

**Evaluación de diferentes dosis de silicio foliar como control de Mildeo polvoso  
(*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa (*Rosa spp*) bajo condiciones de invernadero en  
Toca Boyacá**

Mariluz Izariza Alarcón

Oscar Alarcón Jiménez

Directora

Yenny Maritza Camacho

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

2024

## **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo de grado a Dios primeramente por sus bendiciones, a nuestras familias por apoyarnos en este proceso de formación profesional por su compañía y comprensión a todas aquellas personas que con sus aportes ayudaron a que los logros y metas se cumplieran; gracias por ser parte de todo este proceso.

### **Agradecimiento**

A la empresa Agrícola el Cactus S.A. a cargo del departamento de producción, por darnos el espacio de realizar el trabajo de campo permitiéndonos el uso de equipos y área de cultivo para esta investigación, también muy especialmente queremos resaltar y agradecer a la directora Ing. Yenny Camacho por orientar este proyecto de grado y brindarnos su apoyo y orientación para la realización de este trabajo de investigación.

## Resumen

En este documento se encontraran los resultados obtenidos en investigación cuyo objetivo fue la evaluación de diferentes dosis de silicio foliar como control de Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en Cultivos de Rosa (*Rosa spp*) bajo condiciones de invernadero desarrollado en el municipio de Toca Boyacá, este trabajo se realizó con labores culturales como la poda de tallos en yemas cero acompañado de otras tareas como, aplicaciones foliares de silicio mediante aspersión durante 13 semanas, tiempo durante el cual se realizaron también los respectivos monitoreos para identificar presencia y ausencia de Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) y de acuerdo con estos datos se evaluaron los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, que se ejecutó a través de un diseño en bloques completamente aleatorizados o BCA con 4 tratamientos y 4 repeticiones. El análisis de datos se dio gracias a la aplicación de la prueba de Bartlett que permitió la transformación de los datos recolectados y su posterior análisis estadístico con el programa Software Statgraphics 19, a partir del cual se obtuvieron resultados importantes, delo cual se logra concluir que las plantas tratadas con silicio foliar muestran un mejor desarrollo en comparación con el grupo control. Así mismo la dosis de silicio foliar que mejor respondió como inductores de resistencia en Mildeo polvoso, fue la dosis de 750 gramos por hectárea, de silicio foliar. Su aplicación proporciona beneficios como la prevención de infecciones por hongos, lo que ayuda a mantener la salud de las plantas y a reducir la pérdida de flores que se quedan en el mercado local debido a la afectación.

**Palabras Clave:** humedad relativa, nutrición, incidencia, afectación, aspersión, enfermedad.

### **Abstract**

In this document you will find the results obtained in research whose objective was the evaluation of different doses of foliar silicon as a control of Powdery Mildew (*Sphaerotheca pannosa*) in Rose Crops (*Rosa spp*) under greenhouse conditions developed in the municipality of Toca Boyacá, This work was carried out with cultural tasks such as pruning stems in zero buds accompanied by other tasks such as foliar applications of silicon by spraying for 13 weeks, during which time the respective monitoring was also carried out to identify the presence and absence of powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa*) and according to these data, the results obtained in this research project were evaluated, which was executed through a completely randomized block design or BCA with 4 treatments and 4 repetitions. The data analysis was carried out thanks to the application of the Bartlett test that allowed the transformation of the collected data and its subsequent statistical analysis with the Statgraphics 19 Software program, from which important results were obtained, from which it was possible to conclude that the Plants treated with foliar silicon show better development compared to the control group. Likewise, the dose of foliar silicon that best responded as resistance inducers in powdery mildew was the dose of 750 grams per hectare of foliar silicon. Its application provides benefits such as the prevention of fungal infections, which helps maintain the health of the plants and reduce the loss of flowers that remain in the local market due to the disease.

**Keywords:** relative humidity, nutrition, incidence, affectation, spraying, disease.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Justificación .....	13
Objetivos.....	15
General.....	15
Específicos .....	15
Marco Teórico.....	16
<i>Características Botánicas</i> .....	17
<i>Ciclo de la enfermedad</i> .....	21
<i>Control del patógeno</i> .....	24
Silicio .....	24
Marco Conceptual.....	27
<i>Agente biológico</i> .....	27
<i>Agente químico</i> .....	27
<i>Contaminantes</i> .....	27
<i>Humedad</i> .....	27
<i>Incidencia</i> .....	28
<i>Invernadero</i> .....	28
<i>Riego</i> .....	29
<i>Temperatura</i> .....	29
Materiales y Métodos.....	30
Análisis y discusión de los resultados.....	35
Conclusiones.....	41

Recomendaciones .....	42
Referencias.....	43
Apéndices.....	48

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación botánica de la rosa</i> .....	17
---	----

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ciclo del Mildeo polvoso (Sphaerotheca pannosa) en rosa</i> .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Porcentaje de camas afectadas y promedios estadísticos</i> .....	36
<b>Figura 3</b> <i>Porcentaje de camas afectadas por semana</i> .....	36
<b>Figura 4</b> <i>Foliolos afectados por cama</i> .....	37
<b>Figura 5</b> <i>Tercio de afectación</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Esporulación</i> .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Residuos</i> .....	49
<b>Figura 8</b> <i>Residuo de esporulación</i> .....	50
<b>Figura 9</b> <i>Trabajo de campo</i> .....	51

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndices A</b> <i>Análisis de varianza camas afectadas</i> .....	48
<b>Apéndices B</b> <i>Factor Suma de Cuadrados</i> .....	48
<b>Apéndices C</b> <i>Residuos</i> .....	49
<b>Apéndices D</b> <i>Análisis de varianza foliolos afectados</i> .....	49
<b>Apéndices E</b> <i>Análisis de varianza tercio de afectación</i> .....	49
<b>Apéndices F</b> <i>Análisis de varianza esporulación y afectación</i> .....	50
<b>Apéndices G</b> <i>Residuo de esporulación</i> .....	50
<b>Apéndices H</b> <i>Trabajo de campo</i> .....	51

## Introducción

La producción de flores se caracteriza por ser una industria dinámica a escala mundial; la variedad de sus productos, las técnicas de cultivo y el comportamiento de los mercados están en constante cambio, desafiando la capacidad de adaptación de los actores involucrados en el mercado. El sector floricultor colombiano ha sabido adaptarse a estas circunstancias, constituyéndose en un importante sector económico, ejemplo de gestión de internacionalización y globalización del comercio (Perilla y Sanabria, 2007).

Boyacá es el departamento que ocupa el quinto lugar en exportaciones, habitualmente exporta 4.5 millones de tallos a Estados Unidos, y países europeos; en su mayoría estos provienen de lugares de producción de municipios como Firavitoba, Cerinza, Toca, Cóbbita, Chivata, Duitama, Siachoque, Soracá, Saboya, Villa de Leyva y Paipa. Cabe resaltar que el sector de la floricultura en el departamento durante el año 2022 mejoro su productividad en un 60% en producción de rosas, claveles y diversificados (Trujillo, 2023). Siendo en extensión de terreno cerca de 105 hectáreas de cultivo que generan empleos directos y además ocupan el mayor porcentaje de mano de obra femenina que para el caso ocupa a madres cabeza de familia, generando así un impacto social importante para la economía del departamento.

Teniendo en cuenta el auge que este cultivo ha tenido en los últimos tiempos es importante mencionar que el cultivo de rosas mantiene la particularidad de ser afectado por diferentes patógenos, entre los que se pueden mencionar el Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) como una de las más representativas o con afectaciones importantes a nivel de umbral de daño económico, generando disminución en el rendimiento de la producción y, por tanto, pérdidas económicas cuantiosas, al repercutir en la calidad y valor comercial, siendo esta la

motivación para identificar nuevas técnicas de manejo y control del Mildeo polvoso en el cultivo de rosa de corte, como enfermedad de impacto económico (Yan et al., 2006).

El Mildeo polvoso es considerado actualmente como la primera enfermedad que limita la producción de rosas de corte. Por lo que se expuso la propuesta de realizar la investigación con la aplicación foliar de silicio en diferentes dosis para evaluar el control, la incidencia y la afectación de la enfermedad en el cultivo de rosa variedad “Freedom” y su posible relación a los factores ambientales (temperatura y humedad relativa) (Perilla y Sanabria, 2007).

Los análisis de varianza realizados demostraron la eficacia del silicio foliar en la reducción del Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa (*Rosa spp*). Se observó que todas las dosis aplicadas tuvieron un impacto positivo, sin embargo, la dosis de 750 gramos por hectárea se destacó como la más efectiva; logrando una reducción significativa en comparación con las otras dosis evaluadas.

