
Evaluación del efecto fitotóxico de diferentes funguicidas con base en triazoles y estrobirulinas en Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*)

*Evaluation of the phytotoxic effect of different fungicides based on triazoles and strobirulines in Chrysanthemum (*Chrysanthemum sp.*)*

**Andrés Felipe Guerra Quintero¹, Dagoberto Castro Restrepo²,
Carlos Leonardo Guerra Marín³**

1 Docente investigador. Grupo de Investigación en Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Católica de Oriente. Correo: andres.guerra0729@uco.net.co. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0300-3682>

2 Coordinador Unidades de Investigación. Grupo de Investigación en Biotecnología. Dirección de Investigación, Desarrollo e Innovación. Universidad Católica de Oriente. Correo: dcastro@uco.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6599-9332>

3 Docente investigador. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Católica de Oriente. Correo: cguerra@uco.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9657-6359>

Resumen

Los fungicidas son sustancias químicas comúnmente usadas para evitar el crecimiento o permitir la eliminación de hongos perjudiciales para las plantas. Dentro de los grupos de fungicidas existentes, dos de los más importantes son los triazoles y estrobirulinas. Los triazoles basan su accionar en la inhibición del ergosterol, afectando la permeabilidad de la membrana lipídica. Por su parte, las estrobirulinas son derivados sintéticos producidos de forma natural por *Strobilurus tenacellus*, funcionando como inhibidores de la respiración mitocondrial. A ambos grupos se les ha reportado fitotoxicidad en diferentes plantas, siendo conocido su uso en cultivos como el crisantemo, de importancia económica en Colombia por su carácter de exportación. Con base en esto, se diseñó un estudio para determinar los efectos fitotóxicos de diferentes productos fungicidas sobre plantas de crisantemo. Para esto, se implementaron 10 tratamientos con

fungicidas –ingredientes activos: Azoxistrobina + Difenconazol, Azoxistrobina, Flutriafol, Hexaconazol, Isopyrazam, Myclobutanil, Penconazol + Fenpropidin, y Mancozeb + Azoxistrobina–, con un testigo absoluto y un tratamiento de rotación con los anteriores productos, con cuatro repeticiones por tratamiento. Se usó un diseño experimental unifactorial completamente aleatorizado para el estudio, con variables como altura, síntomas de fitotoxicidad y crecimiento general. Los resultados indicaron que existe un efecto sobre las plantas de crisantemo, de manera que productos como Penconazol + Fenpropidin, Mancozeb + Azoxistrobina, y Flutriafol reducen el crecimiento y desarrollo de esta flor, con síntomas importantes de fitotoxicidad. Por su parte, productos como Isopyrazam, Myclobutanil y Azoxistrobina + Difenconazol no poseen efectos fitotóxicos aparentes, presentando un incremento en crecimiento respecto al tratamiento testigo implementado.

Palabras clave

Orienteantioqueño, Crecimiento, Roya Blanca, Control químico.

Abstract

Fungicides are chemicals commonly used to prevent growth, or to allow the removal of fungi that are harmful to plants. Among the existing groups of fungicides, two of the most important are the triazoles and the strobirulines. The triazoles base their action on the inhibition of the ergosterol, affecting the permeability of the lipid membrane. On the other side, the strobirulines are synthetic derivatives produced naturally by *Strobilurus tenacellus*, functioning as inhibitors of mitochondrial respiration. Both groups have been reported to have phytotoxicity in different plants, and its use in crops as chrysanthemums is well known, a crop that possess economic importance in Colombia because of its export character. Based on this, a study was designed to determine the phytotoxic effects of different fungal products on chrysanthemum plants. For this, ten treatments with fungicides were

implemented: Azoxistrobina + Difenconazol, Azoxistrobina, Flutriafol, Hexaconazol, Isopyrazam, Myclobutanil, Penconazol + Fenpropidin, y Mancozeb + Azoxistrobina, with an absolute control treatment, and a rotation treatment with the previous products, with four repetitions per treatment. A one factor experimental design para used for this study, with variables like height, phytotoxicity symptoms, and general growth. The results indicated that there is an effect on chrysanthemum plants, with products such as Penconazole + Fenpropidin, Mancozeb + Azoxistrobina, and Flutriafol reduce growth and development, with important symptoms of phytotoxicity. On the other hand, products such as Isopyrazam, Myclobutanil and Azoxistrobina + Difenconazol do not show apparent phytotoxic effects, resulting in increased growth compared to the control implemented.

Keywords

Eastern Antioquia, Growth, White Rust, Chemical control.

Introducción

Los fungicidas son sustancias químicas implementadas para impedir el crecimiento y eliminar hongos perjudiciales para las plantas. Estos deben ser únicamente fungitóxicos, nunca fitotóxicos, y, además, tener una alta estabilidad ante diferentes condiciones climáticas (Siqueira, 2007). Dentro de los grupos de fungicidas existentes, dos de los más importantes son los triazoles y las estrobirulinas.

Los triazoles se caracterizan por tener un principio activo basado en la inhibición del ergosterol, afectando la permeabilidad de la membrana lipídica del hongo; estos fungicidas son sistémicos, curativos y erradicantes, y tienen la capacidad de entrar en los tejidos y moverse de forma acropétala (Arregui & Puricelli, 2013). Llácer *et al.* (1996) mencionan que su mecanismo de acción está relacionado con la demetilación del carbono 14 en la biosíntesis del ergosterol, reportando resistencia cruzada con piridinas y piperacinas.

Los triazoles se absorben por tejidos subapicales jóvenes y hojas en aspersión foliar, mejorando la absorción con el uso de surfactantes; además, pueden ingresar a través de las raíces (Barret & Bartusca, 1982).

Por su parte, las estrobirulinas son derivados sintéticos de compuestos producidos de

forma natural por *Strobilurus tenacellus*, presentando una actividad antifúngica de alto espectro, esto debido a que son inhibidores de la respiración mitocondrial, afectando el transporte de electrones a nivel del complejo III (Arregui & Puricelli, 2013).

Las estrobirulinas son fungicidas mesostémicos, preventivos y curativos. Además, poseen la capacidad de inhibir la síntesis de etileno, retrasando los procesos de senescencia, incrementando el rendimiento al aumentar la asimilación de N, como en los cereales de invierno (Arregui & Puricelli, 2013).

Por otro lado, se tiene que a algunos de los fungicidas de estos grupos se les ha reportado fitotoxicidad. La fitotoxicidad es el efecto dañino que tienen algunas sustancias químicas sobre los órganos de las plantas. Está relacionado con el empleo de productos fitosanitarios o fertilizantes y con la alta radiación (Cot & Miralles, 2014).

Para Moreno & Peñaranda (2019),

la fitotoxicidad es un término que se emplea para describir el grado de efecto tóxico producido por una mezcla de aspersión o compuesto determinado que causa desordenes fisiológicos en las plantas y que se traduce en

alteraciones del aspecto, crecimiento, vigor, desarrollo y productividad de las plantas. (párr. 1)

También, los autores señalan que la fitotoxicidad se ve como la expresión fenológica en los vegetales por diversos factores físicos y químicos, bióticos y abióticos, y que se pueden expresar en cualquiera de los órganos de una planta. Normalmente se expresa con síntomas de quemazón de puntas de hojas, llegando a clorosis parcial o generalizada, con consecuencias que van desde el retraso del crecimiento hasta la pérdida de la cosecha.

Autores como Geuns & Vendrig (1974) y Geuns (1975) reportan que el efecto secundario de los fungicidas azoles puede consistir en la inhibición de la síntesis de esteroides, lo que repercute en una disminución de la altura del tallo.

En el cultivo de crisantemo, estos grupos de productos son constantemente implementados. Esta planta se ve afectada por una enfermedad de origen fungoso conocida comúnmente como la Roya Blanca (*Puccinia horiana* Henn.), que ocasiona grandes pérdidas económicas a los productores y distribuidores de la especie vegetal, especialmente para la exportación a Estados Unidos y otros países (Dirección General de Sanidad Vegetal, 1993; Peterson *et al.*, 1978).

Para disminuir o erradicar esta enfermedad, se han realizado investigaciones referentes al tipo de resistencia de variedades comerciales,

control biológico (Srivastava *et al.*, 1986) y control químico. Respecto al último, productos como triforine, triadimefón, tebuconazol, bitertanol, propiconazol, miclobutanil y diclobutrazol, del grupo de los fungicidas azoles en que se incluyen los triazoles, han demostrado efectividad para el control de roya blanca en crisantemo, pero pueden ser fitotóxicos, o inhibir el desarrollo de las plantas (Grunwald, 1980).

De esta forma, este estudio buscó evaluar los efectos fitotóxicos que se presentan en crisantemo con el uso continuo de productos fungicidas tipo triazoles y estrobirulinas, enfocados en la prevención de la aparición de Roya Blanca (*P. horiana* Henn).

Materiales y Métodos

Área de Experimentación

El estudio se realizó en una empresa exportadora de crisantemo, en el departamento de Antioquia, Colombia, en la región del Orienteantioqueño, en condiciones de invernadero. Las preparaciones de productos y planificación se realizaron desde el laboratorio de biorregulación de la empresa, siguiendo las recomendaciones de la etiqueta en cuanto a dosis de cada químico.

