W

Precipitación: Promedio anual de 882,7 mm

Altitud: 2573 m s.n.m.

2.5. Diseño experimental

Se estableció un diseño completamente al azar (DCA) comprendió 3 concentraciones de un extracto acuoso de saponinas de los residuos de *Chenopodium quinoa* Willd (*episperma*), seis cepas de hongos fitopatógenos (*Fusarium* spp.) para un total de 24 tratamientos con tres réplicas cada uno. Además, se incluyó un control de *Fusarium* en plantas de arupo por cada cepa en medio de cultivo sin extracto que completaron 30 tratamientos y 90 unidades experimentales (Tabla 1-2).

Tabla 1-2: Tratamientos aplicados en la investigación

Unidad experimental	Tratamientos	Descripción
1	T1C1(50%)F1	Tratamiento 1, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
2	T2C2(75%)F1	Tratamiento 2, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
3	T3C3(100%)F1	Tratamiento 3, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
4	T4C1(50%)F2	Tratamiento 4, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
5	T5C2(75%)F2	Tratamiento 5, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
6	T6C3(100%)F2	Tratamiento 6, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
7	T7C1(50%)F3	Tratamiento 7, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
8	T8C2(75%)F3	Tratamiento 8, concentración 2 al 750%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
9	T9C3(100%)F3	Tratamiento 9, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
10	T10T.A.	Tratamiento 10, concentración al 0%, testigo absoluto
11	T1C1(50%)F1	Tratamiento 1, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
12	T2C2(75%)F1	Tratamiento 2, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
13	T3C3(100%)F1	Tratamiento 3, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
14	T4C1(50%)F2	Tratamiento 4, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
15	T5C2(75%)F2	Tratamiento 5, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
16	T6C3(100%)F2	Tratamiento 6, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
17	T7C1(50%)F3	Tratamiento 7, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
18	T8C2(75%)F3	Tratamiento 8, concentración 2 al 750%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
19	T9C3(100%)F3	Tratamiento 9, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
20	T10T.A.	Tratamiento 10, concentración al 0%, testigo absoluto
21	T1C1(50%)F1	Tratamiento 1, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
22	T2C2(75%)F1	Tratamiento 2, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
23	T3C3(100%)F1	Tratamiento 3, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días

24	T4C1(50%)F2	Tratamiento 4, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
25	T5C2(75%)F2	Tratamiento 5, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
26	T6C3(100%)F2	Tratamiento 6, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
27	T7C1(50%)F3	Tratamiento 7, concentración 1 al 50%, frecuencia de aplicación 1 cada 8 días
28	T8C2(75%)F3	Tratamiento 8, concentración 2 al 75%, frecuencia de aplicación 2 cada 15 días
29	T9C3(100%)F3	Tratamiento 9, concentración 3 al 100%, frecuencia de aplicación 3 cada 21 días
30	T10T.A.	Tratamiento 10, concentración al 0%, testigo absoluto

Realizado por: Abdo, 2020

2.6. Unidad de análisis

Cada unidad experimental constó de:

- Plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth) listas para repique
- Extracto acuoso de las saponinas de residuos de *Chenopodium quinoa* Willd amarga
- Preparación de bioproducto con agua purificada
- Obtención de cepa *Fusarium* spp.

2.7. Población de estudio

- Plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)
- Bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*)
- Hongo *Fusarium* causante del *Fusarium* spp

2.8. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra le corresponde a:

- Una variedad de *Chenopodium quinoa* Willd amarga
- Plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth
- Tres concentraciones de extracto acuoso de saponinas

- Tres frecuencias de aplicación de bioproducto

30 tratamientos con tres repeticiones cada uno (Tres concentraciones de bioproducto a base de saponinas de *Chenopodium quinoa* Willd y tres frecuencias de aplicación cada 8, 15 y 21 días), dando un total de 90.

2.9. Selección de la muestra

Se usó el bioproducto elaborado por Carrillo (2019, p. 69) en su trabajo de titulación llamado: “EVALUACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS SAPONINAS DE LOS RESIDUOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) COMO INHIBIDORAS DE HONGOS FITOPATÓGENOS” en el que se obtuvo mediante el empleo del método Soxhlet un extracto acuoso de residuos de quinua amarga (22% de saponinas en residuos) con 425 ml por cada 200 g que alcanza una concentración de 0,610 mg/ml de saponinas.

2.9.1. Preparación del bioproducto a base de saponinas de *Chenopodium quinoa* Willd

- Se tamizó la muestra para extraer toda impureza y residuos de cascaras y que nos quede únicamente el bioproducto
- Se procedió a preparar las concentraciones de bioproducto al 50%, 75% y 100% (Tabla 2-2).
- Se aplicó a cada uno de los tratamientos según las etiquetas las cuales fueron colocadas completamente al azar.

Tabla 2-2: Concentración del extracto acuosa de saponinas para cada concentración ensayada

Ensayos	%	Concentración
C1	100	se colocó un volumen de 1000 ml del extracto de saponinas.
C2	75	se colocó 750 ml del extracto de saponinas + 250 ml de agua destilada.
C3	50	se colocó 500 ml del extracto de saponinas + 500 ml de agua destilada.
C4	control	se colocó un volumen de 1000 ml de agua

Realizado por: Abdo, 2021

2.10. Materiales de campo

Balde, azadón, guantes, machete, regadera, tijera de podar, botas, libreta de campo, lápiz.

2.11. Materiales y equipos de laboratorio

Agua destilada, microscopio, autoclave, alcohol industrial, probeta, guantes de manipulación, pinzas de manipulación, placas porta objetos, placas cubre objetos, cajas petri.

2.12. Equipos de oficina

Computador HP, impresora Epson, cámara fotográfica, Microsoft Office, software ISBM SPSS Statistics v.25.

2.13. Material Biológico

El material biológico estuvo conformado por cepas puras de *Fusarium* spp., obtenidas a partir del aislamiento de *Chionanthus pubescens* Kunth., las cuales fueron entregadas por la ESPOCH, gracias a la colaboración del vivero de la Facultad De Recursos Naturales y se dio paso para la recolección de muestras en la finca “El Lucerito”, Chambo provincia de Chimborazo. Dicho material fue debidamente identificado vía microscópica, para confirmar el tipo de hongo.

2.14. Material Vegetal

La recolección de la muestra de *Chenopodium quinoa* Willd (episperma) para la presente investigación se realizó en la comunidad Licto que se encuentra con las siguientes coordenadas 9803408,32N y 761718,88 E a una altura de e 2940 m s.n.m.

La parroquia Licto pertenece al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador, ubicado al sur de Riobamba a 22km de la ciudad, las principales actividades económicas realizadas en la parroquia Licto son la agricultura, ganadería y pastoreo.

La *Chenopodium quinoa* Willd es representativa de la zona, es considerada amarga y orgánica, los productores la venden a la fundación “Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador”.

2.15. Técnica de Recolección de datos

2.15.1. Fase de Campo

Se trasladó las plantas de *Chionanthus pubescens* Kunth al “Lucerito” para su aclimatación, una vez transcurrido el proceso de aclimatación procedimos a:

- Medición de alturas de plántulas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)
- Conteo de foliolos en plántulas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth)
- Aplicación del bioproducto en 3 dosis
- Aplicación del bioproducto en 3 frecuencias
- Aplicación de agua en el Testigo Absoluto

2.16. Tratamiento Estadístico

Se emplearon análisis de varianza con un diseño completamente al azar (DCA), para todos los tratamientos aplicados, para la variable actividad antifúngica se tomó como referencia la tasa de crecimiento de la planta mediante el cálculo con la fórmula:

Donde:

Tc: es la tasa de crecimiento diario

V2: es el valor final

V1: es el valor inicial

t: tiempo transcurrido entre el valor inicial y valor final (14 días)

Cuando existieron diferencias significativas, ver Tabla 6-2, se realizó una prueba de separación de

medias mediante Tukey al 5% para determinar los rangos y las diferencias entre medias de los tratamientos aplicados, usando el software SSPSS.V.25.