### Justificación

Con el desarrollo de esta investigación se busca identificar alternativas efectivas y amigables con el medio ambiente para controlar el Mildeo polvoso en los cultivos de rosa en invernaderos en Toca Boyacá. El Mildeo polvoso, causado por el hongo (*Sphaerotheca pannosa*), esta es una enfermedad común en los cultivos de rosa y puede tener un impacto negativo en la producción y la calidad de las flores. Además, los métodos convencionales de control, como el uso de fungicidas sintéticos, pueden tener efectos nocivos tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

De acuerdo a esto, es importante mencionar que el silicio foliar ha sido reconocido como un promotor del crecimiento de las plantas y como una posible estrategia para mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas. Al aplicar diferentes dosis de silicio foliar en los cultivos de rosa, se busca determinar cuál es la dosis más efectiva para controlar el Mildeo polvoso. Realizar esta investigación en Toca Boyacá fue relevante, ya que la producción de rosas es una actividad económica importante en la región y el control efectivo de enfermedades es fundamental para el desarrollo sostenible de la industria. Además, al proponer el uso de silicio foliar como alternativa de control, se puede reducir la dependencia de los fungicidas sintéticos y minimizar los posibles impactos negativos en la salud humana y el ambiente.

En resumen, esta investigación se enfocó en proporcionar una solución práctica y eficiente para controlar el Mildeo polvoso en los cultivos de rosa bajo invernaderos en Toca Boyacá, a través del uso de dosis de silicio foliar. Esto permitirá mejorar la producción y calidad de las flores, al mismo tiempo que se promueve un manejo más sostenible y amigable con el medio ambiente. La realización de esta investigación se justifica por la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y efectivas para el control del Mildeo polvoso en los cultivos de rosa. La

aplicación de silicio foliar se presenta como una alternativa, ya que puede ofrecer beneficios tanto para la salud de las plantas como para la sostenibilidad ambiental. Los resultados de esta investigación pueden contribuir a mejorar las prácticas agrícolas en la producción de rosas, beneficiando a la empresa "El Cactus" y a la industria floricultora en Toca Boyacá y a nivel nacional.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar diferentes dosis de silicio foliar como control de Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa (*Rosa spp*) bajo condiciones de invernadero en Toca Boyacá.

### Objetivos Específicos

Evaluar la afectación del Mildeo polvoso a partir de la aplicación de diferentes dosis de silicio foliar en cultivos de rosa.

Identificar incidencia del Mildeo polvoso a partir de la aplicación de diferentes dosis de silicio foliar en cultivos de rosa.

Identificar la dosis de silicio foliar que mejor responde como inductor de resistencia en Mildeo polvoso.

### Marco Teórico

La explotación de flores en Colombia se constituye en un renglón económico de gran importancia dentro de la cadena agrícola del país, tal como se menciona en (Perilla y Sanabria, 2007). Desde este panorama no se puede desconocer el papel del cultivo de rosas que se constituye en el principal renglón dentro de la producción de flores a nivel nacional. En América la industria de la floricultura nace en EEUU y posteriormente se desplaza a Colombia. En 1964 empresarios norteamericanos establecieron cultivos modernos en la Sabana de Bogotá y en su entorno, zona que presenta ciertas características ambientales, físicas y logísticas favorables para el cultivo de rosas y, además la iniciación de un mercado potencial; entre las características se encuentran: condiciones apropiadas de suelo, clima y agua (Perilla y Sanabria, 2007, p. 16).

La industria floricultora en Colombia es significativa, con más de 400 empresas que brindan empleo a una gran cantidad de personas. Una parte importante de las exportaciones de flores del país se adhieren a certificaciones como Flor verde, que requieren niveles mínimos de agroquímicos, promoviendo así prácticas sostenibles con el medio ambiente (Procolombia, 2019). Estas certificaciones implican que los productores adopten métodos de control de plagas y enfermedades amigables con el entorno, además de utilizar herramientas que satisfagan las necesidades nutricionales de los cultivos con el menor impacto posible.

El cumplimiento de estas normativas no solo permite a los floricultores mantener la producción, sino también satisfacer las demandas de un mercado que cada vez busca productos con menores residuos de agroquímicos. A nivel mundial, hay una tendencia en aumento hacia la restricción de sustancias sintéticas derivadas de compuestos químicos que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente (Centro de Información Nacional sobre

Pesticidas, 2021). En este sentido, la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles se vuelve crucial para garantizar la competitividad y la viabilidad a largo plazo de la industria floricultora colombiana.

Las restricciones en el uso de agroquímicos han llevado a buscar alternativas para el control de plagas y enfermedades en los cultivos. Una opción prometedora son los productos de origen natural y biológico, que cumplen con las nuevas regulaciones y son más amigables con el medio ambiente. Un caso específico es el control del Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa. Este hongo puede afectar la producción en términos de rendimiento y calidad de las flores (Lozano, 2017). Se requieren opciones efectivas para su manejo dentro de las nuevas normativas.

Los taxónomos han clasificado las especies botánicas basadas en grado del desarrollo o de especialización y complejidad de cada planta (Fainsten, 1997). El rosal pertenece a la familia de las rosáceas, dentro de las especies se conoce las variedades o cultivares, en las cuales se resume la clasificación botánica como se muestra en la (**Tabla 1**), a continuación.

**Tabla 1**

*Clasificación botánica de la rosa*

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Rosa	Rosa híbrida

Fuente. Fainsten, R. (1997). *Manual para el cultivo de rosas en Latinoamérica*. (1ª ed.). Ecuaiifset Cía.

**Características Botánicas**

Las rosas son arbustos leñosos con hojas compuestas que brotan en disposición espiral sobre los tallos con respecto a la flor principal; las variedades se distinguen por su color, la forma de pétalos, de sépalos y de botón; en la mayoría de la especie de rosas las flores tienen 5 sépalos

y 30 pétalos, aunque con los nuevos avances actualmente se han desarrollado variedades con muchos más pétalos (Aalsmeer, 2001).

La floricultura inicio con el cultivo de rosas al aire libre y después de haber notado que dicha producción era rentable se extendieron las exportaciones y por consiguiente se vino tecnificando el cultivo hasta llegar a lo que hoy en día tenemos bajo invernadero y con tecnología innovadora. En el medio se buscan variedades muy productivas y que sean resistentes al ataque de plagas y enfermedades, Para algunos cultivadores es también importante que las variedades se adapten bien al cultivo sin suelo, en especial en zonas en las cuales se presentan problemas ocasionados por hongos y más agentes fitopatógenos que perjudican el cultivo (Castro, 2015). Por otra parte, los consumidores siempre están a la búsqueda de nuevos tipos de rosa que cumplan con condiciones de conservación en florero y prefieren las flores que sean más exigentes en cuanto a colores, tamaño de follaje, formas, uniformidad y mayor duración de vida postcosecha.

La producción de rosa bajo invernadero permite al productor tener cosecha durante todo el año y gracias a esta ventaja dichas estructuras deben cumplir con características especiales que le favorecen al cultivo como: la transmisión de luz que debe ser adecuada, la altura tiene que ser según estándares para poder controlar condiciones de temperatura y humedad además de evitar goteras producto de la lluvia que le favorezcan la propagación de los patógenos, ya que se presentan como consecuencias de errores culturales y deficiencias nutricionales que pueden afectar toda la planta incluidas las raíces, pueden ser remediadas con relativa facilidad (Vega, 2007). También se debe garantizar la ventilación que permita la circulación del aire y renueve condiciones dentro del invernadero constantemente.

Para la mayoría de los cultivos de rosa, las temperaturas óptimas de crecimiento son de 17°C a 25°C, con una mínima de 15°C durante la noche y una máxima de 28°C durante el día. Temperaturas excesivamente elevadas dañan la producción, apareciendo flores más pequeñas de lo normal, con escasos pétalos y de color más cálido. Esta planta es termo periódica, por lo que requiere variaciones térmicas entre el día y la noche. Se debe de manejar la temperatura nocturna para evitar que deltas muy bajos influyan en el crecimiento de los tallos. La temperatura nocturna también influye sobre el intervalo de tiempo que transcurre entre la poda y la recolección (Vega, 2007).

La propagación que más se utiliza para este cultivar es por medio injertos de vâreta e injertos de yema. el patrón más común es Rosa manetti y, ocasionalmente R. Odorata (Vega, 2007). Las características que se buscan en el porta injertos son las siguientes:

- Ser compatibles con las variedades comerciales cultivadas.
- Estar sanos y ser vigorosos.
- Mejorar el rendimiento y la calidad.
- Tener una vida productiva por lo menos de 6 a 8 años.
- Tolerar las bajas temperaturas para mejorar la producción de invierno.
- Capacidad para absorber bien los nutrientes y adaptabilidad a distintos tipos de suelo.
- Ser resistente a los parásitos del suelo.
- Ser resistente al Mildeo polvoso, ocasionado por (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivo de rosa.