Este estudio tuvo acompañamiento y asesoría de la Universidad Católica de Oriente para su realización metodológica, así como para el análisis de datos obtenidos.

Metodología

Para el estudio, se realizó la siembra, en macetas plásticas, de esquejes enraizados de crisantemo tipo pompón, de variedad color blanco tipo margarita, de aproximadamente dos semanas desde su siembra en el área de propagación de la empresa. Se realizó la siembra de dos esquejes por maceta, de tal forma que pudieran tener los recursos suficientes para presentar crecimiento y desarrollo adecuado, con buena optimización del espacio y recursos presentes.

Las macetas sembradas se ubicaron en el invernadero de experimentación del laboratorio de biorregulación de la empresa, lugar con protección contra la precipitación, vientos y demás problemas ambientales, así como mediana protección contra los problemas biológicos.

Como en el mencionado invernadero no se presentaba luz artificial, el estudio se realizó sin la presencia de esta, dejando que las plantas tuvieran días cortos, lo cual tuvo como consecuencia la obtención de material con menor altura a la normal. Sin embargo, esto no fue impedimento para evidenciar los efectos adversos de los triazoles y estrobirulinas.

Como el crisantemo sin luz posee aproximadamente un ciclo de 8 a 9 semanas desde la siembra del esqueje enraizado en el lugar final, el periodo de estudio que se implementó fue de 9 semanas. Vale la claridad de que la primera fue de adaptación del

material al invernadero de estudio. Durante las 8 semanas restantes, se realizó aplicación de los productos seleccionados (una vez por semana), según el tratamiento correspondiente.

A la vez, se mantuvo adecuadas condiciones agronómicas para las plantas en evaluación, con riego diario, aporte nutricional al comienzo del estudio y monitoreo y eliminación de problemas fitosanitarios.

Las aplicaciones de los productos químicos se realizaron todos los miércoles en las horas de la mañana, usando un atomizador plástico para alcanzar un total cubrimiento del área foliar de las plantas. En cada semana se realizó la evaluación de los efectos causados por los productos, haciendo uso de las normas ICONTEC (1976).

En el estudio, se usó una escala de evaluación de fitotoxicidad de 0 a 5, de la siguiente forma: 0 = Plantas iguales al testigo absoluto; 1 = Leve clorosis y presencia de pecas; 2 = Clorosis acentuada y ligera reducción distinguible en el crecimiento o presencia de pocas manchas; 3 = Inhibición del crecimiento, clorosis marcada y anormalidades morfológicas; 4 = Plantas muy afectadas, sin posibilidad de recuperación presencia de partes de tejido verde; y 5 = Necrosis y muerte de la planta (ICONTEC, 1976).

Igualmente, se realizó la medición de alturas semanalmente (usando regla y flexómetro), información que permitió la formación de curvas de crecimiento para cada tratamiento.

Con la altura inicial y final, se pudo hallar cambio en la altura de la planta para la observación del crecimiento y desarrollo.

En la última semana del estudio, al momento del corte de los tallos florales, se realizó la medición del diámetro basal (usando pie de rey en el proceso), el número de hojas totales, el número de flores útiles a corte, observación de la calidad general del tallo obtenido, el peso de los tallos (usando balanza tipo pesola), la calidad de las flores por cada tallo y la medición de entrenudos.

Para las variables de calidad, se hizo uso de una escala de 1 a 5, donde 5 representa la mejor calidad presente. Esta escala idéntica a la implementada por el área de postcosecha de la empresa, con sus parámetros y características.

Diseño experimental

Para el estudio, se hizo uso de un diseño con estructura de tratamientos unifactorial completamente aleatorizado. Los tratamientos consistieron en siguientes ingredientes activos: Azoxistrobina + Difenconazol, Azoxistrobina, Flutriafol, Hexaconazol, Isopyrazam, Myclobutanil, Penconazol + Fenpropidin y Mancozeb + Azoxistrobina. La tabla correspondiente al anexo 1 resume la información concerniente a cada producto mencionado.

Además, se implementó un tratamiento de rotación, en el cual, semanalmente, se hizo la aplicación de uno de los productos

mencionados, teniendo en cuenta los mecanismos y modos de acción de cada uno. La rotación se llevó a cabo de la siguiente manera:

Rotación = Hexaconazol – Azoxistrobina + Difenconazol – Myclobutanil – Isopyrazam – Flutriafol – Penconazol + Fenpropidin – Mancozeb + Azoxistrobina – Azoxistrobina.

Se tuvo a la vez un tratamiento correspondiente a un testigo relativo, rociando las plantas con agua destilada, simulando el comportamiento natural del material.

Para cada tratamiento, se realizaron cuatro repeticiones (cuatro plantas), con dos macetas de dos plantas cada una, completando así 10 tratamientos de cuatro repeticiones. Se realizó análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas en los resultados obtenidos usando la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

Valoración en la escala de fitotoxicidad

Usando la escala de fitotoxicidad propuesta, se hallaron los datos resumidos en la tabla 1.

Tabla 1

Resultados obtenidos en la valoración en la escala de fitotoxicidad para los tratamientos implementados

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Promedio
Testigo Relativo	-	-	-	-	-
Azoxistrobina + Difenconazol	0	0	0	0	0
Azoxistrobina	0	0	0	0	0
Flutriafol	1	1	1	1	1
Hexaconazol	0	0	0	0	0
Isopyrazam	0	0	0	0	0
Myclobutanil	0	0	0	0	0
Penconazol + Fenpropidín	3	3	3	3	3
Mancozeb + Azoxistrobina	0	0	0	0	0
Rotación	0	0	0	0	0

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Según lo encontrado, la mayoría de los tratamientos implementados no presentaron síntomas de fitotoxicidad, sin tener diferencias con el testigo. El tratamiento con Flutriafol presentó un grado de fitotoxicidad 1, con hojas levemente cloróticas, con la característica especial de ser crujientes y más quebradizas de lo normal.

Con el tratamiento Penconazol + Fenpropidín, el grado de fitotoxicidad alcanzado fue de 3, con una fuerte inhibición del crecimiento, además de presentar una intensa quemazón en las hojas. En el anexo 2 se puede observar los síntomas mencionados.

De esta forma, es posible decir que, de los productos implementados, el más significativo en términos de fitotoxicidad es Penconazol + Fenpropidín, ya que causó importantes efectos sobre las plantas de crisantemo al usarlo de forma continua. Esto advierte que se trata de un producto químico que requiere de una aplicación cuidadosa en los cultivos de esta flor. Por otro lado, el Flutriafol también se vuelve un producto de cuidado, pues puede llegar a afectar negativamente las plantas, disminuyendo la calidad del material a obtener, pero teniendo la posibilidad de ser usado con mayor frecuencia que Penconazol + Fenpropidín.

Es importante mencionar que productos como Mancozeb + Azoxistrobina, y Azoxistrobina causan un manchado del follaje con pocas aplicaciones, lo que reduce fuertemente la calidad del tallo a ser cortado. Esto hace que, a pesar de no tener un efecto fitotóxico, no puedan ser usados múltiples veces por efectos visuales.

Por su parte, el tratamiento de rotación no presentó problemas de fitotoxicidad aparentes, teniendo un buen crecimiento y formación de estructuras. El único problema que se presentó con este tratamiento fue un ligero manchado causado por la aplicación de Mancozeb + Azoxistrobina y Azoxistrobina, lo que le resta calidad.

Estos resultados permiten pensar en un uso continuo de los productos evaluados, importante para proteger contra los problemas causados por la roya blanca. Sin embargo, casi todos presentan el mismo mecanismo de acción, por lo que la generación de resistencia por parte del hongo se vuelve factible. Por ende, es necesario buscar otros fungicidas con diferentes mecanismos de acción para complementar un diseño de rotación como el presentado en este estudio.

Alturas: Curvas de crecimiento

En cuanto a las alturas obtenidas semanalmente para los tratamientos, las tablas 2 a la 11 resumen los datos encontrados para cada uno de estos.

