



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Distribución Espacial de Trips y Roya Transversal en el cultivo  
del Gladiolo con el uso de Geotecnologías en el Estado de México

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ROSALBA QUIÑONES VALDEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Octubre 2015.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Distribución Espacial de Trips y Roya Transversal en el cultivo  
del Gladiolo con el uso de Geotecnologías en el Estado de México

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ROSALBA QUIÑONES VALDEZ

COMITÉ DE TUTORES

DR. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE  
DR. ÁLVARO CASTAÑEDA VILDOZOLA  
DR. JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ DÁVILA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Octubre 2015.

## RESUMEN

El cultivo del gladiolo (*Gladiolus communis*) tiene una gran importancia socioeconómica en México. Cada ciclo de producción presenta problemas severos de plagas y enfermedades, siendo *Thrips* spp. y *Uromyces transversalis* las principales. El objetivo fue determinar la distribución espacial del trips y roya en parcelas comerciales de dos regiones productoras (norte-sureste), del estado de México, en dos fechas de corte (día del padre y de muertos), con uso de geotecnologías, para generar estrategias de manejo específico, reducir costos y evitar contaminación. Los muestreos se realizaron en dos parcelas comerciales de una hectárea en cada uno de los seis municipios. Se utilizó una malla de 100 m por cada lado. Se colocaron trampas a cada 10 m, obteniéndose 121 puntos, en donde se tomaron los datos de severidad e incidencia de roya, cada punto fue georeferenciado. Los muestreos se realizaron durante la etapa vegetativa, espata y floración. A los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico y se estimó el semivariograma experimental, que se ajustaron a un modelo teórico a través de Variowin 2.2. Se elaboraron mapas de agregación de la población de trips y mapas de la severidad de la roya, a través del programa Surfer 8.0. Los resultados indicaron que las infestaciones de trips y severidad de la roya en el cultivo del gladiolo presentaron una distribución de tipo agregada. El modelo esférico fue el que describió los patrones espaciales en la mayoría de las poblaciones de *Thrips simplex* y *Frankliniella occidentalis*, lo que indica en términos biológicos que las infestaciones se expresan en puntos específicos dentro de la parcela, el segundo modelo de mayor ajuste fue el gaussiano, que indica que las infestaciones se expresan en forma continua dentro de la parcela y por último el modelo exponencial donde la infestación tiene una agregación irregular, en términos espaciales, quizá generado por las condiciones agroclimáticas propicias para la propagación explosiva de un insecto plaga o una enfermedad.

**Palabras claves:** *Uromyces transversalis*, Kriging, *Thrips* spp, *Gladiolus communis*.

## ABSTRACT

The cultivation of gladiolus (*Gladiolus communis*) has a great socio-economic importance in Mexico. Each production cycle presents serious problems of pests and diseases being *Thrips* spp. *Uromyces transversalis* and major. The objective was to determine the spatial distribution of trips and rust in two commercial plots producing regions (north- southeast), the state of Mexico, two court dates (day of the father and dead), with use of geo, to generate specific management strategies, reduce costs and prevent pollution. Sampling was conducted in two commercial plots of one hectare each of the six municipalities. A grid of 100 m per side was used. 10 m traps were placed to give 121 points, wherein data severity and incidence of rust, each point was taken georeferenced. The samples were taken during the vegetative stage, and flowering spathe. A data from a statistical analysis was performed and the experimental semivariogram, a theoretical model that adjusted through Variowin 2.2 was estimated. Maps aggregation of the population of thrips and maps of the rust severity were developed through the program Surfer 8.0. The results indicated that thrips infestations and rust severity in the cultivation of gladiolus presented aggregate distribution type. The spherical model was the one who described the spatial patterns in most populations of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips simplex*, indicating biologically infestations are expressed at specific points in the plot, the second model was the biggest adjustment Gaussian, indicating that infestations are expressed continuously in the plot and finally the exponential model where the infestation has an irregular aggregation, in spatial terms, perhaps generated by agro-climatic conditions conducive to the explosive spread of a pest insect or an dессise.

**Keywords:** *Uromyces transversalis*, Kriging, *Thrips* spp, *Gladiolus communis*.

# CONTENIDO

DEDICATORIAS .....	i
RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
I. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Historia del Gladiolo.....	4
2.2 Cultivo del Gladiolo.....	6
2.3. Situación Actual en la Producción del Gladiolo.....	11
2.4. <i>Thrips</i> spp.....	13
2.5. <i>Uromyces transversalis</i> (Thümen) G. Winter .....	16
2.6. Geoestadística .....	20
III. JUSTIFICACIÓN .....	23
IV. HIPÓTESIS .....	25
V. OBJETIVOS .....	26
5.1. General.....	26
5.2. Específicos .....	26
VI. MATERIAL Y METODO.....	27
6.1. Muestreo.....	27
6.2. Análisis geoestadístico.....	30
6.2.1. Estimación del semivariograma.....	32
6.2.2. Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma. ..	33
6.2.3. Elaboración de mapas .....	33
6.3 Identificación y descripción de las especies de <i>Thrips</i> presentes en el cultivo de gladiolo en las parcelas muestreadas. ....	33