Este es el método más empleado a nivel comercial ya que se facilita el transporte de material vegetal (yemas) y da la posibilidad al cultivador de renovar fácilmente sus cultivos

de acuerdo a las exigencias del mercado obteniendo nuevas variedades que suelen ser resistentes a condiciones ambientales extremas (Vega, 2007).

El cultivo requiere de suelos con condiciones de fertilidad y textura que aporten un buen desarrollo en el establecimiento de las plantas y de acuerdo a esto debe tener condiciones que lo favorezcan ejemplo, debe estar bien drenado y aireado para evitar encharcamientos. El pH debe ser cercano a 6 y sin contenidos elevados de Calcio, situación que genera clorosis en las plantas. El cultivo de rosas no soporta niveles elevados de sales solubles, por lo que el nivel de éstas no debe superar el 0,15% (Vega, 2007).

Las podas o alineamientos se realizan mediante programaciones de temporadas de producción que garanticen un mercado exitoso de venta y para esta labor se alista a la planta semanas atrás a la fecha de poda garantizando una masa foliar tanto en número de tallos como hojas que son de importancia para dicha labor y que permitirán el arranque y desarrollo de las yemas (Vega, 2007). Para garantizar que las podas sean efectivas se debe contar con factores climáticos favorables como la luminosidad humedad relativa y temperatura que aseguren el arranque de los nuevos tallos y su desarrollo dentro del ciclo de producción.

El suministro de agua y nutrientes para la planta se debe realizar de manera constante y oportuno, dentro del ciclo de producción garantizando a la planta el suministro adecuado de humedad y alimento en cantidades adecuadas, lo anterior contribuye a un balance hídrico del cultivo evitando así que no generen excesos y debido a esto se puedan presentar intoxicaciones, pudrición de plantas y propagación de enfermedades.

En temas nutricionales este cultivo no tolera conductividades altas y su pH adecuado es 6.0 lo cual es beneficio para la absorción de nutrientes y el método más efectivo para fertilizar es por medio de fertirriego con fuentes solubles que garantizan la absorción de los

minerales en la planta por medio de la raíz. También es necesario realizar un monitoreo constante de la humedad y los niveles de fertilidad del suelo, con el objetivo de enriquecerlo y asegurar una adecuada nutrición de las plantas a lo largo de su ciclo de crecimiento (Vega, 2007).

### ***Mildeo Polvoso (*Sphaerotheca pannosa*)***

Es catalogada como una de las enfermedades más relevantes y de mayor impacto económico en el cultivo de la rosa (*Rosa sp*) debido a los daños que genera en las hojas y tallos que hacen parte de la presentación de la flor. es un término comúnmente utilizado en la agricultura para describir una enfermedad de las plantas causada por hongos del género *Oidium*. Estos hongos forman una especie de polvo blanquecino en las hojas, tallos y flores de las plantas, y pueden afectar una amplia variedad de cultivos, como el tomate, la vid y la rosa. El Mildeo polvoso suele causar manchas y deformaciones en las plantas, lo que puede dificultar su crecimiento y desarrollo normal. Para tratar esta enfermedad, es común utilizar fungicidas específicos y adoptar buenas prácticas de manejo integrado de plagas (Álvarez, et al., 2013).

### ***Ciclo de la Enfermedad***

En condiciones de invernadero el patógeno se encuentra presente, en forma de micelio y conidios. Revisar (figura 2). Cuando el hongo hiberna en forma de micelio en las yemas en reposo, los vástagos que se desarrollan de dichas yemas son infectados y proporcionan el inóculo para una posterior infección secundaria por las esporas o micelio del hongo y para el desarrollo de la enfermedad sobre el follaje y las flores de la planta lo que significa que está presente en el ciclo de producción del cultivo y que necesita básicamente de las condiciones favorables para su óptimo desarrollo (Agrios, 2005).

El ciclo de la enfermedad del Mildeo polvoso en las rosas (**figura 2**). consiste en varias etapas:

**Infección:** La enfermedad del Mildeo polvoso en las rosas es causada por el hongo (*Sphaerotheca pannosa*). Este hongo infecta las plantas cuando las esporas del hongo entran en contacto con la superficie de las hojas, tallos o flores de la rosa.

**Incubación:** Después de la infección, las esporas del hongo germinan y penetran en el tejido de la rosa. Durante esta etapa, no se pueden observar síntomas visibles de la enfermedad.

**Desarrollo de lesiones:** A medida que el hongo se desarrolla dentro de las células de la rosa, se forman lesiones características en las hojas y tallos. Estas lesiones suelen tener un aspecto pulverulento y blanco-grisáceo.

**Diseminación:** El hongo produce esporas y estas se dispersan en el aire, permitiendo que la enfermedad se propague a otras partes de la planta y a plantas vecinas. Las esporas también pueden ser transportadas por insectos, agua de riego o herramientas de jardín contaminadas.

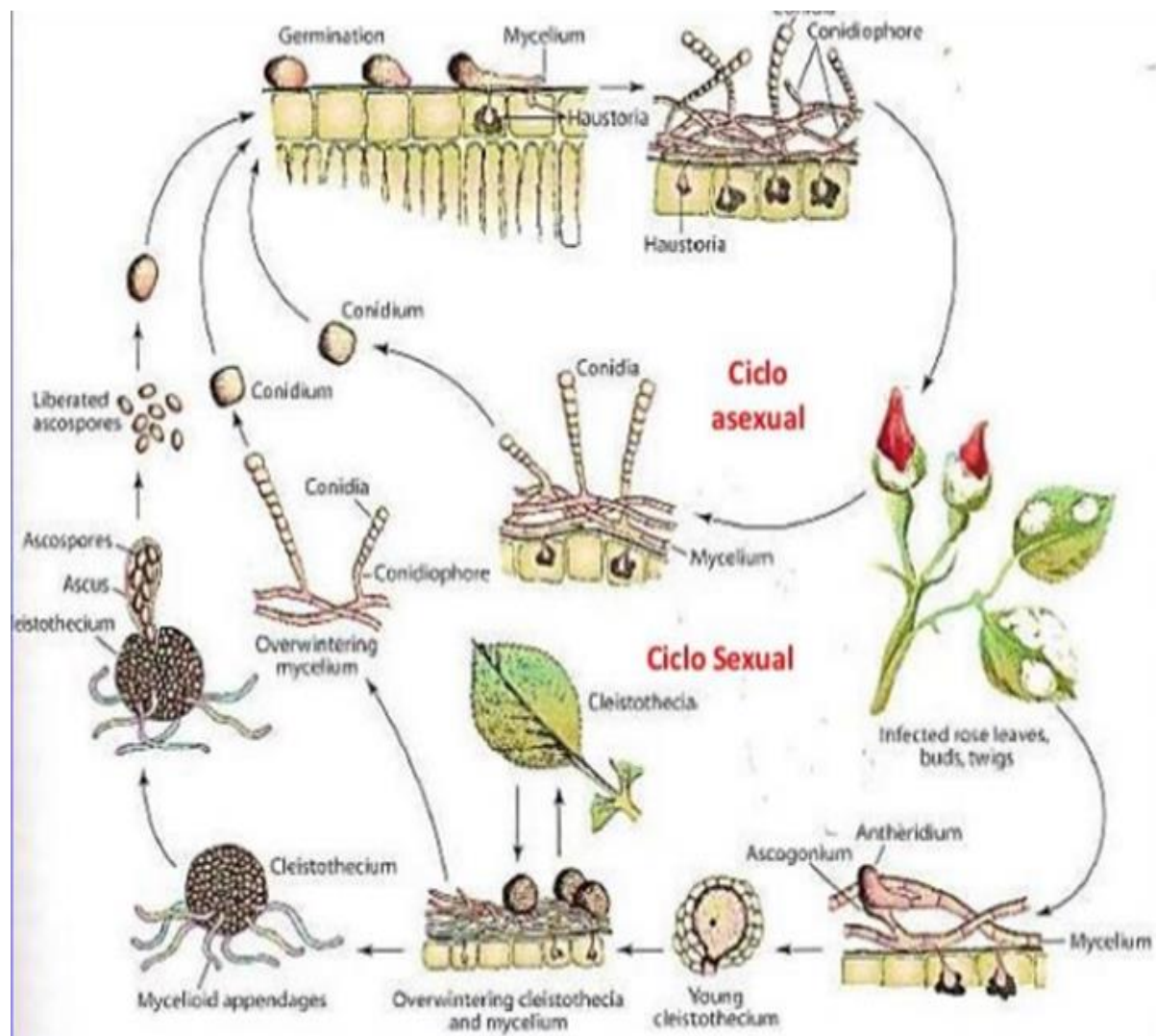
**Ciclo reproductivo:** El hongo continúa reproduciéndose en las plantas infectadas, produciendo nuevas esporas que se dispersan para infectar a otras rosas. Este ciclo puede repetirse varias veces durante la temporada de crecimiento.