Tabla 2

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento testigo relativo durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	9.5	9	7	9	8.625
1	12	11.5	10.5	11	11.25
2	18.5	17	17	16	17.125
3	26.5	24	24	23	24.375
4	45	41	38	39	40.75
5	53	47	44.5	45.5	47.5
6	59	53	49	49	52.5
7	63	58.5	53.5	53	57
8	66	61	56	56	59.75
Rotación	0	0	0	0	0

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 3

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Azoxistrobina + Difenconazol

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	7.5	6	8	7.5	7.25
1	9	8	10	10.5	9.375
2	15	13.5	16	17.5	15.5
3	21.5	20.5	23.5	24.5	22.5
4	41	38	44	45	42
5	50.5	47	53.5	52.5	50.875
6	57.5	53.5	60	59	57.5
7	63.5	59	66	64	63.125
8	67.5	62.5	68	68	66.5

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 4

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Azoxistrobina durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	8	8.5	8	7	7.875
1	11	11.5	10	9.5	10.5
2	17.5	19	17	15	17.125
3	26	28	24	23	25.25
4	45	46	43	41	43.75
5	52	52	53	45.5	50.625
6	56.5	55	55	53	54.875
7	61	59	61	58.5	59.875
8	62	60.5	64	64	62.625

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 5

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Flutriafol durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	9	8.5	7.5	9	8.5
1	11	11	9.5	11.5	10.75
2	17	16	14	17.5	16.125
3	21.5	22	19.5	24	21.75
4	35	41	30	42	37
5	39.5	49.5	36	51.5	44.125
6	45	55	40.5	58	49.625
7	50.5	61	47	64	55.625
8	53	64.5	50.5	67.5	58.875

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 6

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Hexaconazol durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	7	7	9	8	7.75
1	8	8.5	10.5	9	9
2	16	15.5	18.5	15.5	16.375
3	23	23.5	26.5	22.5	23.875
4	42.5	43	45	38.5	42.25
5	52	51	53	45.5	50.375
6	57	55.5	57.5	52	55.5
7	62.5	60.5	62	58	60.75
8	64.5	63	64.5	61	63.25

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 7

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Isopyrazam durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	9.5	10.5	9.5	11	10.125
1	12.5	14	12.5	14	13.25
2	20	22.5	20	22.5	21.25
3	31	32	29.5	32.5	31.25
4	53	49	52	56.5	52.625
5	60	55.5	59.5	64.5	59.875
6	65.5	59	64	68.5	64.25
7	69.5	63.5	68.5	73	68.625
8	72	66	71.5	76	71.375

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 8

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Myclobutanil durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	9	10	10	10	9.75
1	11.5	12.5	13	13	12.5
2	18.5	18.5	21	21.5	19.875
3	29	27	31	32	29.75
4	53	48	52	49	50.5
5	61.5	56	59.5	54.5	57.875
6	66.5	61	64.5	57.5	62.375
7	71	65.5	68.5	59.5	66.125
8	74.5	68	71.5	62	69

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 9

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Penconazol + Fenpropidin durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	9	11	11.5	10.5	10.5
1	11.5	14	14	12.5	13
2	18	20	20.5	17	18.875
3	25	24	25	20	23.5
4	35	32	38.5	27	33.125
5	38	33.5	41	28	35.125
6	40.5	36	43.5	29.5	37.375
7	44	38.5	47.5	31	40.25
8	45.5	41.5	50	33.5	42.625

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 10

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Mancozeb + Azoxistrobina durante el tiempo del estudio.

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	10	10.5	10.5	11	10.5
1	12	12	12	13.5	12.375
2	18	18	18	20	18.5
3	22	24.5	25.5	25.5	24.375
4	39	44	45	40	42
5	45	48	53	43	47.25
6	50	52	57.5	46.5	51.5
7	53	55.5	61.5	49	54.75
8	55	57	63	50.5	56.375

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Tabla 11

Alturas (en cm) obtenidas para el tratamiento Rotación durante el tiempo del estudio

Semana	R1*	R2	R3	R4	Promedio
0	10.5	10	9.5	10	10
1	12	11.5	10.5	12	11.5
2	19	16.5	18	20	18.375
3	27	24	25.5	28.5	26.25
4	45	43	47.5	50	46.375
5	53.5	59	55	60	56.875
6	59	64	63	65.5	62.875
7	63.5	67.5	68	71	67.5
8	66	60	71	73	67.5

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Para un mejor entendimiento de los datos suministrados por las anteriores tablas, las figuras 1 a 10 resumen gráficamente los valores encontrados semanalmente para cada repetición, así como los promedios calculados, volviéndose así curvas de crecimiento de las plantas.

Con estas figuras, es posible determinar que, con cada tratamiento, existe un efecto individual, teniendo algunas plantas mayores o menores tamaños dentro de cada uno. Estas diferencias en los tamaños finales de las plantas son más visibles en los tratamientos testigo, Flutriafol, Isopyrazam, Myclobutanil, Penconazol + Fenpropidin y Mancozeb + Azoxistrobina. Con Azoxistrobina + Difenconazol, Azoxistrobina, Hexaconazol y Rotación no se presenta diferencia marcada con las alturas finales.

Se considera que esto puede deberse a la diferencia de altura inicial en los esquejes sembrados; se usó un material que no era homogéneo en su altura y, por ende, era esperado que las alturas finales fueran diferentes entre las plantas de un mismo tratamiento.

Igualmente, las alturas varían debido al efecto propio de cada fungicida, así como al comportamiento propio de cada individuo, que se modifican según los pequeños cambios que se obtienen en el material genético a medida que se realiza la multiplicación vegetativa.

Tomando los datos promedios de las tablas 2 a la 11 se organizó la tabla 12, la

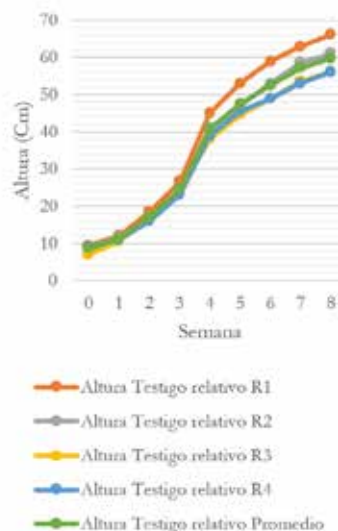
cual funciona como material base para la formación de la figura 11.

Según esta información, el tratamiento Isopyrazam es el que mayores valores de altura finales obtiene, mientras que el tratamiento Penconazol + Fenpropidin obtiene los menores. Por su parte, el tratamiento testigo está en medio de los dos anteriores, con los demás tratamientos cercanos a este.

Igualmente, el tratamiento Myclobutanil, Azoxistrobina + Difenconazol y Rotación obtuvieron valores finales de altura superiores a los del testigo, lo que resulta ser importante en el análisis.

Figura 1

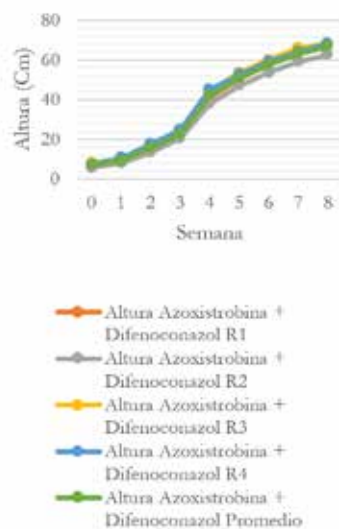
Curvas de altura para el tratamiento testigo.



Nota. Elaboración propia.

Figura 2

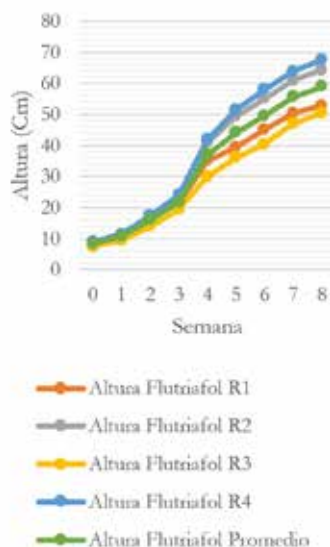
Curvas de altura para el tratamiento Azoxistrobina + Difenocconazol



Nota. Elaboración propia.

Figura 4

Curvas de altura para el tratamiento Flutriafol



Nota. Elaboración propia.

Figura 3

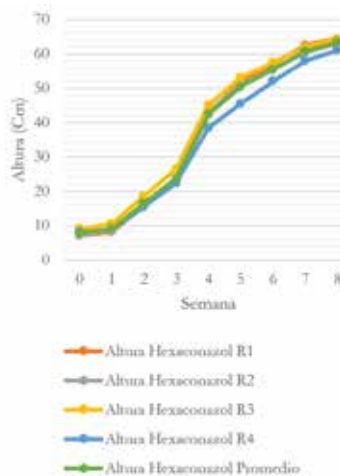
Curvas de altura para el tratamiento Azoxistrobina



Nota. Elaboración propia.

Figura 5

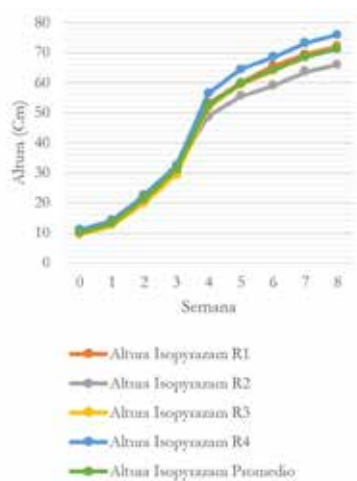
Curvas de altura para el tratamiento Hexaconazol



Nota. Elaboración propia.

Figura 6

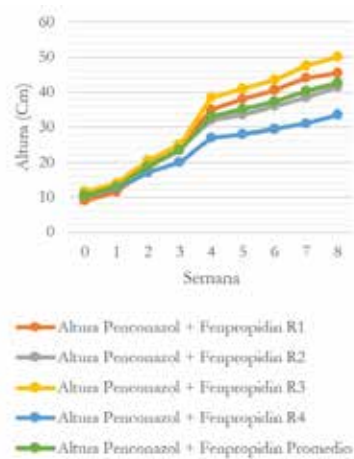
Curvas de altura para el tratamiento Isopyrazam



Nota. Elaboración propia.