Tabla 3-2: Significancia de los valores para el análisis de varianza (ANOVA)

Nota:
Sig. >0,05 = no significativo
Sig. <0,05 = significativo

Fuente: Soporte de Minitab, 2019

Realizado por: Abdo, 2021

Posteriormente se elaboró una tabla para comparar los tratamientos con mayor incidencia sobre la tasa de crecimiento.

2.17. Análisis económico

Se analizaron los costos de cada material utilizado en la investigación mediante el uso del software Excel.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación macroscópica y microscópica del hongo fitopatógeno (*Fusarium spp.*)



Figura 1-3. Cepa de *Fusarium spp.*

Realizado por: Abdo, 2021

En la Figura 1-3 se observó que el cultivo en la caja Petri presentó colonias de color blanco, pero al pasar el tiempo exhibieron una pigmentación rosada a púrpura, el micelio tiene un aspecto algodonoso y denso, también presentan bordes definidos, microscópicamente se observó la presencia de microconidios, elipsoidal, rectos y macroconidios ligeramente curvados. De acuerdo con lo descrito Monzón y Rodríguez (2018; pp. 1-6) se confirma el género *Fusarium*.

3.2. Evaluación a nivel de campo del crecimiento de las plantas de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth) acorde a la frecuencia de aplicación y mediciones semanales

Después de un periodo de aclimatación y una distribución estadística completa al azar se procedió a realizar mediciones de altura y de número de folíolos, para este punto las plantas presentaban ligero marchitamiento y actividad fúngica.

3.2.1. Frecuencia de aplicación del bioproducto

Tabla 1-3: Fechas de aplicación del bioproducto acorde a la frecuencia

Frecuencia de aplicación				
Aplicaciones	F1 (8 días)	F2 (15 días)	F3 (21 días)	T. A.
23/11/2020	X	X	X	X
30/11/2020	X			X
7/12/2020	X	X		X
14/12/2020	X		X	X
21/12/2020	X	X		X
28/12/2020	X			X
4/1/2021	X	X	X	X

Realizado por: Abdo, 2021

Las aplicaciones empezaron el 23 de noviembre de 2020, a la frecuencia uno (F1), se realizaron seis aplicaciones cada 8 días hasta el 4 de enero del año 2021; a la frecuencia dos (F2), se realizaron 4 aplicaciones cada 15 días hasta el 4 de enero de 2021; y solo tres aplicaciones para la frecuencia tres cada 21 días hasta el 4 de enero de 2021.

3.2.2. Análisis de la tasa de crecimiento de la altura en cm, de las plantas a las 2, 4 y 6 semanas de la primera medición

3.2.2.1. ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la primera medición a la segunda semana

Tabla 2-3: ANOVA de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la primera medición a la segunda semana

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,013	9	,001	9,661	<,001
Dentro de grupos	,003	20	,000		
Total	,016	29			

Realizado por: Abdo, 2021

La significancia del ANOVA es menor al 0,05, por lo que se procedió a hacer la prueba de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

Tabla 3-3: Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la primera medición a la segunda semana

Denominación	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
T3C3(100%)F1	3	,0357142867			
T2C2(75%)F1	3	,0428571433	,0428571433		
T1C1(50%)F1	3	,0523809500	,0523809500	,0523809500	
T7C1(50%)F3	3	,0686419767	,0686419767	,0686419767	,0686419767
T8C2(75%)F3	3	,0686419767	,0686419767	,0686419767	,0686419767
T9C3(100%)F3	3		,0730864233	,0730864233	,0730864233
T6C3(100%)F2	3		,0777777800	,0777777800	,0777777800
T4C1(50%)F2	3			,0873015900	,0873015900
T5C2(75%)F2	3				,0960317467
T.A.	3				,1023809523
Sig.		,080	,054	,054	,068

Realizado por: Abdo, 2021

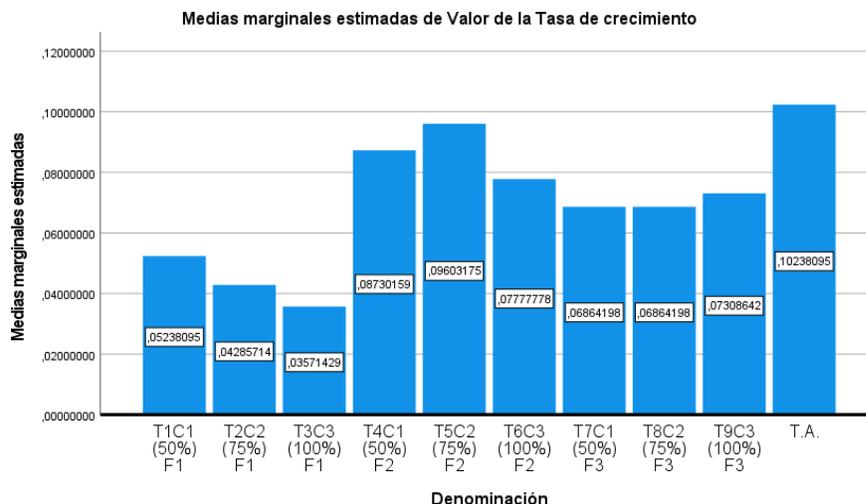


Gráfico 1-3. Medias de las tasas de crecimiento de las alturas, desde la primera medición a la segunda semana

Realizado por: Abdo, 2021

Estadísticamente, el Testigo Absoluto y el Tratamiento 5 presentan un crecimiento más significativo en cuanto a la altura de las plantas, en el periodo que va desde la primera medición a dos semanas después de esta. Podemos decir que después del Testigo Absoluto, la mejor frecuencia de aplicación del producto es cada dos semanas, junto con una concentración del producto del 75%; esto durante el transcurso de dos semanas de empezar las mediciones.

3.2.2. ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la segunda a la cuarta semana

Tabla 4-3: ANOVA de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la segunda a la cuarta semana

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,613	9	,068	78,704	<,001
Dentro de grupos	,017	20	,001		
Total	,630	29			

Realizado por: Abdo, 2021

La significancia del ANOVA es menor al 0,05, por lo que se procedió a hacer la prueba de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

Tabla 5-3: Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la segunda a la cuarta semana

Denominación	N	Subconjunto		
		1	2	3
T8C2(75%)F3	3	,1394179867		
T9C3(100%)F3	3	,1415343933		
T7C1(50%)F3	3	,1507936467		
T4C1(50%)F2	3	,1674603200		
T6C3(100%)F2	3	,1769841267		
T.A.	3		,2904761903	
T5C2(75%)F2	3		,3341269833	
T1C1(50%)F1	3			,4563492067
T3C3(100%)F1	3			,4849206367
T2C2(75%)F1	3			,5023809533
Sig.		,850	,718	,659