VII. RESULTADOS .....	35
CAPÍTULO I.....	37
CAPÍTULO II .....	52
CAPÍTULO III.....	63
Resumen.....	64
Abstract .....	64
Introducción .....	65
Materiales y métodos .....	66
Resultados y discusión.....	67
Bibliografía .....	73
CAPÍTULO IV .....	75
Resumen.....	77
Abstract .....	78
Introducción .....	78
Materiales y métodos .....	79
Resultados .....	80
Discusión y conclusiones .....	81
Referencias.....	85
CAPÍTULO V .....	87
Resumen.....	89
Summary .....	90
Introducción .....	90
Materiales y métodos .....	91
Resultados y Discusión .....	93
Literatura Citadas .....	97
CAPÍTULO VI.....	100
Abstract .....	103

Introduction.....	104
Materials and methods .....	106
Results .....	107
Discussion .....	109
References.....	110
VIII. OTROS RESULTADOS.....	115
IX. DISCUSIONES GENERALES .....	122
X. CONCLUSIONES GENERALES .....	126
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	127

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La floricultura es la explotación agrícola con mayor valor de producción por hectárea y genera una derrama económica mundial importante, debido a las altas inversiones que se emplean en infraestructura, insumos y mano de obra (Flores-Almaraz y Lagunes-Tejeda, 1998). En México, 21,970 hectáreas aproximadamente son destinadas a la producción de cultivos ornamentales, de los cuales el 52% son cultivadas para producción de flores y follajes de corte. Los principales estados productores son: el Estado de México (53%), Puebla (23%), Sinaloa (11%), Baja California (4%) y Guerrero (3%) (SAGARPA, 2014).

En particular, el gladiolo (*Gladiolus communis* L.) es mundialmente apreciado como flor de corte, por los llamativos colores y belleza de la espiga foral (González *et al.*, 2011). En México ocupa el primer lugar en superficie sembrada con 3,926.80 ha. Su cultivo se concentra en los estados de México, Puebla, Morelos, y Michoacán (SIAP, 2014). El estado de México siembra el 31.67% de la superficie nacional, ocupando el primer lugar en producción y exportación, genera miles de empleos y una gran percepción de ingresos para la entidad (CESAVEM, 2014). La producción de flor de gladiola ocupa el tercer lugar nacional en ventas solo después de la rosa y del crisantemo (SIAP, 2013).

Dentro del estado de México se localizan dos regiones productoras de gladiolo para corte, la región norte comprende los municipios de Ixtlahuaca, Jocotitlán y Jiquipilco y en la región sureste donde se encuentran los municipios de Ocuilan, Tenancingo y Villa Guerrero, siendo estos los que generan la mayor producción nacional (SIAP, 2013). Existen varios problemas fitosanitarios que limitan la producción e incrementan los costos en el cultivo del gladiolo, destacando el secamiento, la roya, la mosquita blanca y los *Thrips* spp.

Estos últimos insectos son la principal plaga que afecta al cultivo durante todo su ciclo en las diferentes regiones productoras del Estado de México (Romero, 1996). Por su tamaño y hábitos alimenticios ha sido difícil su control, llegando a ocasionar daños severos en el desarrollo vegetativo, en la calidad final de la flor y en los cormos. En las hojas y las flores aparecen manchas blancas, las cuales llegan a secarse prematuramente. También ocasionan algunas deformaciones en las flores, y cuando el ataque es severo, los botones florales se secan y no abren, su presencia genera la utilización de una gran cantidad de pesticidas para su control (Demirozer *et al.*, 2012). A los *Thrips* spp. se les ha asociado con la presencia de los virus como: TSWV, TSV, e INSV (Albouy y Devergne, 2000) entre otros en diversas regiones del mundo.

Un eficiente control va estrechamente ligado al conocimiento de los patrones espaciales de los insectos. Para lograrlo se requieren estudios que permitan determinar dicha distribución de las poblaciones de *Thrips* spp. para elaborar estrategias de control en forma focalizada (Moral *et al.*, 2011) y para disminuir la pérdida de la calidad y producción de flor y cormos de gladiolo. Otro patógeno que afecta la producción de gladiolo es la roya transversal del gladiolo (*Uromyces transversalis* Thümen G. Winter). Su presencia se reportó oficialmente en noviembre del 2004, en los estados de Puebla, Morelos y México (SAGARPA, 2004). La enfermedad es de importancia cuarentenaria para nuestro país, ya que ocasiona daños al follaje y demerita la calidad de la flor, provocando severos daños económicos en la producción.

La detección en embarques de exportación ha provocado el rechazo por parte de los países importadores, generando grandes pérdidas para los productores (CESAVEM, 2013). Los síntomas se detectan principalmente al revisar las hojas y tallos de la flor que presentan pústulas con polvo de color amarillo-naranja (uredosporas) dispuestas en forma transversal a las nervaduras de la hoja y que al unirse llegan a formar manchas grandes; conforme avanza el daño, las lesiones se tornan de color café oscuro y finalmente negro.

Las plantas severamente afectadas no llegan a producir flores y los cormos no llegan a madurar. La diseminación de ésta enfermedad se origina a partir de los cormos, rizomas y flores contaminados con esporas, así como hojas y tallos infestados. Las esporas pueden ser transportadas a grandes distancias por el viento o por la movilización, en la comercialización de la flor del gladiolo.

Es factible la utilizaron de técnicas geoestadísticas para explorar los patrones de distribución y comportamiento a través de la caracterización y modelaje de los patrones de distribución espacial (Werneck, 2008). Este tipo de análisis proporciona una medida más directa de la dependencia espacial debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización (Werneck, 2008).