Figura 8

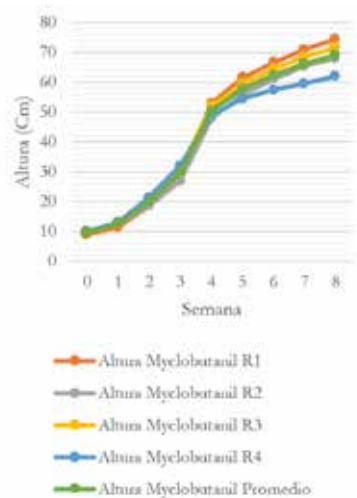
Curva de altura para el tratamiento Penconazol + Fenpropidin



Nota. Elaboración propia.

Figura 7

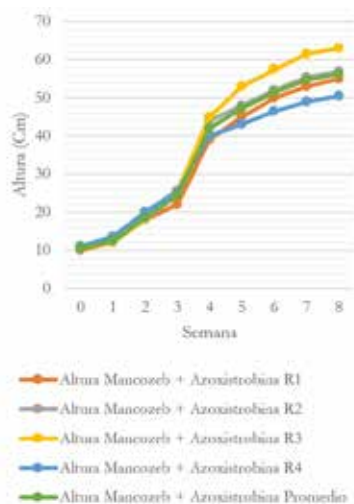
Curvas de altura para el tratamiento Myclobutanil



Nota. Elaboración propia.

Figura 9

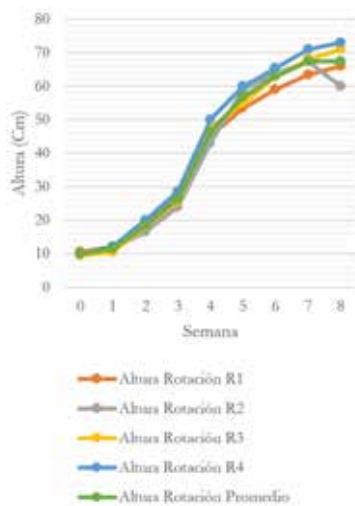
Curvas de altura para el tratamiento Mancozeb + Azoxistrobina



Nota. Elaboración propia.

Figura 10

Curvas de altura para el tratamiento rotación



Nota. Elaboración propia.

Tabla 12

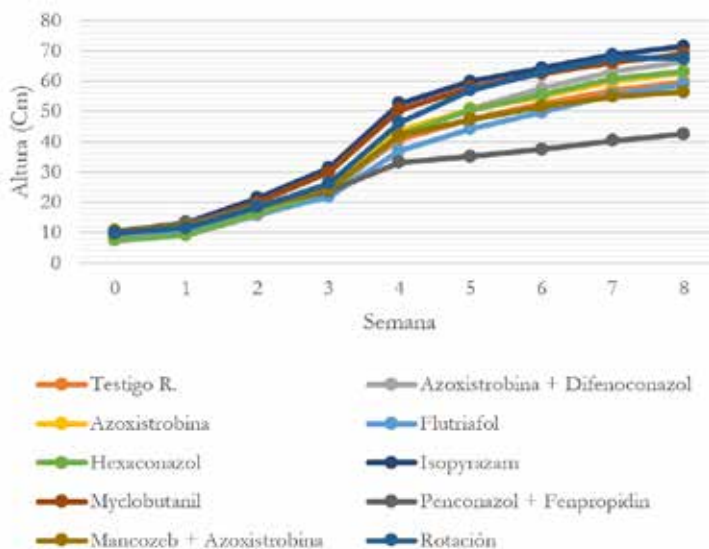
Alturas promedio semanales (en cm) para los tratamientos implementados en el estudio.

Semana	Testigo Relativo	Azox. + Difenoc.	Azoxis.	Flutriaf.	Hexac.	Isopyr.	Myclob.	Penc. + Fenp.	Manc. + Azoxist.	Rotación
0	8.625	7.25	7.875	8.5	7.75	10.125	9.75	10.5	10.5	10
1	11.25	9.375	10.5	10.75	9	13.25	12.5	13	12.375	11.5
2	17.125	15.5	17.125	16.125	16.375	21.25	19.875	18.875	18.5	18.375
3	24.375	22.5	25.25	21.75	23.875	31.25	29.75	23.5	24.375	26.25
4	40.75	42	43.75	37	42.25	52.625	50.5	33.125	42	46.375
5	47.5	50.875	50.625	44.125	50.375	59.875	57.875	35.125	47.25	56.875
6	52.5	57.5	54.875	49.625	55.5	64.25	62.375	37.375	51.5	62.875
7	57	63.125	59.875	55.625	60.75	68.625	66.125	40.25	54.75	67.5
8	59.75	66.5	62.625	58.875	63.25	71.375	69	42.625	56.375	67.5

Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Curvas de alturas promedio para los tratamientos implementados en el estudio



Nota. Elaboración propia.

Para solucionar el problema de heterogeneidad del material, el análisis de la altura se hace calculando el cambio en la altura, es decir, la diferencia aritmética entre la altura final alcanzada y la altura inicial del material.

En el anexo 3 se muestra la comparación gráfica de los tratamientos con el testigo.

Alturas: cambio en la altura

Usando las alturas iniciales y finales obtenidas en las mediciones, se generó la tabla 13, con la cual se realizó el análisis de varianza correspondiente.

Tabla 13

Cambio en la altura (en cm) encontrado para cada tratamiento en el estudio

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4
Testigo Relativo	56.5	52	49	47
Azoxistrobina + Difencon.	60	56.5	60	60.5
Azoxistrobina	54	52	56	57
Flutriafol	44	56	43	58.5
Hexaconazol	57.5	56	55.5	53
Isopyrazam	62.5	55.5	62	65
Myclobutanil	65.5	58	61.5	52
Penconazol + Fenpropidin	36.5	30.5	38.5	23
Mancozeb + Azoxistrobina	45	46.5	52.5	39.5
Rotación	55.5	50	61.5	63

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Usando el test de Kolmogórov-Smirnov, se comprobó que los datos siguen un comportamiento normal, y con el test de Bartlett se comprobó que existe homogeneidad de varianzas. De esta forma, es posible realizar el análisis de varianza, el cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos del estudio.

Usando el test de Tukey, se encontraron los resultados que se resumen en la tabla 14, la cual muestra, además, los promedios de cada tratamiento del estudio. En la figura 12 se pueden observar gráficamente los mencionados.

Tabla 14

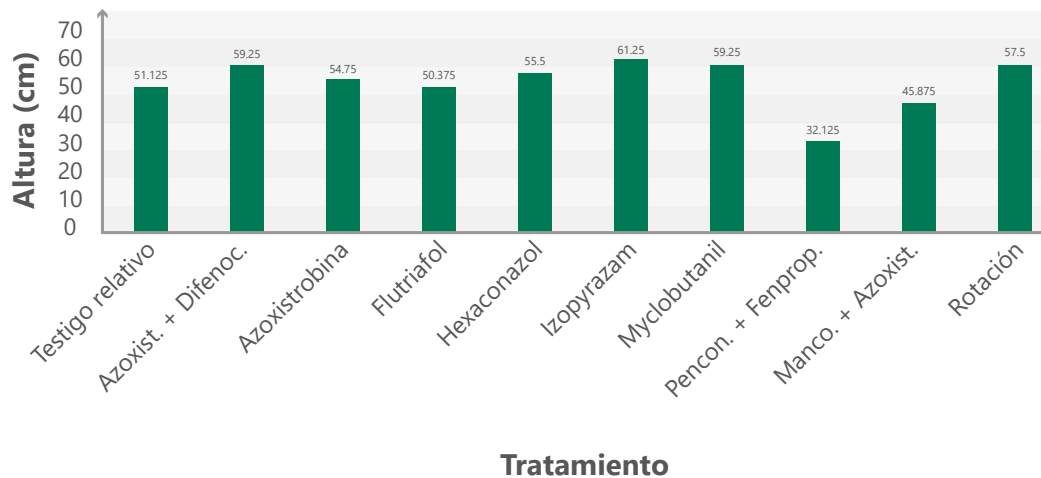
Resultados del test de Tukey para los tratamientos del estudio con los datos de altura promedio

Tratamiento	Valor	Promedio (cm)
Penconazol + Fenpropidin	a	32.125
Mancozeb + Azoxistrobina	b	45.875
Flutriafol	bc	50.375
Testigo relativo	bc	51.125
Azoxistrobina	bc	54.75
Hexaconazol	bc	55.5
Rotación	bc	57.5
Myclobutanil	c	59.25
Azoxistrob. + Difenonazol	c	59.25
Isopyrazam	c	61.25

Nota. Elaboración propia.

Figura 12

Promedios de altura para cada tratamiento dentro del estudio



● Cambio de crecimiento promedio

Nota. Elaboración propia.

