

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“EL AZUFRE Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE
Golovinomyces cichoracearum EN ZAPALLITO ITALIANO (*Cucurbita
pepo* L.) cv. GREY ZUCCHINI”**

Presentado por:

HERMES MONTENEGRO ROJAS

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2018

DEDICATORIA

A mis padres, por su esfuerzo en concederme la oportunidad
de estudiar y por su constante apoyo.

A Edita y Marleny, mis hermanas, por sus consejos, paciencia y toda la
ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A mi patrocinador *Mg. Sc. Walter Apaza*, por la confianza depositada en mi persona, por su orientación y apoyo incondicional en la realización del presente trabajo de investigación.

A la empresa MOLINOS & CIA S.A. por el financiamiento que me ha permitido realizar este trabajo.

Al laboratorio del Departamento Académico de Fitopatología por el apoyo brindado.

A mis amigos *Pedro Pablo y Heidi* por los consejos y apoyo en la presente investigación. Además, agradecer a todos mis amigos del Circulo Estudiantil Molinero de Fitopatología por el apoyo a la realización de esta investigación.

A mis padres, por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr los objetivos, por su inmenso cariño y apoyo incondicional.

A mis hermanos por el apoyo infinito, valioso para lograr mi más anhelado sueño.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1. DEL CULTIVO	2
2.1.1. Origen y distribución	2
2.1.2. Importancia económica.....	2
2.1.3. Características botánicas.....	3
2.1.4. Clasificación de cultivares.....	4
2.1.5. Clima	5
2.1.6. Relación agua – suelo – planta	5
2.2. DEL PATOGENO	6
2.2.1. Características del oídium	6
2.2.2. Ecología del género oídium.....	7
2.2.3. Alteraciones que provoca el hongo	8
2.2.4. Control del patógeno Golovinomyces cichoracearum.....	9
2.2.5. Efecto de la nutrición de la planta en la presencia de enfermedades fungosas.....	10
2.3. EL AZUFRE EN LA NUTRICION MINERAL DE LAS PLANTAS	11
2.3.1. El azufre en el suelo.....	11
2.3.2. El azufre en la planta	12
2.3.3. Efecto directo del azufre en las enfermedades de las plantas.....	14
2.3.4. Resistencia Inducida por Azufre (SIR).....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18

3.1.	LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN	18
3.2.	DATOS METEOROLÓGICOS	18
3.3.	SUSTRATO.....	19
3.4.	AGUA.....	19
3.5.	INÓCULO	19
3.6.	FERTILIZANTES EMPLEADOS	19
3.7.	MANEJO DEL CULTIVO	20
3.8.	TRATAMIENTOS	21
3.9.	DETERMINACION DEL MEJOR METODO DE INOCULACION	21
3.9.1.	Método del pincel	22
3.9.2.	Método de la torre de Sedimentación.....	23
3.10.	EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE <i>Golovinomyces cichoracearum</i> EN HOJAS DE ZAPALLITO ITALIANO.....	25
3.10.1.	Inoculación de discos foliares de zapallito italiano cv. Grey Zucchini con <i>Golovinomyces cichoracearum</i>	25
3.10.2.	Evaluación del desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en los discos foliares de zapallito italiano cv. Grey Zucchini	26
3.10.3.	Eficacia de control de la enfermedad.....	28
3.10.4.	Diseño estadístico para la prueba in vivo	28
3.11.	EVALUACION EN CAMPO	28
3.11.1.	Variables evaluadas en campo	29
3.11.2.	Diseño estadístico para la evaluación en campo.....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.	DETERMINACIÓN DEL MEJOR MÉTODO DE INOCULACIÓN	31
4.2.	EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE <i>Golovinomyces cichoracearum</i> EN HOJAS DE ZAPALLITO ITALIANO.....	33

4.2.1.	Evaluación del desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en discos foliares de Zapallito italiano.....	33
4.3.	EVALUACIÓN EN CAMPO.....	37
4.3.1.	Evaluación del desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i>	37
4.3.2.	Evaluación de variable biométrica	48
V.	CONCLUSIONES.....	50
VI.	RECOMENDACIONES	51
VII.	BIBLIOGRAFIA	52
VIII.	ANEXOS	58

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Producción, superficie cosechada y rendimiento nacional de calabazas. La Molina, 2014.....	3
Cuadro 2: Tratamientos empleados para evaluar el efecto de azufre en el desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	21
Cuadro 3: Fechas en las que se realizó la evaluación del patógeno <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	29
Cuadro 4: Valores estadísticos descriptivos del número de conidias por cm ² en los dos métodos de inoculación. La Molina, 2014.	32
Cuadro 5: Número de colonias establecidas, prueba de Tukey y porcentaje de control de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en discos foliares de siete cm de diámetro de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	34
Cuadro 6: Datos de la severidad de la enfermedad (%) evaluados en cada tercio en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	38
Cuadro 7: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) promedio y prueba de Tukey por tratamiento evaluado en cada tercio en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	41

Cuadro 8: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) promedio por tratamiento, evaluado en cada planta en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	42
Cuadro 9: ABCPE total por tratamiento evaluado en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	46
Cuadro 10: Efecto de los cinco tratamientos en el peso seco (g) evaluados en el ensayo contra <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Adaptado de Metabolitos de azufre y vías supuestamente implicadas en reacciones en cadena del SIR en especies de Brassica (Haneklaus et al., 2004)	15
Figura 2: Variación de las temperaturas máxima, mínima y promedio y humedad relativa de enero a marzo del año 2014. La Molina, 2014. Fuente: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina.	18
Figura 3: Método de inoculación mediante el uso del pincel.	22
Figura 4: Torre de sedimentación. Adaptado de torre de sedimentación que opera al vacío para la inoculación de hongos de mildiu polvoriento. (Reifsheneider, F; Boiteux, L. 1988).....	24
Figura 5: Discos foliares de siete cm de diámetro de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini, utilizados en el ensayo de laboratorio. La Molina, 2014.	27
Figura 6: Discos foliares de cuatro cm de diámetro de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini, utilizados en el ensayo de laboratorio. La Molina, 2014.	27
Figura 7: Comparativo de diagrama de cajas entre los métodos de inoculación con pincel y torre de sedimentación. La Molina, 2014.	32
Figura 8: Número de colonias de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> desarrolladas en discos foliares de 7 cm de diámetro de zapallito italiano cv. Grey Zucchini con diferentes tratamientos. La Molina, 2014.....	35
Figura 9: Comparativo entre tratamientos evaluados en laboratorio en el ensayo contra <i>Golovinomyces cichoracearum</i> al término del ensayo. La Molina, 2014.	35

Figura 10: Porcentaje de eficacia de control de los cinco tratamientos evaluados en el ensayo contra <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en discos foliares de Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	36
Figura 11: Curva del progreso de la enfermedad causado por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en los tercios superior, medio e inferior del cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini evaluado en los diferentes tratamientos del ensayo. La Molina, 2014.	39
Figura 12: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) promedio por tratamiento evaluado en cada tercio en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	41
Figura 13: Curvas de progreso de la enfermedad causado por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini evaluado en los diferentes tratamientos del ensayo. La Molina, 2014.	42
Figura 14: ABCPE total causado por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini evaluado en los diferentes tratamientos del ensayo. La Molina, 2014.	43
Figura 15: Porcentaje de eficacia de los cinco tratamientos evaluados en el ensayo contra <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	45
Figura 16: Regresión y coeficiente de determinación entre ABCPE promedio y dosis de azufre aplicadas en el ensayo en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	47
Figura 17: Efecto de los tratamientos en el peso seco (g) en el ensayo contra <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	49

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Características físico-químicas del sustrato. La Molina, 2014.....	59
ANEXO 2: Características químicas del agua. La Molina, 2014.....	60
ANEXO 3: Valores de humedad relativa, temperatura máxima, mínima y promedio registrados durante la conducción del ensayo. La Molina, 2014.....	61
ANEXO 4: Fertilización realizada para el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini sembrado en el invernadero de la UNALM. La Molina, 2014. 64	
ANEXO 5: Primera Fertilización realizada para el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	64
ANEXO 6: Segunda fertilización realizada para el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	65
ANEXO 7: Datos de la cantidad de colonias establecidas de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en cada uno de los discos foliares de siete cm de diámetro de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	65
ANEXO 8: Número de conidias de <i>Golovinomyces cichoracearum</i> contabilizadas en un área de un cm ² . La Molina, 2014.....	66
ANEXO 9: Datos de la incidencia de la enfermedad expresado en porcentaje (%), causado por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> evaluada en el tercio superior en el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	67
ANEXO 10: Datos de la incidencia de la enfermedad expresado en porcentaje (%), causado por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> evaluada en el tercio medio en el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	69

ANEXO 11: Datos de la incidencia de la enfermedad expresado en porcentaje (%), causado por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> evaluada en el tercio inferior en el cultivo de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	71
ANEXO 12: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) causada por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el tercio superior de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	73
ANEXO 13: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) causada por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el tercio medio de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	75
ANEXO 14: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) causada por <i>Golovinomyces cichoracearum</i> en el tercio inferior de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	77
ANEXO 15: Análisis de variancia para el ensayo en discos foliares del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	79
ANEXO 16: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el ensayo en discos foliares del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	79
ANEXO 17: Valores estadísticos descriptivos para los métodos de inoculación de zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	80
ANEXO 18: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio superior del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	80
ANEXO 19: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio superior del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	81

ANEXO 20: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio medio del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	81
ANEXO 21: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio medio del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	82
ANEXO 22: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio inferior del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	82
ANEXO 23: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio inferior del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	83
ANEXO 24: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	83
ANEXO 25: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv Grey Zucchini. La Molina, 2014.....	84
ANEXO 26: Análisis de variancia para la variable peso seco del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.	84
ANEXO 27: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para la variable peso seco del cultivo zapallito italiano (<i>Cucurbita pepo</i> L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014. .	85

RESUMEN

El presente ensayo se realizó en el laboratorio y campo del departamento Académico de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se evaluó el efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de oidiosis causada por *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. El ensayo fue instalado el 13 de enero del año 2014. El diseño experimental utilizado fue el diseño completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos y 8 repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (232 ppm de azufre), T2 (115 ppm de azufre), T3 (58 ppm de azufre), T4 (29 ppm de azufre) y T5 (testigo). Se hicieron dos fertilizaciones aplicando el 100% del fosforo antes de la siembra y la primera y segunda fertilización a los 12 y 25 días después de la siembra respectivamente. La inoculación del patógeno se realizó a los 44 días después de la siembra utilizando una torre de sedimentación en la que previamente se determinó como mejor método de inoculación para ensayos en macetas, por su menor variabilidad en el número y mayor homogeneidad en la dispersión de conidias. Antes de la inoculación se marcaron 3 hojas distribuidas en cada tercio de la planta en todas las unidades experimentales y se realizaron seis evaluaciones cada tres días después de la inoculación, estas evaluaciones consistían en la determinación visual de la severidad de la enfermedad en cada una de las hojas marcadas del cultivo de zapallito. Para la evaluación del efecto del azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en laboratorio se utilizaron discos foliares de 7 cm de diámetro provenientes de hojas del tercio medio de los mismos tratamientos del ensayo que se realizó en campo, estas hojas fueron extraídas 10 días después de la segunda fertilización, desinfectadas en hipoclorito de sodio al 0.1% y enjuagada en agua estéril, estos discos fueron sembrados en placas de Petri que contenían un medio agar agua, se realizó solo una evaluación final a los 7 días después de haber sido inoculado, que consistió en el conteo del número de colonias establecidas en dicho disco. Para la comparación de medias se realizó el análisis de variancia y la prueba de Tukey. Los resultados obtenidos para el ensayo en campo mostraron que el tratamiento con la mayor dosis de azufre T1 (232 ppm de azufre) tuvo el mejor efecto en el control de la enfermedad, mostrando diferencias estadísticas sobre los otros tratamientos y en laboratorio también el efecto de control fue mayor en los tratamientos con mayor dosis de azufre.

I. INTRODUCCION

Las enfermedades fungosas de las plantas constituyen en la actualidad uno de los factores limitantes más importantes de la producción. La oidiosis, materia de este estudio, es una de las enfermedades de este grupo que por la intensidad de sus daños y por el gran número de especies de cucurbitáceas que afecta, vienen produciendo mermas en los rendimientos. La forma tradicional de control de esta enfermedad es en base a la aplicación de fungicidas protectores de contacto y uno de los más antiguamente usados ha sido el azufre. Uno de los problemas que presenta el uso de fungicidas de contacto y en especial del azufre es su fitotoxicidad, de allí que este último este siendo desplazado.

El presente trabajo está orientado a determinar si la aplicación de azufre como fertilizante tiene efecto inhibitorio en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en zapallito italiano cv. Grey Zucchini. Por lo que se realizará una evaluación comparativa entre cinco tratamientos con diferentes concentraciones de azufre. Siendo el zapallito italiano una hortaliza poco generalizada en nuestro medio, su elección para el presente estudio se debe a que este cultivo es afectado por una oidiosis común al resto de cucurbitáceas, muchas de ellas de importancia económica en nuestro país y en las que en la enfermedad constituye un serio problema.

El objetivo de esta investigación es determinar la efectividad del uso de azufre como fertilizante edáfico en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de Zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini.

Teniendo como objetivos específicos:

- Determinar el mejor método de inoculación de *Golovinomyces cichoracearum*.
- Determinar si existe correlación entre el área bajo la curva de progreso de la enfermedad y las dosis de azufre aplicadas en los diferentes tratamientos.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. DEL CULTIVO

2.1.1. Origen y distribución

Datos arqueológicos señalan que *Cucurbita pepo* L. estaba ampliamente distribuida en el norte de México y sur oeste de los EEUU desde hace 7000 a.C. hasta la era cristiana. Por evidencia histórica se sabe que también estaba distribuida en otras regiones, como en el centro y el este de los EEUU. En la región de Rio Guadalupe de Texas crece una forma de *Cucurbita silvestre*, *C. texana*, de corteza dura, pequeña y amarga, la cual según algunos investigadores podría ser la forma ancestral de *C. pepo* L. (Cásseres, 1966).

Es una especie originaria del sur de norte América y Mesoamerica. Fue domesticada muy tempranamente por las culturas precolombinas, siendo una de las primeras hortalizas en llegar a Europa tras el contacto con el nuevo mundo (Paris, 1989). En cambio, Veladez (1998), señala que la calabacita es originaria de México y de América Central, de donde fue distribuida a América del norte y del sur, sus orígenes se remontan al año 7000 A.C.

2.1.2. Importancia económica

Es cultivado extensamente en Europa como calabaza de verano, cuyos frutos se consumen inmaduros. La distribución del cultivo es muy amplia, ya que después del descubrimiento de América se difundió por todo el mundo, actualmente zapallito italiano se siembra en todos los continentes (Guenkov, 1974). Según los datos estadísticos de la FAO (2012), en el año 2010 los países con mayor producción de calabazas, calabacines y calabazas fueron China (6149978 Tm) e India (4242000 Tm) y Estados Unidos (778630 Tm).

En el Perú, el zapallito italiano junto con otras cucurbitáceas tienen un aumento lento en cuanto al área de cultivo, el cuadro 1 nos muestra el incremento de la superficie cosechada llegando a 8525 ha en el 2012, dando como consecuencia el incremento de la producción de 121575 toneladas en el 2007 y 221527 toneladas en el 2012 (FAO, 2012). La demanda es en su mayoría local y las zonas de mayor producción son Lima (Rímac, Chillón y Lurín), Huaral – Chancay y Cañete (Ugás et al., 2000).

Cuadro 1: Producción, superficie cosechada y rendimiento nacional de calabazas. La Molina, 2014.

Año	Producción (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (kg/ha)
2012	221527	8525	25985.572
2011	199019	8074	24649.368
2010	179439	7911	22682.215
2009	190500	8240	23118.932
2008	160315	7051	22736.491

Fuente: FAO.

2.1.3. Características botánicas

La clasificación taxonómica del zapallito italiano según Veladez (1994)

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dillenidae

Orden : Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucurbita

Especie: *Cucurbita pepo* L.

El zapallito, también conocido como calabacín es una planta anual, de vegetación compacta dotada de un tallo en forma de eje principal corto, asurcado, áspero al tacto y de crecimiento determinado, en el que se insertan las hojas fuertemente pecioladas, con los limbos profundamente lobulados dotados de estrechamientos muy marcados y de bordes aserrados.

El color de las hojas suele ser verde oscuro, pudiéndose observar en ocasiones manchas blanquecinas (Maroto, 1986).

Las flores masculinas tienen un pedúnculo muy largo y delgado, a diferencia de las femeninas, que lo tienen corto, los pétalos de ambas flores son de color amarillo anaranjado, cuando inicia la floración las flores masculinas son las primeras que emergen (Gastier, 2000). La viabilidad del polen en las flores recién abiertas es cercana al 92% pero decae al 75% cuando las flores cierran el mismo día, y es de 10% el próximo día, por lo que las flores femeninas deberían ser polinizadas tan pronto como sea posible el día que la flor masculina abre, mientras el polen es viable (Menezes et al., 2005)

Las flores femeninas producen mayor cantidad de néctar con el fin de atraer mayor número de insectos y tener una buena polinización (Robinson y Reiners, 1999). Las flores abren temprano en la mañana y se cierran alrededor del medio día del mismo día (Free, 1992)

Las flores femeninas nacen solitarias de la misma axila que las flores masculinas. Se distinguen de estas por su abultamiento en la base (Parsons, 1989).

Los frutos son pepónides, de forma generalmente alargada y cilíndrica, de superficie parcialmente lisa, aunque existen frutos aplastados y verrugosos como los denominados “patisson” (forma botánica: clipeiformes Bailey), de tamaño pequeño; el color de los frutos es variable, siendo frecuentemente los colores verdes, amarillos y otros diversos colores. (Maroto, 1986).

2.1.4. Clasificación de cultivares

El zapallito italiano es representado por varios cultivares. Los frutos de zapallito italiano crecen mayormente en forma cilíndrica, pero también de formas redondas y formas intermedias. El color de frutos varía de un tono oscuro de verde hasta tonos más suaves de verde con o sin franjas de diferentes tonos de amarillo (Stephens, 1990)

Existen cultivares precoces, tardías y de duración intermedia. El comportamiento de las variedades depende del carácter genético, pero también de su capacidad de adaptación a los diferentes climas y condiciones del suelo (Parsons, 1989).

Entre las calabazas de verano, Maroto (1986) clasifica los cultivares en función de la corteza de los frutos.

- Cultivares de frutos de corteza color verde (Zucchini)
- Cultivares de frutos de corteza color amarillo.
- Cultivares de frutos de corteza color blanco.

2.1.5. Clima

El zapallito italiano es una hortaliza de clima cálido. La temperatura para la germinación debe ser mayor de 15 °C, siendo el rango óptimo de 22 a 25 °C, para su desarrollo tiene un rango de 18 a 35°C, y su nulo crecimiento vegetativo puede ser fijado aproximadamente en 8 °C, con días cortos hay mayor formación de flores femeninas (Maroto, 1986). Así mismo, Giaconi (1989), indica que requiere clima caluroso y abundante agua y se adapta bien en localidades de verano corto.

Al respecto, Leñano (1978), menciona que el zapallito italiano es una planta tropical y por tanto exige un clima principalmente cálido. Dado a la brevedad de su ciclo puede ser cultivado también en localidades de clima templado pero que tengan un breve periodo de clima favorable. A temperaturas menores de 15°C se detiene su actividad vegetativa y a menores de 10°C presenta lesiones. Sin embargo, soporta temperaturas muy elevadas si está acompañado de una buena aireación y de una disponibilidad de agua.

Whitaker y Davis (1962) encontraron que la condición de humedad influenciaba la floración de la siguiente forma: baja humedad relativa, aceleraba la aparición de flores masculinas, y humedad relativa alta aceleraba la aparición de flores femeninas. Plantas que fueron cultivadas en climas secos y húmedos emitían tanto las flores femeninas como masculinas simultáneamente.

2.1.6. Relación agua – suelo – planta

En lo relativo a los suelos, es una planta que, aunque se adapta bien a terrenos arenosos, prefiere suelos de textura media, ricos en materia orgánica y bien provistos de nutrientes. Es una hortaliza medianamente resistente a la salinidad, que puede resistirla acidez hasta un pH cercano a 5,5. Aunque se cultiva en regadío generalmente el calabacín puede ser afectado por

la acumulación excesiva de agua debido a condiciones deficitarias de drenaje del suelo (Maroto, 1986).