La geoestadística permite elaborar mapas de distribución de un organismo en un espacio continuo (Park *et al.*, 2007) para identificar las áreas con mayor grado de infestación que requieran un control inmediato. También permite detectar posibles preferencias en su estructura de agregación, o detectar zonas que no presenten infestación, o bien para relacionar los patrones de distribución de estos organismos con las características del medio donde se desarrollan (Karimzadeh *et al.*, 2011).

Las plagas y enfermedades en el cultivo del gladiolo demandan gran cantidad de insumos de origen químico para su control, ocasionando contaminación del suelo y el agua, además de incrementar los costos de producción y la infestación de las parcelas donde se cultiva, por lo que es importante, generar el conocimiento de la distribución espacial de dichas poblaciones y elaborar programas de manejo integrado bajo una perspectiva de sitio específico (Moral *et al.*, 2011), por medio del desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, tácticas de control y de valoraciones de riesgo (Taylor, 1984).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Historia del Gladiolo

El gladiolo (*Gladiolus communis* L.) es una planta originaria de la costa Sudafricana y del Mediterráneo oriental. El nombre del género se atribuye a Plinio y hace referencia, por un lado, a la forma de las hojas de estas plantas, similares a la espada romana denominada "gladius". Por otro lado, también se refiere al hecho de que en la época de los romanos la flor del gladiolo se entregaba a los gladiadores que triunfaban en la batalla; por eso, ésta flor es el símbolo de la victoria (Goldblatt, 1998).

Comprende alrededor de 250 especies nativas de África, Madagascar, Europa, Arabia y oeste de Asia, donde el gladiolo crece espontáneamente; aunque la mayor parte son de origen africano. La flor de gladiola ya se cultivaba en la época de los griegos y de los romanos como lo demuestran los dibujos en los frescos de Pompeya. Sin embargo, las actuales plantas tienen poca semejanza con aquellas, porque casi todas las existentes son híbridos conseguidos a través del tiempo. Pertenecen a la familia de las Iridáceas y son plantas bulbosas cuyas flores aparecen en verano, aunque como vemos, mediante labores culturales específicas y constantes pueden hacerse florecer en otras épocas del año (Dimitri, 1998).



**Figura 1.** Flor de gladiola comercial.

Las estrategias de polinización cruzada del género *Gladiolus* son inusualmente diversas e incluyen como vectores a varias especies de abejas, pájaros, moscas, escarabajos y mariposas. Los cambios evolutivos asociados a la polinización por vectores tan variados involucraron varias modificaciones en las flores, tales como la pigmentación de los tépalos y el tipo de manchas de los mismos, la presencia o ausencia de aroma en las flores y, ocasionalmente, el cambio de la simetría floral. Asimismo, existieron cambios asociados en las características del néctar (volumen, concentración y tipo de azúcares). Todos estos cambios explican la gran variabilidad en la morfología floral del género (Goldblatt, 2001 y 2002).

La mayoría de las especies sudafricanas son diploides, mientras que las euroasiáticas son poliploides, en general los cultivares actuales del gladiolo son tetraploides, con 60 cromosomas. El gladiolo cultivado actualmente es un híbrido complejo, producto del cruzamiento entre varias especies del género que se han venido realizando desde principios del siglo XIX (Anderson, 1989). La costumbre de desarrollar híbridos interespecíficos y otorgarles una denominación binomial basada en el nombre del creador o en el lugar de origen confundió bastante la nomenclatura botánica de este cultivo.

Desde 1910 los mejoradores dedicaron la mayor parte de sus esfuerzos a lograr cultivares más fuertes y de flores más grandes, como los que conocemos en la actualidad. La nomenclatura botánica del gladiolo cultivado es, por lo tanto, sumamente complicada ya que ninguno de los cultivares actuales, los que presentan gran diversidad de tamaños, colores y forma de las flores así como de épocas de floración, puede identificarse con el nombre de ninguno de los taxones silvestres del género (Anderson, 1989). Por esa razón, la mayor parte de los gladiolos cultivados se agrupan bajo la denominación binomial *Gladiolus* × *hybridus* Hort.; *Gladiolus* × *grandiflorus* Hort.; o *Gladiolus* × *communis* L (Dimitri, 1998). Los gladiolos cultivados, son plantas perennes, bulbosas, de atractivas flores de color blanco, crema, rojo, amarillo, anaranjado o púrpura.

Los tonos, así como la combinación y patrones de distribución del color son muy variables entre cultivares. Los seis tépalos son usualmente algo diferentes entre sí y se hallan unidos en la base formando un tubo. Las flores son hermafroditas, cigomorfas, sésiles, cada una rodeada de una bráctea y una bractéola verdes. Las flores se hallan dispuestas en largas espigas terminales que llevan 12 a 20 flores. El fruto es una cápsula oblonga o globosa que contiene numerosas semillas aladas y marrones.

Las hojas, que son alargadas, paralelinervadas y lanceoladas, están recubiertas de una cutícula cerosa y salen todas desde la base. Las hojas inferiores están reducidas a vainas y las superiores son dísticas, de lineares a estrechamente lanceoladas. Los cormos son redondeados, simétricos, algo achatados, con el ápice de crecimiento en el centro de la zona superior que, normalmente, está algo deprimida. Están cubiertos por varias capas de túnicas fibrosas. Son de renovación anual y durante el período de vegetación dan lugar a numerosos "bulbillos" (Hessayon, 1999).