Al observar la tabla 14, se encuentra que el tratamiento que presenta menor altura es Penconazol + Fenpropidin, mientras que Isopyrazam es el que mayor altura media posee. Mancozeb + Azoxistrobina se presenta como un tratamiento mayor a Penconazol + Fenpropidin, e igualmente diferente a los dos mencionados. Azoxistrobina + Difenconazol y Myclobutanil no presentan diferencias respecto a los resultados obtenidos por Isopyrazam.

Los tratamientos Flutriafol, el testigo, Azoxistrobina, Hexaconazol y Rotación no presentan diferencias entre ellos, teniendo valores promedio entre Mancozeb + Azoxistrobina y Myclobutanil – Azoxistrobina + Difenconazol – Isopyrazam. Todos estos resultados concuerdan con el análisis gráfico realizado en el apartado anterior.

De esta forma, se comprueba que Penconazol + Fenpropidin es el producto fungicida que mayor efecto detrimental posee sobre las plantas de crisantemo, reduciendo fuertemente el crecimiento. Este producto es seguido por Mancozeb + Azoxistrobina, que reduce el crecimiento en un menor grado.

Los productos Flutriafol, Azoxistrobina, Hexaconazol, Myclobutanil, Azoxistrobina + Difenconazol e Isopyrazam no presentan un efecto detrimental sobre las plantas de crisantemo; sin embargo, los tres últimos parecen tener un efecto promotor en el crecimiento, pues, a pesar de que no se presentan diferencias estadísticamente significativas, los valores que se obtienen sobre el testigo son significativos.

Se considera que esto ocurre debido a efectos que pueden tener los productos mencionados sobre la bioquímica de las plantas, ayudando a mejorar el crecimiento y desarrollo potencial que se puede presentar. Igualmente, se puede deber a la variabilidad propia del material de crisantemo sembrado al inicio del estudio.

Diámetro basal del tallo

Para esta variable, la tabla 15 resume los valores encontrados para cada tratamiento.

Tabla 15

Resultados obtenidos con el diámetro basal del tallo final para los tratamientos en el estudio

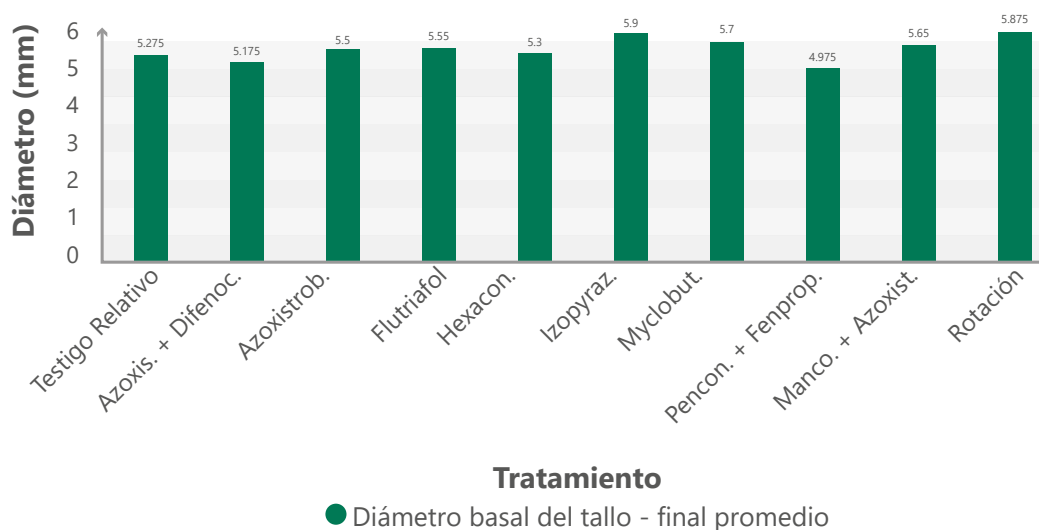
Tratam.	R1*	R2	R3	R4	Prom.
Testigo relativo	5	5.6	5.5	5	5.275
Azoxis. + Difen.	5	5	5.7	5	5.175
Azoxis.	5	6.3	5	5.7	5.5
Flutriaf.	5.3	6.4	5	5.5	5.55
Hexac.	4.8	6.2	4.4	5.8	5.3
Isopyr.	5.4	6	5.7	6.5	5.9
Myclob.	5.8	5.5	5.5	6	5.7
Pencon. + Fenp.	5.2	4.8	4.6	5.3	4.975
Manco. + Azox.	6.5	5.7	5	5.4	5.65
Rotación	5.6	5.5	5.9	6.5	5.875

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4.

Para facilitar en la visualización de estos resultados, se genera la figura 13, en la cual es posible evidenciar las diferencias que se presentan entre los tratamientos.

Figura 13

Promedios del diámetro basal del tallo para los tratamientos en el estudio



Nota. Elaboración propia.

Por su parte, Penconazol + Fenpropidin es el tratamiento que menor valor de diámetro final posee (4.975 mm), valor que se aleja relativamente de Isopyrazam (5.9 mm) y Rotación (5.875 mm), los cuales son los tratamientos con mayores valores.

En general, los demás tratamientos se mueven entre valores que oscilan entre estos dos extremos, sin ser muy diferentes entre ellos. Estos resultados obtenidos concuerdan con los de la altura, donde Penconazol + Fenpropidin igualmente fue el tratamiento con menor valor, y Isopyrazam como el mayor

valor. Esto permite determinar que existe una relación entre las dos variables, donde a mayor altura hay mayor diámetro basal.

Número de hojas

Para esta variable, la tabla 16 resume lo encontrado. A la vez, la figura 14 muestra los promedios calculados para cada uno de los tratamientos.

Tabla 16

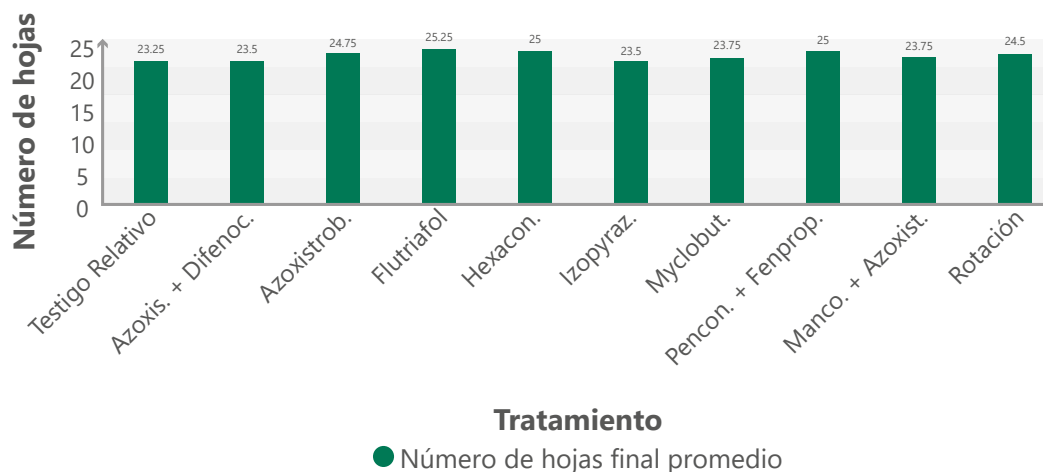
Resultados obtenidos en cuanto al número de hojas para el estudio

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Prom.
Testigo Relativo	22	23	25	23	23.25
Azoxist. + Difenoc.	24	22	24	24	23.5
Azoxistr.	23	27	25	24	24.75
Flutriafol	25	25	24	27	25.25
Hexacon.	25	25	25	25	25
Isopyraz.	22	24	22	26	23.5
Myclobut.	23	22	25	25	23.75
Pencon. + Fenprop.	26	26	24	24	25
Manco. + Azoxis.	24	27	24	20	23.75
Rotación	24	24	26	24	24.5

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Figura 14

Promedios del número de hojas para los tratamientos en el estudio



Nota. Elaboración propia.

De forma general, los promedios que se muestran en la figura 14 permiten concluir que no existen diferencias significativas entre el número de hojas obtenido con cada tratamiento. Esto debido a que los valores, en todos los tratamientos, son muy cercanos entre sí, con hojas muy pequeñas ubicadas al lado de los pedúnculos.

Debido a su tamaño, las diferencias se vuelven poco significativas, resultando en que todos los tratamientos presenten número de hojas similar, sin diferencias significativas.

Peso de los tallos

Para resumir los datos encontrados en esta variable, se organizó la tabla 17, con la figura 15 mostrando la comparación gráfica de los promedios de cada tratamiento en el estudio.