Realizado por: Abdo, 2021

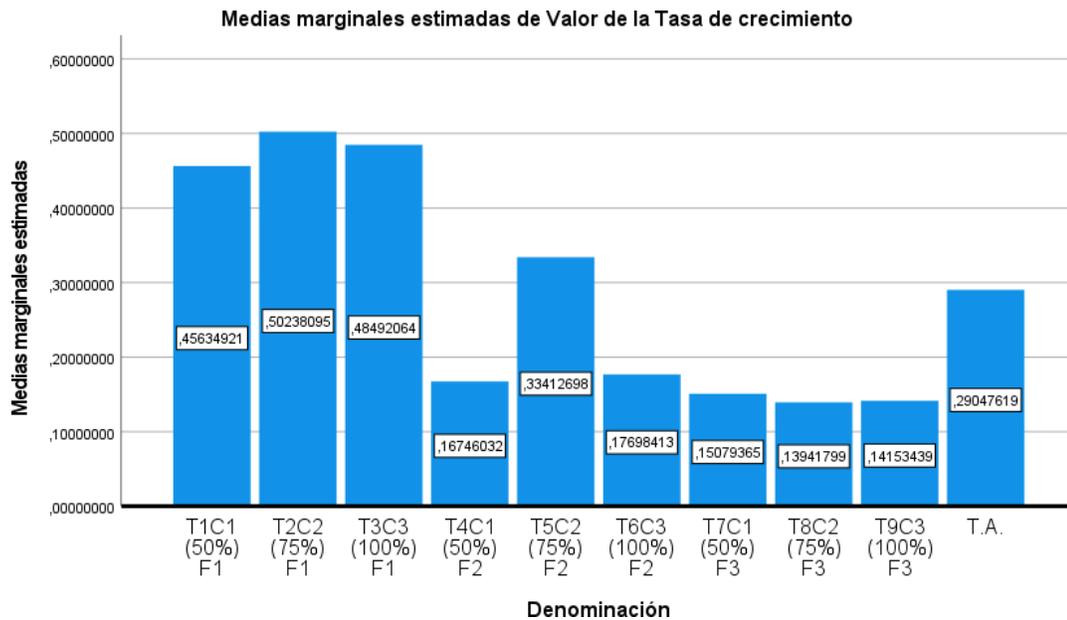


Gráfico 2-3. Medias de las tasas de crecimiento de las alturas, desde segunda a la cuarta semana

Realizado por: Abdo, 2021

Estadísticamente, los Tratamientos 2, 3 y 1, presentan un crecimiento más significativo en cuanto a la altura de las plantas, en el periodo que va desde la segunda a la cuarta semana, con lo que podemos decir que la mejor frecuencia de aplicación para este período es cada semana y que las mejores concentraciones del producto son al 75%, 100% y 50% en orden descendente de la media de sus tasas de crecimiento.

3.2.2.3. ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la cuarta a la sexta semana

Tabla 6-3: ANOVA de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la cuarta a la sexta semana

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,161	9	,018	2,875	,024
Dentro de grupos	,124	20	,006		
Total	,285	29			

Realizado por: Abdo, 2021

La significancia del ANOVA es menor al 0,05, por lo que se procedió a hacer la prueba de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

Tabla 7-3: Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento de la altura en cm, desde la cuarta a la sexta semana

Denominación	N	Subconjunto	
		1	2
T9C3(100%)F3	3	,2047619067	
T8C2(75%)F3	3	,2052910067	
T7C1(50%)F3	3	,2280423267	
T6C3(100%)F2	3	,2500000000	,2500000000
T5C2(75%)F2	3	,2603174600	,2603174600
T4C1(50%)F2	3	,2904761900	,2904761900
T1C1(50%)F1	3	,2984127000	,2984127000
T2C2(75%)F1	3	,3222222233	,3222222233
T3C3(100%)F1	3	,3444444433	,3444444433

T.A.	3		,4598214287
Sig.		,504	,087

Realizado por: Abdo, 2021

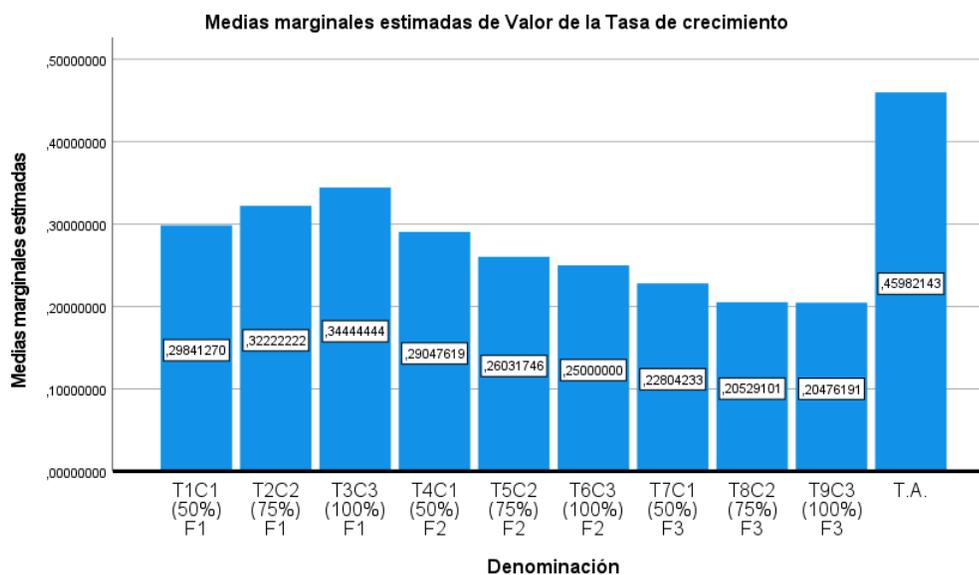


Gráfico 3-3. Medias de las tasas de crecimiento de las alturas, desde cuarta a la sexta semana

Realizado por: Abdo, 2021

Estadísticamente, el Testigo Absoluto presenta un crecimiento más significativo en cuanto a la altura de las plantas, en el periodo que va desde la cuarta a la sexta semana.

3.2.3. Análisis de la tasa de crecimiento del número de hojas, de las plantas a las 2, 4 y 6 semanas de la primera medición

3.2.3.1. ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana

Tabla 8-3: ANOVA de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,274	9	,030	26,706	<,001
Dentro de grupos	,023	20	,001		
Total	,297	29			

Realizado por: Abdo, 2021

La significancia del ANOVA es menor al 0,05, por lo que se procedió a hacer la prueba de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

Tabla 9-3: Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana

Denominación	N	Subconjunto	
		1	2
T6C3(100%)F2	3	,0317460300	
T4C1(50%)F2	3	,0396825400	
T1C1(50%)F1	3	,0714285733	
T3C3(100%)F1	3	,0793650833	
T2C2(75%)F1	3	,1031746033	
T5C2(75%)F2	3	,1031746067	
T9C3(100%)F3	3	,1086419767	
T8C2(75%)F3	3	,1234567867	
T7C1(50%)F3	3	,1283950633	
T.A.	3		,3888888900
Sig.		,054	1,000