## **2.2 Cultivo del Gladiolo**

La gladiola, es una de las flores más reconocidas por su gran belleza, porte e importancia social y cultural en nuestro país (González *et al.*, 2011). Existen solo dos maneras de propagar la planta de gladiolo: clonalmente (por medio de cormos) y por semilla, la cual es el medio para obtener nuevos cultivares y mejorar características genéticas (Leszczyńska y Boris, 1994).

La producción de la flor de gladiola necesita temperaturas óptimas para su desarrollo que van de 10-15 °C por la noche y de 20-25 °C por el día. La formación del tallo floral tiene lugar desde los 12 °C hasta los 22 °C. La temperatura ideal del suelo es de 10-12 °C, las superiores a 30 °C son perjudiciales para esta planta (Vidalie, 2001). La ruptura de la latencia es un fenómeno complejo y se realiza generalmente por frío.

Por regla general la germinación es más rápida a bajas temperaturas (inferior a 10 °C), y se detiene a partir de los 20 °C. La temperatura mínima biológica es de 5-6 °C. Al contrario de lo que ocurre con otras plantas bulbosas, como el tulipán, la inducción y la diferenciación floral se produce después de la plantación de los cormos, cuando aparece la tercera o cuarta hoja, es decir, después de 4 a 8 semanas. Esta duración varía en función de la temperatura y no de la luz (López, 1989).

El gladiolo es una planta heliófila (amante del sol) por lo que requiere bastante luminosidad; si esta es insuficiente las plantas no florecen o se presenta un secado en las inflorescencias en la fase inicial de su crecimiento, siendo el periodo más crítico para la planta desde que aparece la tercera hoja hasta cuando son visibles la sexta y la séptima hoja (Leszczyńska y Boris, 1994). Por esta razón, cuando se lo cultiva en invernadero durante los meses de invierno es necesario aportar iluminación artificial (Larson, 1992), sin embargo en el Estado de México florece durante todo el año, a pesar de las diferentes condiciones ambientales que se presentan en las zonas de producción.

La humedad ambiental deberá estar comprendida entre el 60-70%. Es poco exigente en suelos, pero prefiere los arenosos, bien drenados y con aportes de fertilizante o abonos orgánicos. Si el suelo es arcilloso hay que evitar encharcamientos que son causantes de enfermedades. El pH óptimo está entre 6 y 7.5 (Larson, 1992).

Los híbridos se plantan en primavera a 8-10 cm de profundidad y a 10-15 cm entre plantas. Para obtener floraciones durante un mayor lapso de tiempo se pueden plantar los cormos escalonadamente. Necesitan de un suelo bien drenado y arenoso y un sitio bien soleado. Es imprescindible regar bien las plantas durante el verano y tutorar a aquellos cultivares con tallos muy altos. Los cormos se arrancan en otoño y se guardan secos durante el invierno, especialmente en zonas de inviernos muy fríos o lluviosos (Engelhard, 1989).

El cormo es una estructura sólida que posee dos tipos de yemas: principal y laterales, que se encuentran en la parte superior del cormo y que se encuentran una por anillo, en contraste con el bulbo que está formado básicamente por escamas. En el momento de la plantación la parte basal del cormo debe presentar inicios radicales conocidos aquí en México, como “coronado”, lo que significa que el cormo terminó su reposo y está listo para plantarse. Es importante mencionar que la brotación de la yema principal no debe anteceder al crecimiento radical (Leszczyńska y Boris, 1994).

Los gladiolos se cultivan básicamente para la producción de flor de corte, para abastecer las necesidades anuales de cormos de los productores de flor y para el abastecimiento de bulbos que se utilizan en la decoración de jardines y parques (González-Pérez *et al.*, 2009).

La calidad del gladiolo como flor de corte, depende en gran medida del tamaño y calidad del cormo que es la estructura de reproducción vegetativa, la densidad de plantación que va de 150,000 a 300,000 cormos por hectárea, sin embargo la densidad dependerá del tamaño del cormo y del sistema de plantación (Leszczyńska y Boris, 1994). El aumento de la densidad de plantación disminuye el incremento de cormillos por cormo y el peso y tamaño del cormo nuevo (Buñuelos, Herrera y Echeverría, 1989).

La sanidad del cormo no está siempre garantizada, enfrentando así una de las principales limitantes conocida como pudrición del cormo (Pataky, 1983; González-Pérez *et al.*, 2009). En almacén, el agente etiológico asociado es *Penicillium gladioli*, reportado y descrito por McCulloch y Thom (1928), actualmente existen reportes de otras especies de *Penicillium* que afectan de igual manera y por las que se estiman pérdidas del 50% en almacenamiento y el 15% en campo (González-Pérez *et al.*, 2009).

Se realizan controles para determinar la calidad en la plantación. Los cormos de gladiola se desinfectan mediante métodos químicos o térmicos. El tratamiento químico puede ser, líquido (con remojo), sólido (con espolvoreos) o gaseoso (con el almacén cerrado) y se aplican funguicidas e

insecticidas. En cambio el método térmico se realiza a base de calor elevado que mata patógenos pero que el cormo no se dañe (53 °C durante 30 minutos) (Leszczyńska y Boris, 1994). Se emplean cormos de diferentes calibres (5/6, 7/8 y mayores) dependiendo de la zona, las condiciones edafoclimáticas, la época del año y la forma de producción por parte de los agricultores (Buschman, 1990).