Tabla 17

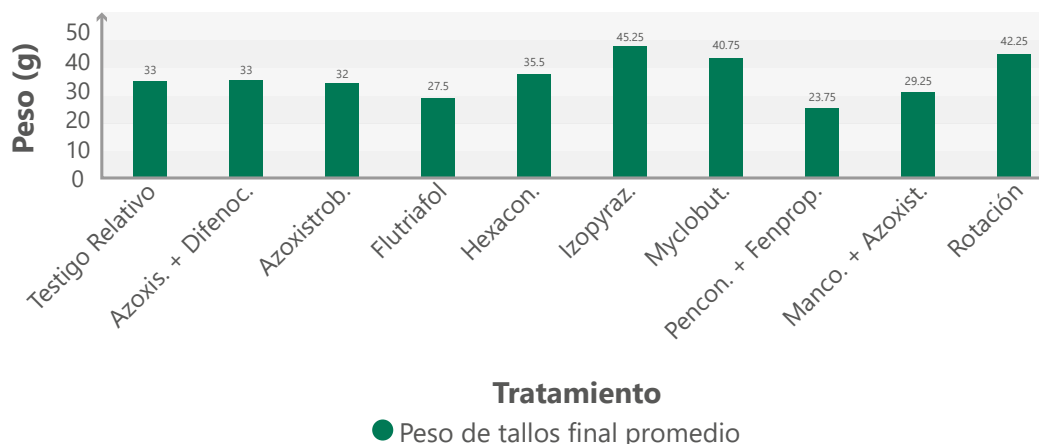
Resultados obtenidos en cuanto al peso final de los tallos (en gr) para el estudio.

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Prom.
Testigo relativo	43	34	23	32	5.275
Azoxis. + Difenoc.	33	26	43	30	5.175
Azoxistrob.	34	30	34	30	5.5
Flutriafol	25	34	19	32	5.55
Hexacon.	28	46	34	34	5.3
Isopyraz.	43	42	43	53	5.9
Myclobut.	44	34	50	35	5.7
Pencon. + Fenprop.	31	24	26	14	4.975
Manco. + Azoxis.	31	29	30	27	5.65
Rotación	41	29	48	51	5.875

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Figura 15

Promedios obtenidos para el peso final de tallos (en gr) por cada tratamiento en el estudio



Nota. Elaboración propia.

Con estos datos, se decidió implementar el análisis de varianza. Inicialmente, el test de Shapiro-Wilk demostró que existía normalidad en los datos a evaluar, mientras que el test de Bartlett demostró que había homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se procedió a realizar el análisis de varianza, el cual arrojó que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Con el test de Tukey, se encontraron los resultados que se exponen en la tabla 18, donde se muestran los promedios calculados por cada tratamiento.

Tabla 18

Resultados del test de Tukey para el peso final de los tallos en el estudio

Tratamiento	Valor	Promedio (gr)
Penconazol + Fenpropidin	a	23.75
Flutriafol	ab	27.5
Mancozeb + Azoxistrobina	ac	29.25
Azoxistrobina	ac	32
Testigo relativo	ac	33
Azoxistrobina + Difenconazol	ac	33
Hexaconazol	ac	35.5
Myclobutanil	bc	40.75
Rotación	bc	42.25
Isopyrazam	c	45.25

Nota. Elaboración propia.

Nuevamente, el tratamiento Penconazol + Fenpropidin es el que menores resultados obtiene, mientras que Isopyrazam es el mayor

de todos, lo cual concuerda con el resto de los resultados previamente analizados. De forma general, los demás tratamientos están en un intermedio entre estos dos tratamientos, siendo poco diferentes estadísticamente.

Es muy importante resaltar que, en términos reales, la diferencia entre tratamientos como Penconazol + Fenpropidin – Flutriafol – Mancozeb + Azoxistrobina versus Isopyrazam – Rotación – Myclobutanil es significativa, pues puede verse como una mayor diferencia cuando se tengan plantas sembradas en campo con luz y demás condiciones adecuadas, en crecimiento ideal.

En comparación con el testigo relativo, cuyo valor de peso es intermedio, los valores de los anteriores tratamientos son significativamente diferentes y se observa el efecto detrimental o benéfico que poseen sobre las plantas.

Estos resultados son concordantes con los anteriores, principalmente con los de altura, donde se sigue un patrón similar al de esta variable. Esto se puede explicar debido a que, al presentarse una mayor altura, de una forma muy general, aumenta el peso propio del material vegetal.

Lastimosamente, esto no siempre se cumple y es algo que se puede observar con el tratamiento Azoxistrobina + Difenconazol, el cual obtiene un gran valor de altura, pero no se ve reflejado en un gran valor de peso. De hecho, el peso promedio de Azoxistrobina + Difenconazol es muy similar al de testigo y otros tratamientos, algo que puede deberse a tallos huecos y similar.

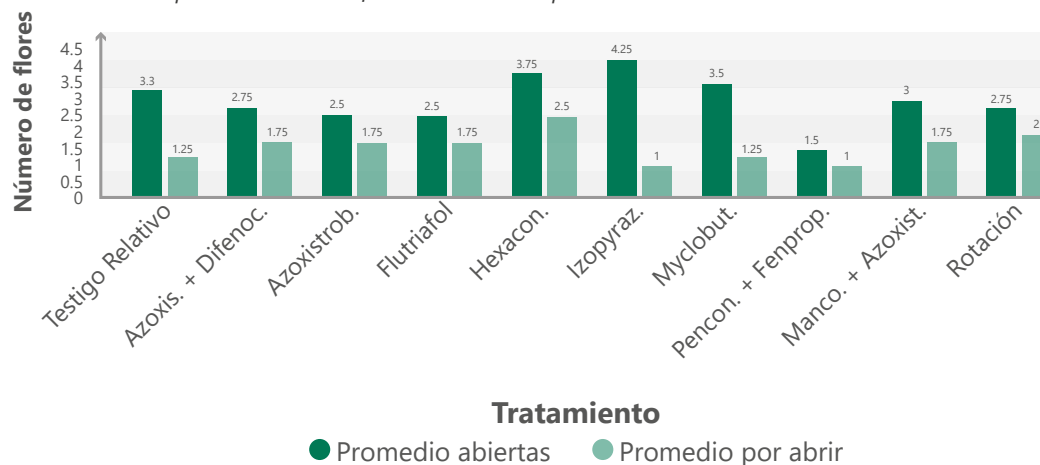
A la vez, esto puede verse como un reflejo del efecto detrimental que el producto puede tener sobre el material vegetal.

Número de flores útiles a corte

Para esta variable, la tabla 19 resume los valores encontrados por cada tratamiento. A su vez, la figura 16 muestra una comparación gráfica de los promedios mostrados en la anterior tabla.

Figura 16

Promedios obtenidos para el número de flores útiles a corte para los tratamientos en el estudio



Nota. Elaboración propia.

Una vez más, el tratamiento Isopyrazam es el que mejores resultados posee, con el mayor número de flores abiertas de todos los tratamientos. Penconazol + Fenpropidin, por su parte, es el que menor número de flores abiertas y por abrir posee, lo cual muestra del gran efecto detrimental del fungicida sobre el material vegetal.

Tabla 19

Resultados obtenidos para el número de flores útiles a corte en el estudio

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Promedio abiertas	Promedio por abrir
Testigo Relativo	3+2	3+0	3+2	4+1	3.3	1.25
Azoxistrobina + Difenconazol	3+2	2+2	3+2	3+1	2.75	1.75
Azoxistrobina	3+1	2+1	2+3	3+2	2.5	1.75
Flutriafol	2+2	3+2	2+1	3+2	2.5	1.75
Hexaconazol	3+2	5+3	4+1	3+4	3.75	2.5

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Promedio abiertas	Promedio por abrir
Isopyrazam	4+1	4+0	4+1	5+2	4.25	1
Myclobutanil	4+0	3+1	4+1	3+3	3.5	1.25
Penconazol + Fenpropidin	3+0	1+2	2+0	0+2	1.5	1
Mancozeb + Azoxistrobina	3+2	3+1	3+1	3+3	3	1.75
Rotación	3+1	3+1	2+4	3+2	2.75	2

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

De todos los tratamientos, Isopyrazam, Hexaconazol y Myclobutanil son los que mayor número de flores totales poseen. En comparación con los demás tratamientos, el número es muy similar, a excepción del mencionado tratamiento Penconazol + Fenpropidin.

Cabe resaltar que el testigo relativo obtiene un valor que es superior a todos los tratamientos (menos los tres mayores), lo que sugiere que existe un efecto de los fungicidas sobre la capacidad del tallo de generar botones florales que abran de forma rápida; de esta manera, se nota con los resultados que con algunos tratamientos hay un mayor número de flores por abrir que de flores ya abiertas.

En ese sentido, es posible decir que los fungicidas retardan en cierto grado la apertura floral, e incluso pueden reducir el número de botones florales que se formen cuando se utilizan de forma continua. Es seguro que este efecto se verá con mayor facilidad al usar material con iluminación.

Es importante mencionar que varios días después de la observación del material, todas las flores habían abierto de forma adecuada.

Calidad de la flor

Para esta variable, la tabla 20 resume los datos encontrados en la observación, mientras que la figura 17 muestra el resumen gráfico de los promedios.