Es importante destacar que el ciclo de la enfermedad puede variar dependiendo de las condiciones ambientales, el cultivar de rosa y la resistencia de la planta. El control de la enfermedad del Mildeo polvoso en las rosas generalmente implica la aplicación de fungicidas y la implementación de prácticas de manejo adecuadas, como la poda adecuada, la

eliminación de material vegetal infectado y proporcionar condiciones de crecimiento saludables para las plantas.

### Figura 1

Ciclo del Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en rosa



Fuente. Calle, Y. (2014). Fotografía del ciclo de *sphaerotheca pannosa* en rosa.

<https://es.slideshare.net/yurihcalle/fitopatologia-oidium>

### ***Control del Patógeno***

El tipo de estructura de invernadero utilizada en Colombia facilita considerablemente el desarrollo del Mildeo polvoso, ya que no permite regular adecuadamente la humedad relativa interna. Los invernaderos son de diseño estándar, con columnas de madera y cortinas laterales plegables que suelen abrirse por la mañana y cerrarse por la tarde. Las áreas cercanas a las ventanas o cortinas suelen ser más propensas a la enfermedad debido a que actúan como barreras contra el viento (Gómez y Arbeláez, 2007).

El control del Mildeo polvoso resulta difícil mediante medidas individuales de manejo. Se recomienda el uso combinado de varios productos químicos para controlar la enfermedad. Es importante considerar la eliminación y destrucción de los brotes infectados durante las podas, así como realizar una limpieza exhaustiva de hojas y tallos en el suelo de la plantación para evitar que la enfermedad se salga de control, dado que las esporas pueden propagarse a través de los residuos vegetales y otros factores. Además, se debe evitar el crecimiento excesivamente tierno y succulento causado por una fertilización desequilibrada, con exceso de nitrógeno y deficiencia de potasio (Ferrer y Palomo, 1986).

### ***Silicio***

El silicio (Si), es el segundo elemento más abundante de la litosfera; es un elemento químico que se encuentra en la naturaleza en forma de silicatos. En la corteza terrestre ocupa el 28%, precedido por el oxígeno (47%). Los elementos C, H, O, N, P y S son considerados mayoritarios en los seres vivos. Debido a su alta composición en la corteza terrestre, se ha considerado como el elemento más “renovable” o “sostenible” (Álvarez y Osorio, 2014).

La forma química más abundante es la de dióxido de silicio que suele formar silicatos insolubles de estructura muy compleja con magnesio, calcio, sodio, aluminio, etc. La forma

soluble que encontramos en el suelo, el ácido ortosilícico, se forma muy lentamente a partir de formas insolubles o de compuestos orgánicos. Esto es lo que provoca la poca disponibilidad.

El silicio tiene dos acciones diferenciadas. Primero interviene en los mecanismos metabólicos de regulación de nutrientes y relacionados con la fotosíntesis y después, si hay silicio suficiente, se acumula en las paredes celulares en forma cristalina y amorfa.

El papel que desempeña en el metabolismo vegetal no está del todo claro, pero sí que está totalmente contrastada su influencia positiva sobre el balance de nutrientes. Aumenta las sinergias, reduce antagonismos y también reduce la absorción de elementos que pueden llegar a ser fitotóxicos. Por ejemplo, aumenta la absorción del fósforo cuando es deficitario y lo reduce cuando está en exceso.

Al final esta mejora en la gestión de los nutrientes comporta un mayor aprovechamiento de los recursos. En definitiva, una gestión de los fertilizantes más sostenible. En agricultura ecológica, en la que la disponibilidad de algunos nutrientes puede llegar a ser un factor limitante, aumentar la capacidad de las plantas para aprovecharlos, es muy importante.

Cuando el Silicio se acumula en las paredes de las células epidérmicas, hace disminuir la transpiración, así como las infecciones causadas por hongos. En las hojas de las plantas el silicio se deposita debajo de la cutícula y sobre las células epidérmicas, esta capa limita la pérdida de agua por las hojas y dificulta la penetración y desarrollo de hifas de hongos, el silicio se acumula en la epidermis y asocia con la pectina e iones de calcio, endureciendo el tejido y protegiendo así el ingreso de patógenos a la planta. Otra parte del tejido epidérmico son las estomas los cuales están formados por células llamada célula guarda u oclusivas. Las estomas son los encargados del intercambio de gases del interior de la planta y el exterior, regulando la respiración y la

fotosíntesis, y sirven también para eliminar el exceso de agua y minerales (Aguirre y Raya, 2012).

El uso de silicio en el mundo de las plantas se ha convertido en una práctica común en la agricultura, ya que contribuye a mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos, esto se debe a que el silicio forma una capa protectora alrededor de las células vegetales, volviéndolas más duras y menos propensas a daños (Castellanos et al, 2015). Algunos de los beneficios incluyen:

Fortalece las estructuras de las plantas, como tallos y hojas, haciéndolas más resistentes a factores adversos como las altas temperaturas.

Mejora la resistencia de las plantas a enfermedades fúngicas y bacterianas, ya que dificulta la penetración de patógenos en las células vegetales.

Aumenta la tolerancia de las plantas al estrés ambiental, como la salinidad y la sequía.

Estimula el crecimiento de raíces saludables y mejor la absorción de nutrientes, lo que contribuye a un mejor desarrollo de las plantas.

Aumenta la calidad de las flores y la producción de biomasa en cultivos.

## **Marco Conceptual**

### ***Agente Biológico***

Un agente biológico es cualquier organismo o toxina derivada de organismos vivos, como bacterias, virus, hongos o parásitos, que puede causar enfermedades o problemas de salud en las plantas o en seres vivos. Estos agentes pueden afectar de manera diversa el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la salud de los animales y los seres humanos (Sánchez, et al, 2022).

### ***Agente Químico***

Un agente químico es cualquier sustancia o compuesto químico por sí solo o mezclado utilizada en actividades industriales, agrícolas o domésticas que puede ser tóxica o causar daño a los seres vivos o al medio ambiente. Estas sustancias pueden incluir productos químicos utilizados en la fabricación de productos, pesticidas agrícolas, productos de limpieza y muchos otros compuestos químicos (Piles, 2005).

### ***Contaminantes***

Los contaminantes son sustancias o elementos presentes en el ambiente que pueden causar daño a los seres vivos o al medio ambiente. Pueden ser de origen natural, como los compuestos presentes en el suelo o el agua, y tienen un potencial para transportarse a larga distancia; pueden ser resultado de actividades humanas, como la contaminación del aire por emisiones industriales o no controladas, el vertido de productos químicos en ríos y océanos (Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología Argentina, 2024).

### ***Humedad***

La humedad es un componente natural de la atmósfera y procede a la medida o cantidad de vapor de agua presente en el aire o en el suelo. En el contexto de los invernaderos, controlar la

humedad es importante para evitar el exceso de humedad, que puede favorecer el crecimiento de enfermedades fúngicas y afectar negativamente el crecimiento de las plantas (Airthings, 2024).

### ***Incidencia***

La incidencia se refiere a la afectación presentada de una planta ante un patógeno o agente causante de enfermedades. Es una medida cuantitativa que permite conocer el porcentaje de cuántas plantas se ven afectadas por una enfermedad en particular dentro de una población (Calviño, 2023), es decir que de acuerdo con los datos que se recolectan en el total de un estudio experimental, se puede determinar el grado de daño económico que se presenta y de acuerdo con esta información poder definir que tanto perjudica dicha afectación, La incidencia también se define como el número de unidades enfermas por unidad de medida. Se pueden considerar como unidades el número de plantas, las ramas individuales, las hojas, los tallos, los frutos o las raíces enfermas por surco o parcela. Este es el sistema más fácil y rápido para medir el daño causado por las enfermedades.

#### ***¿Cómo calcular incidencia?***

Primero, debemos contar el número total de plantas en un área específica y luego determinar cuántas de ellas están afectadas por la enfermedad. Dividimos el número de plantas afectadas entre el número total de plantas y multiplicamos por 100 para obtener el porcentaje de incidencia.

### ***Invernadero***

Un invernadero es una estructura cerrada destinada a cultivar plantas controlando las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la luz solar. Los invernaderos permiten cultivar plantas en climas y épocas del año en las que normalmente no sería posible, creando un ambiente controlado para el crecimiento óptimo de las plantas (Berger, 2017).

### ***Riego***

El riego es el suministro controlado de agua a las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas. En los invernaderos, se utilizan sistemas de riego para proporcionar la cantidad adecuada de agua a las plantas, asegurando que reciban la hidratación necesaria para su crecimiento y desarrollo saludable; ya que la cantidad y frecuencia de riego depende del tipo de suelo, clima y eficiencia del riego (Cumbal, 2021).