Puede cultivarse a cielo abierto o bajo invernadero (en México casi no se practica esta última). En ambos casos, y luego de la plantación, se realiza una serie de prácticas de manejo del cultivo, las cuales son:

1) Fertilización o abonado: no es un cultivo que necesite grandes aportes de fertilizante, ya que buena parte de sus necesidades las obtiene del cormo. Cuanto más grande sea el cormo menor será la necesidad de fertilizar el cultivo. La frecuencia de la fertilización depende de la precocidad del cultivar, tamaño de cormos, cantidad de reservas, desarrollo de la gladiola, tipo de suelo y clima (Leszczyńska y Boris, 1994).

El gladiolo es un cultivo exigente en nitrógeno, pero su exceso favorece el desarrollo de la parte vegetativa en detrimento del tamaño de las inflorescencias y en las variedades que tienen tendencia a arquearse se acentúa este problema. Los amas de fertilización se deben basar en el análisis del suelo y en el análisis de las partes indicadoras de las plantas, que en el caso de la gladiola, corresponden a las hojas plenamente desarrolladas (Grabowska, 1986). Por otra parte, la carencia de nitrógeno se traduce en un menor número de flores y en inflorescencias más pequeñas, en casos extremos de deficiencia de este elemento las hojas se decoloran y amarillean (Anderson, 1989).

El fósforo es un elemento muy importante, siendo fundamental su aplicación en una relación equilibrada con el nitrógeno. Los síntomas de carencia se pueden detectar por la coloración violácea que toman las hojas. En cuanto a los microelementos, la deficiencia más común es el hierro y se corrige fácilmente con quelatos. La deficiencia en boro hace que las hojas se partan por los bordes y que disminuya el tamaño de la inflorescencia (Larson, 1992).

2) El tutorado es imprescindible para conducir las varas o inflorescencias de modo que no vuelquen por acción del viento, sobre todo las variedades altas, en México ésta práctica no es utilizada (Larson, 1992).

3) El deshierbe es la práctica en la cual se utilizan medios mecánicos, manuales y químicos (herbicidas) (González-Pérez *et al.*, 2009), aunque en el país los químicos utilizados para esta actividad son pocos, casi en un 90% se utiliza el deshierbe manual, lo que incrementa los costos de producción.

4) Riego. La gladiola pertenece a las plantas de mucha exigencia de agua, una planta de gladiola, dependiendo de su tamaño, requiere de 5 a 10 litros de agua durante su periodo vegetativo (Grabowska, 1986). La humedad adecuada del suelo influye en la absorción de los nutrientes por las raíces. Existen dos periodos de requerimientos hídricos: El primero en la fase de iniciación de la inflorescencia y desarrollo del segundo sistema radicular (raíces contráctiles); y el segundo directamente después de la floración (por el desarrollo de los cormos) (Leszczyńska y Boris, 1994).

5) La recolección de las varas florales para su venta debe efectuarse con los botones florales cerrados y cuando se observa el color de los pétalos de la primera flor de la base en la espiga. De esta manera, todas las flores que se encuentran sobre el tallo floral terminarán por abrir. Además, haciéndolo de esta manera el bulbo conservará reservas suficientes para ser plantado el año siguiente (González-Pérez *et al.*, 2009).

Si la flores no se cortan para su venta es necesario cortarlas cuando casi termine la floración, con la finalidad de proteger el cormo que se utilizará como semilla en la siguiente producción. El rendimiento es de una vara floral por cormo con 12 a 20 flores por espiga dependiendo de la variedad. Al cortar las flores no conviene hacerlo nunca con muchas hojas, pues ello podría dañar al bulbo (Anderson, 1989).

6) El manejo post-cosecha se realiza una vez recolectadas las varas o tallos, son colocadas en cámara frigorífica a 4-5 °C en agua. De no venderse inmediatamente, las varas se pasan a una cámara frigorífica a 1-2 °C

durante 6-7 días. Las varas se deben mantener siempre en posición vertical para evitar que extremos de la vara floral se arqueen (González-Pérez *et al.*, 2009).

7) Descabezado, se realiza en las plantaciones de reproducción de cormos. En estas plantaciones no se deben cortar los tallos florales sino descabezarlos, es decir eliminar solo la espiga floral. Ésta labor influye en la asimilación de nutrientes por la planta y en mayor rendimiento de los cormos (Hussein *et al.*, 1962).

8) La dormancia, denominada también etapa de reposo, es un estado de la planta o sus órganos, durante el cual sus procesos fisiológicos, se mantienen casi suspendidos, este proceso es causado por factores ambientales (temperatura, luz) e internos (ácidos abscisicos, ácidos grasos) (Leszczyńska, 1960; Devlin, 1982). El cormo es un órgano subterráneo (tallo acortado, modificado), que permite a la planta sobrevivir un periodo desfavorable de sequía o de temperaturas de congelación (Leszczyńska y Boris, 1994).

### **2.3. Situación Actual en la Producción del Gladiolo.**

El gladiolo se introdujo probablemente en México a finales del siglo XIX y se ha cultivado desde entonces durante el año con bastante intensidad hasta determinar algunas regiones gladioleras como: la región sureste del estado de México, con Tenancingo y Villa Guerrero, o la zona de Tuxpan, en Michoacán o como San Martín Texmelucán y Atlixco en Puebla (Leszczyńska y Boris, 1994).

Los productores de gladiolo en México se enfrentan con varios problemas fitosanitarios tanto en el proceso productivo del cultivo como en el material de propagación o cormos. Entre las principales enfermedades se destaca el secamiento o pudrición del cormo, siendo ocasionada por *Fusarium oxysporum* (f. sp. gladioli) como principal agente causal. Se encuentra en raíces, cormos y principalmente en el suelo (CESVMOR, 2009).