Tabla 20

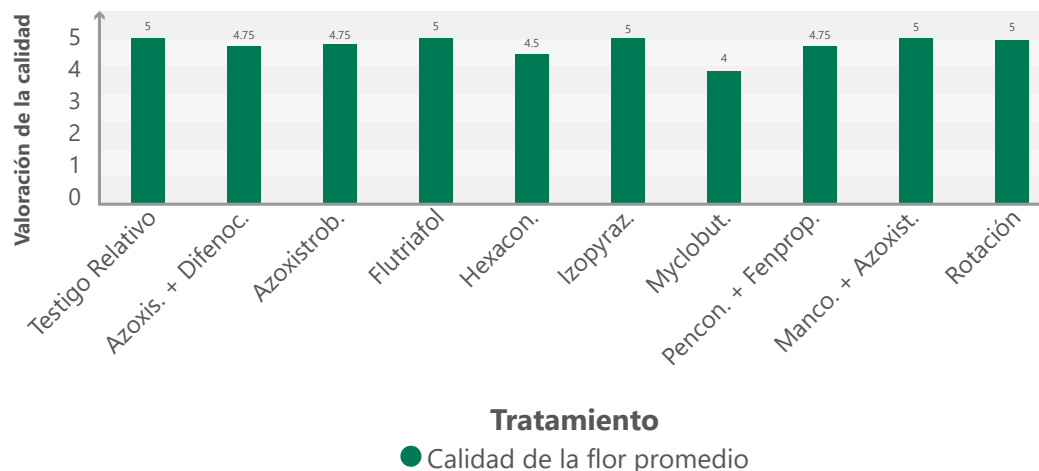
Resultados obtenidos en cuanto a la calidad de la flor para el estudio

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Prom.
Testigo Relativo	5	5	5	5	5
Azoxist. + Difenocon.	5	5	5	4	4.75
Azoxistrob.	5	5	4	5	4.75
Flutriafol	5	5	5	5	5
Hexacon.	5	5	5	3	4.5
Isopyrazam	5	5	5	5	5
Myclobut.	5	5	3	3	4
Pencon. + Fenprop.	5	4	5	5	4.75
Mancoz. + Azoxist.	5	5	5	5	5
Rotación	5	5	5	5	5

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia.

Figura 17

Promedios obtenidos para la calidad de flor con los tratamientos usados en el estudio



Nota. Elaboración propia.

En general, no se encuentran diferencias importantes con respecto a la calidad de las flores obtenidas con los tratamientos implementados. Los valores promedios obtenidos son cercanos entre ellos, indicando que el efecto que los fungicidas puedan tener es indiferente.

En el caso de Myclobutanil, el valor que se obtiene (4) es debido al daño ocasionado por insectos en las últimas semanas del estudio, los cuales afectaron los tallos de este tratamiento. Con los demás no ocurrió así debido a una rápida eliminación de estos, algo que no ocurrió con este tratamiento puntual, donde los insectos lograron ocultarse a la vista de la observación.

Calidad del tallo floral

Para esta variable, la tabla 21 resume lo encontrado. Además, y con la figura 18 se puede observar el resumen gráfico de los promedios.

Tabla 21

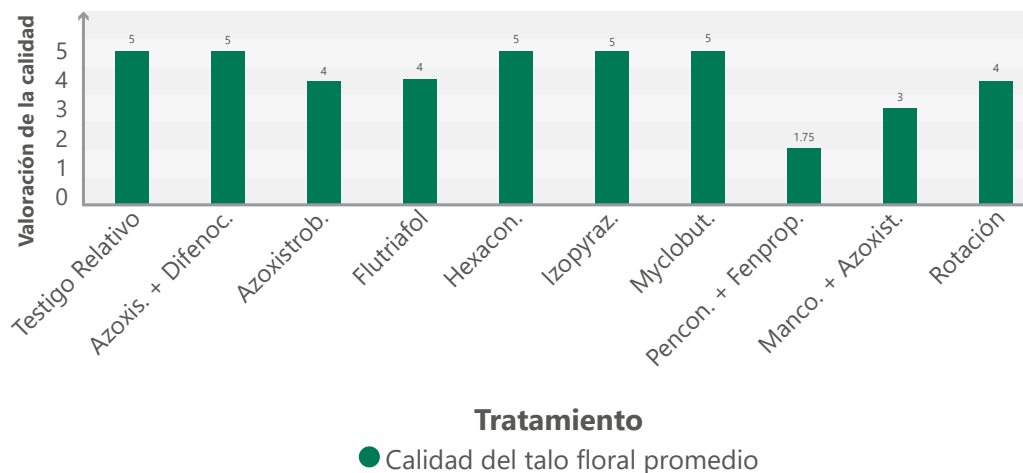
Resultados obtenidos de la calidad del tallo floral para los tratamientos del estudio (en escala de evaluación 0-5)

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Prom.
Testigo Relativo	5	5	5	5	5
Azoxist. + Difenoc.	5	5	5	5	5
Azoxistrob.	4	4	4	4	4
Flutriafol	4	4	4	4	4
Hexacon.	5	5	5	5	5
Isopyrazam	5	5	5	5	5
Myclobut.	5	5	5	5	5
Pencon. + Fenprop.	2	2	2	1	1.75
Mancoz. + Azoxist.	3	3	3	3	3
Rotación	4	4	4	4	4

Nota. *R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3; R4: Repetición 4. Elaboración propia

Figura 18

Promedios obtenidos para la calidad del tallo floral con los tratamientos usados en el estudio



Nota. Elaboración propia.

Para esta sección, el tratamiento Penconazol + Fenpropidin obtuvo una calidad general de tallo muy baja, resultado concordante con los anteriores obtenidos. Por su parte, tratamientos como Isopyrazam, Myclobutanil, Hexaconazol, Azoxistrobina + Difenconazol y el testigo relativo obtuvieron la más alta valoración de calidad, lo que igualmente está acorde a los resultados previos.

Tratamientos como Azoxistrobina, Mancozeb + Azoxistrobina y Flutriafol obtuvieron valores más bajos por el manchado causado por el producto químico como tal. Con Flutriafol ocurre debido al efecto crujiente que el producto causa sobre el follaje.

Tabla 22

Resultados obtenidos respecto a la medición promedio de entrenudos (en cm) para los tratamientos del estudio

Tratamiento	R1*	R2	R3	R4	Prom.
Testigo Relativo	2.64	2.1	2.27	2.03	2.26
Azoxist. + Dife-nocon.	2.43	2.49	2.4	2.43	2.44
Azoxistrob.	2.47	2.06	2.41	2.43	2.34
Flutriafol	1.7	2.25	1.74	2.22	1.98
Hexacon.	2.15	2.34	2.29	1.87	2.16
Isopyrazam	2.73	2.31	2.71	2.52	2.57
Myclobut.	2.75	2.56	2.27	2.23	2.45
Pencon. + Fen-prop.	1.48	1.3	1.67	1.13	1.4
Mancoz. + Azoxist.	1.91	1.78	2.26	1.88	1.96
Rotación	2.24	2.14	2.15	2.05	2.26

Nota. Elaboración propia.

Al observar estos promedios se determina que, en concordancia con los resultados anteriores, el tratamiento Penconazol + Fenpropidin es el que menor valor promedio de entrenudos obtuvo, seguido de Mancozeb + Azoxistrobina y Flutriafol, lo que se da de manera similar a otras variables. Por otro lado, Isopyrazam, Myclobutanil y Azoxistrobina + Difenconazol son los tratamientos con mayores valores, lo que va acorde a las mediciones de altura previamente analizadas.

Con estos resultados, se comprueba que, como se esperaba, los tratamientos pueden acortan los entrenudos, lo que se puede apreciar de manera más fuerte con el tratamiento Penconazol + Fenpropidin. Por otro lado, en el tratamiento con Isopyrazam y demás se presenta un aumento en algunos entrenudos, como se puede ver en los datos al tener valores que superan los 4 cm.

Resumen general de los resultados

Al observar el conjunto de resultados analizados, se evidencia que los triazoles y las estrobirulinas poseen efectos diferenciales en las plantas de crisantemo. Con productos como Penconazol + Fenpropidin, los efectos son muy negativos en términos de la altura obtenida, número de hojas, peso de los tallos y calidad, entre otras cosas. Esto lleva a que sea imposible implementar este producto de forma continua.

Productos como Mancozeb + Azoxistrobina o Flutriafol tienen un mejor comportamiento que Penconazol + Fenpropidin, obteniendo valores cercanos al del tratamiento testigo, en general, para las variables estudiadas. De los tratamientos superiores al testigo, los más significativamente diferentes son, de una forma general, Myclobutanil e Isopyrazam, demostrando que no necesariamente el efecto de estos grupos de fungicidas va a tener un efecto detrimental sobre las plantas de crisantemo.

A su vez, es importante resaltar los resultados obtenidos con el tratamiento de rotación. Con este, no se presentaron problemas sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas de crisantemo, obteniendo individuos sin diferencias al testigo, e incluso en un excelente estado. Cabe resaltar que, con este tratamiento, no se presentaron problemas de fitotoxicidad, lo que resulta ser positivo para ser implementado un programa de rotación de triazoles y estrobirulinas para el control de la roya blanca del crisantemo.

En su estudio, Corona *et al.* (1997) encontraron que, al aplicar diversos fungicidas del grupo de los azoles, la longitud del tallo se ve reducida, siendo el testigo el que mayor valor obtuvo, con valores decrecientes en tratamientos con productos con ingredientes activos como Tebuconazol, Propiconazol y Bromoconazol.