### ***Severidad***

La severidad se refiere al grado de afectación que presenta una planta ante una enfermedad o plaga. Se clasifica en severidad baja (1 y 2), severidad media (3) y severidad alta (4 y 5), siendo estos últimos niveles de mayor daño para la planta (Calviño, 2023). La severidad se refiere al área de tejido de la planta que está afectada por la enfermedad y se puede expresar como porcentaje. para estimar la severidad, se pueden tomar como referencia una serie de escalas y de acuerdo con estos datos se logra identificar el porcentaje real del tejido enfermo es decir que, si una hoja se compone de 5 folíolos y existe afectación total, la severidad total sería de 100% en esa hoja.

### ***Temperatura***

La temperatura es una medida de la energía térmica de un sistema o ambiente que determina si está en un equilibrio. En el contexto de los invernaderos, se refiere al control y mantenimiento de una temperatura óptima para el crecimiento de las plantas. Cada planta tiene requerimientos específicos de temperatura para su desarrollo adecuado, y mantener una temperatura estable y adecuada es fundamental para maximizar la productividad y salud de las plantas cultivadas en invernaderos (Inzunza, 2003).

## Materiales y Métodos

Con el propósito de buscar alternativas que ayuden a mitigar el control de enfermedades; en especial el Mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa (*Rosa spp*), y gracias a estudios similares aplicados en agricultura, se estableció investigación con el fin de evaluar los efectos del silicio foliar como posible controlador de Mildew polvoso, de tal forma que sus resultados puedan incidir de manera positiva dentro de un plan de rotación y manejo de productos para el control de patógenos.

El ensayo se realizó en el municipio de Toca Boyacá el cual se encuentra ubicado en la provincia centro del departamento y que colinda con los municipios de Siachoque, Chivata, Tuta y Pesca. Dicho ensayo se ubicó en la vereda Tuaneca Abajo, de la empresa Agrícola el Cactus s.a. dedicada a la producción de rosas y claveles de exportación bajo condiciones de invernadero, más específicamente en la finca número 1, que se dedica a la producción de rosas.

### Materiales e Insumos

Teniendo en cuenta la naturaleza de la producción y las características de la investigación fue necesario contar con la disponibilidad de los siguientes materiales:

**Tanque 100 L PVC:** recipiente o contenedor con capacidad de 100 litros. En el contexto del cultivo de rosas, este tanque se utiliza para almacenar agua o soluciones nutritivas para el riego de las plantas.

**Tijeras para poda:** herramienta necesaria en el manejo de ramas o tallos de las plantas o para la eliminación de partes dañadas o enfermas, importante tener en cuenta que estas deben mantener condiciones óptimas, así como total asepsia para evitar la transmisión de plagas y enfermedades dentro del cultivo

**Bomba de espalda:** equipo con capacidad de 25 litros de mezcla usado para la aplicación homogénea de silicio foliar de acuerdo al manejo que cada tratamiento entregue.

**Silicio foliar:** fertilizante líquido en su formulación no fitotóxico, con ingrediente activo silicato de potasio ( $K_2SiO_2$ ) de composición porcentual del 37% de silicio de alta asimilación por el tejido foliar recomendado según su ficha técnica como fertilizante foliar de rápida absorción, y altamente asimilable.

**Condiciones de Invernadero:** estructura en madera cubierta con polietileno que brinda condiciones de temperatura para el desarrollo de las plantas además de proteger al cultivo de factores ambientales como, lluvias, vientos fuertes además de evitar el ingreso de rayos UV que generan decoloración en los pétalos de la flor.

### **Metodología**

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo planteado en la investigación se estableció un diseño en bloques completamente aleatorizados BCA para la aplicación de silicio foliar en el control de Mildeo polvoso, de acuerdo a esto se implementaron cuatro (4) tratamientos por cuatro repeticiones llevadas a condiciones de invernadero y bajo los mismos parámetros en los que se encuentran los cultivos comerciales de la zona; importante mencionar que cada unidad experimental estuvo conformada por tres tallos debidamente marcados y asignados de manera aleatoria en cada una de las camas asignadas al desarrollo de la investigación.

Los tratamientos establecidos se definieron a partir de un tratamiento testigo o T0 o sin aplicación de silicio foliar y tres tratamientos adicionales con diferentes dosis de silicio foliar para poder definir estos tratamientos se tuvo en cuenta la recomendación de dosis comerciales de fertilizantes utilizados como complementos foliares, que la finca aplica periódicamente y sus concentraciones de ingrediente activo, con esta información suministrada se establecieron los

tratamientos así; T0: testigo absoluto sin aplicaciones de silicio; T1: aplicación de silicio dosis 250 grs x hectárea; T2: aplicación de silicio dosis 500 grs x hectárea; T3: aplicación de silicio dosis 750 grs x hectárea

Así mismo se establecieron las siguientes variables a evaluar:

Camas afectadas, numero de foliolos afectados, tercio de afectación, esporulación y afectación. Es importante mencionar que se realiza análisis estadístico mediante Software Statgraphics 19 y pruebas Bartlett que junto con la aplicación de pruebas Prueba Q de Cochran que permitieron la interpretación adecuada de los datos obtenidos dentro de la investigación.

La organización del ensayo en condiciones controladas se dio de acuerdo a la disponibilidad de camas dentro de invernadero establecido con camas de variedad freedom, con una densidad de siembra de 6 plantas por metro cuadrado y 66.000 plantas por hectárea. Es importante mencionar que cada cama se encuentra subdividida en cuadros, gracias a los cuales cuáles fue posible tomar camas al azar dejando una distancia adecuada entre los tratamientos y eliminar el efecto orilla y disminuir errores experimentales dentro del ensayo.

Una vez establecida el área de estudio se realizó la marcación de tallos (unidades experimentales) desde la yema cero para evaluar paso a paso cada procedimiento y evolución de cada uno de los tratamientos y variables la aplicación foliar de silicio de acuerdo a cada tratamiento se realizó de manera periódica semanalmente calculando la cantidad de silicio a aplicar de acuerdo al tratamiento estas aplicaciones se realizaron con bomba de motor a espalda en un volumen por cama de 8 litros y con boquillas de referencia d35 de 1 salida tipo abanico con descarga de 0,8 litros por minuto a una presión de 1.4 bar la efectividad de estas aplicaciones se evaluaron con cintas hidrosensibles que permitieron verificar la cobertura de la aplicación, la

toma de datos se realizó de forma periódica en la que se destinó un día de cada semana en la que juiciosamente se tomaron los siguientes datos:

**Camas afectadas;** para poder corresponder con la evaluación de esta variable se realiza un recorrido periódico en el que se verifica la existencia o no de esporulaciones del hongo ubicadas en los tallos de la planta mediante el monitoreo directo de forma visual y de esta forma poder identificar su afectación la cual semanalmente permitió conocer datos de afectación en camas, así como la evolución del hongo.

**Foliolos afectados;** conociendo la afectación por camas y la presencia del hongo en los tallos se realizó el monitoreo directo semanalmente para conocer el número de foliolos afectados y lograr así obtener datos de severidad, que permitirían conocer el porcentaje de pérdida económica y de acuerdo con los resultados de esta variable así mismo definir si dicha afectación contribuye a dañar parámetros de calidad de la flor por dicha afectación.

**Tercio afectación:** con la medición de esta variable y observando semanalmente mediante monitoreo, se buscó identificar la zona de afectación del hongo definiendo el significado de tercio como la zona del problema, que para dicho estudio se definió como tercio medio y tercio alto los cuales se definen en su lugar, según el número de hojas y la longitud del tallo, es decir un tallo de un metro de longitud establece la flor y las primeras 6 hojas en la parte alta( tercio alto) mientras que su brotación y desarrollo de follaje en la parte media (tercio medio), de esta manera se logra identificar la presencia del hongo y su establecimiento dentro de la planta.

**Esporulación y afectación:** Esta variable, así como las anteriores se realizaron en monitoreo directo semanal en donde básicamente se observaba el estado de desarrollo del hongo, así como también su comportamiento frente a factores como esporulación, es decir si después de

afectar un foliolo continua su establecimiento en más hojas y crece el porcentaje o simplemente se ubica en determinado número de foliolos y aquí permanece inactivado.

El producto a utilizar para el control de Mídeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) fue de ingrediente activo silicato de potasio ( $K_2SiO_2$ ) de composición porcentual del 37% de silicio con alta asimilación por el tejido foliar, que técnicamente induce a la formación de barreras físicas que impiden la penetración de hongos y otros tipos de patógenos (Castellanos, et al, 2015). Las plantas tomadas para el ensayo fueron aquellas donde se realizó, la poda de producción de tal manera tomar la yema cero para poder evaluar todo el proceso en la uniformidad del crecimiento de cada yema hasta convertirse en un tallo maduro o leñoso, de esta manera permitió mediante monitoreo semanal, la evolución del Mídeo polvoso en cada fase de crecimiento, siendo evaluado a 13 semanas, tiempo en el cual también se realizaron las aplicaciones de silicio foliar en días calendario, una vez a la semana según correspondía por cronograma de actividades y dando además espacio de reposo para el manejo que la finca tenía establecido para el control de otros blancos biológicos ya fuese por control de plagas o enfermedades, es decir que no se entorpecieron las labores de aperción para el lote con la aplicación del silicio foliar en un mismo día.