Realizado por: Abdo, 2021

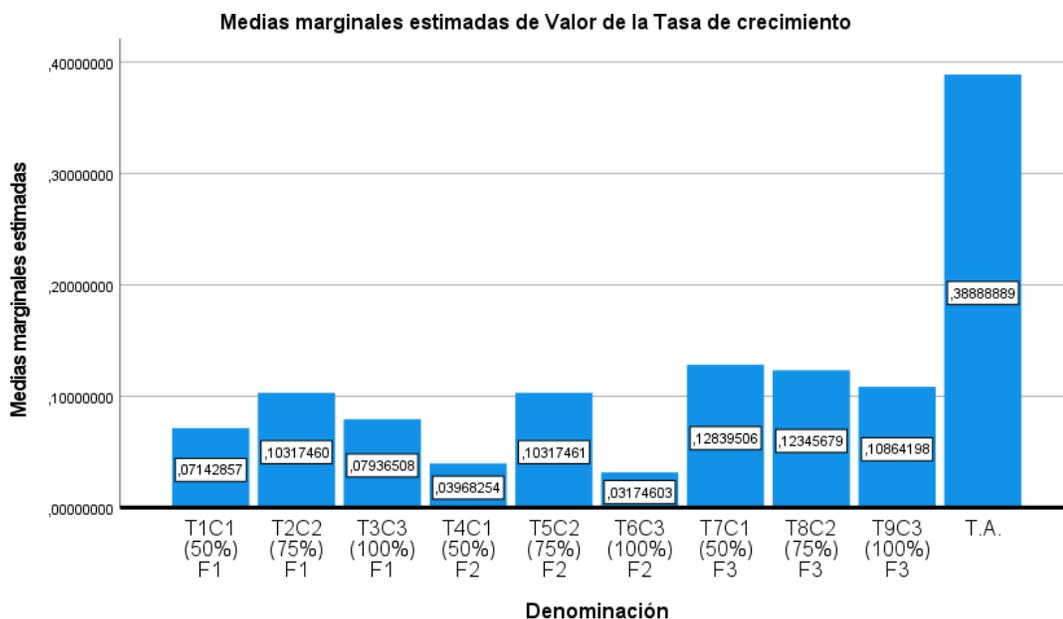


Gráfico 4-3. Medias de las tasas de crecimiento del número de hojas, desde la primera medición a la segunda semana

Realizado por: Abdo, 2021

Estadísticamente, el Testigo Absoluto presenta un crecimiento más significativo en cuanto al número de hojas de la planta, en el periodo que va desde la primera medición a la segunda semana.

3.2.3.2. ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana

Tabla 10-3: ANOVA de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,719	9	,080	6,407	<,001
Dentro de grupos	,249	20	,012		
Total	,968	29			

Realizado por: Abdo, 2021

La significancia del ANOVA es menor al 0,05, por lo que se procedió a hacer la prueba de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

Tabla 11-3: Prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana

Denominación	N	Subconjunto		
		1	2	3
T6C3(100%)F2	3	,0714285733		
T4C1(50%)F2	3	,1349206367		
T9C3(100%)F3	3	,1878306833	,1878306833	
T7C1(50%)F3	3	,1957671967	,1957671967	
T8C2(75%)F3	3	,2037037033	,2037037033	
T5C2(75%)F2	3	,2222222233	,2222222233	
T3C3(100%)F1	3	,3492063500	,3492063500	,3492063500
T.A.	3	,3730158733	,3730158733	,3730158733
T1C1(50%)F1	3		,5079365100	,5079365100
T2C2(75%)F1	3			,5714285700
Sig.		,079	,053	,356

Realizado por: Abdo, 2021

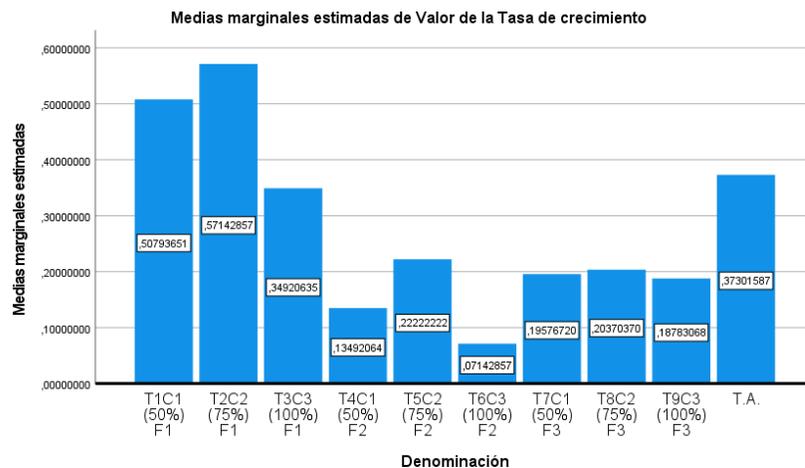


Gráfico 5-3. Medias de las tasas de crecimiento del número de hojas, desde la segunda a la cuarta semana

Realizado por: Abdo, 2021

Estadísticamente, el Tratamiento 2 presenta un crecimiento más significativo en cuanto al número de hojas de la planta, en el periodo que va desde la segunda a la cuarta semana. Con lo que podemos

decir que la aplicación de una concentración del 75% del producto cada semana nos da mejores resultados.

3.2.3.3. ANOVA y prueba de Tukey de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la cuarta a la sexta semana

Tabla 12-3: ANOVA de la tasa de crecimiento del número de hojas, desde la cuarta a la sexta semana

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,392	9	,044	1,981	,097
Dentro de grupos	,440	20	,022		
Total	,832	29			

Realizado por: Abdo, 2021

La significancia del ANOVA es mayor al 0,05, por lo que no se procedió a hacer la prueba de Tukey,

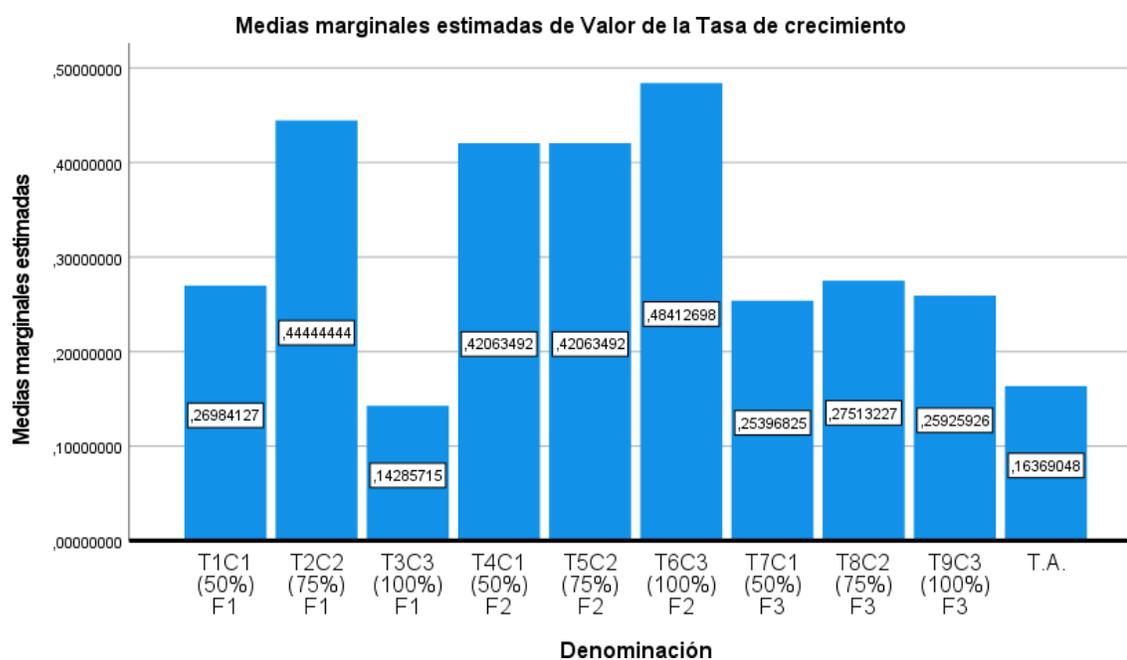


Gráfico 6-3. Medias de las tasas de crecimiento del número de hojas, desde la cuarta a la sexta

semana

Realizado por: Abdo, 2021

Estadísticamente, ningún Tratamiento presenta un crecimiento más significativo en cuanto al número de hojas de la planta, en el periodo que va desde la cuarta a la sexta semana.

3.2.4. Comparación de los resultados de los tratamientos

Habiendo obtenido los valores con mayor significancia estadística, se elaboró una tabla comparativa de los tratamientos y su incidencia en la altura y número de hojas en los diferentes periodos de tiempo analizados.