Yamaguchi (1983), recomienda una fertilización balanceada de 110 – 40 – 90 Kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. Alrededor de la mitad del fertilizante debe ser aplicado a la siembra y el resto cuando la planta tiene 4 a 6 hojas verdaderas.

La calabacita Zucchini se clasifica como una hortaliza que requiere altas dosis de fertilización, por su capacidad para producir una gran cantidad de biomasa, recomendándose dosis de 250 kg de N, 280 kg de P y 250 kg de K por hectárea (Martineti y Paganini, 2006) Para nuestro medio Delgado de la Flor et al. (1988), recomendaron dosis de 120 – 60 – 60, todo el fósforo y potasio, y un tercio de nitrógeno a la siembra y el resto del nitrógeno al cambio de surco; también aplicar materia orgánica a la preparación del terreno.

2.2. DEL PATOGENO

2.2.1. Características del oídium

Yarwood (1952) señala que los hongos del género oídium en cuanto a su desarrollo biológico son parásitos obligados que viven en la superficie de los órganos aéreos del hospedante.

La reproducción de este hongo se realiza mediante esporas, pudiendo ser de tipo sexual o asexual. Las esporas de tipo asexual se llaman oidias y las de tipo sexual se llaman ascosporas (Agrios, 1978).

Las estructuras de forma asexual constan de tres elementos: el micelio, el haustorio y las oidias. El micelio es hialino, grueso, muy tabicado y con crecimiento radial; posee células generalmente de paredes delgadas y que miden 5 x 8 u, el núcleo es grande y tiene membrana nuclear definida (Sarasola, 1975). El haustorio, órgano de alimentación que se diferencia a partir del micelio (conjunto de hifas), penetra al interior del tejido hospedante por medio de un tubo delgado de penetración, dentro de la célula, los haustorios globulares y uninucleados (Yarwood, 1957). La penetración del hongo se realiza desarrollando primero el tubo germinativo el cual forma en el punto de unión con el hospedante un apresorio. La función del apresorio es la de unir el micelio a la superficie del hospedante y sustentar los haustorios (Yarwood, 1952). Un tubo de penetración pequeño se ramifica desde el centro del apresorio

y fuerza su camino a través de la cutícula de la hoja. En la pared de la célula se forma una papila, pero esta finalmente es atravesada por el hongo. Una vez dentro de la célula, el hongo aumenta su tamaño hasta formar un haustorio en forma de globo que invagina el citoplasma. Las células parasitadas no mueren, pero continúan alimentando al hongo durante varios días. Aunque no son invadidas las células epidérmicas, el hongo afecta adversamente las células próximas al mesófilo, que se vuelven amarillas, mueren y se tornan pardas (Roberts y Boothroyd, 1978). Según Yarwood (1952) los oidióforos son hifas especializadas para la producción de oidias y se encuentran en ángulos rectos a la superficie del hospedante, generalmente no ramificados y que miden 10 u de diámetro por hasta más de 400 u de largo. Las oidias son brillantes, de 20 a 50 u por 10 a 24 u, forma cilíndrica o barril; en todos los casos son de corta vida a temperaturas corrientes (Sarasola, 1975). Son unicelulares de paredes delgadas y vacuoladas, las vacuolas están en número variable y ocupando casi la mitad del interior de las oidias, se cree que contienen agua (Yarwood, 1957).

La reproducción sexual se realiza mediante las ascas, resultado de una fertilización de una célula masculina llamada anteridio (Agrios, 1978). Las ascas son pequeñas bolsas que contienen ascosporas, por lo común ocho; en el género oídium el ascocarpo se denomina cleistotecio de forma redondeada y cerrada, con apéndices a manera de hifas llamados “fulcras”. Los cleistotecios son la forma de resistencia del hongo mediante la cual resiste a las bajas temperaturas e incidentalmente el verano (Sarasola, 1975).

2.2.2. Ecología del género oídium

- **HUMEDAD:** Yarwood (1936); no encontró efecto de la humedad relativa en el desarrollo del hongo, pues este emitía oidias igualmente a 100% como a 0% de humedad relativa. Según Jauch (1979) el agua es indispensable para el micelio en un 85% y para las esporas en un 45%. El agua libre en la zona de infección es perjudicial para la germinación de la spora (Roberts y Boothroyd, 1978).
- **TEMPERATURA:** Yarwood (1957) afirma que el género oídium posee rangos óptimos de 11 °C a 28 °C, con promedio cercanos a 22 °C. no es seguro que la temperatura ambiental sea el mayor factor en la distribución geográfica y en la severidad del ataque de la enfermedad, pero se especula que lo sea.

- **LUZ:** se ha probado que, bajo sombra, el desarrollo del oídium es más abundante que a plena luz solar. Yarwood (1957) considera que esto sea debido solamente por el efecto de la temperatura, en condiciones de sombra con respecto a las de sol. Igualmente sostiene que efectos directos de la luz son: aumento de germinación, fototropismo positivo o negativo del tubo germinativo en alta y baja intensidad luminosa respectivamente, y fototropismo positivo de los oidióforos a luz blanca (Yarwood, 1952).
- **AEREACION:** se ha observado que el oídium es favorecido por reducida circulación del aire. esto puede deberse a un incremento de humedad local, acompañado de disminución de la temperatura y luz (Yarwood, 1957). Jauch (1979), afirma que el oxígeno lo toma del aire y de la planta atacada, comportándose como aerobios, y el CO₂ en general influye desfavorablemente en el desarrollo y color normal de las esporas.

La gravedad de la enfermedad está afectada no solamente por el medio ambiente, sino también por la edad de la hoja al tiempo de inoculación. Las hojas son más sensibles dos o tres semanas después de desplegarse, las hojas muy jóvenes plegadas parecen ser inmunes (Roberts y Boothroyd, 1978).

En cuanto a la diseminación de oidias, ésta es realizada casi exclusivamente por el viento (Yarwood, 1957); el rol de las lluvias, insectos y hombre, es casi nula. Las esporas son dispersadas durante el día con humedades relativamente bajas y en esas condiciones germinan inmediatamente, la prolongación del tubo germinativo y la formación del apresorio fijador comienzan a efectuarse conforme la humedad levanta en la noche y serán suficientes las horas más húmedas de la madrugada para originar la infección (Sarasola, 1975).

2.2.3. Alteraciones que provoca el hongo

- **Alteración de la permeabilidad celular**

La permeabilidad celular, según Jauch (1979), es regulada por enzimas que actúan en la parte más externa del citoplasma. La modificación de su permeabilidad depende de la distinta actividad de estas enzimas que a su vez son estimuladas o inhibidas por

toxinas del parásito. Las sustancias indispensables para el metabolismo del parásito son los carbohidratos: ácido fosfoglicérico, gliceraldeido y ácido oxalacético. La presión osmótica del parásito es más alta que la del hospedante de manera que el lugar donde están los nutrientes de la planta emigra al patógeno.

- **Acción inhibidora de la producción de metabolitos o de principios nutritivos**

a) Bloqueo o disminución de fotosíntesis (Jauch, 1979). La fotosíntesis inicialmente muy alta, decrece con rapidez hasta que alcanza un nivel muy bajo al 9° ó 10° día.

b) Modificación de la respiración.

La respiración sigue una curva rápida de ascenso, con un pico máximo al 6° ó 7° día, luego decrece lentamente (Jauch, 1979).

c) El balance del carbono

El balance de CO₂ respirado y asimilado es muy alto en los cinco primeros días, cae rápidamente después y se vuelve negativo al 10° día (Jauch, 1979).

Según Bazán Segura (1965) los síntomas fisiológicos incluyen un aumento de la transpiración del hospedante especialmente en las noches, así como aumento de la respiración y disminución de la fotosíntesis del hospedante. Como consecuencia de esto los daños se manifiestan: en hojas existe formación de áreas amarillentas y luego necróticas, las cuales, en número alto, provocan la caída de la hoja en cualquier estado de desarrollo. El resultado final es la merma en el rendimiento y estancamiento del desarrollo de la planta.

Este hongo ataca a las plantas cultivadas como a silvestres; entre las primeras tenemos: zapallo, melón, sandía, pepino (Bazán de Segura, 1965); papa, papaya, girasol (Finch, 1971); y entre las silvestres tenemos a: *Caléndula* sp. *Heliantus* sp. *Cichorium* sp. *Sonchus oleraceus*; *Lactuca serricola*; *Mentha* sp. *Nicotiana* sp. *Verbena* sp. (Bazán de Segura, 1965).

2.2.4. Control del patógeno *Golovinomyces cichoracearum*

Las formas de control de esta enfermedad son variadas, pudiendo ser químicas, mecánicas o biológicas. El control químico es el que mayor investigación ha tenido y actualmente es muy utilizado. Como control mecánico tenemos la eliminación de hojas atacadas por el hongo y

el control biológico es reportado por Sundhein (1982); mediante la utilización del hiperparásito *Ampelomyces quisqualis* en suspensiones oidiales y con satisfactorios resultados.

Según Dekker (1963) la quinetina es una sustancia que protege a las hojas del zapallo del ataque de oídium. Esta sustancia tiene su efecto sobre el metabolismo de las proteínas, evitando su desdoblamiento, además participa en la formación del ARN y acumulación de aminoácidos en las hojas; la ausencia de quinetina favorece enormemente el catabolismo y envejecimiento de los tejidos. (Jauch, 1979).

Las oidias arrastradas por el viento no pueden ser exclusivas de los cultivos, pero el hongo puede ser erradicado localmente destruyendo las malas hierbas y plantas espontáneas que sirven de albergue al patógeno entre los cultivos y la erradicación completa es impracticable (Roberts y Boothroyd, 1978).

Según Yarwood (1936) un mismo fungicida actúa de tres maneras en una misma aplicación. Así al hacer una aplicación el fungicida mata las esporas que lleguen después que este ha sido aplicado o sea protege, mata las esporas que todavía no han causado daño y mata el micelio ya establecido la enfermedad.

2.2.5. Efecto de la nutrición de la planta en la presencia de enfermedades fungosas

El encalado de suelos o la aplicación de fertilizantes minerales en sus diferentes formas y cantidades no solo afectan el crecimiento y la composición de las plantas directamente, sino; que también tienen efectos en la actividad microbiana de la rizósfera del suelo y la resistencia o tolerancia a patógenos de raíces (Marschner, 1997).

Los efectos de la nutrición mineral en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos son usualmente explicados en términos de las funciones de estos elementos en el metabolismo de las plantas. Sin embargo, la nutrición mineral puede también producir efectos secundarios e impredecibles influencias en el aumento de la cosecha de las plantas. Al efectuar cambios en el patrón de crecimiento, de la morfología y anatomía de la planta y particularmente la composición química; los nutrientes minerales pueden incrementar o reducir la resistencia o tolerancia de las plantas a pestes y patógenos (Marschner, 1997).

La nutrición afecta la velocidad de crecimiento y la rapidez de las plantas para defenderse del ataque de los patógenos. Por ejemplo, se sabe que la abundancia de nitrógeno se refleja en la producción de tejidos jóvenes y suculentos y puede prolongar la fase vegetativa retardando la madurez de las plantas haciéndolas más susceptibles a los patógenos que prefieren atacar dichos tejidos (Agrios, 2002). Asimismo, la fertilización azufrada ha demostrado el incremento significativo no solo en el estado nutricional del azufre en la planta, sino también en el contenido de metabolitos que contienen azufre y son considerados anti-estrés como la cisteína, el glutatión y H₂S (Salac 2005 y Salac et al., 2005).

Sin embargo, es posible que sea la forma del nitrógeno (amonio o nitrato) de que disponen el hospedante o patógeno lo que en realidad afecte la severidad de la enfermedad o la resistencia de la planta más que la cantidad de nitrógeno en sí. Se piensa que el efecto que despliega cada forma química del nitrógeno está asociado con los efectos del pH del suelo, ya que las enfermedades favorecidas por la forma de amonio por lo general son más severas a un pH más ácido, mientras que las que son favorecidas por la forma de nitrato con frecuencia son más severas a un pH que va de neutro a alcalino (Agrios, 2002).

También se ha observado que la severidad de algunas enfermedades disminuye cuando aumentan los niveles de ciertos micronutrientes. Por ejemplo, las aplicaciones de manganeso junto con molibdeno reducen la severidad de la rancia en papa (Agrios, 2002).

En general, las plantas que reciben una nutrición equilibrada, en la que los elementos requeridos se abastecen en cantidades adecuadas, tienen una mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrientes se obtienen en cantidades excesivas o deficientes (Agrios, 2002).

2.3. EL AZUFRE EN LA NUTRICION MINERAL DE LAS PLANTAS

2.3.1. El azufre en el suelo

La mayor parte del azufre del suelo procede inicialmente de los sulfuros metálicos constituyentes de las rocas ígneas. A su degradación estos materiales, en condiciones aeróbicas, se oxidan rápidamente a sulfatos. Pero en condiciones anaeróbicas (condiciones anegadas), permanecen en el suelo en su forma original, o bien pueden aparecer por una reducción de los sulfatos (Navarro, 2003).

Además de la mineralización de azufre orgánico, los iones sulfato pueden agregarse al suelo por medio de la lluvia, fertilizantes, pesticidas, agua de riego, gases de erupciones volcánicas y contaminación ambiental. La lluvia contiene generalmente menos de 1 ppm de azufre; lo que representa 10 kg/ha/año aproximadamente. (Gros, 1981; Sánchez, 1981)

2.3.2. El azufre en la planta

El azufre es un macronutriente esencial presente en la naturaleza tanto en formas orgánicas como inorgánicas. Las plantas, microorganismos y hongos, a diferencia de los animales, son capaces de reducir el sulfato a sulfuro e incorporarlo a los metabolitos orgánicos mediante un proceso dependiente de energía, dando lugar a una amplia variedad de compuestos orgánicos esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Además, las plantas son la fuente más importante de aminoácidos azufrados esenciales para humanos y animales, como son la cisteína y la metionina (Wirtz y Droux, 2005).

El azufre es absorbido por la planta casi exclusivamente en forma de SO_4^{2-} , a través de su sistema radicular. En pequeñas cantidades también puede ser absorbido del suelo como SO_3^{2-} y de la atmósfera como dióxido de azufre, por las hojas, a través de las estomas (Navarro, 2003)

El azufre se encuentra en vitaminas como la biotina y la tiamina, cofactores como coenzima A, cofactor de molibdeno (MoCo), ácido lipoico y agrupaciones sulfoférricas que participan en el transporte de electrones. Los glucosinolatos, fitoalexinas, tioninas y defensinas son compuestos azufrados que intervienen en la defensa de la planta frente a patógenos (Rausch y Wachter, 2005).

La cisteína es el primer compuesto orgánico con azufre reducido sintetizado en la planta a partir de la asimilación fotosintética del sulfato. La cisteína es indispensable no solo como aminoácido, formando parte de las proteínas, sino también para la estabilización de las estructuras terciaria y cuaternaria de las proteínas debido a su participación en la formación de los puentes disulfuro y por su papel regulador en los sitios activos de muchas enzimas. La cisteína ocupa una posición central en el metabolismo primario y secundario de la planta debido a sus funciones bioquímicas. Es el metabolito precursor del antioxidante glutatión, del aminoácido metionina y de gran parte de las biomoléculas esenciales y compuestos de

defensa mencionados anteriormente, donde el mecanismo catalítico de muchas de estas biomoléculas está basado en la reactividad del grupo tiol (Droux, 2004). Los aminoácidos cisteína y metionina son los productos de mayor producción del azufre asimilado por las plantas. Cisteína es el componente básico para otros compuestos azufrados como el glutatión, glucosinatos, fitoalexinas, proteínas relacionadas con efecto fungitóxico y H₂S. Todos estos compuestos están relacionados a los mecanismos de resistencia de las plantas (Haneklaus et al., 2006).

La cisteína es el mayor componente de azufre que muestra, por sí mismo, efectos fungicidas (Vidhyasekaran, citado por Haneklaus et al., 2006).

Las plantas toman el sulfato del suelo y lo distribuyen a todas partes de la planta. Se conocen bien los mecanismos para el transporte del sulfato a través de la membrana plasmática a nivel de raíces, donde se utiliza un gradiente electroquímico establecido por la ATPasa de protones, de forma que los transportadores de sulfato transportan al interior de la célula una molécula de sulfato por cada tres protones. Esta etapa es considerada el paso más regulado de la ruta de asimilación de azufre en la planta (Vauclare et al., 2002)

El SO₄²⁻ es translocado principalmente en dirección ascendente, mientras que el movimiento descendente es muy pobre y ante la deficiencia de azufre, el sulfato es translocado de las raíces y peciolos hacia las hojas jóvenes y el azufre de las hojas viejas no es proporcionado a los tejidos jóvenes lo que demuestra que la translocación no se da por flujo de masas. El sulfato es poco móvil en la planta, al igual que el calcio y los elementos menores. Por lo tanto, los síntomas de deficiencia se presentan en las hojas jóvenes. Las plantas utilizan el sulfato atmosférico, siendo este absorbido a través de las estomas y distribuido a toda la planta, para constituir los aminoácidos, proteínas y sulfatos (Mengel y Kirby, 1982).

Una vez que el sulfato ha entrado en la planta, puede ser almacenado en raíces u hojas en el interior de las vacuolas o ser utilizado en el proceso de asimilación, siendo las concentraciones de cisteína o glutatión las que regulan esta distribución (Bolchi et al., 1999)

El contenido total de azufre en los tejidos de las plantas es de 0.2 a 0.5% en la materia seca, se conoce que el exceso de azufre absorbido por la planta es almacenado como SO₄²⁻ (Mengel y Kirby, 1982; Davelouis, 1992; Domínguez, 1997).

2.3.3. Efecto directo del azufre en las enfermedades de las plantas

Los compuestos de azufre afectan la incidencia de la enfermedad y la gravedad directamente como biocidas, estos compuestos incluyen azufre elemental, sulfuros (CS_2 , H_2S , K_2S , P_2S_5 , SO_2), tiosulfato y sales de xantato. el disulfuro de potasio, P_2S_5 , xantatos y tiosulfato se han utilizado como inhibidores de la nitrificación y para controlar la sarna común y la marchitez por *verticillium* de la papa (Huber y Watson, 1974). El dióxido de azufre se ha utilizado ampliamente como un conservante postcosecha de frutos secos, verduras, especias y granos.

Todavía no se conoce bien el modo de acción del azufre, las hipótesis más aceptadas son (Williams y Cooper, 2004):

- Las células de los hongos son permeables al azufre (las esporas pueden absorber azufre) y el azufre en el citoplasma afecta la cadena respiratoria mitocondrial.
- Puede haber transferencia de iones hidrogeno (H^+) al azufre, en lugar de transferencia al oxígeno (O_2), produciendo sulfito de hidrogeno tóxico.
- El azufre puede oxidar rápidamente grupos sulfidrílicos protéicos importantes en muchas funciones respiratorias de las mitocondrias. Este fenómeno puede producir una modificación del estado de oxidación del complejo respiratorio alternando el flujo de electrones en la cadena respiratoria mitocondrial y consecuentemente, la fosforilación oxidativa, resultando en fungotoxicidad.