Aplicando el análisis de varianza considerado para las repeticiones del ensayo, y una vez comprobado el efecto de los tratamientos él estudió dejó conocer el comportamiento del patógeno en porcentaje de afectación, en función del tiempo de evaluación y de acuerdo al monitoreo que se realizó. Se aplicó el análisis para cada semana de evaluación en cada una de las fases del desarrollo del hongo.

### Análisis y Discusión de los Resultados

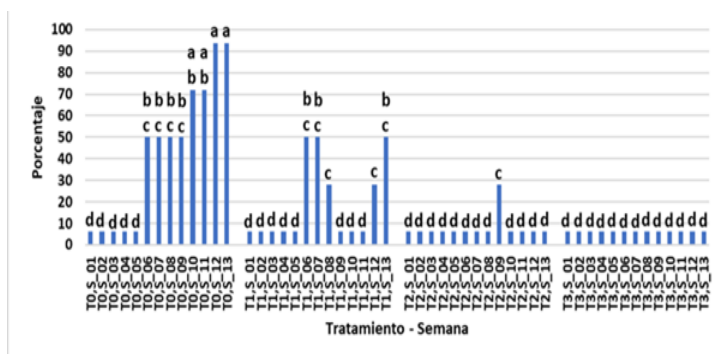
Los análisis y resultados obtenidos durante la Evaluación de diferentes dosis de silicio foliar como control de Mildeo polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa (*Rosa spp*), muestran que mediante aplicaciones de silicio foliar se pueden mejorar las condiciones de control de esta enfermedad en las rosas dando validez a las apreciaciones de autores como (Castellanos, et al, 2015). En Toca Boyacá, específicamente en la finca Agrícola el Cactus, no existe reporte de pruebas para el control de Mildeo polvoso con silicio foliar.

El grado de afectación de mildeo polvoso evaluado a partir de los 4 tratamientos de la investigación logró determinar gracias a la evaluación de las variables de camas afectadas que el tratamiento 3 ( 750 gr de silicio foliar) muestra diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos donde se reporta una afectación del 0% frente a un 50% del T0 en las semanas 6, 7 , 8, 9 y un 75% en las semanas 10, 11 y un 100 % en las semanas siguientes a la finalización del estudio, tal como se observa en la (**figura 3**).

Si se observa la (**figura 4**), se identifica como el T3 mantiene un comportamiento adecuado durante todo el ensayo de tal forma que se limita la posibilidad de ingreso del patógeno, (*Sphaerotheca pannosa*) a la estructura vegetal de la planta; así mismo se determina que el tratamiento que aporta 500 gramos de silicio muestra una alta variabilidad frente a la presencia de la enfermedad, lo que nos permite inferir que a medida que se incrementa la dosis de silicio el nivel de protección a la planta aumenta tal como lo menciona (Bent, 2008), quien en estudio aplicados a planta de pepino, en pruebas experimentales desarrolladas con aplicaciones de silicio, se evidenció el aumento en la producción y calidad de los cultivos, así como también se obtuvo mayor tolerancia a Mildiu polvoso y al marchitamiento por *Fusarium oxysporum*, enfermedades altamente limitantes en cultivos extensivos.

**Figura 2**

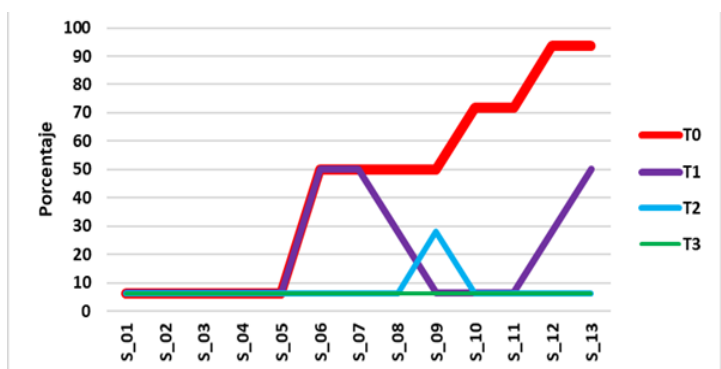
*Porcentaje de camas afectadas y promedios estadísticos*



Fuente. Autoría propia

**Figura 3**

*Porcentaje de camas afectadas por semana*



Fuente. Autoría propia

Observando la (**figura 3**) y después de aplicar el análisis de varianza significativa en esta investigación se evidencia, que el testigo o T0 presento afectación a partir de semana 6 hasta el término de la evaluación en semana 13, seguido de T1 en el cual se estuvo aplicando la dosis de silicio foliar de 250 gramos x hectárea siendo el segundo en afectación y dejando en resultados a estos dos tratamientos los más altos en incidencia, por otra parte el T2 tuvo una afectación en semana 9 del estudio el cual se puede definir como un tratamiento con baja incidencia, el cual aunque se evidencia afectación su dosis de 500 gramos x hectárea obtuvo resultados positivos en

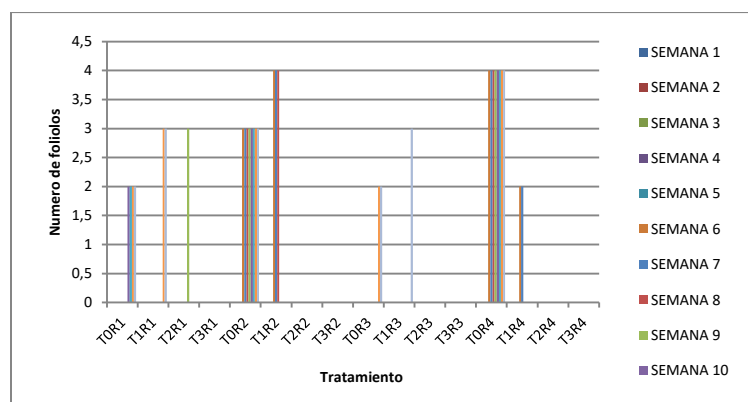
el cultivo . Por último, la concentración de 750 gramos x hectárea, T3 no presenta camas afectadas durante las 13 semanas dejando en evidencia que fue el mejor tratamiento, al no presentar incidencia en presencia del hongo durante el desarrollo del ciclo de producción de la flor y siendo este el más exitoso de esta investigación y dejando constancia de las ventajas del silicio en la agricultura conclusión que se sustenta con los autores (Castellanos, et al, 2015) quienes argumentan, que el silicio aunque no es un elemento fundamental para la producción agrícola, su uso presenta beneficios en factores de calidad, acompañados de baja afectación en ataque a plagas y enfermedades en la producción agrícola.

Al evaluar la incidencia de la enfermedad se logró determinar que los tratamientos 2 y 3 ocasionan menor afectación en foliolos, así como también en cama tal y como se observa en la figura 5, donde deja en evidencia la afectación en foliolos, del testigo absoluto, así como la dosis más baja de silicio que corresponde al tratamiento 1 (250 gr silicio foliar) los cuales en las variables estudiadas presentan datos que influyen en los resultados de este estudio.

Para este análisis, se tiene como mediciones los foliolos por cama afectados durante la aplicación de tratamiento por semana.

#### Figura 4

##### *Foliolos afectados por cama*

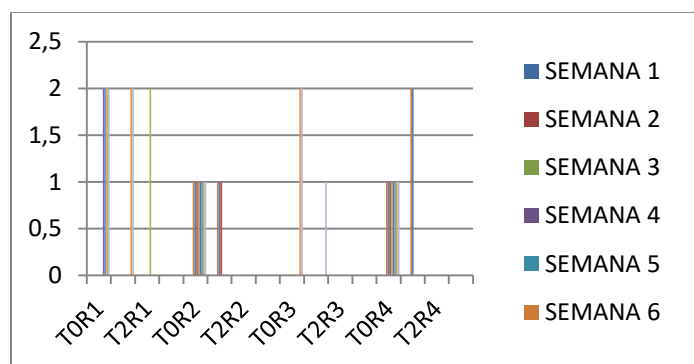


Fuente. Autoría propia

De acuerdo con la (**figura 4**) y midiendo la variable de foliolos afectados al aplicar la varianza significativa, se logra observar que el T0 acompañado del T1 mostraron la presencia del hongo hasta en el 4 foliolo, lo cual da a conocer, que la enfermedad tuvo una incidencia de afectación de nivel medio; partiendo de que un tallo de rosa se compone por hojas compuestas y que en un desarrollo normal cada hoja presenta 7 foliolos, lo anteriormente mencionado representa una alta incidencia, por lo que la flor cosechada no entra en clasificación de tipo exportación, de acuerdo a lo mencionado por (Yong, 2004) ya que al tener que retirar hojas afectadas el tallo pierde presentación por lo que dicho material ha de ser llevado a mercado local.