Tabla 13-3: Comparación de los resultados de los tratamientos

Tratamientos	Período en semanas					
	0 a 2		2 a 4		4 a 6	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
T1C1(50%)F1			X			
T2C2(75%)F1			X	X		
T3C3(100%)F1			X			
T4C1(50%)F2						
T5C2(75%)F2	X					
T6C3(100%)F2						
T7C1(50%)F3						
T8C2(75%)F3						
T9C3(100%)F3						
T10T.A.	X	X			X	

Realizado por: Abdo, 2021

La frecuencia con mayor significancia fue F1, en donde su aplicación fue cada 7 días, mientras que la concentración con mayor significancia fue C2, de 75% del bioproducto de saponinas y 25% de agua destilada.

3.3. Análisis económico

Tabla 14-3: Costo de la producción

Rubro	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Materia Prima	Quinoa	Kg	5	0,80	4,00
	Agua Destilada	L	25	0,40	10,00
	Alcohol industrial	Galón	1	16,00	16,00
	Plantas de arupo	#	115	0,40	46,00
	El agar de papa y dextrosa (PDA)	Frasco de 500g	1	50,00	50,00
Mano de obra	Investigador	Horas de trabajo	200	1,00	200,00
Equipos	Cámara fotográfica	Horas de uso	5	3,00	15,00
	Microscopio	Horas de uso	5	20,00	100,00
	Autoclave	Horas de uso	5	20,00	100,00
	Computadora	Horas de uso	100	0,50	50,00
	Impresora	Horas de uso	3	0,25	0,75
Herramientas de campo	Balde	Unidad	1	1,00	1,00
	Azadón	Unidad	1	1,50	1,50
	Guantes	Par	1	0,75	0,75
	Machete	Unidad	1	1,75	1,75
	Regadera	Unidad	1	1,25	1,25
Instrumentos de laboratorio	Probeta	Unidad	1	10,00	10,00
	Guantes de manipulación	Par	1	0,10	0,10
	Pinzas de manipulación	Unidad	1	5,00	5,00
	Placas porta y cubre objetos	Caja	1	4,00	4,00
	Cajas Petri	Unidad	6	2,00	12,00
Materiales de oficina	Hojas de papel bond	Resma	1	3,00	3,00
	Lápiz	Unidad	1	0,25	0,25
	Libreta de campo	Unidad	1	1,00	1,00
Servicio de transporte	Movilidad Tecnico	Viajes	20	1,20	24,00
	Transporte de materiales	Fletes	1	10,00	10,00
Total					667,35

Realizado por: Abdo, 2021

Despreciando los valores de los rubros necesarios solo para la investigación, como: servicio de transporte, materiales de oficina, instrumentos de laboratorio (conservando el valor de la probeta), equipos, materia prima (conservando los valores de la quinua y el agua destilada) y rebajando los valores de la mano de obra a unos 80 USD (por 10 días de trabajo en lo que se procesa el producto en un ambiente anaeróbico), tendríamos que el costo exclusivo de producción del bioproducto en base de saponinas de quinua sería de 110 USD.

DISCUSIÓN

Carrillo (2019: p. 51), en su trabajo de investigación en laboratorio obtiene resultados de inhibición contra *Fusarium* spp. del 26,42%, 17,61% y 7,24% para las concentraciones del bioproducto de 100, 75 y 50%, respectivamente; viendo que la mejor dosificación sería la primera, mientras que en el presente trabajo de investigación en campo se evidenció un mejor resultado para la segunda dosificación, esto pudo ser influenciado por el tipo de planta seleccionada o las condiciones ambientales normales a las que fue sometida la investigación.

Zapana et al. (2016: p. 2), dice que, un extracto de saponinas de quinua de 1 mg/L ha tenido efectos benéficos en la inhibición de *Fusarium* spp., mientras que el extracto aplicado en esta investigación fue de 610 mg/L. La concentración de miligramos por litro del extracto puede ser un factor determinante para ver mejores resultados en cuanto a los tratamientos contra *Fusarium*.

Teniendo el valor de 110 USD por 25 litros de bioproducto elaborado, nos daría un precio unitario de producción de 4,4 USD/litro; productos en base de saponinas similares a este se pueden encontrar en el mercado con precios de hasta 15 USD/litro; así se podría obtener un beneficio del 340% en relación al costo de producción (Quiminet, 2017). Los beneficios de este producto son que: tiene larga duración, se lo puede diluir en base a la intensidad de ataque de *Fusarium*, es amigable con el medio ambiente al ser 100% natural y es de fácil aplicación.

CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis alterna que dice que existe al menos una diferencia entre las distintas dosis y frecuencias de aplicación del bioproducto a base de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en arupo (*Chionanthus pubescens* Kunth), infectado por *Fusarium* spp.
- Se determinó que la frecuencia de aplicación que permitió un mejor desarrollo de las plantas es F1, o sea que causó un mayor impacto al combatir al hongo *Fusarium* spp., que se realiza cada siete días.
- La mejor dosis de aplicación del producto fue la de la concentración C2, de 75% del bioproducto a base de saponinas de quinua y 25% de agua destilada.
- El Tratamiento 2, de frecuencia cada siete días y una concentración de 75% de saponinas fue la que presentó un mayor beneficio al combatir al hongo y permitir el crecimiento de las plantas.
- El costo aproximado de la investigación para los tratamientos fue de 667,35 USD, el costo de producción fue de 4,4 USD/litro y al querer comercializarlo se podrían obtener beneficios de hasta el 340%, siendo una gran opción para un negocio innovador y totalmente natural.

RECOMENDACIONES

- Comparar otras dosificaciones de la concentración del bioproducto de saponinas a base de quinua.
- Realizar el estudio en otras especies de plantas para analizar las similitudes del producto.
- Implementar un vivero temporal para mantener las condiciones ambientales controladas y comparar con esta investigación, para conocer si hay una influencia positiva o negativa para cada caso frente al otro.
- Probar el bioproducto en otros hongos dañinos para los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

AHUMADA, A.; et al. “Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico”. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, vol. 45, n° 3 (2016), (Colombia) pp. 438–469.

ARCOS, J. Determinación de la actividad antifúngica de las saponinas de la quinua frente a los agentes causales del Damping off (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp.), 2016 (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba – Ecuador. 2017. p. 53.

ARIAS, A. Fomento a la producción de quinua y sus derivados para la diversificación de exportaciones no tradicionales en el período 2009-2015 (Tesis) (Tercer nivel). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía (Quito-Ecuador). 2017. pp. 148-149.

ARIAS, P. Extracción de grasas por micro Soxhlet frente a la técnica convencional macro Soxhlet en productos alimenticios de mayor consumo en la ciudad de Quito (Tesis) (Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Químicas (Quito – Ecuador). 2011. pp. 27-38.

BARNETT, H.; & HUNTER, B. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4^a ed. Saint Paul – Estados Unidos: Amer Phytopathological Society, 1998, pp. 148-149.

BERNAL, R. *Enfermedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en las zonas de Salto y Bella unión*. Montevideo – Uruguay: INIA, 2010, ISBN: 978-9974-38-283-1, pp. 16-21.

BERRUEZO, L. Caracterización morfológica, biológica y molecular de los complejos *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* asociados al cultivo de *Nicotiana tabacum* L. en el Noroeste Argentino (Tesis) (Doctorado). Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Salta – Argentina. 2018. p. 59.

CARRILLO, I. Evaluación para el aprovechamiento de las saponinas de los residuos de quinua

(*Chenopodium quinoa* Willd) como inhibidoras de hongos fitopatógenos (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2019, pp. 51-69.

CERVANTES, J. Extracción de la tintura de *Aloe vera* utilizando el Método sólido-líquido, en el equipo de extracción multifuncional mediante diferentes solventes: etanol, metanol y acetona (Tesis) (Ingeniería). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (Ciudad de México – México). 2013. pp. 34-35.