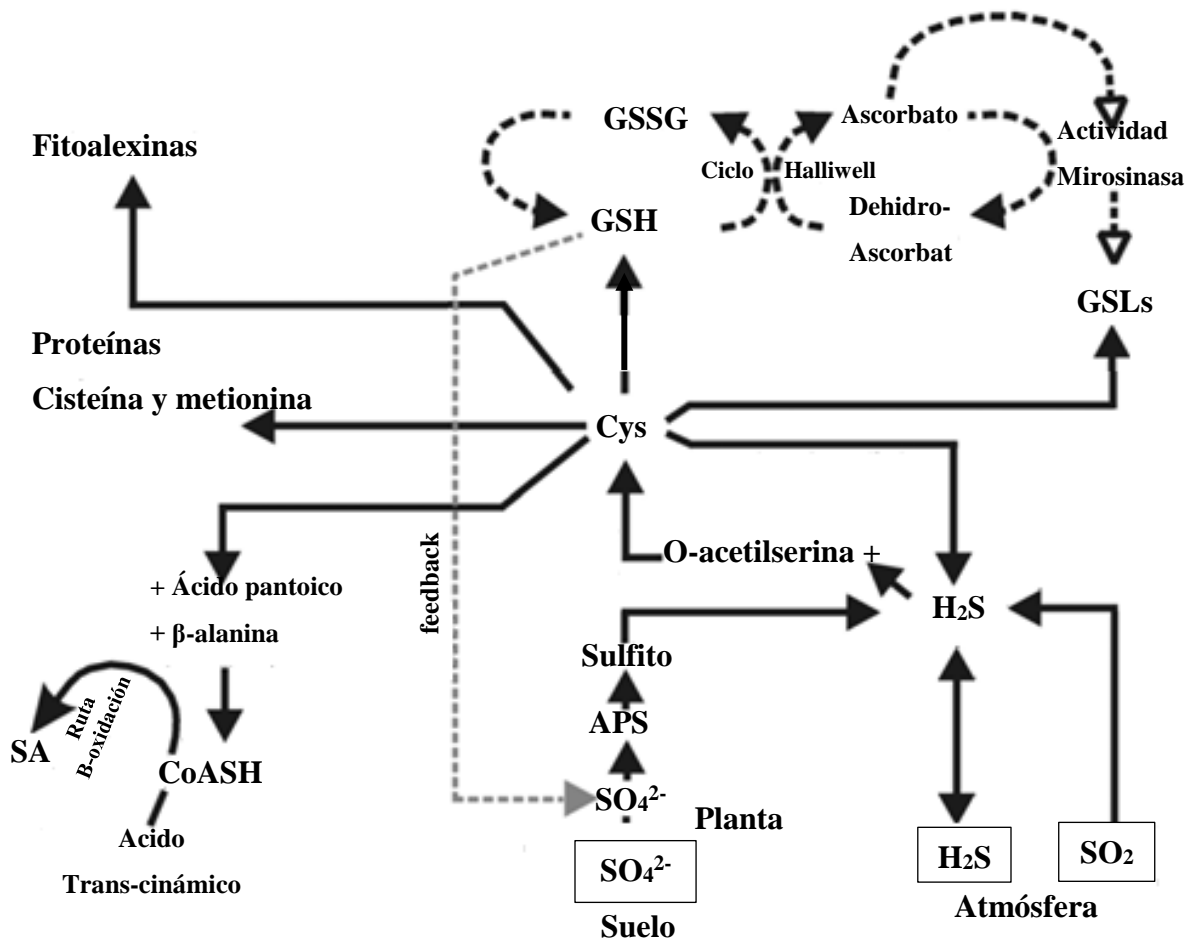


Figura 1: Adaptado de *Metabolitos de azufre y vías supuestamente implicadas en reacciones en cadena del SIR en especies de Brassica* (Haneklaus et al., 2004)

2.3.4. Resistencia Inducida por Azufre (SIR)

El significado del azufre para la resistencia de los cultivos contra plagas y enfermedades empezó a ser evidente al final de 1980. En ese tiempo, la deficiencia de azufre se convirtió en un extendido desorden nutricional debido a la desulfuración de las emisiones industriales en el oeste de Europa (Booth et al., citado por Wickenhauser et al., 2005).

El azufre es uno de los macroelementos esenciales para la vida de la planta. Recientemente se ha demostrado que éste juega un papel importante en la defensa de la planta a patógenos. Este fenómeno se denomina resistencia inducida por azufre (SIR: sulfur-induced resistance) y también es conocido como defensa potenciada por azufre (SED: sulfur-enhanced defense) (Bloen et al., 2007).

En plantas hay varios compuestos de defensa azufrados (SDCs: Sulfur containing defence compounds) que podrían estar involucrados en la activación de SIR y tienen un fuerte impacto en la defensa potencial de las plantas como el glutatión, glucosinolatos, proteínas ricas en cisteína, fitoalexinas, azufre elemental y H₂S. Los SDCs sintetizados constitutivamente forman parte de los mecanismos de defensa constitutivos en la planta, mientras que los SDCs inducidos por patógenos contribuyen considerablemente a la resistencia inducida. La distribución y estructura química de los SDCs es muy variable en plantas. Aunque no se ha demostrado que los SDCs se generen frente a patógenos específicos, sí que intervienen en el curso de las interacciones específicas gen a gen entre el hospedador y el patógeno (Rausch y Wachter, 2005).

La cisteína es un componente clave, ya que actúa como indicativo de la actividad y flujo del azufre en la formación de los SDCs (Hell, 1997). La biosíntesis de cisteína está muy regulada debido a su toxicidad y, de hecho, cuando se suministra a la planta un exceso de sulfato, no se incrementa la cantidad de cisteína y, en cambio sí se incrementa el contenido de glutatión (Papenbrock et al., 2007). Los niveles y el estado redox del GSH son importantes para determinar la capacidad de la planta de combatir a los patógenos. Durante el ataque de patógenos tanto los niveles de cisteína como de glutatión actúan como marcadores del metabolismo del azufre en la planta, siendo componentes clave para la inducción de la SIR/SED. Se ha observado que niveles elevados de cisteína y GSH se correlacionan con una supresión de los síntomas de desarrollo y la carga viral en cucúrbita pepo (Zechmann et al.,

2007). Resultados similares se han obtenido en plantas de tabaco tratadas con GSH (Gullner et al., 1999)

Las tioninas y defensinas son proteínas ricas en azufre que presentan estructuras complejas estabilizadas por puentes disulfuro intramoleculares (Thomma et al., 2002) algunas isoformas contribuyen a los sistemas de defensa constitutivos, pero otras son fuertemente inducidas en respuesta al ataque de patógenos (Hilpert et al., 2001).

El ataque de patógenos y elicitores bióticos inducen la síntesis de fitoalexinas como la camalexina que es un derivado azufrado del triptófano. Las fitoalexinas son tóxicas para varias especies de hongos y bacterias (Kliebenstrein, 2004).

El H₂S también interviene en la defensa de la planta, aunque su función como SDC no está clara todavía (Rausch y Wachter, 2005). La cantidad de sulfuro liberado desde el hospedador es tóxica para el patógeno dependiendo de su concentración en el sitio de ataque del patógeno y de la capacidad del patógeno para metabolizarlo. Por otro lado, el azufre elemental (S⁰) es el fungicida más antiguo usado por el hombre y parece que las plantas también la usan para su defensa. Se desconoce el mecanismo de formación de S⁰ en plantas. El H₂S podría ser oxidado directamente en presencia de un donador de electrones hasta S⁰ o enzimas como la superóxido dismutasa podrían catalizar la oxidación del HS⁻ hasta S⁰ (Papenbrock et al., 2007). Posiblemente, el glutatión se acumula en sitios específicos y su posterior degradación conduce a la acumulación de S⁰ (Williams y Cooper, 2004). Se ha demostrado que el S⁰ se acumula en los tejidos vasculares de variedades resistentes de cacao y tomate en respuesta a la infección con *Verticillium dahliae* (Williams et al., 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los ambientes de laboratorio y en un campo cubierto con malla raschel del departamento de fitopatología dentro del campus de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Ubicado en el distrito de la Molina, Provincia de Lima. En los meses de enero a marzo del año 2014. La ubicación geográfica de la UNALM es la siguiente:

Longitud	: 76°57'6.76''
Latitud	: 12°4'50.63''
Altitud	: 234 msnm

3.2. DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos de temperatura y humedad relativa que se muestran durante el tiempo que duró la investigación, fueron obtenidos de los registros del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), se presentan en la Figura 2.

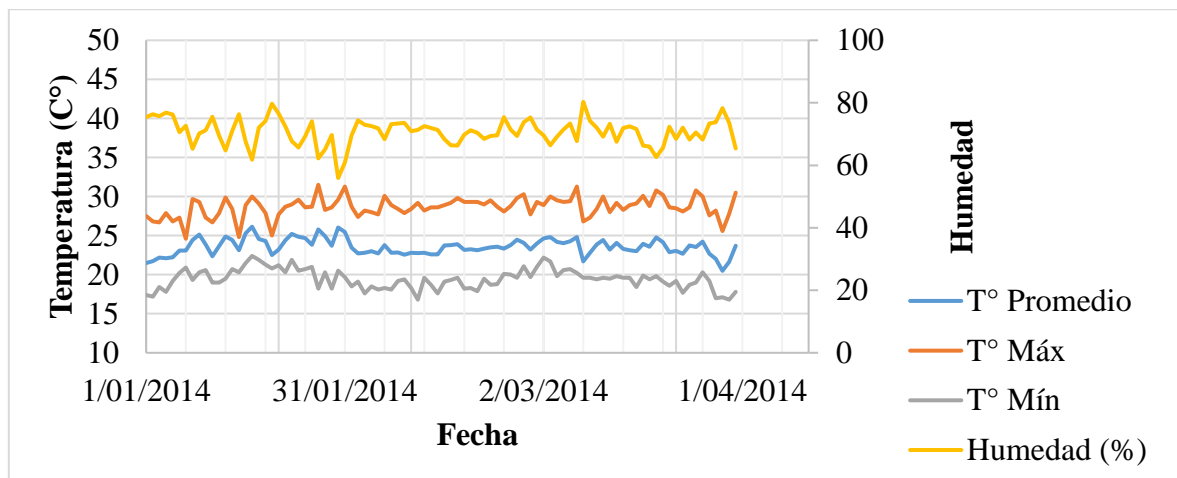


Figura 2: Variación de las temperaturas máxima, mínima y promedio y humedad relativa de enero a marzo del año 2014. La Molina, 2014. Fuente: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.3. SUSTRATO

El sustrato empleado proviene de Cieneguilla. Su elección se basó en su clase textural y características químicas, las cuales permiten una mayor expresión de los efectos de tratamientos.

El análisis físico-químico del sustrato empleado (Anexo 1) muestra que se trata de un suelo normal en salinidad, textura gruesa (clase textural: arena), pH de moderada a fuertemente alcalino, bajo en carbonatos, bajo en materia orgánica, bajo en fósforo y potasio disponible, muy bajo en CIC con relaciones catiónicas desbalanceadas.

3.4. AGUA

El agua empleada durante el experimento fue procedente de la localidad de Huachipa, cuyo análisis se muestra en el Anexo 2, está calificada como C₃S₁, la cual presenta un contenido de sales medio que se puede emplear en altos volúmenes en suelos de buen drenaje y con un cultivo tolerante, además que presenta un nivel bajo de sodio, el cual no significa alguna restricción para el desarrollo del cultivo.

3.5. INÓCULO

Se recolectaron hojas infectadas al cien por ciento con *Golovinomyces cichoracearum* de los campos de zapallito italiano pertenecientes al Programa del Huerto de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina

3.6. FERTILIZANTES EMPLEADOS

Se utilizó urea como fuente de nitrógeno, fosfato di amónico como fuente de fósforo y nitrógeno, cloruro de potasio como fuente de potasio, sulfato de potasio como fuente de potasio y azufre, sulfato de amonio como fuente de azufre y nitrógeno y como fuente de magnesio se utilizó magnisal y sulfato de potasio y magnesio. Las dosis aplicadas fueron de 200 ppm de N, 72 ppm de P₂O₅, 200 ppm de K₂O y 29 ppm de MgO.

3.7. MANEJO DEL CULTIVO

A. Siembra

Luego de haber realizado la mezcla del sustrato y la dosis de fósforo establecidas para cada una de las macetas con capacidad para 5 kg, se sembraron tres semillas por maceta con la finalidad de asegurar la germinación y emergencia de al menos una en cada una de ellas, a los 8 días después de la siembra se hizo la selección de una sola planta por maceta teniendo que eliminar las demás. Esta labor se llevó a cabo el día 13 de enero del 2014.

B. Riego

Durante el ciclo vegetativo del cultivo los riegos fueron diarios debido a la poca retención de humedad del sustrato y a la alta temperatura registrada durante la época de conducción del experimento. El volumen de agua para cada maceta fue aumentando a media que la planta iba creciendo, utilizando desde 0.5 hasta 2 litros en las etapas inicial y final del cultivo.

C. Fertilización

La ley de fertilización que se empleó fue de 200 – 72 – 200 – 29 (N, P₂O₅, K₂O, MgO) para todos los tratamientos y con dosis de azufre de 232, 115, 58, 29, 0 ppm para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 respectivamente, tal como se muestra en el anexo 4. Las dosis fueron aplicadas en 2 fertilizaciones (Anexo 5 y 6), a los 12 y 25 días respectivamente después de la siembra. Utilizando como fuentes urea, sulfato de amonio, fosfato di amónico, cloruro de potasio, sulphomag y magnisal

D. Control fitosanitario

Durante el desarrollo del ensayo se presentaron problemas ocasionados por la presencia de plagas. En la etapa inicial de crecimiento se presentó ataques de arañita roja, mosca blanca y mosquilla de los brotes las cuales fueron controladas mediante la aplicación de imidacloprid y metomyl, en la etapa de floración se manifestaron daños ocasionados por *Diafania nitidalis* para lo cual se hicieron aplicaciones de indoxacarb, imidacloprid y metomyl.

3.8. TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis de fertilización con azufre excepto para el testigo (T5) que no se fertilizó con este nutriente, tal como se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2: Tratamientos empleados para evaluar el efecto de azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamientos	Azufre (ppm)
T1	232
T2	115
T3	58
T4	29
T5	0

3.9. DETERMINACION DEL MEJOR METODO DE INOCULACION

Con el fin de determinar en cada uno de ellos, la homogeneidad de la dispersión y la variabilidad de número de conidios sedimentados en un área determinada, se compararon dos métodos, el del pincel y el método de la torre de sedimentación, teniendo como variables a evaluar la desviación estándar y el promedio del número de conidias sedimentadas por cm² en 30 repeticiones por cada método.

3.9.1. Método del pincel

Se recolectaron hojas de zapallito italiano en los campos de la UNALM con un nivel de severidad de la enfermedad al 100%.

El método consistió en barrer las conidias de la hoja infectada con un pincel de pelo fino N° 3 sobre portaobjetos con medio agar agua tal como se muestra en la figura 3, que previamente fueron marcados un centímetro cuadrado para realizar el conteo respectivo de las conidias, esta labor fue realizada utilizando un microscopio estereoscopio en un ambiente del laboratorio de Fitopatología.

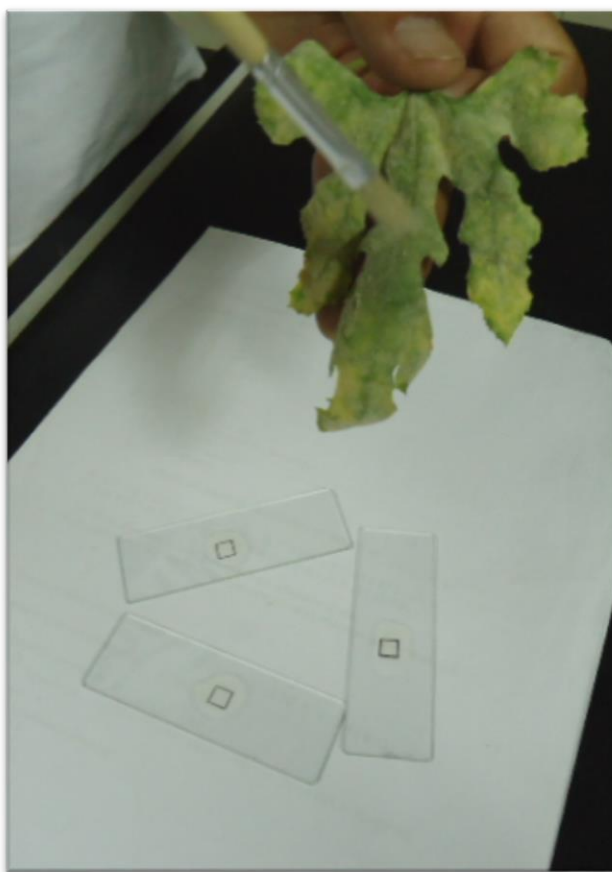


Figura 3: Método de inoculación mediante el uso del pincel.

3.9.2. Método de la torre de Sedimentación

En la Figura 4 se muestra la torre de sedimentación y sus partes que lo componen.

La recolección del inóculo fue igual al método anterior, se hicieron discos de hojas de 17 cm de diámetro con 100% de severidad del patógeno, luego fueron colocados uno a uno en el momento de la inoculación de los portaobjetos, sobre la plataforma del inóculo de la torre. Se colocaron tres porta objeto marcados un cm^2 y con agar agua para facilitar la adhesión de las conidias y fácil conteo en el microscopio estereoscopio, se puso en funcionamiento la bomba , se abrió la válvula de aire y se contabilizó 20 segundos, luego se cerró la válvula de aire e inmediatamente se levantó la tapa superior para romper el vacío generado, después de un tiempo de 30 segundos se retiró los portaobjetos y se contabilizó el número de conidias de *Golovinomyces cichoracearum* por cm^2 con la ayuda de un microscopio estereoscopio.



Figura 4: Torre de sedimentación. Adaptado de torre de sedimentación que opera al vacío para la inoculación de hongos de mildiu polvoriento. (Reifshneider, F; Boiteux, L. 1988)

3.10. EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE *Golovinomyces cichoracearum* EN HOJAS DE ZAPALLITO ITALIANO

3.10.1. Inoculación de discos foliares de zapallito italiano cv. Grey Zucchini con *Golovinomyces cichoracearum*

Se llevó a cabo en el laboratorio del departamento de Fitopatología de la Universidad Agraria La Molina.

Luego de 10 días después de la última fertilización de los tratamientos conducidos en campo, se extrajeron hojas del tercio medio y fueron llevados a laboratorio. Al mismo tiempo, se recolectaron hojas de zapallito italiano infectadas al 100% con *Golovinomyces cichoracearum* de los campos del Huerto de la Universidad.

Con la finalidad de uniformizar la cantidad de inóculo a utilizar para cada repetición, se cortaron discos de 17 cm de diámetro de las hojas que se trajeron del huerto y de las hojas extraídas de los tratamientos en campo se hicieron discos foliares de 7 y 4 cm de diámetro, estos últimos fueron desinfectados en una solución de hipoclorito de sodio al 0.1 por ciento y enjuagadas por un tiempo de tres minutos en agua estéril.

Una vez que las hojas secaron, se colocaron en placas de Petri conteniendo medio agar-agua. Para el ensayo con discos foliares de 7 cm de diámetro se utilizaron 3 placas por tratamiento, colocando un disco foliar en cada placa (figura 5). Para el ensayo con discos de 4 cm se utilizaron 4 placas por tratamiento, colocando 2 discos foliares en cada una (figura 6).

La inoculación de los discos foliares se realizó utilizando el método de la torre de sedimentación, en el que primeramente las placas de petri conteniendo los discos foliares fueron colocadas en la bandeja, dentro de la torre de sedimentación y un disco foliar que contenía el inóculo fue colocado en la plataforma correspondiente. Luego se puso en funcionamiento la bomba de vacío por un tiempo de 20 segundos, se rompió el vacío y se contabilizó treinta segundos para la sedimentación de las conidias e inmediatamente fueron retiradas las placas.

3.10.2. Evaluación del desarrollo de *Golovinonyces cichoracearum* en los discos foliares de zapallito italiano cv. Grey Zucchini

Se realizó 7 días después de la inoculación del patógeno, en el que se contabilizó el número de colonias establecidas en los discos foliares de ambos ensayos, utilizándose para esto un microscopio estereoscopio para una mejor visualización.