### Figura 5

#### *Tercio de afectación*



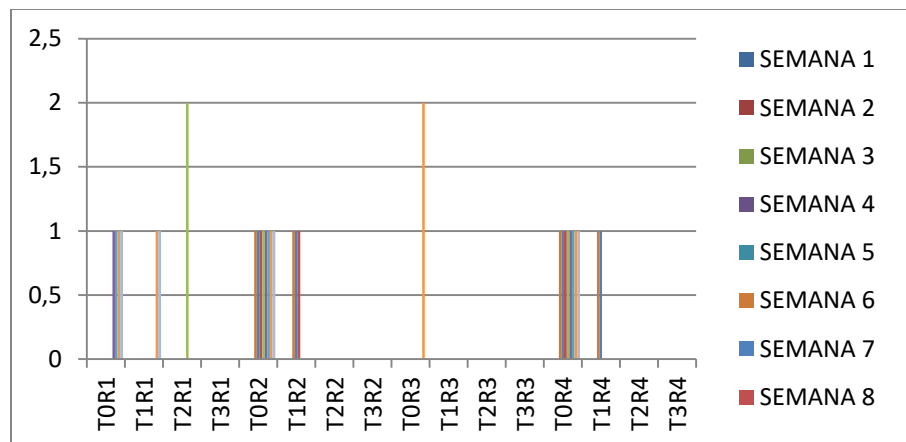
Fuente. Autoría propia

Según muestra la (**Figura 5**), con los resultados que arrojó el monitoreo semanal es importante mencionar que la afectación se concentró en su mayoría, en la parte intermedia de las plantas, es decir en tercio medio, este estudio deja ver que el hongo se establece mejor en zonas de mayor presencia de follaje y que ataca a los tallos más tiernos debido a que son más susceptibles (Agrios, 2005). Además, que, en la parte media de la planta el manejo fitosanitario es más difícil de controlar debido a la cantidad alta de masa foliar por lo que el cubrimiento de las aplicaciones se hace menos efectivo. Por otro lado, (Shetty et al. 2012), mencionan que el

mildeo polvoso es más frecuente en hojas bajas, ya que éstas, generalmente, se encuentran más débiles nutricionalmente, y la humedad relativa en el estrato bajo es siempre más alta lo cual tiene similitud con los hallazgos encontrados en este estudio.

**Figura 6**

*Esporulación*



Fuente. Autoría propia

Según la (figura 6), después de analizar mediante la varianza significativa el resultado, que la esporulación del hongo se presentó únicamente durante 2 ocasiones en el total del estudio por lo que se concluye que el patógeno, se estableció en los tallos de afectación pero que su propagación no fue exitosa es decir no afectó más folíolos o hojas de sus tallos vecinos exento en 2 casos puntuales los cuales en el total de la investigación no son relevantes para el análisis de esta variable esto se relaciona con investigaciones desarrolladas según Falconi (2005), la presencia y desarrollo de (*Sphaerotheca pannosa*) es probable en variedades susceptibles y períodos consecutivos de humedad relativa alta. El manejo de invernaderos con humedades relativas iguales o inferiores al 85% podrían reducir la esporulación del patógeno, condición que limitaría la presión de inóculo en el cultivo y la ocurrencia de ciclos sucesivos de la enfermedad, lo cual no ocurrió en la zona de estudio por tratarse de una zona seca con poca presencia de

humedad por la época del desarrollo del estudio, coincidiendo con clima de humedad relativa bajo.

Analizando los resultados obtenidos de este estudio se puede evidenciar que el T3 obtuvo los mejores resultados y que estos se sustentan mediante los autores (Castellanos, et al, 2015). sobre las bondades del silicio en la agricultura y que pasando a este caso en concreto la acumulación de silicio permite que la planta tenga una mejor respuesta y se fortalezca nutricionalmente al ataque de hongos, además, aunque el T2 obtuvo afectación en semana 9 únicamente vale rescatar este resultado pues la severidad de este es baja lo que deja ver que el silicio foliar si tuvo incidencia esta investigación.

## Conclusiones

El efecto del silicio foliar en temas nutricionales fue representativo y se pudo evidenciar en campo mediante parámetros de observación que influyeron características que tienen que ver con la calidad de la flor cosechada, mostrando tallos más largos, gruesos y con mejor tamaño de botón floral.

Es necesario destacar que la forma como se controla el hongo tiene que ver con el proceso de acumulación del elemento, (silicio) y que las aplicaciones van como control preventivo, lo cual hace que, al estar la planta balanceada nutricionalmente, los ataques de enfermedades se mitigan.

Este estudio fue especialmente relevante, ya que en la zona no se contaba con un historial previo de investigación en la finca, estudio que fue muy aceptado por el departamento de producción y puesto en el plan de rotación de productos para el control de Mildeo polvoso.

En temas de costos para controlar enfermedades, las aplicaciones de silicio foliar se encuentran como una opción económica que contribuye al manejo rotacional, además que genera beneficios de tipo nutricional. lo anterior aplica para cultivos de ornamentales que son exigentes en manejo fitosanitario.

### **Recomendaciones**

Realizar labores culturales periódicamente como, la erradicación manual de hojas afectadas por mildew polvoso en los primeros síntomas, acompañado de una adecuada humedad en campo con nutrición balanceada y proporcionar unas condiciones ambientales favorables bajo invernadero con manejo cortinas y ventilación continua, serán prácticas que contribuyen a minimizar los ataques de hongos fitopatógenos y favorecen la producción con parámetros de calidad.

Establecer un programa de seguimiento semanal mediante monitoreos directos en campo para evaluar la presencia y afectación del Mildew polvoso en las plantas tratadas con silicio foliar y de acuerdo a los resultados monitoreados poder tomar decisiones a tiempo con datos reales los cuales permiten acciones efectivas en el manejo integrado de enfermedades.

Realizar un análisis detallado de la compatibilidad del silicio de síntesis foliar en mezcla con otros fertilizantes foliares con elementos como calcio, magnesio, azufre. Hierro, boro, zinc, potasio, y plaguicidas que se utilizan para el control de diferentes blancos biológicos con el fin de establecer aplicaciones semanales y mitigar así la humedad relativa ambiente alta por aspersiones continuas.

### Referencias Bibliograficas

- Aalsmeer, M. (2001). *Handbook for modern greenhouse rose cultivation*. Applied Plant Research. <https://edepot.wur.nl/408821>
- Agrios, G. (2005). *Fitopatología*. (5<sup>a</sup> ed.). Limusa. <https://infoagronomo.net/fitopatologia-gn-agrios-pdf/>
- Airthings, (2024, 12 de marzo). *¿Cómo obtener un monitor de humedad?*  
<https://www.airthings.com/es/what-is-humidity>
- Álvarez, P., García, R., Mora, M., González, J., y Salgado, M. (2013). Estado actual de *Peronospora sparsa*, causante del Mildiu Velloso en Rosa (*Rosa sp.*). *Revista Mexicana de Fitopatología* 31 (2), 113-125.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v31n2/v31n2a4.pdf>
- Álvarez, C. y Osorio, W. (2014). Silicio agrónomicamente esencial. *Mejisulfatos S.A.S.*  
<https://es.scribd.com/document/355190743/SILICIO-AGRONOMICAMENTEESENCIAL-WALTER-OSORIO-Y-pdf>
- Aponte, D. (2015). *El oídio (Sphaerotheca pannosa) con su método de control biológico en el cultivo de la rosa (Rosa sp.)*. (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato).  
Repositorio Universidad Técnica de Ambato.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/22579/1/Tesis-130%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20397.pdf>
- Bent, E. (2008). Ácido silícico. *Cultivar de acuerdo con la naturaleza Parte I-II. Bérghamo. Italia*. 6-15. [www.hortcom.files.wordpress.com](http://www.hortcom.files.wordpress.com).