CHÁVEZ, L. Producción de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) Var. Inia Salcedo en el distrito de Hunter, zonas de Tingo grande y Huasacache – Arequipa (Informe de Servicios Profesionales) (Ingeniería). Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Agronomía (Arequipa – Perú). 2018. pp. 50-51.

CHEOK, C., SALMAN, H.; & SULAIMAN, R. “Extraction and quantification of saponins: A review”, *Revista Food Research International*, vol. 59 (2014), (Malasia) pp. 16-40.

CIFUENTES, G. *Módulo de fitopatología*. Bogotá – Colombia: UNAD, 2006, pp. 53-169.

CÓRDOVA, S. Evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante en las plantas de *Chionanthus pubescens* K. (arupo), parroquia La Península, cantón Ambato, provincia de Tungurahua (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2018, pp. 27-30.

COTLER, H.; et al. “La conservación de suelos: un asunto de interés público”. *Gaceta ecológica*, vol. 83 (2007), (México) pp. 7-10.

DELPORTE, V. “Guía de trabajos prácticos farmacognosia”. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], 2014, 53 (9), pp. 47-51. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.ucursos.cl/usuario/c25b93f7ec03b9603ab499e3f1f7c8eb/mi_blog/r/GUIA_TRABAJO_S_PRACTICOS_FARMACOGNOSIA_2014.pdf.

DÍAZ, L. “Interacciones moleculares entre plantas y microorganismos: saponinas como defensas químicas de las plantas y su tolerancia a los microorganismos. Una revisión”. *Revista de Estudios*

Transdisciplinarios, vol. 1, n° 2 (2009), (Venezuela) p. 37.

GARCÍA, M, et al. “Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* willd) en relación con el suelo y el clima: Una revisión”. *Informador Técnico*, vol. 82, n° 2 (2018), (Colombia) pp. 241-249.

GÓMEZ, A, et al. “Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) by a liquid chromatography-diode array detection-electrospray-ionization-time-of-flight mass spectrometry methodology”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 59, n° 20 (2011), (España) pp. 10815-10825.

GUZMÁN, B, et al. “Saponinis from *Chenopodium quinoa* willd and *Chenopodium Pallidicaule* Aellen as Biocontrollers of Phytopathogen Fungi and Hemolysis Agents”. *Revista Boliviana de Química*, vol. 32, n° 1 (2015), (Bolivia) pp. página 8-14.

GUZMÁN, R.; et al. “Distribución Espacial de la Pudrición Radical del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder y Hans. en la Vega de Metztlán, Hidalgo, México”. *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 22, n° 4 (2004), (México) pp. 246-258.

FAO. *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Roma-Italia: 2011, pp. 3-29.

FAO. *Recetario Internacional de la Quinoa: Tradición y vanguardia*. Roma-Italia: 2014. ISBN: 978-92-5-308057-1, p. 20.

HERNÁNDEZ, A.; & HERMOSILLO, V. *Efecto de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extractos de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala* (Seminario de Investigación) (Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala – Guatemala. 2014, p. 6-54.

KENNETH, R.; et al. “Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. sp. *Apii* asociado a la marchitez del apio en costa rica”. *Agronomía Costarricense*, vol. 42, n° 1 (2018), (Costa Rica) pp. 115-126.

LÓPEZ, T. “Saponósidos”. *Ámbito Farmacéutico*, vol. 20, nº 6 (2001), (Ecuador) pp. 124-128.

MARTÍNEZ, A. Evaluación y selección de cepas de *Trichoderma* sp. para control biológico de *Fusarium* sp. en maracuyá (*Passiflora edulis*, variedad, *flavicarpa*) en condiciones *in vitro* (Tesis) (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica, Ambato – Ecuador. 2012. p. 21.

MARTÍNEZ, A.; et al. “Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales”. *Acta Agronómica* [en línea], 2015, (México) 64 (2), pp. 194-205. [Consulta: 17 noviembre 2020]. e-ISSN: 2323-0118. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n2/v64n2a11.pdf>.

MARTÍNEZ, R.; et al. “Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*”. *Ra Ximhai*, vol. 2, nº 3 (2006), (México) pp. 823-829.

MENA, P. *La perpetua primavera, árboles y arbustos ornamentales de Quito y sus alrededores*. Ecuador: Cámara Ecuatoriana del Libro - Núcleo de Pichincha, 2006. ISBN: 9978-45-020-3, pp. 25.

MONTEROS, A. “Rendimientos de quinua en el Ecuador 2016”. *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca* (2016), (Ecuador) pp. 1-9.

MORA, G.; et al. “XVIII congreso internacional y XLIII congreso nacional de la sociedad mexicana de fitopatología”. *Revista mexicana de fitopatología*, vol. 34 (2016) pp. 1-159.

NCUBE, B, et al. “A comparative study of the antimicrobial and phytochemical properties between outdoor grown and micropropagated *Tulbaghia violacea* Harv. Plants”, *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 134, nº 3 (2011), (Irlanda) pp. 775-780.

NÚÑEZ, C. *Extracciones con equipo Soxhlet* [en línea]. 2008, pp. 1-7. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <http://cenunez.com.ar/archivos/39-ExtraccinconequipoSoxhlet.pdf>.

PERALTA, E. *La quinua en ecuador “Estado del Arte”* [en línea]. 2009, p. 7. [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/805/1/iniapsclgaq1.pdf>.

QUIMINET. *Costos de saponina en polvo de quinua* [en línea]. 2017. [Consulta: 16 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/productos/saponina-en-polvo-de-quinua-118136366614/precios.htm>.

QUISHPE, J. Evaluación de seis tratamientos pre germinativos y cuatro tipos de sustratos para la propagación de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunt). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2009, pp. 6-7.

SOPORTE DE MINITAB. *Interpretar los resultados clave para la ANOVA de un solo factor* [En línea]. 2019. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/how-to/one-way-anova/interpret-the-results/key-results/>.

ZA E , A., PA Z O , . ENR , M. “Influence of environmental biotic factors on the content of saponins in plants, Phytochemistry Review”. *Phytochemistry Reviews*, vol. 10 (2011), (México) pp. 493-500.

TAPIA, C.; & AMARO, J. “Género *Fusarium*”. *Rev. Chilena Infectol*, vol. 31, n° 1 (2014), (Chile) pp. 85-86.

TROISI, J.; et al. *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. Santiago de Chile-Chile: FAO y CIRAD, 2014. pp. 317-318.

VALEIRO, A., TOMALINO, L.; & EZCURDIA, E. “Quinua”. *Ciencia Y Tecnología De Los Cultivos Industriales* vol. 5 (2013), (Argentina) pp. 97-98.

VÁSQUEZ, L.; & CASTAÑO, J. “Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) W.C. SNYDER & H.N. HANSEN]: una revisión”. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, vol. 20, n° 2 (2017), (Colombia) pp. 363-374.

WINA, E., MUETZEL, S.; & BECKER, K. “The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant production - A review”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53,

n° 21 (2005), (Indonesia) pp.1-9.

ZAPANA, F., DE BRUJIN, J.; & AQUEVEQUE, P. “aplicación de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como agente antifugico en frutas y hortalizas” [En línea].

Universidad de Concepción, 2016. p. 2. [Consulta: 2 septiembre 2021]. Disponible en:

<http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/vii-congreso-quinua/ejes-tematicos/sistemas-productivos-tecnolog%C3%ADa-e-innovaci%C3%B3n/saponina-de-quinua-como-agente-antif%C3%BAngico-en-frutas-y-hortalizas-chile.pdf?sfvrsn=2>.