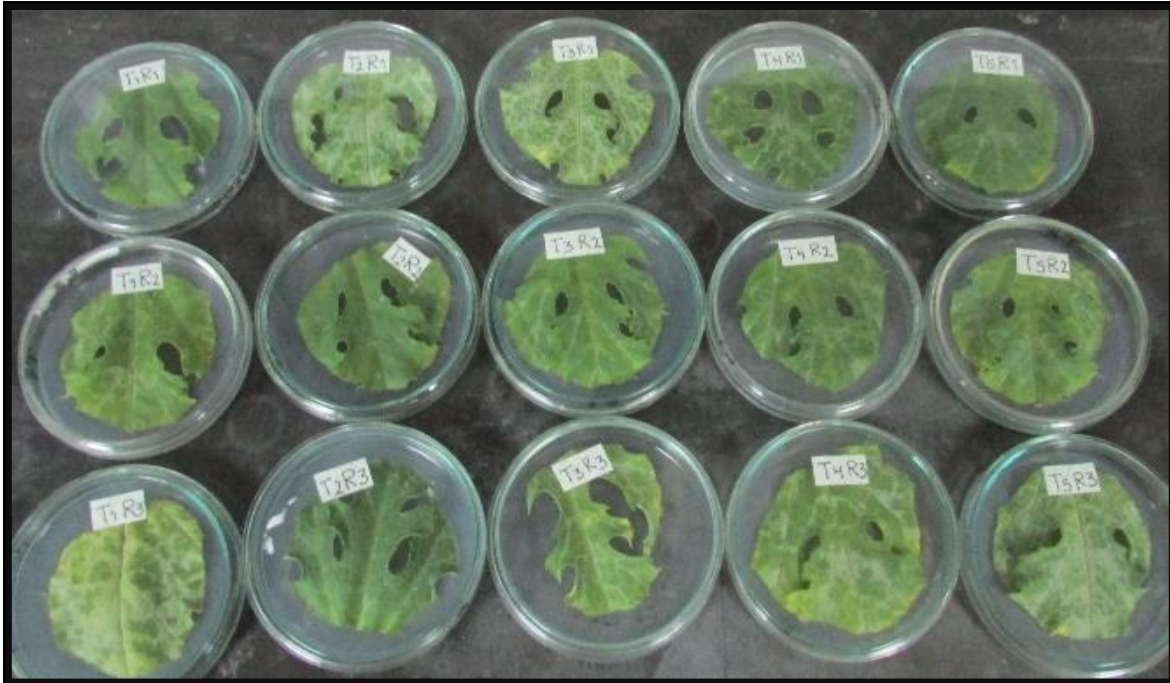


Figura 5: Discos foliares de siete cm de diámetro de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini, utilizados en el ensayo de laboratorio. La Molina, 2014.

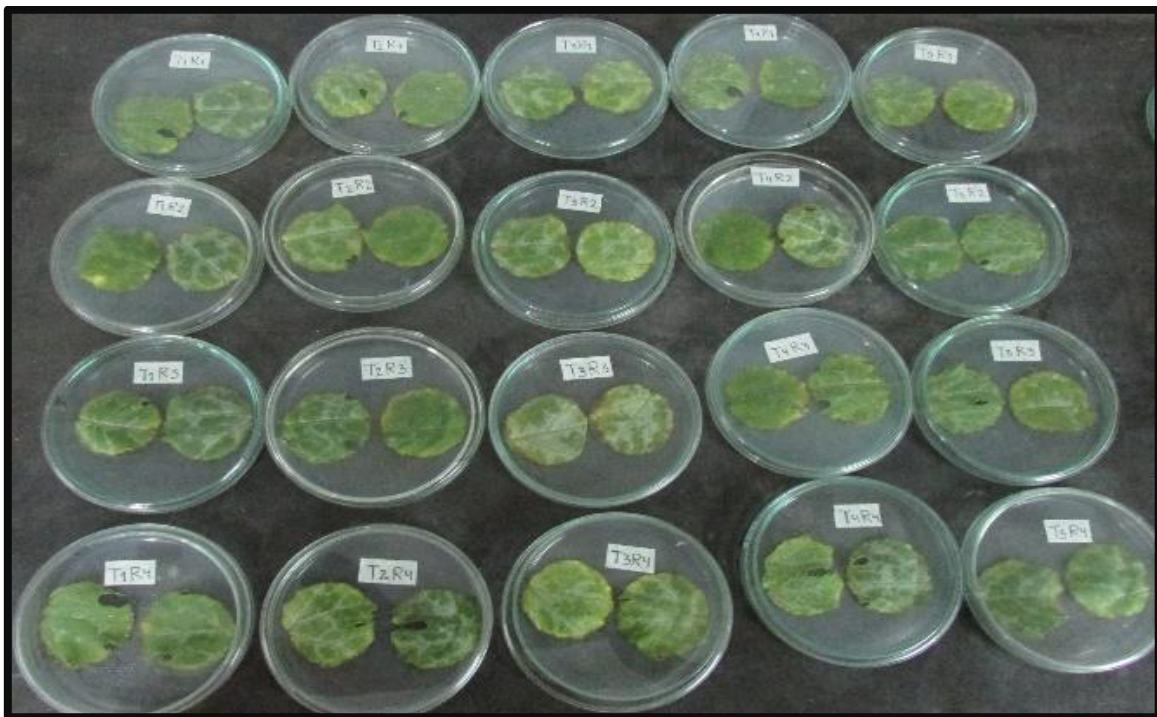


Figura 6: Discos foliares de cuatro cm de diámetro de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini, utilizados en el ensayo de laboratorio. La Molina, 2014.

3.10.3. Eficacia de control de la enfermedad

Con los resultados del promedio de número de colonias establecidas en cada tratamiento se determinó la eficacia del control de la enfermedad, se utilizó la fórmula de Abbott (1925):

$$E = \left(\frac{IT - it}{IT}\right)100$$

Donde:

E: Eficacia de control

IT: Infección del testigo

it: Infección en tratamiento

3.10.4. Diseño estadístico para la prueba *in vivo*

Para los dos ensayos realizados en laboratorio se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres y cuatro repeticiones por cada tratamiento (placa Petri) para los ensayos con discos grandes y pequeños respectivamente. Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significación de 0.05 para la variable número de colonias por disco foliar, evaluadas seis días después de la inoculación.

3.11. EVALUACION EN CAMPO

A los 12 días después de haber realizado la segunda fertilización de los tratamientos, todas las plantas fueron llevadas a las instalaciones del laboratorio de Fitopatología de la Universidad Agraria La Molina, lugar donde se realizó la inoculación del patógeno *Golovinomyces cichoracearum* utilizando la torre de sedimentación como método de inoculación.

La inoculación se hizo poniendo las plantas sobre la bandeja y el disco foliar de 17 cm de diámetro infectado al 100% con *Golovinomyces cichoracearum* en la plataforma del inóculo dentro de la torre de sedimentación, se puso en funcionamiento la bomba de vacío por un tiempo de 20 segundos, luego se rompió el vacío quitando la tapa superior de la torre y a partir de ese instante se contabilizó 30 segundos para retirar las plantas de la bandeja. Luego de 24 horas, éstos fueron llevados nuevamente a campo.

3.11.1. Variables evaluadas en campo

A. Evaluación del desarrollo de la enfermedad

- **Severidad de la enfermedad (%)**

Se realizaron seis evaluaciones en total (Cuadro 3), estas se hicieron visualmente cada tres días después de la inoculación, para ello se marcaron tres hojas, cada una en los tercios inferior, medio y superior de cada planta, en todas las repeticiones de los tratamientos de la investigación y se expresó en porcentaje (%).

Cuadro 3: Fechas en las que se realizó la evaluación del patógeno *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

N° DE EVALUACION	DIAS DESPUES DE LA INOCULACION	FECHA
1° evaluación	3	01 de marzo del 2014
2° evaluación	6	04 de marzo del 2014
3° evaluación	9	07 de marzo del 2014
4° evaluación	12	10 de marzo del 2014
5° evaluación	15	13 de marzo del 2014
6° evaluación	19	17 de marzo del 2014

- **Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

Con los datos obtenidos de severidad de *Golovinomyces cichoracearum* de cada unidad experimental se obtuvo el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante la fórmula.

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y(i+1) + Y_i}{2} \right) (T(i+1) - T_i)$$

Donde:

Y_i: Porcentaje de área foliar afectada por *Golovinomyces cichoracearum* el día i

Y_{i+1}: % área foliar afectada por *Golovinomyces cichoracearum* el día i + 1

$T(i+1) - T_i$: Número de días transcurridos entre evaluaciones

n: Número total de evaluaciones

i: día de la evaluación.

- **Eficacia de control de la enfermedad**

Con los resultados del área bajo la curva de progreso de la enfermedad obtenidos en cada tratamiento se determinó la eficacia del control de la enfermedad, se utilizó la fórmula de Abbott (1925):

$$E = \left(\frac{IT - it}{IT} \right) 100$$

Donde:

E: Eficacia de control

IT: Infección del testigo

it: Infección en tratamiento

- **Análisis de correlación**

Para explicar el comportamiento de la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en función de la variable dosis de fertilización con azufre, se realizó la estimación del coeficiente de determinación de la regresión lineal.

B. Evaluación de variable biométrica

- **Peso seco de planta**

Cada planta se colocó en bolsa de papel, debidamente identificadas y se secó en una estufa a una temperatura de 60 °C durante tres días consecutivos. Finalmente, se pesó cada planta expresándose en gramos (g).

3.11.2. Diseño estadístico para la evaluación en campo

El diseño experimental que se utilizó fue el diseño completamente al azar (DCA) con ocho repeticiones por tratamiento, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significación de 0.05 para las variables evaluadas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL MEJOR MÉTODO DE INOCULACIÓN

- **Comparación de la uniformidad de sedimentación de conidias**

En el cuadro 4, se muestran los resultados de la comparación de pruebas de los métodos de inoculación para *Golovinomyces cichoracearum*, en donde se puede observar que el método de inoculación que logró uniformidad en la dispersión de conidias fue mediante el empleo de la Torre de sedimentación, ya que obtuvo un número homogéneo de conidias contadas por cm^2 , cuyo rango es de 160 y desviación típica de 58.8, mientras que el método de pincel tiene un rango de 2832 con desviación típica de 721.

En la figura 7, se muestra el diagrama de caja en donde se observa que, utilizando el pincel como método de inoculación, la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución se encuentran entre 230 y 1525 mientras que utilizando la torre de sedimentación estos valores son 1219 y 1300. Es decir, la variación de conidias sedimentadas para una determinada área, es menor utilizando la torre de sedimentación.

Además, se pudo apreciar en el estereoscopio que, utilizando el pincel como método de inoculación, la deposición de las conidias es grupal a diferencia del método de la torre de sedimentación en donde se observó una conidia por sitio, proporcionando una mejor uniformidad.

Schein, mencionado por Francisco JB et al. (1988) menciona la importancia de una inoculación uniforme de patógenos para una evaluación cuantitativa en ensayos biológicos. Motivo por el cual para esta investigación se utilizará como método de inoculación la torre de sedimentación.

Cuadro 4: Valores estadísticos descriptivos del número de conidias por cm² en los dos métodos de inoculación. La Molina, 2014.

Estadísticos descriptivos	Método de inoculación	
	Pincel	Torre de sedimentación
Valor mínimo	0	1190
Valor máximo	2832	1350
Rango	2832	160
Desviación típica	721	58.8

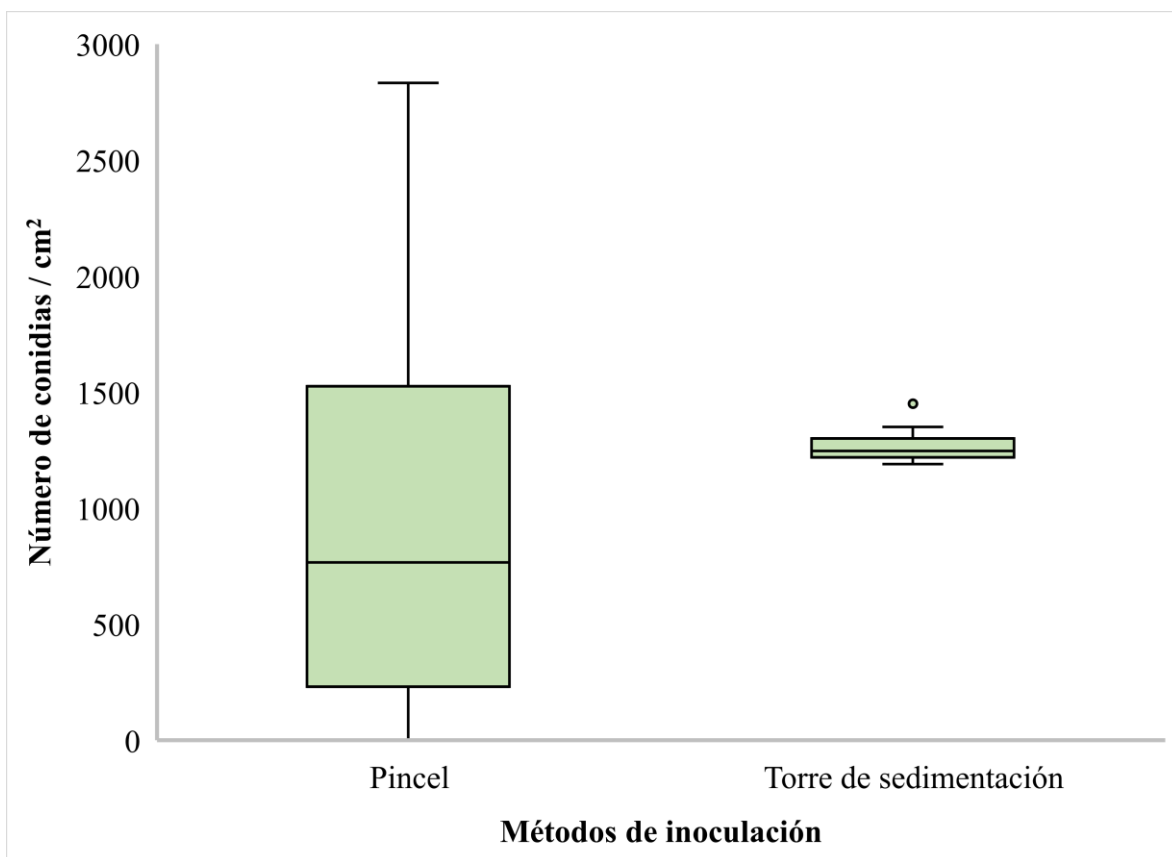


Figura 7: Comparativo de diagrama de cajas entre los métodos de inoculación con pincel y torre de sedimentación. La Molina, 2014.

4.2. EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE *Golovinomyces cichoracearum* EN HOJAS DE ZAPALLITO ITALIANO

4.2.1. Evaluación del desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en discos foliares de Zapallito italiano

- **Numero de colonias establecidas en discos de 4 cm de diámetro**

No se llegaron a observar resultados debido a que los discos foliares a los cuatro días después de realizar la instalación se pusieron amarillos terminando rápidamente en una necrosis general del disco foliar, tiempo que fue insuficiente para el desarrollo de *G. cichoracearum*, que por ser un hongo biótrofo necesita de células vivas, pues la aparición de los síntomas es normalmente de 3 a 7 días desde la infección a partir de la infección.

Alvares y Torés JA. (1997) agregaron distintas fuentes de carbono al medio de cultivo, en donde se logró mantener verde hasta por 30 días los cotiledones de *Cucumis sativus*, por lo que pudieron soportar un mejor crecimiento de *Sphaerotheca fuliginea*. En esta investigación sólo se usó como medio agar-agua motivo por el cual los discos foliares se necrosaron rápidamente.

- **Número Colonias establecidas en discos foliares de 7 cm de diámetro**

Los resultados se muestran en la figura 8, en el que se indica el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de colonias de *Golovinomyces cichoracearum* en los discos foliares. El tratamiento T1 (232 ppm de azufre) es el que muestra menor número de colonias establecidas seguido del tratamiento T2. El tratamiento testigo fue el que mostró mayor número de colonias establecidas por disco foliar.

Al realizarse la prueba de Tukey para un nivel de 0.05, se determinó que el análisis de varianza para este ensayo es de alta significancia con un coeficiente de variación de 6.8 (anexo 15) aceptable para ensayos en laboratorio.

En la figura 9 se observa un comparativo entre los tratamientos 10 días después de realizar la inoculación del ensayo, en el que se puede visualizar que los tratamientos con menor dosis de azufre muestran mayor susceptibilidad al ataque del patógeno debido a que se observa una mayor cantidad de área foliar necrosada a diferencia del tratamiento T1 (232 ppm de azufre)

en el que sólo se visualiza clorosis del disco foliar. Probablemente sea debido a que algunas isoformas de proteínas ricas en azufre como la tionina y defensina que presentan estructuras complejas, contribuyen a los sistemas de defensa constitutivos ya sea estructurales o químicos.

Cuadro 5: Número de colonias establecidas, prueba de Tukey y porcentaje de control de *Golovinomyces cichoracearum* en discos foliares de siete cm de diámetro de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamientos		N° de colonias establecidas en cada disco foliar				Nivel de signif. (*)	Eficacia (%)
		R1	R2	R3	Promedio		
T1	232 ppm S	21	20	20	20.3	d	55.5
T2	116 ppm S	31	35	29	31.7	c	30.7
T3	58 ppm S	37	35	36	36	bc	21.2
T4	29 ppm S	40	42	42	41.3	ab	9.5
T5	Testigo	42	50	45	45.7	a	0

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

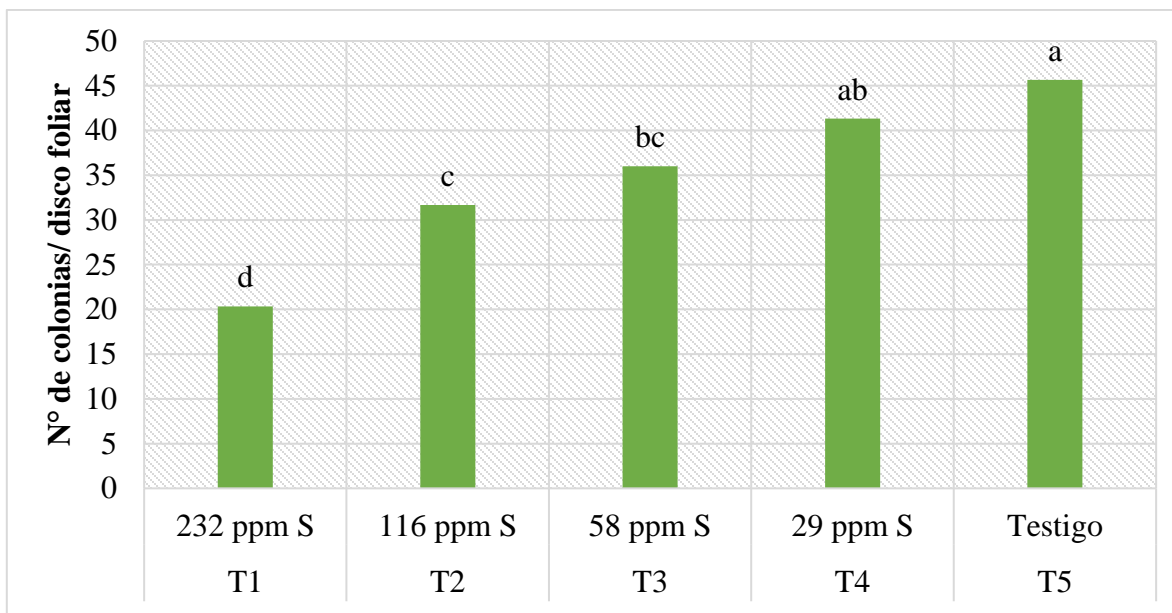


Figura 8: Número de colonias de *Golovinomyces cichoracearum* desarrolladas en discos foliares de 7 cm de diámetro de zapallito italiano cv. Grey Zucchini con diferentes tratamientos. La Molina, 2014

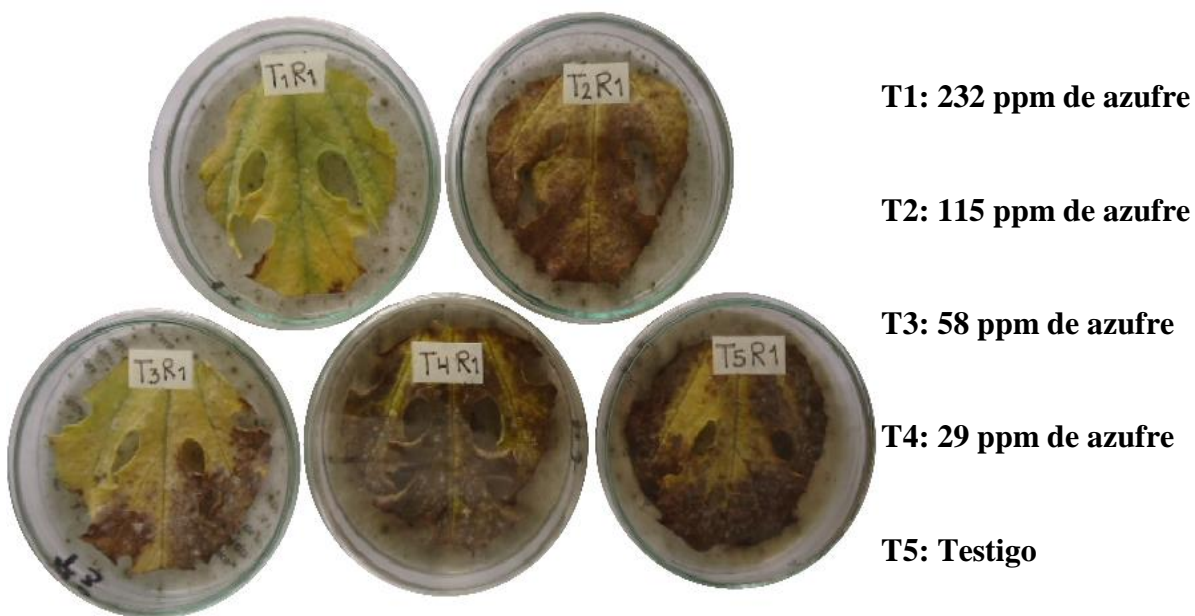


Figura 9: Comparativo entre tratamientos evaluados en laboratorio en el ensayo contra *Golovinomyces cichoracearum* al término del ensayo. La Molina, 2014.