Es considerada la enfermedad más destructiva y se distribuye ampliamente en la mayoría de los países productores de gladiolo del mundo. *Fusarium oxysporum* (f. sp. gladioli) es un patógeno importante que puede reducir la producción de cormos y flores de gladiolos hasta un 60% y causar grandes pérdidas económicas a los productores (CESAVEM, 2014). Otro problema que presenta el cultivo del gladiolo son los daños ocasionados por los trips, que presentan una amplia flexibilidad alimentaria además de consumir polen para completar su desarrollo y asegurar su fertilidad (Mound y Marullo, 1996).

Como consecuencia, ha sido reportada la captura de varias especies de trips en las flores de una considerable lista de plantas, varias de ellas de valor ornamental; sin embargo, muchas de estas capturas podrían ser casuales. Por otra parte, la presencia de un artrópodo fitófago en un cultivo no implica que le ocasione daños desde el punto de vista económico (Mound y Marullo, 1996). A fin de ayudar a establecer objetivamente prioridades de investigación para los trips fitofagos, es importante observar, cuantificar y reportar la presencia y abundancia de trips en especies ornamentales.

Otro patógeno que provoca pérdidas en la producción del cultivo del gladiolo es la roya transversal del gladiolo (*Uromyces transversalis*). La presencia de esta enfermedad se reportó oficialmente en noviembre del 2004 en los Estados de Puebla, Morelos y México. En el Estado de México se ha detectado su presencia en los municipios de Ixtapaluca, Valle de Bravo, Donato Guerra, Villa de Allende, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Malinalco, Ocuilan, Tenancingo, Tonicato, Zumpahuacán, Villa Guerrero y Zacualpan (SAGARPA, 2004).

La enfermedad es de importancia cuarentenaria para nuestro país (NOM-007-FITO-1995) y una seria amenaza a la producción (COMEXFLOR, 2011); ocasiona daños al follaje y demerita la calidad de la flor, provocando serios daños económicos en la producción, así como un decremento en las exportaciones (CESAVEM, 2008). Afecta principalmente el follaje, lo que ocasiona serios daños económicos a la producción y demerita la calidad de la flor para su comercialización.

## 2.4. *Thrips* spp.

Los trips son insectos que pertenecen a la Familia Thripidae; originan raspaduras sobre las hojas, tornándose amarillas hasta el punto de secarse, sin embargo su mayor daño es la decoloración y la distorsión o deformación floral que causan a la inflorescencia demeritando su calidad. En ataques severos las flores se caen. Las plantas llegan a morir por el daño severo en los cormos o por las raíces muy dañadas (Moritz y Parrella *et al.*, 2009). El nivel de estragos causados por esta plaga en la región productora del Estado de México es desconocido, aunque los productores realizan una fuerte inversión económica para su control. Este fitófago se distribuye en todas las regiones florícolas del Estado de México.

Clasificación taxonómica del trips:

Super Reino: Eucariota

Reino: Metazoa

Phyllum: Artropoda

Super clase: Hexápoda

Clase: Insecta

Orden: Thysanoptera

Suborden: Terebrantia

Familia: Thripidae

Género: *Thrips*

Género: *Frankliniella*

Fuente: NCBI (2015)

En México el control de trips se ha realizado tradicionalmente mediante la aspersión de insecticidas de origen químico y sintético, que representan fuertes inversiones en la producción del gladiolo. El control biológico mediante depredadores de larvas y adultos de trips también ha sido aplicado con éxito en diversos países de Europa (Wimmer *et al.*, 2008).

Los *Thrips* spp. tienen un tamaño de 0.8 a 3 mm en estado adulto, tienen forma alargada y adopta diferentes colores, como tonos marrones o grisáceos oscuros. Posee dos alas y dos antenas (aunque hay especies ápteras). Existe gran cantidad de especies de thrips dependiendo a los cultivos que atacan así tenemos: *Thrips simplex* (ataca a las plantas ornamentales), *Kakothrips pisovourus* (invade a leguminosas), *Thrips palmi* (atacan a las cucurbitáceas, ornamentales, cítricos), *Frankliniella occidentalis* (causa importantes daños en diversos cultivos incluyendo ornamentales además de transmitir virus de unas plantas a otras), *Thrips tabaci* (tiene un tamaño de 1 mm y es de color verde amarillento en estado joven y en adulto pardo amarillento, ataca plantas de tabaco) (Dreistadt *et al.*, 2001).

Los trips son la plaga más importante en el gladiolo, se reproduce por huevos y la cantidad de éstos depende de cada especie. La temperatura óptima para su reproducción es de 20 a 25°C. Este insecto pasa por seis estadios hasta su desarrollo total (adulto). Estos seis estadios son: 1) huevo, 2) primer estadio larvario, 3) segundo estadio larvario, 4) proninfa, 5) ninfa y 6) adulto (macho y hembra) (Nakahara, 1994).



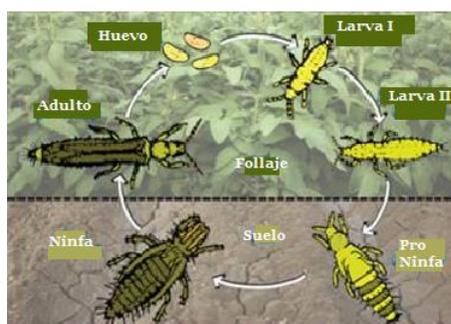
**Figura 2.** Estadios del *Thrips* spp.