- Berger. (2017, 25 de mayo). *¿Por qué cultivar en invernadero? Ventajas y desventajas.*  
<https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/cultivar-invernadero-ventajas-desventajas/>
- Calle, Y. (2014). *Fotografía del ciclo de sphaerotheca pannosa en rosa.*  
<https://es.slideshare.net/yurihcalle/fitopatologia-oidium>
- Calviño, F. (2023, 2 de agosto). *Severidad en Cultivos: Claves para Estimar Pérdidas de Rendimiento.* <https://blog.sima.ag/2023/incidencia-y-severidad-en-cultivos/>
- Castellanos, L., de Mello, R., y Silva, C. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36, 16-24.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000500002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500002)
- Castro, N. (2015). Las flores: sector estratégico para la economía colombiana. *Esglobal*, 1-4.  
<https://www.esglobal.org/las-flores-sector-estrategico-para-la-economia-colombiana>
- Centro de Información Nacional sobre Pesticidas (NPIC). (2021). *Regulaciones internacionales sobre plaguicidas.* <http://npic.orst.edu/reg/intreg.html>
- Cumbal, B. (2021). *Evaluación de tres productos de síntesis biológica para el control de oídio (Sphaerotheca pannosa) en el cultivo de rosas (Rosa sp.), var. Gotcha, en el cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha 2021.* (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8095/1/PC-002093.pdf>
- Fainsten, R. (1997). *Manual para el cultivo de rosas en Latinoamérica.* (1ª ed.). Ecuaiiffset Cía.  
[https://books.google.co.ve/books/about/Manual\\_para\\_el\\_cultivo\\_de\\_rosas\\_en\\_Latin.html?id=JrYvHQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.ve/books/about/Manual_para_el_cultivo_de_rosas_en_Latin.html?id=JrYvHQAACAAJ&redir_esc=y)

- Falconi, C. (2005). *Oidium rosae: biología, patología, control. In Memorias VIII Congreso Técnico de Flores. Asocolflores.*
- Ferrer, M. y Palomo, S. (1986). *La producción de rosas en cultivo protegido. (1ª ed.). Universal Plantas. S.A.*
- Gómez, S., y Arbeláez, G. (2007). *Biología de Peronospora sparsa en rosa y su relación con el desarrollo de enfermedades en invernaderos comerciales. Asocolflores, 68, 31-36*
- Inzunza, J. (2003). *Temperatura. Meteorología descriptiva, 4, 85-111.*  
[http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso\\_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva\\_Inzunza/cap4\\_Inzunza\\_Temperatura.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf)
- Lozano, M. (2017). *Recopilación de las pruebas de eficacia de fungidas biológicos y extractos vegetales para el control de mildew polvoso (sphaerotheca pannosa var. Rosae) en cultivo de rosa de la empresa the elite flower s.a.s (Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca). Repositorio Universidad de Cundinamarca.*  
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/556>
- Piles, J. (2005). *Agentes Químicos. Legislación y Normas sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, 14, 1-30.* <https://www.uv.es/ccoo/downloads/agentesquimicos.pdf>
- Perilla, L., y Sanabria, A. (2007). *Condiciones que favorecen el desarrollo del Mildew polvoso (Sphaerotheca Pannosa var rosae) en los cultivos de rosa. (Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana). Repositorio Pontificia Universidad Javeriana.*  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8393/tesis36.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Procolombia. (2019, febrero 26). *¿Cómo funciona el sector floricultor en Colombia?*  
<https://onx.la/f19ac>

- Pundt, L. (2022). Mildiu polvoso en el invernadero. *Departamento de Ciencias Vegetales y Arquitectura del Paisaje Extensión de UConn*. <https://ipm.cahnr.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/3216/2022/08/Mildiu-Polvoso-en-el-Invernadero.pdf>
- Raya, J. y Aguirre, C. (2012). El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. *Conciencia tecnológica*, 43: 42-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3985098>
- Sánchez, J., Díaz, D., y Castro, J. (2022). Características de los agentes biológicos. *Cuadernos de estrategia*, (217), 65-84. [https://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/CE\\_217/Cap\\_2\\_Caracteristicas\\_de\\_los\\_agentes\\_biologicos.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/CE_217/Cap_2_Caracteristicas_de_los_agentes_biologicos.pdf)
- Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología Argentina. (2024, 15 de febrero). *Contaminantes orgánicos persistentes*. <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/control/productos-quimicos/cop>
- Shetty, R., Jensen, B., Shetty, N., Hansen, M., Hansen, C., Starkey, K., y Jørgensen, H. (2012). Silicon induced resistance against powdery mildew of roses caused by *Podosphaera pannosa*. *Plant pathology*, 61(1), 120-131. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3059.2011.02493.x>
- Soto, J., y Filgueira, J. (2009). Efecto del fotoperiodo y la intensidad lumínica sobre la esporulación de *Peronospora sparsa* Berkeley, bajo condiciones controladas. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 245-251. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652009000200013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000200013)
- Trujillo, J. (2023, 13 de enero). *El sector de la floricultura en Boyacá mejoró su productividad en 60% durante 2022*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-sector-de-la-floricultura-en-boyaca-mejoro-su-productividad-en-60-durante-2022-3522521>

- Vega, M. (2007). *Manual de manejo seguro de productos plaguicidas y aspersión en la empresa C.I Vista Farms S.A.* (Trabajo de grado, Universidad de La Salle). Repositorio Institucional Universidad de La Salle.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=administracion\\_agronegocios](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=administracion_agronegocios)
- Yan, Z., Dolstra, O., Prins, T., Stam, P., y Visser, P. (2006). Assessment of partial resistance to powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in a tetraploid rose population using a spore-suspension inoculation method. *European Journal of Plant Pathology*, 114(3), 301-308. <https://doi.org/10.1007/s10658-005-5995-x>
- Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales*, 25(2), 53-67.  
<https://redalyc.org/pdf/1932/193217832008.pdf>

## Apéndices

### Apéndices A

*Análisis de varianza camas afectadas*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Tratamiento</b>	11,6683	27	0,432158	5,29	0,0000
<b>Residuo</b>	14,7115	180	0,0817308		
<b>Total (Corr.)</b>	26,3798	207			

*Fuente.* Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19.

### Apéndices B

*Factor Suma de Cuadrados*

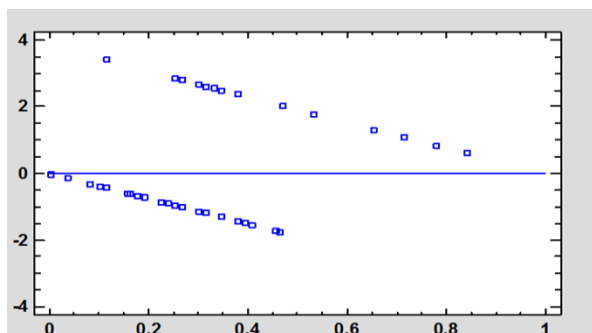
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Tratamiento</b>	3,44231	29	0,28685	,51	,0001
<b>Semana</b>	8,22596	57	0,54839	,71	,0000
<b>Error</b>	14,7115	80	0,08173		
<b>Total</b>	26,3798	167			

Error estándar del est. = 0,285886

*Fuente.* Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19.

## Apéndices C

### Residuos



Fuente. Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19

## Apéndices D

### Análisis de varianza foliolos afectados

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
<b>Tratamiento</b>	101,3846154	15	6,758974359	7,619873532	3,277E-13
<b>Residuo</b>	170,3076923	192	0,887019231		
<b>Total (Corr.)</b>	271,6923077	207			

Fuente. Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19.

## Apéndices E

### Análisis de varianza tercio de afectación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Tratamiento</b>	11,05769231	15	0,737179487	3,183391003	0,000107968
<b>Residuo</b>	44,46153846	192	0,231570513		
<b>Total (Corr.)</b>	44,46153846	207			

Fuente. Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19.

## Apéndices F

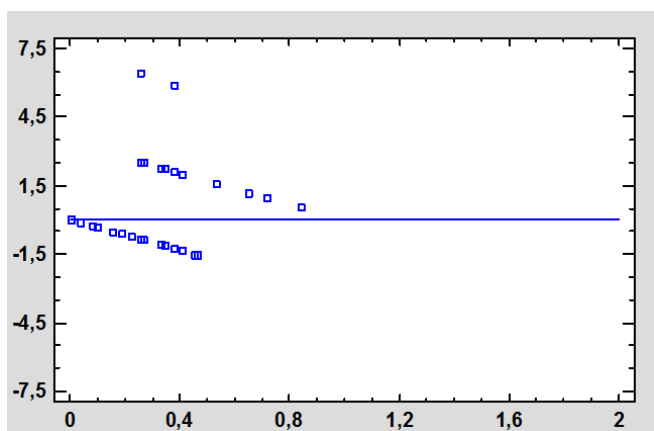
### *Análisis de varianza esporulación y afectación*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Tratamiento</b>	8,379807692	15	0,558653846	4,875524476	5,12888E-08
<b>Residuo</b>	22	192	0,114583333		
<b>Total (Corr.)</b>	30,37980769	207			

Fuente. Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19.

## Apéndices G

### *Residuo de esporulación*



Fuente. Autoría propia, analizado mediante Software Statgraphics 19.

## Apéndices H

### *Trabajo de campo*







Fuente. Autoría propia.