- **Eficacia de control de la enfermedad en laboratorio**

En la figura 10, se observa la eficacia en el control de *Golovinomyces cichoracearum*. El tratamiento que presenta mayor eficacia sobre el desarrollo de la enfermedad es el tratamiento T1 (232 ppm de azufre) con 55%, seguido del tratamiento T2 (115 ppm de azufre) con 30.7%, luego el Tratamiento T3 (58 ppm de azufre) con 21.2% y finalmente el T4 (29 ppm de azufre) con 9.5%, todos con respecto al testigo.

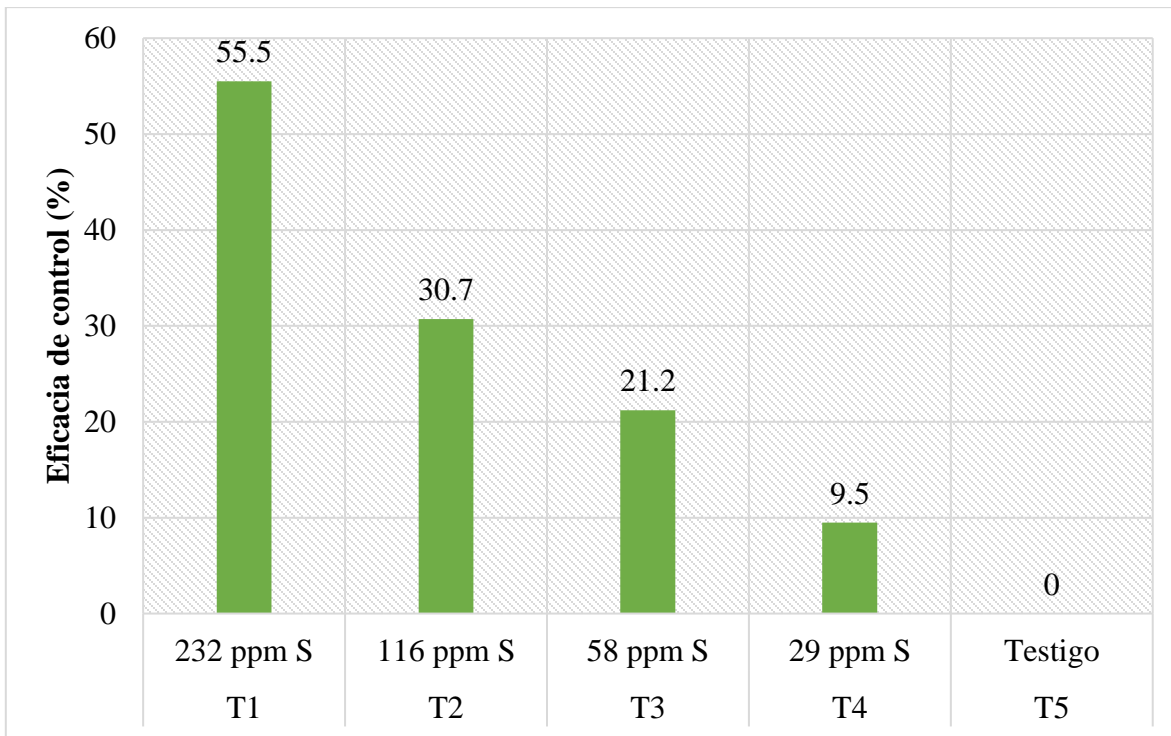


Figura 10: Porcentaje de eficacia de control de los cinco tratamientos evaluados en el ensayo contra *Golovinomyces cichoracearum* en discos foliares de Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

4.3. EVALUACIÓN EN CAMPO

4.3.1. Evaluación del desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum*

- **Severidad de la enfermedad (%)**

El patógeno se observó 6 días después de la inoculación, siendo con mayor intensidad en el haz y en el tercio inferior del cultivo.

En el cuadro 6 y figura 11 se muestra la curva de progreso de la enfermedad para el tercio superior, medio e inferior, desarrollada por cada tratamiento efectuado. En estas se puede observar que la aparición y desarrollo de la enfermedad es más rápido en el tercio inferior y medio, pudiéndose observar después de tres días y llegando a un 100% de severidad doce días después de realizar la inoculación, en cambio en el tercio superior la enfermedad se pudo observar nueve días y con un 100% de severidad 15 días después de la inoculación para los tratamientos T4 y T5 y 19 días después de la inoculación para los tratamientos T1, T2 y T3.

Durante la investigación, el patógeno tuvo condiciones de humedad y temperatura favorables para su desarrollo; según Yarwood (1936); no encontró efecto de la humedad relativa en el desarrollo del hongo, pues este emitía oidias igualmente a 100% como a 0% de humedad relativa. Además, Yarwood (1957), afirma que el género oídium posee rangos óptimos de 11°C a 28°C, con promedio cercanos a 22°C, por lo tanto, los datos climatológicos establecidos en el periodo de evaluación se encuentran dentro de los rangos establecidos por dicho autor.

Según los resultados de la evaluación se observa que el desarrollo de la enfermedad es más rápido en los tercios medio e inferior que en el tercio superior, sobre esto Yarwood (1957), considera que el oídium es favorecido por reducida circulación del aire, esto puede deberse a un incremento de humedad local, acompañado de disminución de temperatura y luz. Además, Roberts y Boothroyd (1978), afirma que la gravedad de la enfermedad está afectada no solamente por el medio ambiente, sino también por la edad de la hoja. Las hojas son más sensibles dos o tres semanas después de desplegarse, las hojas muy jóvenes parecen ser inmunes.

Cuadro 6: Datos de la severidad de la enfermedad (%) evaluados en cada tercio en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

	TRATAMIENTOS		0ddi	3ddi	6ddi	9ddi	12ddi	15ddi	19ddi
TERCIO SUPERIOR	T1	232 ppm S	0.0	0.0	0.0	0.4	18.5	76.25	100
	T2	116 ppm S	0.0	0.0	0.0	0.4	33.1	87.5	100
	T3	58 ppm S	0.0	0.0	0.0	1.5	27.5	90	100
	T4	29 ppm S	0.0	0.0	0.1	1.5	45.0	96.25	100
	T5	Testigo	0.0	0.0	0.3	2.5	53.8	96.25	100
TERCIO MEDIO	T1	232 ppm S	0.0	0.0	25.0	53.1	96.3	100	100
	T2	116 ppm S	0.0	0.0	42.5	68.1	98.8	100	100
	T3	58 ppm S	0.0	0.0	50.6	68.8	97.5	100	100
	T4	29 ppm S	0.0	0.0	52.5	74.4	98.8	100	100
	T5	Testigo	0.0	0.0	61.9	81.9	100	100	100
TERCIO INFERIOR	T1	232 ppm S	0	0	49.3	70	100	100	100
	T2	116 ppm S	0	0	60	83.1	100	100	100
	T3	58 ppm S	0	0	63.1	81.2	100	100	100
	T4	29 ppm S	0	0	69.3	88.7	100	100	100
	T5	Testigo	0	0	70.6	95	100	100	100

*ddi: días después de la inoculación

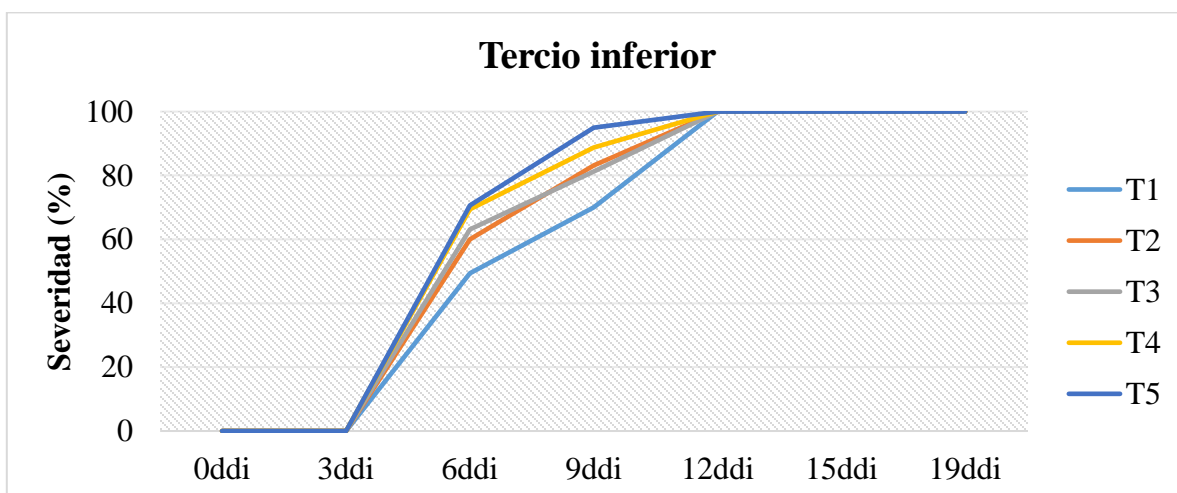
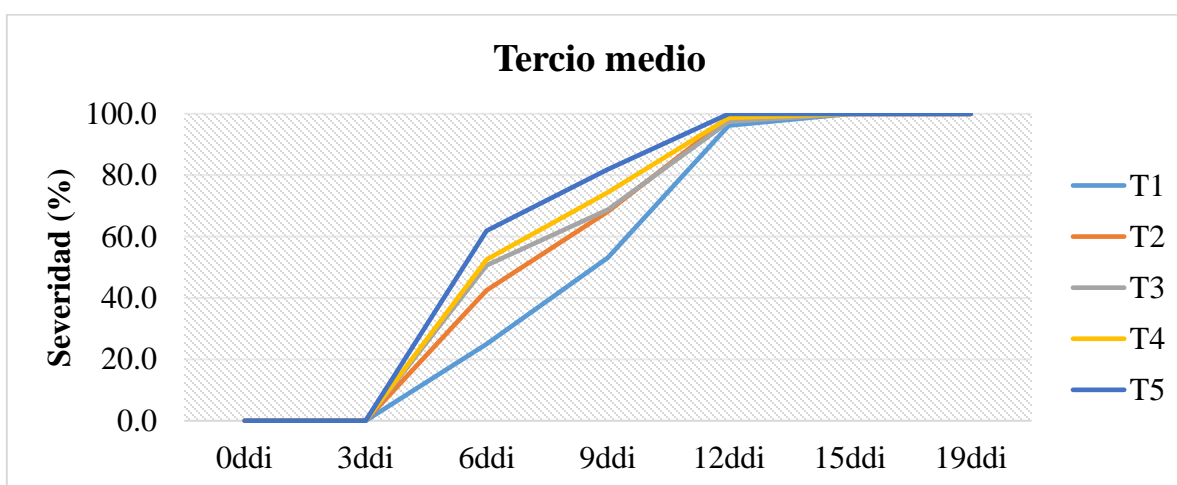
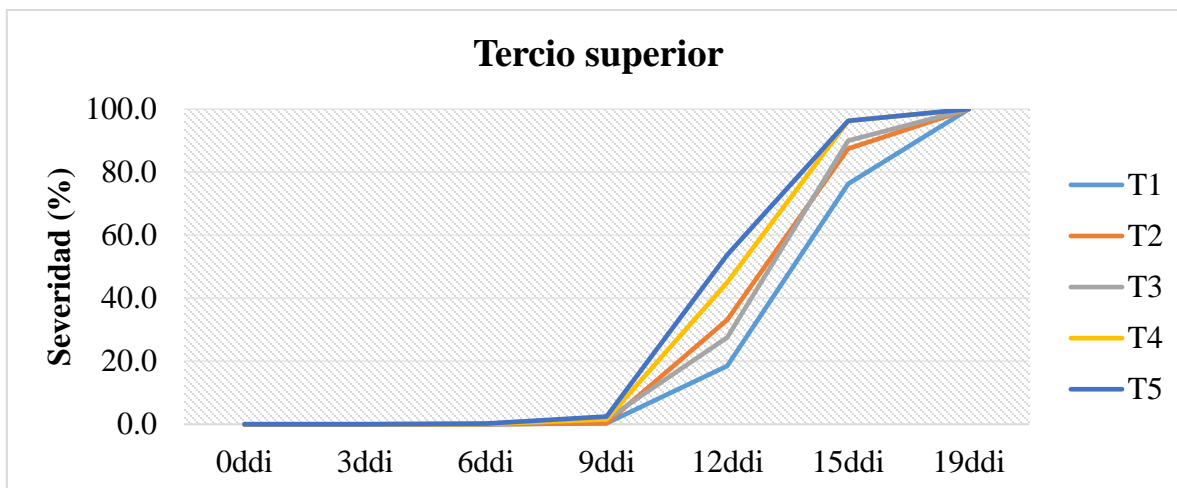


Figura 11: Curva del progreso de la enfermedad causado por *Golovinomyces cichoracearum* en los tercios superior, medio e inferior del cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini evaluado en los diferentes tratamientos del ensayo. La Molina, 2014.

- **Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

Para determinar las diferencias entre los tratamientos se comparó el ABCPE de cada tercio, para ello se empleó la prueba de rangos múltiples de Tukey y con un análisis de varianza en el que el nivel de significancia es menor a 0.05. El análisis de varianza efectuado para estas variables nos da un coeficiente de variación de 11.908, 4.702, 3.503 por ciento para el ABCPE tercio superior, medio e inferior respectivamente, el cual es aceptable para un experimento realizado en las condiciones controladas.

A lo largo del desarrollo de la enfermedad, las ABCPE (cuadro 7 y figura 12) de los tratamientos en los que se aplicó azufre como fertilizante tienen un valor menor con respecto al tratamiento testigo, debido probablemente a la influencia del azufre sobre los metabolitos que contienen azufre como cisteína, glutatión, fitoalexinas y glucosinolatos que están vinculados a fenómenos de resistencia a enfermedades. Asimismo, se puede observar que el tratamiento T1 (232 ppm S) es el único tratamiento que muestra diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos en los tres tercios del cultivo.

En la curva de progreso de la enfermedad total (Fig. 13) se observa que el incremento de la enfermedad en todos los tratamientos empieza tres días después de la inoculación, con la diferencia que el avance es más lento para los tratamientos que tienen mayor dosis de azufre en la fertilización.

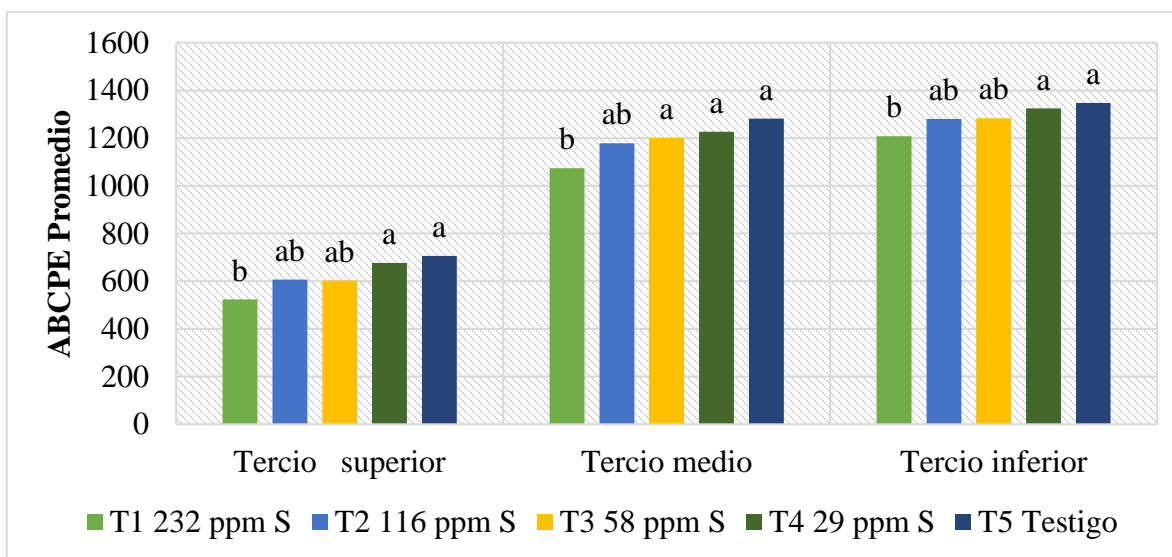
Dubuis P - H. (2004) menciona que hay dos formas principales para explicar porque las plantas con deficiencia de azufre se vuelven más susceptibles a patógenos. En primer lugar, el aumento de la susceptibilidad es causada por el efecto específico de deficiencia de azufre en la acumulación de compuestos de defensa que contienen azufre como fitoalexinas, glucosinolatos y polipéptidos anti fúngicos ricos en cisteína que desempeñan un papel predominante en la resistencia a patógenos. En segundo lugar, la deficiencia de azufre conduce a una reducción de la aptitud general y debilitamiento global de la planta, causando susceptibilidad general al estrés.