El estadio de huevo transcurre en la planta, lo mismo que, los dos estadios larvarios y en estado adulto, estos dos últimos, el estado larvario y adulto son los que causan numerosos daños en las plantas. Se alimentan de ellas extrayendo la savia y jugos de las hojas, flores y frutos alimentándose de la capa celular externa, ocasionándoles necrosis y termina por morir la planta.

Los thrips succionan las células de las capas superficiales y cuando estas quedan vacías se llenan de aire, dando el aspecto gris plateado con algunas puntuaciones negras (excrementos del thrips) (Moritz y Parrella *et al.*, 2009).

También producen el ampollamiento y rizado ascendente de las hojas, con algunas pizcas negras, como daño de alimentación; además, se considera como un vector eficiente para la transmisión de virus como la marchitez manchada del tomate (TSWV) (Albouy y Devergne, 2000; Kameya-Iwaki *et al.*, 1988; Jones, 2005).

En estado de proninfa y ninfa se desarrolla fuera de la planta, en el suelo o cerca de él, en estado de pupa, pero se dan ocasiones que también se desarrollen en la planta (Hooddle, 2014).



**Figura 3.** Ciclo de vida de *Thrips* spp.

En definitiva estos insectos atacan todas las partes de la planta, cormos, tallos florales, hojas y flores a las cuales las deforman y disminuyen su crecimiento. Los depredadores de *Thrips* spp. más empleados son los ácaros del género *Amblyseius* (Phytoseiidae). Se considera que *Amblyseius swirskii* tiene como presas a *Frankliniella occidentalis* y *Thrips simplex* además de ser una especie cuya población tiene una alta capacidad de crecimiento lo cual es un excelente rasgo para ser un eficaz agente de biocontrol (Wimmer *et al.*, 2008).



**Figura 4.** Phitoseidos: (*Amblyseius swirskii*), (*Typhlodromalus limonicus*).

Una vez confirmada la presencia del fitófago en el cultivo, inmediatamente, se introducen los ácaros depredadores, que vienen envasados en una botella de plástico con harina de salvado para que se alimenten durante su transporte. Se espolvorea con la botella por encima de las plantas. Se necesita una temperatura de 18 a 20°C y una humedad relativa del 60 a 65%, para que estos enemigos naturales tengan su máxima actividad depredadora (Messelink *et al.*, 2006). Otros depredadores del trips son: *Amblyseius degenerans*, *Orius laevigatus*, *Orius majuscles*, *Orius insidiosus*, *Typhlodromalus limonicus*, *Euseius ovalis*, *Neoseiulus barkeri*. *Amblyseius cucumeris*, *Neoseiulus californicus* (Belda y Calvo, 2006).



**Figura 5.** Hemíptero, (*Orius majuscles*), se alimenta de *Thrips* spp. y *Tetranychus* spp.

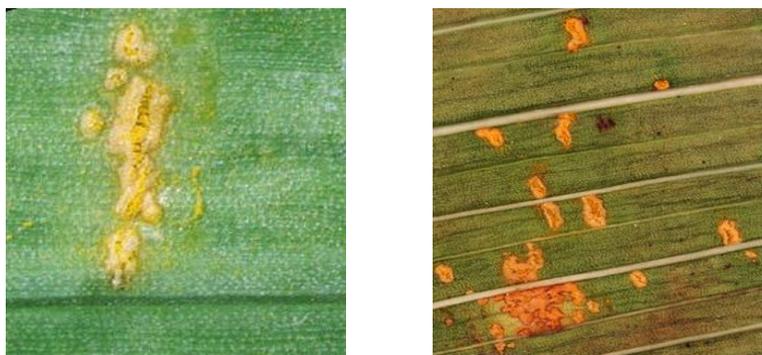
### **2.5. *Uromyces transversalis* (Thümen) G. Winter**

Los síntomas se detectan principalmente al revisar las hojas y tallos de la planta que presentan pústulas dispuestas en forma transversal a las nervaduras de la hoja, con polvo amarillo-naranja (uredosporas).

Las pústulas llegan a unirse formando manchas más grandes, conforme avanza el daño, las lesiones se tornan de color café-oscuro y finalmente negro. Su control se ha basado con el uso de fungicidas de origen químico. Hasta el momento se carece de alternativas de origen biológico, que permita considerarla como una alternativa dentro del manejo integrado de la enfermedad (Hernández, 2004).

*Uromyces transversalis* es nombrado así por los soros transversales que se desarrollan a lo ancho de las hojas, en comparación con la mayoría de las royas en monocotiledóneas cuyos soros estallan longitudinalmente a lo largo de las venas de la hoja (Hernández, 2004).

En recorridos realizados se ha confirmado la ocurrencia de pústulas de color amarillo-anaranjadas en el follaje, que se ubican transversalmente a las nervaduras de la hoja, los cuales son síntomas típicos de la roya transversal ocasionada por el patógeno.



**Figura 6.** Lesiones del hongo *Uromyces transversalis*.

El cultivo de gladiolo (*Gladiolus communis* L.) en la región norte del Estado de México se ha considerado como una zona con ausencia de roya (CESAVEM, 2013), sin embargo en los últimos ciclos se han tenido reportes no oficiales de su presencia y se desconocen sus daños, su ubicación y su distribución espacial.