Firmado electrónicamente por:

**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ**

ANEXOS

ANEXO A: PRIMERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1

Altura y numero de foliolos Primera aplicación 23 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T1C1(50%)F1	6,4	3	9,2	7	4,6	3
		7,5	5	6,2	4	7,5	5
		6,3	4	7,5	5	8,2	6
2	T2C2(75%)F1	8,8	6	6,5	5	6,5	4
		6,9	2	6,4	6	4,7	3
		7,2	4	5,7	4	6,5	4
3	T3C3(100%)F1	4,7	5	4,8	2	7,3	4
		6,8	2	7,5	5	8,1	6
		7,1	5	8,3	4	3,6	2

ANEXO B: SEGUNDA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1

Altura y numero de foliolos Segunda aplicación 30 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T1C1(50%)F1	6,9	4	9,6	7	4,9	3
		8,1	5	6,8	5	7,6	6
		6,8	4	7,7	5	8,4	6
2	T2C2(75%)F1	9,2	7	6,9	5	6,8	5
		7,3	4	6,5	7	5,1	4
		7,7	5	6,2	6	6,9	4
3	T3C3(100%)F1	5,1	5	5,3	2	7,8	4
		7	4	7,9	5	8,5	7
		7,6	5	8,9	4	3,9	4

ANEXO C: TERCERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1

Altura y numero de foliolos Tercera aplicación 07 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T1C1(50%)F1	7,3	6	10	8	5,1	4
		8,3	5	7,4	5	7,9	7
		7,5	5	7,8	5	8,7	6
2	T2C2(75%)F1	9,3	8	7,1	5	6,9	5
		7,7	5	6,9	7	5,3	4
		7,9	6	6,2	6	7,3	5
3	T3C3(100%)F1	5,1	5	5,1	2	8,1	5
		7,4	5	7,7	5	8,7	7
		7,8	6	8,6	6	4,2	4

ANEXO D: CUARTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1

Altura y numero de foliolos Cuarta aplicación 07 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T1C1(50%)F1	11,6	8	13,3	12	10,1	10
		10,7	9	12,5	11	9,8	11
		9,4	8	14,8	13	10,4	11
2	T2C2(75%)F1	12,5	9	12,8	10	9,9	12
		13,7	10	11,3	9	12,5	12
		11,9	13	9,9	9	10,9	9
3	T3C3(100%)F1	10,4	8	8,7	2	11,2	10
		9,4	7	9,5	5	9,2	7
		13,8	10	11,6	10	9,7	11

ANEXO E: QUINTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1

Altura y numero de foliolos Quinta aplicación 21 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T1C1(50%)F1	13,9	10	14,2	13	13,6	14
		13,7	12	14,1	13	13,8	13
		13,2	12	16,6	15	14,4	13
2	T2C2(75%)F1	13,7	7	13,3	11	11,4	15
		16,1	17	15,6	14	16,5	17
		16,4	14	13,8	12	11,1	16
3	T3C3(100%)F1	15,7	10	11,3	2	13,6	17
		11,3	9	12,4	5	10,4	10
		17,1	11	16,6	10	15,4	15

ANEXO F: SEXTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F1

Altura y numero de foliolos Sexta aplicación 28 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T1C1(50%)F1	14,6	11	17,9	16	15,4	15
		15,2	14	15,9	16	16,1	15
		16,5	14	18,4	15	16,3	16
2	T2C2(75%)F1	15,9	9	14,6	14	13,1	17
		17,8	26	20,5	13	19,4	18
		18,5	23	16,5	15	11,9	16
3	T3C3(100%)F1	19,9	12	12,1	2	16,4	16
		13,2	10	14,6	5	10,6	11
		21,7	14	19,9	12	17,1	16

ANEXO G: PRIMER APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2

Altura y numero de foliolos Primera aplicación 23 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T4C1(50%)F2	8,6	5	7,4	6	5,6	4
		5,7	3	6,3	3	3,8	3
		4,3	4	4,9	5	7,5	5
2	T5C2(75%)F2	5,7	2	8,2	4	6,9	2
		4,6	3	7,6	2	8,3	6
		3,5	4	5,5	6	6,6	7
3	T6C3(100%)F2	7,5	6	6,3	2	5,4	5
		8,5	5	8,4	7	4,7	3
		6,7	3	3,9	5	6,3	4

ANEXO H: SEGUNDA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2

Altura y numero de foliolos Segunda aplicación 07 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T4C1(50%)F2	8,9	5	7,7	7	6	5
		6,1	4	6,7	4	4,3	3
		4,6	4	5,3	5	7,7	6
2	T5C2(75%)F2	6,9	4	9,5	5	8,3	4
		6	4	9	4	9,5	7
		5,1	5	6,8	7	7,9	9
3	T6C3(100%)F2	7,8	6	6,5	4	5,7	5
		8,8	5	8,7	7	5,1	4
		7,1	4	4,4	6	6,6	5

ANEXO I: TERCERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2

Altura y numero de foliolos Tercera aplicación 21 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T4C1(50%)F2	11,8	7	10,8	8	9,2	7
		9,9	5	9,8	6	7,7	6
		7,1	6	8,7	7	11,2	8
2	T5C2(75%)F2	11,3	8	14,1	9	12,9	7
		10,9	7	13,4	8	13,8	9
		10,7	8	11,5	10	12,5	11
3	T6C3(100%)F2	11,2	6	9,7	6	9	7
		11,9	6	11,8	7	8,4	6
		10,4	5	7,6	7	9,5	6

ANEXO J: CUARTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2

Altura y numero de foliolos Cuarta aplicación 04 / 01 / 2021							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T4C1(50%)F2	14,9	13	14,3	14	14,6	13
		13,2	11	13,5	12	13,2	12
		10,6	12	13	12	15,5	14
2	T5C2(75%)F2	15,1	14	17,5	15	16,6	13
		14,9	13	16,7	14	17,3	15
		14,6	14	15,2	16	16	16
3	T6C3(100%)F2	13,3	12	13,8	13	14,9	13
		14,3	14	14,9	15	14,3	11
		12,6	13	13,3	13	15,8	12

ANEXO K: QUINTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2

Altura y numero de foliolos Quinta aplicación 18 / 01 / 2021							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T4C1(50%)F2	16,7	15	17	17	19,5	16
		16,2	13	16,8	15	18,4	15
		15,3	14	16,2	16	20,1	18
2	T5C2(75%)F2	18,3	16	20,4	18	19,8	16
		17,9	15	19,8	17	20,2	18
		17,3	15	19,3	19	19,3	19
3	T6C3(100%)F2	16,9	13	16,9	17	19,5	18
		17,2	14	18,1	18	18,7	15
		16,5	14	16,7	16	19,9	17

ANEXO L: SEXTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F2

Altura y numero de foliolos Sexta aplicación 01 / 02 / 2021							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T4C1(50%)F2	19,8	19	21	20	22,3	19
		18,9	17	20,6	18	20,1	18
		17,9	18	20,1	20	21,5	20
2	T5C2(75%)F2	21,5	20	22,8	21	22	19
		20,7	18	21,9	20	23,4	20
		19,9	17	21,3	22	21,8	21
3	T6C3(100%)F2	19,3	19	19,6	20	22,7	21
		20,1	18	20,8	22	21,8	19
		19,2	19	19,4	19	23,1	20

ANEXO M: PRIMERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3

Altura y numero de foliolos Primera aplicación 23 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T7C1(50%)F3	4,6	5	5,2	3	4,8	5
		4,7	6	6,1	6	5,5	3
		4,6	3	4,3	4	6,2	4
2	T8C2(75%)F3	7,1	4	5,3	2	5,8	3
		8,2	2	7	5	4,9	6
		6,1	5	4,6	6	6	5
3	T9C3(100%)F3	5,4	3	5,5	4	4,8	4
		7,3	5	4,3	3	5,2	3
		4,8	4	7,7	5	6,4	5