Cuadro 7: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) promedio y prueba de Tukey por tratamiento evaluado en cada tercio en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamientos	TERCIO SUPERIOR		TERCIO MEDIO		TERCIO INFERIOR	
	PROMEDIO	NS *	PROMEDIO	NS *	PROMEDIO	NS *
T1 232 ppm S	523.5	b	1073	b	1208	b
T2 115 ppm S	606.8	ab	1178	ab	1279	ab
T3 58 ppm S	602	ab	1201	a	1283	ab
T4 19 ppm S	676.8	a	1227	a	1324	a
T5 0ppm S	706.4	a	1281	a	1347	a

NS: nivel de significancia

* Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)



a y b: Agrupamiento según Tukey

Figura 12: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) promedio por tratamiento evaluado en cada tercio en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014

Cuadro 8: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) promedio por tratamiento, evaluado en cada planta en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

TRAT		3 ddi	6 ddi	9 ddi	12 ddi	15 ddi	19 ddi	Total (*)	Eficacia de control (%)	
T1	232 ppm S	0	111.6	296.8	507.4	736.5	1153	2804.8	c	15.9
T2	116 ppm S	0	153.8	381.2	575.3	779.1	1175	3064.3	b	8.1
T3	58 ppm S	0	170.6	397.9	564.8	772.5	1180	3085.8	b	7.5
T4	29 ppm S	0	183.0	429.9	612.6	810.0	1193	3228.0	ab	3.2
T5	Testigo	0	199.1	468.2	649.7	825	1193	3334.5	a	0.0

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

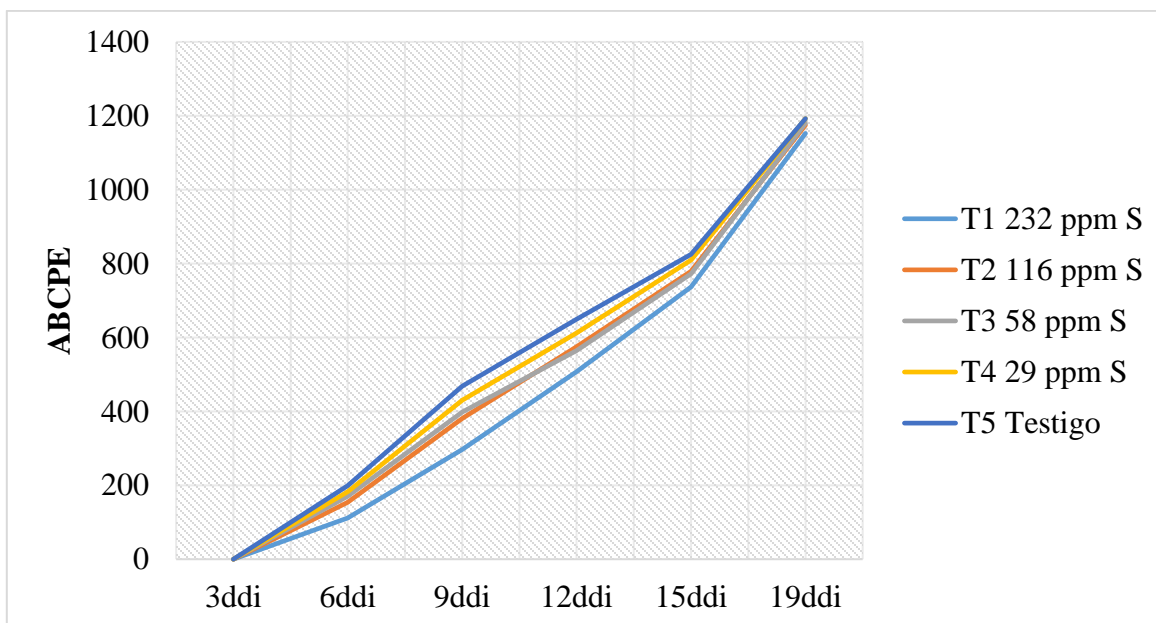


Figura 13: Curvas de progreso de la enfermedad causado por *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini evaluado en los diferentes tratamientos del ensayo. La Molina, 2014.

El análisis de variancia efectuado para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) total nos indica que existe diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados cuyos resultados se presentan en el cuadro 8 y figura 14 en donde se observa que el tratamiento T1 (232 ppm de azufre) presenta diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.

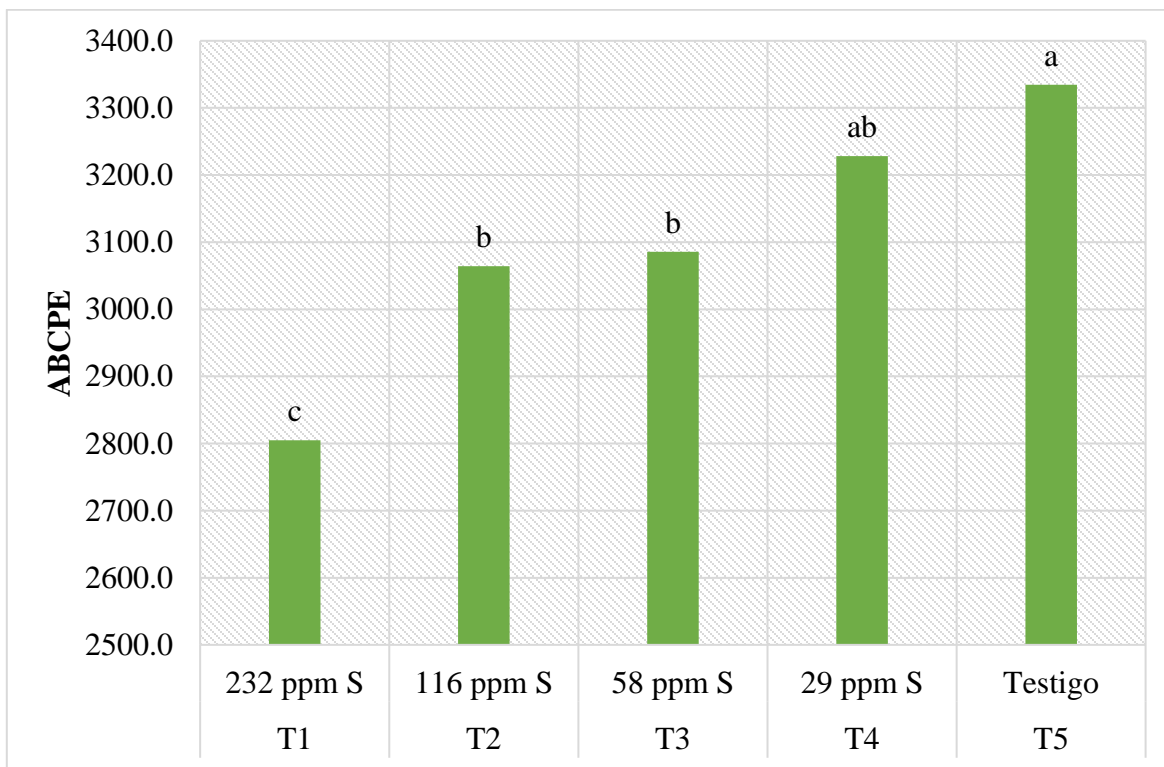


Figura 14: ABCPE total causado por *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini evaluado en los diferentes tratamientos del ensayo. La Molina, 2014.

- **Eficacia de control**

Con los resultados del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) se obtuvo el porcentaje de control de la enfermedad. Estos datos se observan en el cuadro 8 y figura 15 en el que se obtuvo un mayor control de la enfermedad en el tratamiento T1 (15.9 %), seguido del T2 con 8.1 %, luego el tratamiento T3 con 7.5% y finalmente el tratamiento T4 con 3.2% de control con respecto al testigo

Estos resultados de control de la enfermedad coinciden con lo reportado por Haneklaus et al. (2006), en donde la fertilización con azufre produjo una reducción del índice de enfermedad entre 5 – 50% y de 17 – 35% de efecto en experimentos de invernadero y campo respectivamente.

Los tratamientos con mayor dosis de azufre fueron los que tuvieron un mayor control de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano debido a que el azufre es uno de los macroelementos que juega un papel importante en la defensa de la planta frente a patógenos. Según Salac (2005) y Salac et al. (2005) señalan que la fertilización con azufre ha demostrado que aumenta significativamente no solo el estado nutricional de la planta, sino también el contenido de los metabolitos que contienen azufre que están relacionados con el estrés tales como la cisteína, GSH y H₂S.

Pierre – Henri Dubuis (2004) observó que el tamaño de las lesiones causadas por *Leptosphaeria maculans*, *Botrytis cinerea* y *Phytophthora brassicae* en cultivares de *Brassica napus* están claramente afectadas por el estado de azufre en la planta. En el tratamiento que incluye azufre en la dosis de fertilización la lesión necrótica estaba rodeada por un círculo negro que define claramente el final de la lesión sin embargo para el tratamiento sin azufre la lesión se expandió ampliamente.

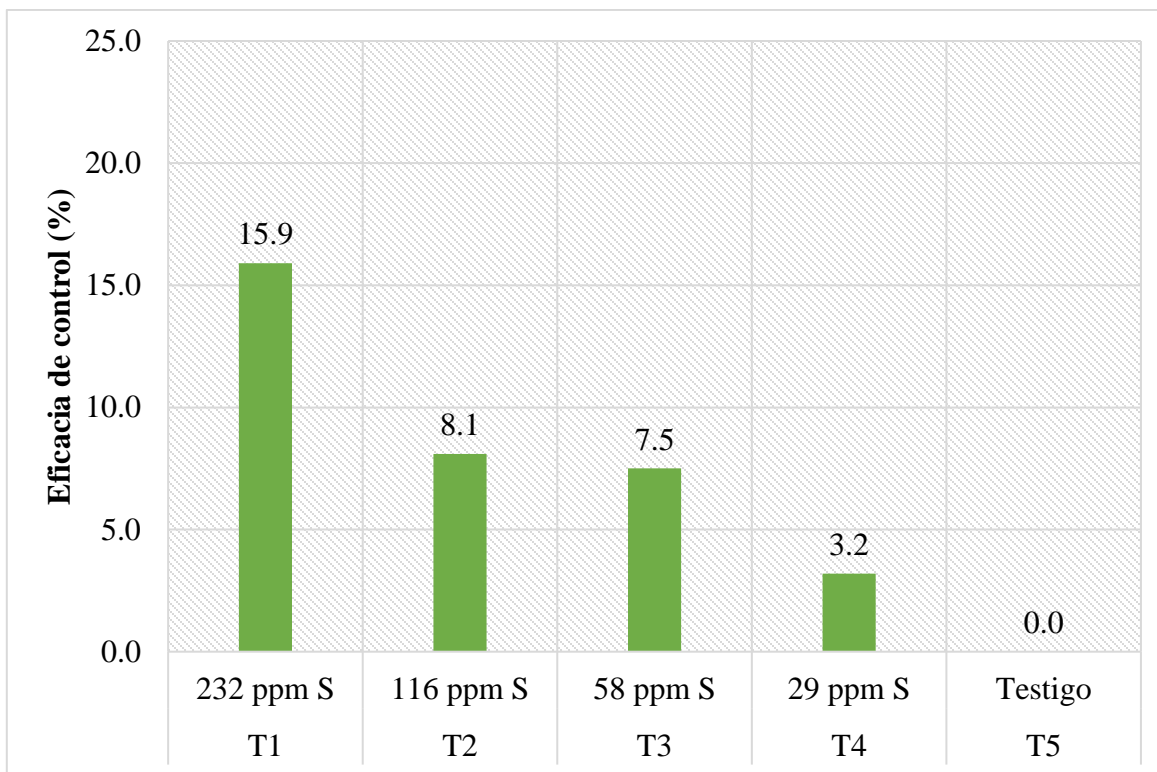


Figura 15: Porcentaje de eficacia de los cinco tratamientos evaluados en el ensayo contra *Golovinomyces cichoracearum* en Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

- **Análisis de correlación**

De acuerdo a la figura 16, se observa la regresión dada por el promedio del área bajo la curva de progreso de la enfermedad de las repeticiones en cada tratamiento cuyos valores se muestran en el cuadro 10, en donde una relación inversa entre el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y la dosis de azufre (ppm). Quiere decir, que conforme se incremente las dosis de fertilización con azufre, la severidad de la enfermedad decrece con una tasa negativa de 2.1183. Esto es explicado por un alto coeficiente de correlación ($r^2=0.94$)

Cuadro 9: ABCPE total por tratamiento evaluado en el ensayo de efecto de fertilizantes con azufre en el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

TRATAMIENTOS		ABCPE								ABCPE
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Promedio
T5	Testigo	3519	3255	3278	3330	3483	3444	3342	3025	3335
T4	29 ppm de Azufre	3090	3079	3351	3220	2995	3309	3570	3210	3228
T3	58 ppm de Azufre	3060	3240	3035	3130	2980	3126	2905	3210	3086
T2	116 ppm de Azufre	2905	3035	3204	2945	3205	2815	3180	3225	3064
T1	232 ppm de Azufre	2920	2539	2935	2775	2620	2735	2880	3034	2805

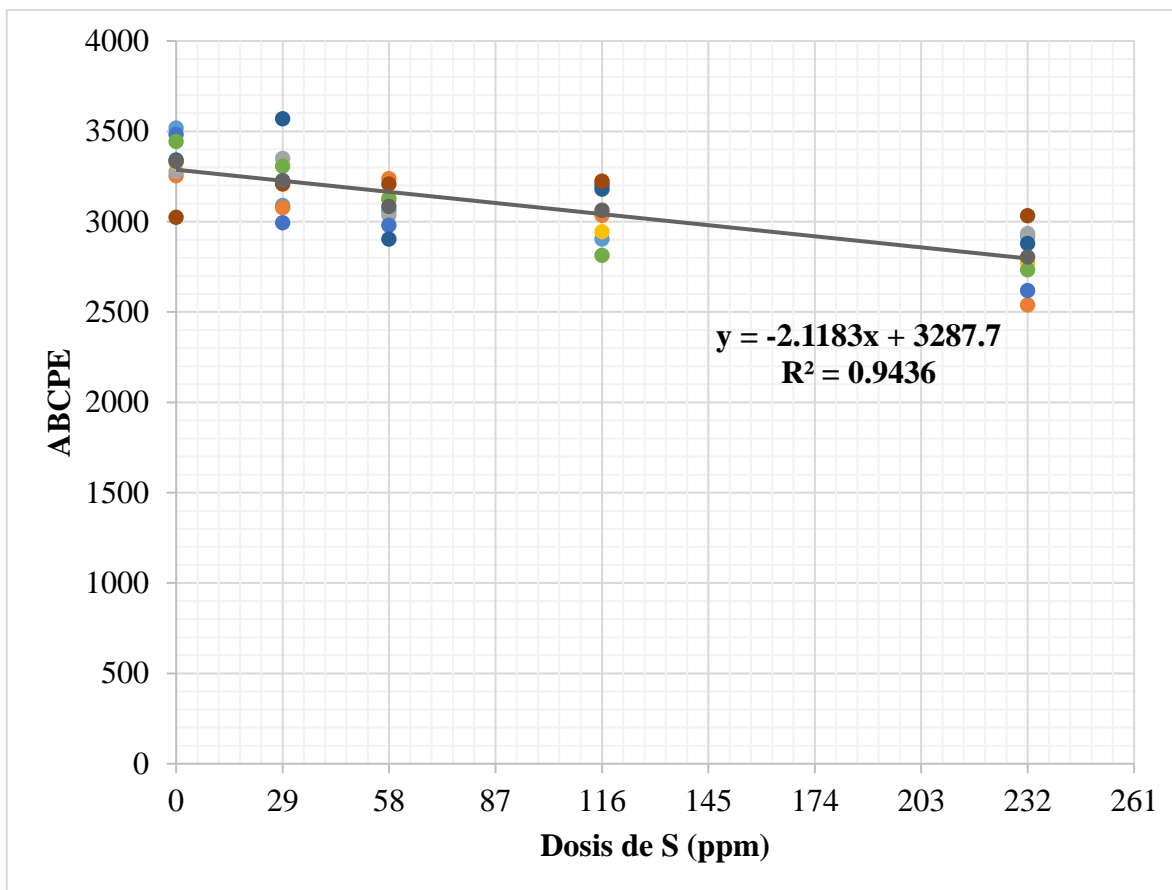


Figura 16: Regresión y coeficiente de determinación entre ABCPE promedio y dosis de azufre aplicadas en el ensayo en el cultivo de zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

4.3.2. Evaluación de variable biométrica

- **Peso seco**

En el cuadro 10 y figura 17 se presentan los resultados de la evaluación realizada para el peso seco de la planta (g) al término del ensayo.

El análisis de variancia nos indica que no existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Rasheed, mencionado por Alu K. et al. (2012) En donde se encontró respuestas significativas a las adiciones de 10 y 20 kg de S/ha de maíz en suelos deficientes de azufre. Asimismo, Alu K. et al. (2012) encontró que en algunos suelos no hubo respuesta estadísticamente significativa a ninguna tasa de aplicación de azufre mientras que en otros suelos fue suficiente la aplicación de 10 ppm de azufre para encontrar una respuesta significativa en el aumento de peso seco en esquejes de camote.

Cuadro 10: Efecto de los cinco tratamientos en el peso seco (g) evaluados en el ensayo contra *Golovinomyces cichoracearum* en Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014

Tratamientos		Peso seco (g) *	Nivel de significancia (*)
T1	232 ppm S	24.2	a
T2	116 ppm S	17.6	a
T3	58 ppm S	19.1	a
T4	29 ppm S	16.4	a
T5	Testigo	19.6	a

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

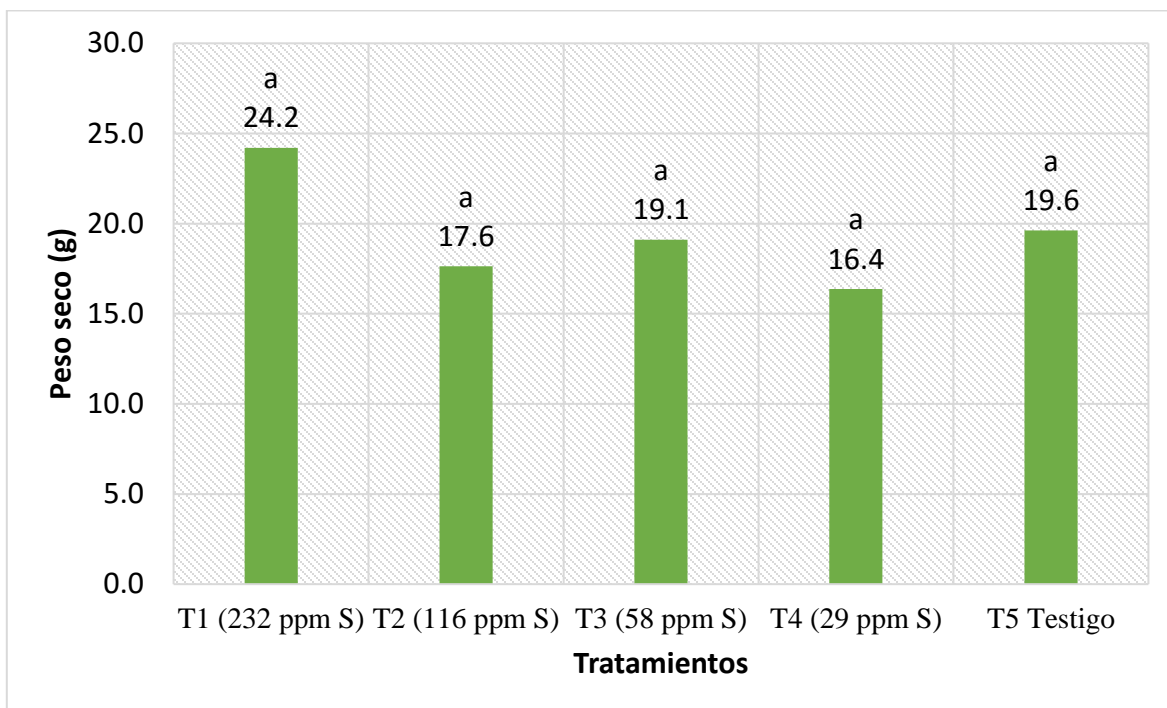


Figura 17: Efecto de los tratamientos en el peso seco (g) en el ensayo contra *Golovinomyces cichoracearum* en Zapallito italiano cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el trabajo de investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que:

1. La fertilización con azufre logró reducir el desarrollo de *Golovinomyces cichoracearum* en el cultivo de zapallito italiano (*cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini, teniendo así que para la dosis de 232 ppm de azufre se tuvo una eficacia en el control de 55.5 y 15.9 % para los ensayos evaluados en laboratorio y campo respectivamente.
2. El mejor método de inoculación de *Golovinomyces cichoracearum* para ensayos realizados en invernadero es la torre de sedimentación por presentar menor variabilidad en el número de conidias sedimentadas por área y mayor homogeneidad en la dispersión de éstas.
3. Existe una correlación lineal negativa entre el área bajo la curva de progreso de la enfermedad y las dosis de azufre aplicadas como fertilizante; es decir, a medida que aumenta la cantidad de azufre aplicado en la fertilización el desarrollo de la enfermedad es menor.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda repetir el trabajo experimental en condiciones de campo abierto, con la finalidad de evaluar el efecto de las diversas dosis de azufre con la interacción del suelo.
- Realizar un ensayo con las mismas dosis de fertilización con azufre en otros cultivos y para otro patógeno.
- Realizar ensayos de inoculación con torre de sedimentación con la finalidad de ajustar el tiempo de funcionamiento de la bomba de vacío y así lograr una menor cantidad de conidias por cm^2 al momento de la inoculación.
- Realizar ensayos en laboratorio utilizando otros medios de cultivo con el fin de alargar la vida de los discos foliares y favorecer el desarrollo del patógeno.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Abbot, WS. (1925). A method for computing the effectiveness of the insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265 - 267
2. Agrios, GN. (1978). *Plant Pathology*. Academic Press. 2da. Edit. U.S.A.
3. Agrios, GN. (2002). *Fitopatología*. Segunda edición. 838 pp.
4. Alu K; Rajashekhar BK; Bailey JS. (2012). Effects of sulfur fertilization on growth response of sweetpotato vines. Department of agricultura, Papua, New Guinea. Vol. 4, 52-57
5. Álvarez, B; Torés, JA. (1997). Cultivo *in vitro* de *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. Ex Fr.), efecto de diferentes fuentes de carbono sobre su desarrollo. consultado el 23 de marzo del 2016 disponible en:

http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas
6. Bazán de Segura, C. (1965). *Enfermedades de los cultivos tropicales y sub tropicales*. Editorial José de Segura. Lima, Perú. 438 p.
7. Bloem, E; Haneklaus, S; Salac, I; Wickenhauser, P; Schnug, E. (2007). "Facts and fiction about sulfur metabolism in relation to plant-pathogen interactions". *Plant Biol (Stuttg)*. 9 (5): 596-607.
8. Bolchi, A; Petrucco, S; Tenca, PL; Foroni, C y Ottonello, S. (1999). "Coordinate modulation of maize sulfate permease and ATP sulfurylase mRNAs in response to variations in sulfur nutritional status: stereospecific down-regulation by Lcysteine". *Plant Mol Biol*. 39 (3): 527-537.
9. Booth, EJ; Walker, KC; Schnug, E. (1991). Effect of site, foliar sulphur and nitrogen application on glucosinolate content and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Proc. Sth Int. Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada, pp 567-572.
10. Calzada, J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. Editorial y distribuidor Milagros SA. 5ta. Edición. Lima, Perú.