Lam & Lim (1993) evaluaron el comportamiento del ingrediente activo Hexaconazol para el control de roya blanca del crisantemo, teniendo

en su estudio un excelente resultado, con efectos superiores al Triadimefon; a la vez, determinaron la efectividad de la mezcla de Hexaconazol con Captan y Mancozeb contra el fitopatógeno. Los autores reportaron no haber encontrado síntomas de fitotoxicidad con el ingrediente activo y las mezclas realizadas. Estos resultados son concordantes con los obtenidos en este estudio, en los que el Hexaconazol no presenta fitotoxicidad, ni efectos detrimentales en las variables evaluadas.

Dickens (1990) evalúa al Propiconazol como opción para el control de roya blanca del crisantemo, teniendo efectos significativos según los tratamientos y mezclas realizadas; en el estudio, se reporta que este ingrediente activo presenta retardo en el crecimiento, pero sin ser efectos fitotóxicos de importancia.

En otro estudio, Wojdyla (2004) evalúa la efectividad de doce compuestos químicos diferentes, teniendo efectos significativos en la erradicación y reducción de infecciones con roya blanca del crisantemo. El tratamiento con Tebuconazol + Triadimefon mostró reducción en el crecimiento, sin síntomas importantes de fitotoxicidad; en contraste, el tratamiento Tridemorph + Epoxiconazol mostró fuertes síntomas de fitotoxicidad en los cultivares evaluados de crisantemo.

Por su parte, Wojdyla (2007) realizó un estudio para ver el efecto de cinco fungicidas tipo estrobirulinas sobre la roya blanca del crisantemo. Además de encontrar efectos positivos en el control y la erradicación del

fitopatógeno, el autor determinó que ninguno de los fungicidas presentó fitotoxicidad sobre las plantas evaluadas, e incluso observó estímulo al crecimiento con el tratamiento Boscalid + Pyraclostrobin.

Como complemento, Zamorski (1982) realizó un estudio en el que evaluó diferentes fungicidas tipo azoles, encontrando importantes efectos de fitotoxicidad con el ingrediente activo Oxycarboxin, mientras que con Diclobutrazol observó supresión y reducción del crecimiento vegetal.

Más recientemente, Wojdyla (2016) evaluó un aceite mineral para el control de múltiples agentes fitopatógenos en cultivos ornamentales, encontrando significativos efectos para controlar y erradicar la roya blanca en los crisantemos. A su vez, no detecta síntomas de fototoxicidad en ninguno de los cultivos evaluados, lo que da muestras de productos diversos que pueden ser usados para la protección de cultivos, sin llegar a causar efectos detrimentales en las plantas.

Los diferentes estudios mencionados igualmente dan muestra de las múltiples evaluaciones que se han hecho a lo largo de los años, demostrando la existencia de múltiples ingredientes activos, de los cuales varios han presentado efectos fitotoxicidad de diversa índole. Este estudio permite entonces dar una muestra de las posibilidades que existen para el control de roya blanca del crisantemo, con sus variados efectos, tanto positivos como detrimentales, en las plantas evaluadas.

Bibliografía

- Arregui, M. C., Puricelli, E. (2013). *Fungicidas, Mecanismos de Acción de Fungicidas. 1ra Edición. UNR (Ed)*. Editorial de la Universidad Nacional del Rosario.
- Barret, J., Bartusca, C. (1982). PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. *HortScience*. 17 (5), 737-738.
- Corona, R. M. C, García, F. A, Norman, M. T. H, Aquino, M. J. G, Sandoval, R. F. R, Vásquez, G. L. M. (1997). Control de la roya blanca (*Puccinia horiana* Henn.) en crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) variedad spider. *Ciencia Ergo Sum* 4(2), 211-216.
- Cot, D. C., Miralles, B L. (2014). *Servicios básicos de floristería y atención al público*. IC Editorial.
- Dickens, J. (1990), Studies on the chemical control of chrysanthemum white rust caused by *Puccinia horiana*. *Plant Pathology*, 39, 434-442. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1990.tb02519.x>
- Dirección general de sanidad vegetal. (1993). Plan de acción para la prevención de roya blanca del crisantemo (*Puccinia horiana*). SARH.
- Geuns, J. M. (1975). Regulation of Sterol Biosynthesis in Etiolated Mung Bean Hypocotyl Sections. *Phytochemistry* 14, 975-978.
- Geuns, J. M., Vendrig, J. C. (1974). Hormonal control of sterol biosynthesis in *Phaseolus aureus*. *Phytochemistry* 13, 919-922.
- Grunwald, G. (1980). Steroids. *Secondary Plant Products*. (eds.) Bell, E., Charlwood, B. *Encyclopedia of plant physiology. New Series*, 8, 221-256.
- ICONTEC (1976). Norma Técnica Colombiana NTC 736 – Plaguicidas. Ensayos para determinar la fitotoxicidad simulando aplicaciones convencionales. Bogotá.
- Lam, C. H., Lim, T. K. (1993). Efficacy of hexaconazole for the control of white rust on chrysanthemum and powdery mildew on roses. *International Journal of Pest Management*, 39,2, 156-160, DOI: 10.1080/09670879309371782

- Llácer G., López, M. M., Trapero, A., Bello, A. (1996). *Patología Vegetal*. Sociedad Española de Fitopatología.
- Moreno, F. A, Peñaranda, R. M. I. (2019). *Fitotoxicidad: más que un culpable, una mirada a los múltiples factores en interacción*. Metroflor-Agro.
- Peterson, J. L, Davis, S. H, Weber, P. V. (1978). The occurrence of *Puccinia horiana* on Chrysanthemum in New Jersey. *Plant Disease Reporter* 62, 357-360.
- Siqueira, L. (2007). *Fungicidas Sistêmicos Teoría E Prática* (I ed.). EMOPI.
- Srivastava, A. K., Defago, G, Herm, H. (1986). Hyperparasitism of *Puccinia horiana*. Another Microcyclic Rust. *Plant Pathology*, 65, 60-67.
- Wojdyła, A. T. (2004). Development of *Puccinia horiana* on chrysanthemum leaves in relation to chemical compounds and time of their application. *Journal of Plant Protection Research*, 44(2), 91-102.
- Wojdyła AT. (2007). Influence of strobilurin compounds on the development of *Puccinia horiana*. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 72(4), 961-966.
- Wojdyła, A. T. (2016). Potential use of Atpolan 80 EC for protecting some species of ornamental plants against diseases. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 22(4), 611-618.
- Zamorski, C. Z. (1982). Skuteczność fungicydów w zwalczaniu białej rdzy złocienia (*Puccinia horiana* P. Henn) [The effectiveness of fungicides in the control of white rust (*Puccinia horiana* P. Henn) of Chrysanthemums]. *Acta Agrobotanica* 35(2), 251-256.
-

Anexos

Anexo 1

Información general de los productos comerciales en el estudio de fitotoxicidad

Ingrediente Activo	Grupo	Dosis	Mecanismo de Acción
Azoxistrobina Difenoconazol	Estrobirulina Triazol	0.8 cc/L agua	Bloquea los procesos respiratorios y la síntesis de ergosterol.
Azoxistrobina	Estrobirulina	0.4 g/L agua	Inhibidor de la respiración mitocondrial.
Flutriafol	Triazol	0.6-0.6 cc/L Agua	Inhibe la biosíntesis del ergosterol, mediante la inhibición de la demetilación del esteroide.
Hexaconazol	Triazol	1 cc/L Agua	Inhibe la biosíntesis del ergosterol por demetilación de esteroides.
Isopyrazam	Pirazol	1.5 cc/L Agua	Inhibe el complejo II de la respiración actuando sobre la enzima succinato deshidrogenasa.
Myclobutanil	Triazol	0.2 – 0.4 ml/L Agua	Inhibe la biosíntesis del ergosterol al inhibir la demetilación C14 en la ruta biosintética del ergosterol.
Penconazol Fenpropidin	Triazol Morfolina	0.75 ml/L Agua	Inhibe la metilación del ergosterol. Inhibe la biosíntesis del esteroide en el paso siguiente a la demetilación C-14; inhibe la reducción del $\Delta 14$ y/o la isomerización $\Delta 8,7$ de la vía biosintética del esteroide.
Mancozeb Azoxistrobina	Triazol Estrobirulina	0.5 L/Ha	Multisitio. Inhibe procesos respiratorios y la síntesis del ergosterol.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 2

Síntomas de fitotoxicidad presentados durante el estudio



Nota. Quemazón presentada en las plantas con el tratamiento Penconazol + Fenpropidin. Efecto momentáneo del Flutriafol sobre las plantas de crisantemo.

Anexo 3

Comparación gráfica de los tratamientos implementados en el estudio (en cada imagen, el testigo siempre corresponde a las plantas a la izquierda)



Nota. Testigo vs Azoxistrobina + Difenconazol



Nota. Testigo vs Hexaconazol



Nota. Testigo vs Azoxistrobina



Nota. Testigo vs Isopyrazam



Nota. Testigo vs Flutriafol



Nota. Testigo vs Myclobutanil



Nota. Testigo vs Penconazol + Fenpropidin



Nota. Testigo vs Mancozeb + Azoxistrobina