ANEXO N: SEGUNDA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3

Altura y numero de foliolos Segunda aplicación 30 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T7C1(50%)F3	6,1	7	6,8	6	6,4	8
		6,3	9	7,5	8	7,1	7
		5,9	6	5,9	7	7,9	7
2	T8C2(75%)F3	8,8	6	6,7	6	7,2	6
		9,3	5	8,4	8	6,5	8
		7,7	7	6,1	8	8,2	9
3	T9C3(100%)F3	7,1	6	7	7	7,5	7
		8,6	7	5,9	7	6,8	6
		6,2	5	9,1	9	8,1	9

ANEXO O: TERCERA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3

Altura y numero de foliolos Tercera aplicación 04 / 01 / 2021							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T7C1(50%)F3	10,6	11	11,4	11	10,8	12
		11,3	13	12,7	15	12,3	12
		10,2	12	10,9	13	12,8	14
2	T8C2(75%)F3	12,1	11	11,8	12	11,7	15
		13,4	10	13,3	14	10,9	13
		11,2	13	11	13	12,3	14
3	T9C3(100%)F3	11,4	12	11,6	12	11,6	11
		12,9	12	10,4	13	11,1	13
		10,7	10	13,5	15	12,2	15

ANEXO P: CUARTA APLICACIÓN DEL BIOPRODUCTO PARA F3

Altura y numero de foliolos Cuarta aplicación 25 / 01 / 2021							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T7C1(50%)F3	13,4	14	14,6	16	14,2	15
		14,6	17	15,7	17	15,4	16
		14,1	15	13,4	15	16,2	17
2	T8C2(75%)F3	13,5	14	14,8	16	14,1	17
		15,6	14	16,2	17	13,9	15
		13,8	16	14,9	16	15,6	16
3	T9C3(100%)F3	14,1	14	15,5	15	14,4	14
		14,8	15	14,1	15	14	15
		13,4	13	17,4	17	15,7	17

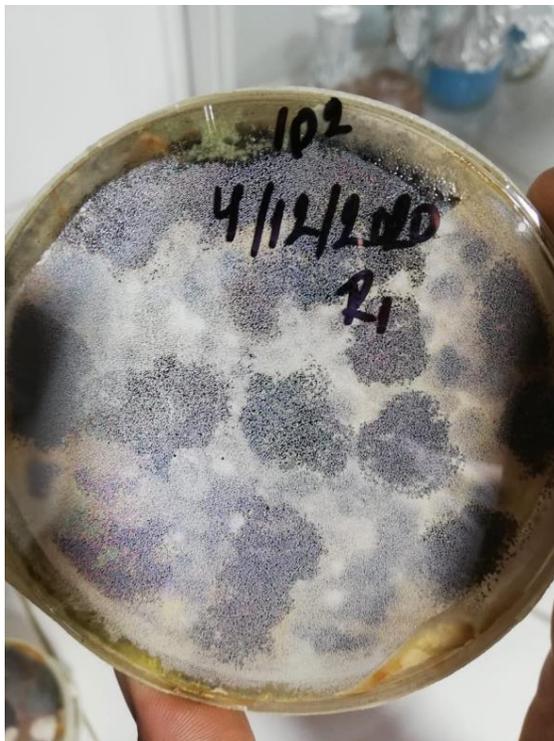
ANEXO Q: MEDICIONES DEL TESTIGO ABSOLUTO

Altura y numero de foliolos Primera medición 23 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T.A.	6,2	4	5,5	3	7,2	2
		5,8	3	5,1	5	5,7	5
		4,9	4	6,3	4	6,3	4
Altura y numero de foliolos Segunda medición 30 / 11 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T.A.	6,7	6	6,4	5	7,6	6
		6,4	6	5,6	8	6,1	8
		5,5	7	6,9	7	7	9
Altura y numero de foliolos Tercera medición 07 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T.A.	7,4	9	7,2	9	8,3	8
		7,2	7	6,9	11	7,1	10
		6,4	8	7,6	10	7,8	11
Altura y numero de foliolos Cuarta medición 14 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T.A.	9,5	11	9,4	12	10,6	11
		9,2	10	9,1	14	9,4	13
		8,6	11	10,1	12	10,2	16
Altura y numero de foliolos Quinta aplicación 21 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T.A.	11,3	14	11	15	12,7	14
		10,9	11	10,7	16	11,3	16
		10,3	13	12,2	14	12,1	17
Altura y numero de foliolos Sexta medición 28 / 12 / 2020							
Numero	Tratamiento	Repetición 1 (cm)	N. de foliolos	Repetición 2 (cm)	N. de foliolos	Repetición 3 (cm)	N. de foliolos
1	T.A.	14,8	15	14,7	16	16,1	15
		14,4	13	13,9	17	14,5	18
		13,9	14	15,3	16	15,8	17

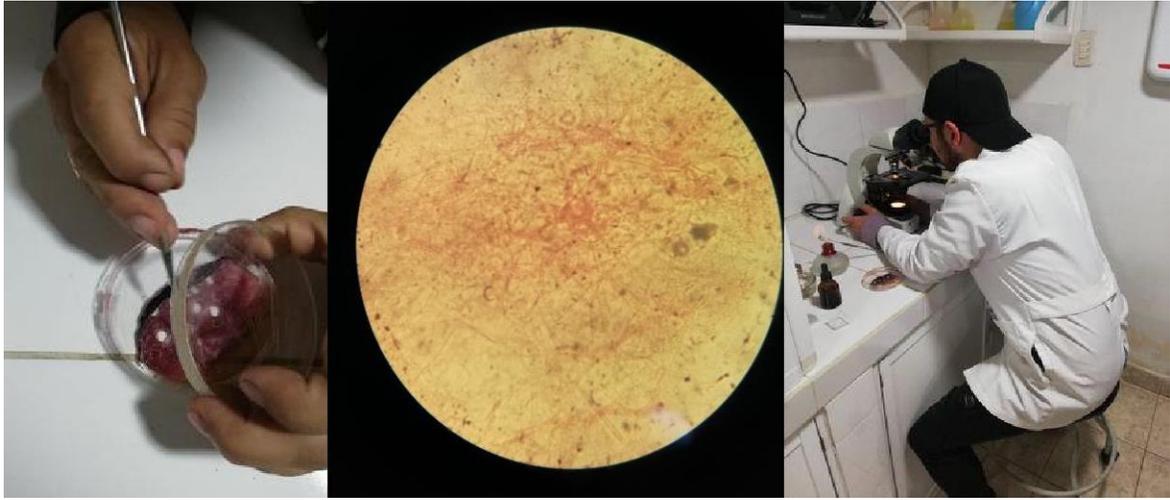
ANEXO R: PREPARACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO PARA EL HONGO



ANEXO S: CRECIMIENTO DEL HONGO EN EL MEDIO DE CULTIVO



ANEXO T: PREPARACIÓN Y OBSERVACIÓN DE *FUSARIUM* SPP. BAJO MICROSCOPIO



ANEXO U: MEDICIÓN DE ALTURA Y CONTEO DE HOJAS

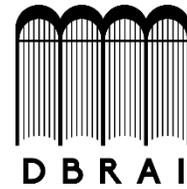


ANEXO V: APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
DEL APRENDIZAJE



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

Fecha de entrega: 02 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Said Andrés Abdo Andino
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Recursos Naturales</i>
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniero Forestal
 <p>Firmado electrónicamente por: CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ</p>



2158-DBRA-UTP-2021