11. Casseres, E. (1966). Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Lima – Perú. 215p.
12. Davelouis, MJ. (1992). Fertilidad del suelo. Segunda edición. Lima – Perú. 129 pp.
13. Dekker, J. (1963). Effect of kinetin on powdery mildew. Nature vol 197: 1027 – 1028.
14. Delgado de la Flor, F; Toledo, J; Ugás, R; Siura, S. (1988). Datos básicos de los cultivos hortícolas, UNALM. Lima – Perú. 105 p.
15. Domínguez, VA. (1997). Tratado de fertilización. Tercera edición. 611 pp.
16. Droux, M. (2004). "Sulfur assimilation and the role of sulfur in plant metabolism: a survey". Photosynth Res. 79 (3): 331-348.
17. Dubuis, P – H. (2004). Effect of sulfur deficiency on the resistance of oilseed rape to fungal pathogens and expression profiling of the glutathione S-transferase family of *Arabidopsis thaliana*. Suiza
18. Francisco, JB; Reifschneider; Boiteux, L. (1988). A Vacuum – Operated Settling Tower for Inoculation de of Powdery Mildew Fungi. Consultado el 15 de enero del 2014. Disponible en:
https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1988Articles/Phyto78n11_1463.pdf.
19. Free, J. (1992). Insect Pollination of Crops. Academic Press, London, England. 95 p.
20. Finch, HC. (1971). Los hongos comunes que atacan a los cultivos en américa latina. San Luis Obispo. California. U.S.A.
21. Gastier, W. (2000). Physiology of crop plants. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. 327p.
22. Giaconi, V. (1989). Cultivos de Hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
23. Gros, A. (1981). Abonos. Guía práctica de Fertilización. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 7ma Edición.

24. Guenkov, G. (1974). Fundamentos de la Horticultura Cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba
25. Gullner, G; Tobias, I; Fodor, J; Komives, T. (1999). "Elevation of glutathione level and activation of glutathione-related enzymes affect virus infection in tobacco". Free Radic Res. 31 Suppl: S155-161.
26. Haneklaus, S; Bloem, E; Schnug, E. (2004). Interaction of sulfur and plant disease. In: Datnoff L et al. (eds) Mineral Elements Plant Disease. APS Press, Minneapolis, MN, USA (in press)
27. Haneklaus, S; Bloem, E; Schnug, E. (2006). Disease control by sulphur induced resistance. Aspect of Applied Biology.
28. Sabino Prates, H; Lavres Junior, J; Ferreira de Moraes, M. (2007). Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. Consultado el 22 de agosto del 2014. Disponible en:

[https://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/3A81C89C1F0AEBAB052572E2006E3F63/\\$file/Azufre+como+Nutriente+y+Agente+de+Defensa+contra+Plagas+y+Enfermedades.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/3A81C89C1F0AEBAB052572E2006E3F63/$file/Azufre+como+Nutriente+y+Agente+de+Defensa+contra+Plagas+y+Enfermedades.pdf)
29. Hell, R. (1997). "Molecular physiology of plant sulfur metabolism". Planta. 202 (2): 138-148.
30. Hilpert, B; Bohlmann, H; Przybyla, D; Miersch, O; Buchala, A; Apel, K. (2001). "Isolation and characterization of signal transduction mutants of Arabidopsis thaliana that constitutively activate the octadecanoid pathway and form necrotic microlesions". Plant J. 26 (4): 435-446.
31. Huber, DM; Watson, RD. (1974). Nitrogen form and plant disease. Annu. Rev. Phytopathol. 12:139-165.
32. Jauch, C. (1979). Patología vegetal. Editorial El Altaneo. Buenos Aires.
33. Kliebenstein, D. (2004). "Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through Arabidopsis thaliana tinted glasses.". Plant Cell Environ. 27: 675-684.

34. Leñano, Fausto. (1978). Hortalizas de fruto – Manual de cultivo moderno. Editorial de Vecchi, Barcelona.
35. Maroto, J. (1986). Horticultura herbácea especial. Editorial mundi prensa, Madrid – España. 185 p.
36. Marschner, H. (1997). Mineral nutrition of higher plants. Second edition. 889 pp.
37. Martinetti, L; Paganini, F. (2006). Effect of organic and mineral fertilisation on yield and quality of zucchini. Act Hort. (ISHS) 700: 125-128
38. Menezes, CB; De Malufi, WR; Azebedo, SM; Faria, MV; Nascimento, IR; Nogueira, DW; Gomes, LA; Bearzoti, E. (2005). Inheritance of parthenocarpy in summer squash (*cucúrbita pepo* L.) Genet. Mol. Res. 4 (1): 39-46
39. Mengel; Kirkby. (1982). Principles of plant nutrition. Publisher International Potash Institute. 623 pp.
40. Navarro, G. (2003). Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda Edición. 432 pp.
41. Papenbrock, J; Riemenschneider, A; Kamp, A; Schulz-Vogt, HN; Schmidt, A. (2007). "Characterization of cysteine-degrading and H₂S-releasing enzymes of higher plants - from the field to the test tube and back". Plant Biol (Stuttg). 9 (5): 582-588.
42. Paris, HS. (1989). Historial records, origins, and development of the edible cultivar groups of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). Econ Bot. 43: 423-443
43. Parsons, DB. (1989). Cucurbitáceas. Manual para Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. México. 56pp.
44. Rausch, T; Wachter, A. (2005). "Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defence operations". Trends Plant Sci. 10 (10): 503-509.
45. Roberts, DA; Boothroyd, CW. (1978). Fundamentos de patología vegetal. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
46. Robinson, RS; Reiners, S. (1999). Parthenocarpy in summer squash. Hort Science., Vol. 34, N° 4: 715-717

47. Salac, I. (2005). Influence of the sulphur and nitrogen supply on S metabolites involved in Sulphur Induced Resistance (SIR) of Brassica napus. Landbauforschung Volkenrode.
48. Salac, I; Haneklaus, S; Bloem, E; Booth, EJ; Sutherland, KG; Walker, KC; Schnug, E. (2005). Sulfur nutrition and its significance for crop resistance – a case study from Scotland. FA L - Agricultural Research.
49. Sanchez, P. (1981). Suelos de Trópico. Característica y manejo. IICA San José, Costa Rica.
50. Sarasola, AA; Rocca de Sarasola, M. (1975). Fitopatología. Curso moderno. Tomo II. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina.
51. Stephens, J. (1990). Manual of Minor Vegetables. Florida Cooperative Extension Service. 123p.
52. Sundhein, L. (1982). Control of cucumber powdery mildew by the hyperparasite *Ampelomyces quisqualis* and fungicidas. Plant Pathology. Vol, 31: 209 – 214.
53. Thomma, BP; Cammue, BP; Thevissen, K. (2002). "Plant defensins". Planta. 216 (2): 193-202.
54. Ugás, R; Siura, S; Delgado de La Flor, F; Casas, A; Toledo, J. (2000). Hortalizas. Datos básicos. UNALM. Lima- Perú 202 p.
55. Vauclare, P; Kopriva, S; Fell, D; Suter, M; Sticher, L; Von Ballmoos, P; Krahenbuhl, U; Brunold, C. (2002). "Flux control of sulphate assimilation in Arabidopsis thaliana: adenosine 5'-phosphosulphate reductase is more susceptible than ATP sulphurylase to negative control by thiols". Plant J. 31 (6): 729-740.
56. Veladez, LA. (1998). Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. Octava reimpresión México.
57. Vidhyasekaran, P. (2000). Physiology of disease resistance in plants. Volume II. CRC Press, Inc.

58. Whitaker, T; G. Davis. (1962). Cucurbita – Botany, cultivation and utilization. Interciencia Publishers INC, New York. 250pp.
59. Wickenhauser, P; Bloem, E; Haneklaus, S; Schnug, E. (2005). Ecological significance of H₂S emissions by plants a literature review. Landbauforschung Volkenrode. Consultado el 7 de diciembre del 2014. Disponible en http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/zi037569.pdf
60. Williams, JS; Hall, SA; Hawkesford, MJ; Beale, MH; Cooper, RM. (2002). Elemental sulfur and thiol accumulation in tomato and defense against a fungal vascular pathogen. Consultado el 7 de diciembre del 2014. Disponible en <http://www.plantphysiol.org/content/128/1/150.full.pdf>.
61. Williams, JS; Cooper, RM. (2004). "The oldest fungicide and newest phytoalexin– a reappraisal of the fungitoxicity of elemental sulphur". Plant Pathol. 53: 263–279.
62. Wirtz, M; Droux, M. (2005). "Synthesis of the sulfur amino acids: cysteine and methionine". Photosynth Res. 86 (3): 345-362.
63. Yamaguchi, M. (1983). World vegetable principles production and nutritive values. Van Nostrand Reinhold. Company. 404 pp.
64. Yarwood, CE. (1936). The tolerance of *Erysiphe polygoni* and certain other powdery mildew to low humidity. Phitopathology. Vol. 36: 845 – 859.
65. Yarwood, CE. (1957). Powdery mildeus. The Botanicel Review. Vol 23: 235 – 300.
66. Yarwood, CE. (1952). Some wáter relations de *Erysiphe polygoni* oidia. Micology. Vol 44: 506 – 522.
67. Zechmann, B; Zellnig, G; Urbanek-Krajnc, A; Muller, M. (2007). "Artificial elevation of glutathione affects symptom development in ZYMV-infected Cucurbita pepo L. plants". Arch Virol. 152 (4): 747-762.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Características físico-químicas del sustrato. La Molina, 2014

CARCATERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Arena	96	%
Limo	4	%
Arcilla	0	%
Clase textural	Arena	
pH	7.01	
Conductividad E.	0.91	dS/m
Materia orgánica	0.12	%
P- disponible	3.2	ppm
K- disponible	46	ppm
Carbonatos	0.20	%
CIC	4.8	meq/100g
Ca	3.84	meq/100g
Mg	0.65	meq/100g
K	0.23	meq/100g
Na	0.09	meq/100g
B	0.3	ppm
Cu	0.80	ppm
Mn	8.80	ppm
S	17.1	ppm

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) – Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXO 2: Características químicas del agua. La Molina, 2014.

Variables	Valores
pH	7.4
C.E (dS/m)	1.04
SAR	1.24
Boro (ppm)	0.3
Sodio (%)	23.33
Clasificación de agua	C ₃ S ₁
Nitratos (meq/L)	0.8
carbonatos (meq/L)	0
Bicarbonatos (meq/L)	3.24
Sulfatos (meq/L)	3.48
Cloruros (meq/L)	2.7
Cationes (+)	6.94
Ca ²⁺ (meq/L)	1.26
Mg ²⁺ (meq/L)	0.11
K ⁺ (meq/L)	2.53
Na ⁺ (meq/L)	0.11

FUENTE: laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXO 3: Valores de humedad relativa, temperatura máxima, mínima y promedio registrados durante la conducción del ensayo. La Molina, 2014.

	T° Promedio	T° Máx	T° Mín	Humedad (%)
1/01/2014	21.5	27.5	17.4	75.42
2/01/2014	21.74	26.8	17.2	76.39
3/01/2014	22.2	26.7	18.4	75.74
4/01/2014	22.12	27.9	17.8	76.87
5/01/2014	22.23	26.8	19.2	76.27
6/01/2014	23.08	27.3	20.2	70.64
7/01/2014	23.08	24.6	20.9	72.65
8/01/2014	24.43	29.7	19.3	65.26
9/01/2014	25.14	29.3	20.3	70.16
10/01/2014	23.88	27.3	20.6	71.18
11/01/2014	22.37	26.7	19	75.5
12/01/2014	23.65	27.9	19	69.45
13/01/2014	24.88	29.9	19.5	64.75
14/01/2014	24.42	28.4	20.7	71
15/01/2014	23.11	24.8	20.3	76.35
16/01/2014	25.29	28.9	21.5	67.53
17/01/2014	26.14	30	22.4	61.84
18/01/2014	24.56	29.1	21.9	72.05
19/01/2014	24.31	27.9	21.3	74.21
20/01/2014	22.5	25	20.8	79.75
21/01/2014	23.21	27.7	21.2	76.5
22/01/2014	24.4	28.7	20.3	72.42
23/01/2014	25.23	29	21.9	67.75
24/01/2014	24.85	29.6	20.5	65.73
25/01/2014	24.67	28.6	20.7	69.24
26/01/2014	23.81	28.7	21	74.09
27/01/2014	25.78	31.5	18.2	62.25
28/01/2014	24.93	28.3	20.3	65.12
29/01/2014	23.69	28.6	18.2	69.64
30/01/2014	26.03	29.6	20.5	55.95
31/01/2014	25.47	31.3	19.7	60.87
1/02/2014	23.45	28.7	18.5	69.62.
2/02/2014	22.73	27.4	19.1	74.35.
3/02/2014	22.8	28.2	17.6	72.96.
4/02/2014	23	28	18.5	72.52.
5/02/2014	22.72	27.7	18.1	71.83
6/02/2014	23.79	30.1	18.3	68.35

Continuación.

7/02/2014	22.79	28.9	18.1	73.21
8/02/2014	22.83	28.4	19.2	73.33
9/02/2014	22.56	27.9	19.4	73.61
10/02/2014	22.79	28.4	18.3	70.96
11/02/2014	22.76	29.2	16.8	71.35
12/02/2014	22.8	28.2	19.6	72.58
13/02/2014	22.6	28.6	18.7	71.92
14/02/2014	22.59	28.6	17.6	71.35.
15/02/2014	23.74	28.9	19.1	68.35
16/02/2014	23.79	29.2	19.3	66.38
17/02/2014	23.91	29.8	19.6	66.3
18/02/2014	23.16	29.3	18.2	69.75
19/02/2014	23.25	29.3	18.3	71.18
20/02/2014	23.14	29.3	17.9	70.41
21/02/2014	23.32	29	19.5	68.45
22/02/2014	23.49	29.5	18.7	69.33
23/02/2014	23.58	28.7	18.8	69.58
24/02/2014	23.34	28.1	20.1	75.42
25/02/2014	23.77	28.8	20	71.42
26/02/2014	24.5	29.8	19.6	69.36
27/02/2014	24.07	30.3	21.1	73.75
28/02/2014	23.22	27.7	19.7	75.32
1/03/2014	23.98	29.3	21	71.45
2/03/2014	24.63	28.9	22.2	69.6
3/03/2014	24.81	30	21.7	66.41
4/03/2014	24.21	29.5	19.8	69.14
5/03/2014	24.02	29.3	20.6	71.45
6/03/2014	24.27	29.4	20.7	73.39
7/03/2014	24.79	31.3	20.2	67.7
8/03/2014	21.71	26.8	19.6	80.29
9/03/2014	22.81	27.3	19.6	74.23
10/03/2014	23.86	28.4	19.4	72.05
11/03/2014	24.44	30	19.6	69.15
12/03/2014	23.21	28	19.5	73.26
13/03/2014	24.08	29.2	19.8	67.57
14/03/2014	23.3	28.3	19.6	71.91
15/03/2014	23.11	28.9	19.6	72.43
16/03/2014	23.02	29.1	18.4	71.61
17/03/2014	23.94	30.1	19.9	66.32

Continuación

18/03/2014	23.58	28.8	19.4	65.95
19/03/2014	24.78	30.8	19.8	62.67
20/03/2014	24.15	30.2	19.1	65.61
21/03/2014	22.87	28.6	18.6	72.3
22/03/2014	23.04	28.5	19.2	68.48
23/03/2014	22.68	28.1	17.7	72.04
24/03/2014	23.74	28.6	18.7	68.22
25/03/2014	23.54	30.8	19	70.48
26/03/2014	24.23	30	20.3	68.3
27/03/2014	22.68	27.6	19.2	73.33
28/03/2014	22.01	28.2	17	73.83
29/03/2014	20.49	25.6	17.1	78.32
30/03/2014	21.67	27.8	16.8	73.61
31/03/2014	23.7	30.5	17.8	65.38

Fuente: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt (UNALM).

ANEXO 4: Fertilización realizada para el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini sembrado en el invernadero de la UNALM. La Molina, 2014.

	Urea (g)	SOA (g)	FDA (g)	KCl (g)	Kmag (g)	Magnisal (g)
T1	0	32.8	6.256	11.024	6.44	0
T2	8.88	13.28	6.256	11.024	6.44	0
T3	13.232	3.776	6.256	11.024	6.44	0
T4	11.08	4.768	6.256	13.36	0	7.144
T5	13.248	0	6.256	13.36	0	7.144
Total	46.44	54.624	31.28	59.792	19.32	14.288

ANEXO 5: Primera Fertilización realizada para el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

TRATAMIENTOS	UREA	SOA	KCl	Kmag	Magnisal
T1 (100 – 100 – 29 – 149.73)	--	2380.90	537.96	805.56	--
T2 (100 – 100 – 29 – 115.12)	329.13	1660.00	537.96	805.56	--
T3 (100 – 100 – 29 – 58)	871.48	472.00	537.96	805.56	--
T4 (100 – 100 – 29 – 28)	601.326	596.00	833.33	--	893.00
T5 (100 – 100 – 29 – 0)	873.41	--	833.33	--	893.00

ANEXO 6: Segunda fertilización realizada para el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

TRATAMIENTOS	UREA	SOA	KCl	Kmag	Magnisal
T1 (71.9 – 100 – 0 – 82.19)	--	1712.38	833.33	--	--
T2 (71.9 – 100 – 0 – 0)	781.74	--	833.33	--	--
T3 (71.9 – 100 – 0 – 0)	781.74	--	833.33	--	--
T4 (71.9 – 100 – 0 – 0)	781.74	--	833.33	--	--
T5 (71.9 – 100 – 0 – 0)	781.74	--	833.33	--	--

ANEXO 7: Datos de la cantidad de colonias establecidas de *Golovinomyces cichoracearum* en cada uno de los discos foliares de siete cm de diámetro de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamientos		N° de colonias establecidas en cada disco foliar			
		R1	R2	R3	Promedio
T1	232 ppm S	21	20	20	20.3
T2	116 ppm S	31	35	29	31.6
T3	58 ppm S	37	35	36	36
T4	29 ppm S	40	42	42	41.3
T5	Testigo	42	50	45	45.6

ANEXO 8: Número de conidias de *Golovinomyces cichoracearum* contabilizadas en un área de un cm². La Molina, 2014.

Rep.	Mét. de inoculación		Rep.	Mét. de inoculación		Rep.	Mét. de inoculación	
	Pincel	Torre de sedimentación		Pincel	Torre de sedimentación		Pincel	Torre de sedimentación
R1	1520	1220	R11	240	1320	R21	2832	1233
R2	0	1190	R12	400	1229	R22	480	1276
R3	1080	1300	R13	1584	1290	R23	660	1195
R4	748	1233	R14	760	1275	R24	32	1314
R5	96	1289	R15	700	1216	R25	700	1260
R6	200	1195	R16	772	1220	R26	960	1296
R7	1640	1317	R17	2060	1350	R27	1320	1280
R8	0	1226	R18	984	1220	R28	1200	1216
R9	80	1200	R19	1040	1190	R29	1960	1220
R10	200	1450	R20	1540	1300	R30	1900	1320

ANEXO 9: Datos de la incidencia de la enfermedad expresado en porcentaje (%), causado por *Golovinomyces cichoracearum* evaluada en el tercio superior en el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

		TERCIO SUPERIOR						
		0 DDI	3 DDI	6 DDI	9 DDI	12 DDI	15 DDI	19 DDI
T1	R1	0	0	0	0	20	90	100
	R2	0	0	0	0	3	30	100
	R3	0	0	0	0	50	90	100
	R4	0	0	0	0	0	40	100
	R5	0	0	0	0	15	90	100
	R6	0	0	0	0	10	80	100
	R7	0	0	0	0	20	100	100
	R8	0	0	0	3	30	90	100
T2	R1	0	0	0	0	50	90	100
	R2	0	0	0	0	25	80	100
	R3	0	0	0	3	35	70	100
	R4	0	0	0	0	20	80	100
	R5	0	0	0	0	50	90	100
	R6	0	0	0	0	20	90	100
	R7	0	0	0	0	30	100	100
	R8	0	0	0	0	35	100	100
T3	R1	0	0	0	0	30	100	100
	R2	0	0	0	5	60	100	100
	R3	0	0	0	0	15	80	100
	R4	0	0	0	5	30	90	100
	R5	0	0	0	0	15	90	100
	R6	0	0	0	2	30	100	100
	R7	0	0	0	0	10	60	100
	R8	0	0	0	0	30	100	100
T4	R1	0	0	0	0	30	100	100
	R2	0	0	1	2	40	90	100
	R3	0	0	0	2	50	100	100
	R4	0	0	0	0	10	90	100
	R5	0	0	0	0	40	90	100
	R6	0	0	0	3	70	100	100
	R7	0	0	0	5	60	100	100
	R8	0	0	0	0	60	100	100

Continuación.

T5	R1	0	0	0	3	70	100	100
	R2	0	0	0	0	40	100	100
	R3	0	0	1	0	20	80	100
	R4	0	0	0	0	70	100	100
	R5	0	0	1	10	70	100	100
	R6	0	0	0	3	80	100	100
	R7	0	0	0	4	60	100	100
	R8	0	0	0	0	20	90	100

ANEXO 10: Datos de la incidencia de la enfermedad expresado en porcentaje (%), causado por *Golovinomyces cichoracearum* evaluada en el tercio medio en el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

		TERCIO MEDIO						
		0 DDI	3 DDI	6 DDI	9 DDI	12 DDI	15 DDI	19 DDI
T1	R1	0	0	35	50	100	100	100
	R2	0	0	10	50	100	100	100
	R3	0	0	20	60	100	100	100
	R4	0	0	30	60	100	100	100
	R5	0	0	10	40	90	100	100
	R6	0	0	35	50	90	100	100
	R7	0	0	15	55	90	100	100
	R8	0	0	45	60	100	100	100
T2	R1	0	0	20	50	100	100	100
	R2	0	0	45	65	100	100	100
	R3	0	0	65	80	100	100	100
	R4	0	0	40	60	100	100	100
	R5	0	0	50	80	100	100	100
	R6	0	0	20	60	90	100	100
	R7	0	0	50	70	100	100	100
	R8	0	0	50	80	100	100	100
T3	R1	0	0	40	60	100	100	100
	R2	0	0	40	65	100	100	100
	R3	0	0	60	80	100	100	100
	R4	0	0	60	85	90	100	100
	R5	0	0	40	65	100	100	100
	R6	0	0	50	60	90	100	100
	R7	0	0	50	60	100	100	100
	R8	0	0	65	75	100	100	100
T4	R1	0	0	50	70	100	100	100
	R2	0	0	30	80	100	100	100
	R3	0	0	65	80	100	100	100
	R4	0	0	60	85	100	100	100
	R5	0	0	40	60	90	100	100
	R6	0	0	40	60	100	100	100
	R7	0	0	85	100	100	100	100
	R8	0	0	50	60	100	100	100

Continuación.

T5	R1	0	0	80	100	100	100	100
	R2	0	0	45	80	100	100	100
	R3	0	0	85	90	100	100	100
	R4	0	0	55	65	100	100	100
	R5	0	0	70	80	100	100	100
	R6	0	0	70	80	100	100	100
	R7	0	0	50	90	100	100	100
	R8	0	0	40	70	100	100	100

ANEXO 11: Datos de la incidencia de la enfermedad expresado en porcentaje (%), causado por *Golovinomyces cichoracearum* evaluada en el tercio inferior en el cultivo de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

		TERCIO INFERIOR						
		0 DDI	3 DDI	6 DDI	9 DDI	12 DDI	15 DDI	19 DDI
T1	R1	0	0	60	70	100	100	100
	R2	0	0	45	70	100	100	100
	R3	0	0	40	70	100	100	100
	R4	0	0	55	100	100	100	100
	R5	0	0	30	50	100	100	100
	R6	0	0	40	60	100	100	100
	R7	0	0	60	70	100	100	100
	R8	0	0	65	70	100	100	100
T2	R1	0	0	40	70	100	100	100
	R2	0	0	70	80	100	100	100
	R3	0	0	70	100	100	100	100
	R4	0	0	60	75	100	100	100
	R5	0	0	60	90	100	100	100
	R6	0	0	40	70	100	100	100
	R7	0	0	70	90	100	100	100
	R8	0	0	70	90	100	100	100
T3	R1	0	0	65	75	100	100	100
	R2	0	0	60	100	100	100	100
	R3	0	0	50	80	100	100	100
	R4	0	0	65	70	100	100	100
	R5	0	0	60	75	100	100	100
	R6	0	0	70	90	100	100	100
	R7	0	0	70	75	100	100	100
	R8	0	0	65	85	100	100	100
T4	R1	0	0	60	70	100	100	100
	R2	0	0	45	90	100	100	100
	R3	0	0	70	100	100	100	100
	R4	0	0	80	100	100	100	100
	R5	0	0	60	70	100	100	100
	R6	0	0	80	100	100	100	100
	R7	0	0	90	100	100	100	100
	R8	0	0	70	80	100	100	100

Continuación.

T5	R1	0	0	70	100	100	100	100
	R2	0	0	70	100	100	100	100
	R3	0	0	70	100	100	100	100
	R4	0	0	80	90	100	100	100
	R5	0	0	80	100	100	100	100
	R6	0	0	75	90	100	100	100
	R7	0	0	60	100	100	100	100
	R8	0	0	60	80	100	100	100

ANEXO 12: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) causada por *Golovinomyces cichoracearum* en el tercio superior de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

		TERCIO SUPERIOR						
		3 DDI	6 DDI	9 DDI	12 DDI	15 DDI	19 DDI	ABCPE
T1	R1	0.0	0.0	0.0	30.0	165.0	380.0	575.0
	R2	0.0	0.0	0.0	4.5	49.5	260.0	314.0
	R3	0.0	0.0	0.0	75.0	210.0	380.0	665.0
	R4	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	280.0	340.0
	R5	0.0	0.0	0.0	22.5	157.5	380.0	560.0
	R6	0.0	0.0	0.0	15.0	135.0	360.0	510.0
	R7	0.0	0.0	0.0	30.0	180.0	400.0	610.0
	R8	0.0	0.0	4.5	49.5	180.0	380.0	614.0
T2	R1	0.0	0.0	0.0	75.0	210.0	380.0	665.0
	R2	0.0	0.0	0.0	37.5	157.5	360.0	555.0
	R3	0.0	0.0	4.5	57.0	157.5	340.0	559.0
	R4	0.0	0.0	0.0	30.0	150.0	360.0	540.0
	R5	0.0	0.0	0.0	75.0	210.0	380.0	665.0
	R6	0.0	0.0	0.0	30.0	165.0	380.0	575.0
	R7	0.0	0.0	0.0	45.0	195.0	400.0	640.0
	R8	0.0	0.0	0.0	52.5	202.5	400.0	655.0
T3	R1	0.0	0.0	0.0	45.0	195.0	400.0	640.0
	R2	0.0	0.0	7.5	97.5	240.0	400.0	745.0
	R3	0.0	0.0	0.0	22.5	142.5	360.0	525.0
	R4	0.0	0.0	7.5	52.5	180.0	380.0	620.0
	R5	0.0	0.0	0.0	22.5	157.5	380.0	560.0
	R6	0.0	0.0	3.0	48.0	195.0	400.0	646.0
	R7	0.0	0.0	0.0	15.0	105.0	320.0	440.0
	R8	0.0	0.0	0.0	45.0	195.0	400.0	640.0
T4	R1	0.0	0.0	0.0	45.0	195.0	400.0	640.0
	R2	0.0	1.5	4.5	63.0	195.0	380.0	644.0
	R3	0.0	0.0	3.0	78.0	225.0	400.0	706.0
	R4	0.0	0.0	0.0	15.0	150.0	380.0	545.0
	R5	0.0	0.0	0.0	60.0	195.0	380.0	635.0
	R6	0.0	0.0	4.5	109.5	255.0	400.0	769.0
	R7	0.0	0.0	7.5	97.5	240.0	400.0	745.0
	R8	0.0	0.0	0.0	90.0	240.0	400.0	730.0

Continuación.

T5	R1	0.0	0.0	4.5	109.5	255.0	400.0	769.0
	R2	0.0	0.0	0.0	60.0	210.0	400.0	670.0
	R3	0.0	1.5	1.5	30.0	150.0	360.0	543.0
	R4	0.0	0.0	0.0	105.0	255.0	400.0	760.0
	R5	0.0	1.5	16.5	120.0	255.0	400.0	793.0
	R6	0.0	0.0	4.5	124.5	270.0	400.0	799.0
	R7	0.0	0.0	6.0	96.0	240.0	400.0	742.0
	R8	0.0	0.0	0.0	30.0	165.0	380.0	575.0

ANEXO 13: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) causada por *Golovinomyces cichoracearum* en el tercio medio de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

		TERCIO MEDIO						
		3 DDI	6 DDI	9 DDI	12 DDI	15 DDI	19 DDI	ABCPE
T1	R1	0.0	52.5	127.5	225.0	300.0	400.0	1105.0
	R2	0.0	15.0	90.0	225.0	300.0	400.0	1030.0
	R3	0.0	30.0	120.0	240.0	300.0	400.0	1090.0
	R4	0.0	45.0	135.0	240.0	300.0	400.0	1120.0
	R5	0.0	15.0	75.0	195.0	285.0	400.0	970.0
	R6	0.0	52.5	127.5	210.0	285.0	400.0	1075.0
	R7	0.0	22.5	105.0	217.5	285.0	400.0	1030.0
	R8	0.0	67.5	157.5	240.0	300.0	400.0	1165.0
T2	R1	0.0	30.0	105.0	225.0	300.0	400.0	1060.0
	R2	0.0	67.5	165.0	247.5	300.0	400.0	1180.0
	R3	0.0	97.5	217.5	270.0	300.0	400.0	1285.0
	R4	0.0	60.0	150.0	240.0	300.0	400.0	1150.0
	R5	0.0	75.0	195.0	270.0	300.0	400.0	1240.0
	R6	0.0	30.0	120.0	225.0	285.0	400.0	1060.0
	R7	0.0	75.0	180.0	255.0	300.0	400.0	1210.0
	R8	0.0	75.0	195.0	270.0	300.0	400.0	1240.0
T3	R1	0.0	60.0	150.0	240.0	300.0	400.0	1150.0
	R2	0.0	60.0	157.5	247.5	300.0	400.0	1165.0
	R3	0.0	90.0	210.0	270.0	300.0	400.0	1270.0
	R4	0.0	90.0	217.5	262.5	285.0	400.0	1255.0
	R5	0.0	60.0	157.5	247.5	300.0	400.0	1165.0
	R6	0.0	75.0	165.0	225.0	285.0	400.0	1150.0
	R7	0.0	75.0	165.0	240.0	300.0	400.0	1180.0
	R8	0.0	97.5	210.0	262.5	300.0	400.0	1270.0
T4	R1	0.0	75.0	180.0	255.0	300.0	400.0	1210.0
	R2	0.0	45.0	165.0	270.0	300.0	400.0	1180.0
	R3	0.0	97.5	217.5	270.0	300.0	400.0	1285.0
	R4	0.0	90.0	217.5	277.5	300.0	400.0	1285.0
	R5	0.0	60.0	150.0	225.0	285.0	400.0	1120.0
	R6	0.0	60.0	150.0	240.0	300.0	400.0	1150.0
	R7	0.0	127.5	277.5	300.0	300.0	400.0	1405.0
	R8	0.0	75.0	165.0	240.0	300.0	400.0	1180.0

Continuación.

T5	R1	0.0	120.0	270.0	300.0	300.0	400.0	1390.0
	R2	0.0	67.5	187.5	270.0	300.0	400.0	1225.0
	R3	0.0	127.5	262.5	285.0	300.0	400.0	1375.0
	R4	0.0	82.5	180.0	247.5	300.0	400.0	1210.0
	R5	0.0	105.0	225.0	270.0	300.0	400.0	1300.0
	R6	0.0	105.0	225.0	270.0	300.0	400.0	1300.0
	R7	0.0	75.0	210.0	285.0	300.0	400.0	1270.0
	R8	0.0	60.0	165.0	255.0	300.0	400.0	1180.0

ANEXO 14: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) causada por *Golovinomyces cichoracearum* en el tercio inferior de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

		TERCIO INFERIOR						
		3 DDI	6 DDI	9 DDI	12 DDI	15 DDI	19 DDI	ABCPE
T1	R1	0.0	90.0	195.0	255.0	300.0	400.0	1240.0
	R2	0.0	67.5	172.5	255.0	300.0	400.0	1195.0
	R3	0.0	60.0	165.0	255.0	300.0	400.0	1180.0
	R4	0.0	82.5	232.5	300.0	300.0	400.0	1315.0
	R5	0.0	45.0	120.0	225.0	300.0	400.0	1090.0
	R6	0.0	60.0	150.0	240.0	300.0	400.0	1150.0
	R7	0.0	90.0	195.0	255.0	300.0	400.0	1240.0
	R8	0.0	97.5	202.5	255.0	300.0	400.0	1255.0
T2	R1	0.0	60.0	165.0	255.0	300.0	400.0	1180.0
	R2	0.0	105.0	225.0	270.0	300.0	400.0	1300.0
	R3	0.0	105.0	255.0	300.0	300.0	400.0	1360.0
	R4	0.0	90.0	202.5	262.5	300.0	400.0	1255.0
	R5	0.0	90.0	225.0	285.0	300.0	400.0	1300.0
	R6	0.0	60.0	165.0	255.0	300.0	400.0	1180.0
	R7	0.0	105.0	240.0	285.0	300.0	400.0	1330.0
	R8	0.0	105.0	240.0	285.0	300.0	400.0	1330.0
T3	R1	0.0	97.5	210.0	262.5	300.0	400.0	1270.0
	R2	0.0	90.0	240.0	300.0	300.0	400.0	1330.0
	R3	0.0	75.0	195.0	270.0	300.0	400.0	1240.0
	R4	0.0	97.5	202.5	255.0	300.0	400.0	1255.0
	R5	0.0	90.0	202.5	262.5	300.0	400.0	1255.0
	R6	0.0	105.0	240.0	285.0	300.0	400.0	1330.0
	R7	0.0	105.0	217.5	262.5	300.0	400.0	1285.0
	R8	0.0	97.5	225.0	277.5	300.0	400.0	1300.0
T4	R1	0.0	90.0	195.0	255.0	300.0	400.0	1240.0
	R2	0.0	67.5	202.5	285.0	300.0	400.0	1255.0
	R3	0.0	105.0	255.0	300.0	300.0	400.0	1360.0
	R4	0.0	120.0	270.0	300.0	300.0	400.0	1390.0
	R5	0.0	90.0	195.0	255.0	300.0	400.0	1240.0
	R6	0.0	120.0	270.0	300.0	300.0	400.0	1390.0
	R7	0.0	135.0	285.0	300.0	300.0	400.0	1420.0
	R8	0.0	105.0	225.0	270.0	300.0	400.0	1300.0

Continuación.

T5	R1	0.0	105.0	255.0	300.0	300.0	400.0	1360.0
	R2	0.0	105.0	255.0	300.0	300.0	400.0	1360.0
	R3	0.0	105.0	255.0	300.0	300.0	400.0	1360.0
	R4	0.0	120.0	255.0	285.0	300.0	400.0	1360.0
	R5	0.0	120.0	270.0	300.0	300.0	400.0	1390.0
	R6	0.0	112.5	247.5	285.0	300.0	400.0	1345.0
	R7	0.0	90.0	240.0	300.0	300.0	400.0	1330.0
	R8	0.0	90.0	210.0	270.0	300.0	400.0	1270.0

ANEXO 15: Análisis de variancia para el ensayo en discos foliares del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	4	1143.33	285.83	50.44	<0.0001*
Error	10	56.66	5.66		
Total correcto	14	1200.00			
CV: 6.8013					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 16: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el ensayo en discos foliares del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamiento		Promedio de ABCPE	Significancia (*)
5	Testigo	46	A
4	29 ppm S	41	AB
3	58 ppm S	36	BC
2	116 ppm S	31	C
1	232 ppm S	20	D

(*) Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$

ANEXO 17: Valores estadísticos descriptivos para los métodos de inoculación de zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Estadísticos descriptivos	Método de inoculación	
	Pincel	Torre de sedimentación
Valor mínimo	0	1190
Valor máximo	2832	1350
Desviación típica	721	58.8
Rango	2832	160

ANEXO 18: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio superior del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	4	244739.90	61184.97	4.30	0.0062 *
Error	35	497871.87	14224.91		
Total correcto	39	742611.77			
CV: 11.908					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 19: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio superior del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamiento		Promedio de ABCPE	Significancia *
5	Testigo	1098.88	A
4	29 ppm S	1069.25	A
3	58 ppm S	982.00	AB
2	116 ppm S	981.75	AB
1	232 ppm S	876.00	B

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

ANEXO 20: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio medio del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	4	188640.00	47160.00	8.41	0.0001*
Error	35	196200.00	5605.71		
Total correcto	39	384840.00			
CV: 4.7029					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 21: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio medio del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamiento		Promedio de ABCPE	significancia
5	Testigo	1681.25	A
4	29 ppm S	1626.88	A
3	58 ppm S	1600.63	A
2	116 ppm S	1578.13	AB
1	232 ppm S	1473.13	B

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

ANEXO 22: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio inferior del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	4	90135.00	22533.75	6.44	0.0005*
Error	35	122484.37	3499.55		
Total correcto	39	212619.37			
CV: 3.5037					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 23: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el tercio inferior del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamiento		Promedio de ABCPE	Significancia *
5	Testigo	1746.88	A
4	29 ppm S	1724.38	A
3	58 ppm S	1683.13	AB
2	116 ppm S	1679.38	AB
1	232 ppm S	1608.13	B

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

ANEXO 24: Análisis de variancia para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	4	1279747.40	319936.85	12.75	0.0001*
Error	35	878052.50	25087.21		
Total correcto	39	2157799.90			
CV: 5.10					

*= existe diferencias significativas a nivel de 0.05 entre los promedios de los tratamientos

ANEXO 25: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) evaluado en el cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamiento		Promedio de ABCPE	Significancia *
5	Testigo	3334.50	A
4	29 ppm S	3228.00	AB
3	58 ppm S	3085.75	B
2	116 ppm S	3064.25	B
1	232 ppm S	2884.75	C

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)

ANEXO 26: Análisis de variancia para la variable peso seco del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamiento	4	212.9867	53.2467	2.00	0.1250
Error	25	664.8350	26.5934		
Total correcto	29	877.8217			
CV: 26.60					

ANEXO 27: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para la variable peso seco del cultivo zapallito italiano (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini. La Molina, 2014.

Tratamientos		Promedio de ABCPE	Significancia*
5	Testigo	19.617	A
4	29 ppm S	16.367	A
3	58 ppm S	19.100	A
2	116 ppm S	17.633	A
1	232 ppm S	24.200	A

(*) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P=0.05)