Las royas se encuentran a nivel mundial en cualquier sitio donde crecen plantas, además son altamente específicas con sus hospederas, como existen un sin número de plantas, la diversidad de royas probablemente, también es muy elevada, esto significa que aún faltan numerosas especies de royas por descubrir (Piepenbring, 2015).

Esta especie afecta principalmente al cultivo del gladiolo, aunque se ha reportado en otros miembros de la familia Iridiaceae como *Crocsmia*, *Freesia*, *Melasphaerula*, *Tritonia* y *Watsonia* (Schubert *et al.*, 2006). El hongo ocasiona daños al follaje y demerita la calidad de la flor para su comercialización, provoca fuertes daños económicos en la producción, así como un decremento en las exportaciones (Valencia-Botin *et al.*, 2013).

Los Pucciniomycotina comprenden, un orden grande como las royas o Pucciniales (anteriormente Uredinales), y numerosos hongos pequeños de microhongos (Aime *et al.*, 2006). Las royas y hongos de diversos ordenes forman, teliosporas, basidiosporas y a menudo esporas asexuales.

Una sola especie de roya puede producir cinco tipos de esporas diferentes en el transcurso de su ciclo de vida, cada espora con una función diferente, ésta complejidad las hace únicas entre los seres vivos. *Uromyces transversalis* forma todas sus esporas en un solo tipo de planta por lo que es autoica (Piepenbring, 2015).

Las royas son parásitos obligados, no crecen de manera saprofita y son difíciles de cultivar en laboratorio, por tener una consistencia povorienta, el viento es el medio principal para la dispersión de esporas de royas, insectos, ácaros y otros animales que comen esporas pueden también contribuir a su dispersión (Piepenbring, 2015). Otros hongos denominados hiperparásitos colonizan ciertos soros de royas y utilizan las lesiones causadas por la infección para su propio desarrollo y beneficio.

## Clasificación Taxonómica de la Roya Transversal del Gladiolo:

Reino: Fungi

Clase: Pucciniomycotina

Orden: Puccinales

Familia: Puccinaceae

Género: *Uromyces*

Especie: *Transversalis*

Fuente: NCBI (2015)

En la antigüedad a los carbones y las royas se les denominaba “uredo” (lat. urere = quemar), refiriéndose a la masa de esporas polvorientas que parece quemar el tejido de las plantas, actualmente éste nombre solo se aplica a las royas. Las especies de *Puccinia* (aprox. 4,000) y las de *Uromyces* (aprox. 800), se concentran en la familia Pucciniaceae, son parafiléticos y forman sus teliosporas en pedicelos, otras producen teliosporas sin pedicelos, en costras o en columnas (Piepenbring, 2015). Actualmente se consideran 13 familias de royas (Aime *et al.*, 2006).



**Figura 7.** Uredosporas y Teliosporas de *Uromyces transversalis*.

Daños mayores a 60 %, causan una pérdida total en el valor comercial de la flor, y cuando la infección ocurre en etapas tempranas hay una reducción en la calidad así como en el calibre del cormo. Su presencia en etapas tardías favorece la diseminación del inóculo a través del cormo infestado, a otras parcelas o regiones (SENASICA, 2008).

Su diseminación se da por el viento, por hojas y tallos infectados así como por cormos, rizomas y flores contaminados con esporas de la roya (SENASICA, 2008).

Para generar estrategias de manejo de esta enfermedad, es necesario contar con estudios de su dinámica en tiempo y espacio. La ocurrencia de la enfermedad estuvo asociada a la presencia de humedad en las hojas y temperaturas promedio de 14.6 °C (INIFAP, 2015), las cuales son consideradas favorables para la germinación y sobrevivencia de las uredosporas (Aloj *et al.*, 1981; Peterson y Berner, 2009) así como una reducción en la frecuencia de aplicación de fungicidas por parte del productor.

## **2.6. Geoestadística**

Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos y permiten elaborar mapas (Sciarretta *et al.*, 2001) formando gradientes de la distribución de los organismos (Nava-Díaz, 2009).

Matheron (1963), padre de la Geoestadística en su forma actual, la definió como la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales. Estas funciones se pueden visualizar como una variable aleatoria definida en todos los puntos del espacio, o lo que es igual, cada realización de la función aleatoria es una función espacial. El formalismo de las funciones aleatorias se aplica principalmente al estudio y caracterización de fenómenos naturales, lo que conduce a varios tipos de aplicaciones de las técnicas geoestadísticas (Wackernagel, 1998; Goovaerts, 2000).

Con el uso de la geoestadística es posible establecer mapas de la distribución espacial de insectos plaga y enfermedades, así como su porcentaje de infestación consiguiéndose ahorros económicos y ambientales

al direccionar las alternativas de control hacia puntos específicos donde se presenta la enfermedad o la plaga.

El análisis geoestadístico consiste en: 1) estimación del semivariograma, 2) estimación de los parámetros del modelo de semivariograma, y 3) estimación de la superficie (mapas) utilizando puntos (estimaciones) a partir del krigado.

Cualquier función matemática puede usarse para modelar un semivariograma siempre que sea positiva y definida (Armstrong y Jabin, 1981). En la práctica, se escoge como modelo una de las funciones para las que se sabe que dichas condiciones se cumplan (Isaaks y Srivastava, 1989). Un procedimiento habitual es la selección visual de una función que parezca ajustarse a los valores experimentales del semivariograma y posteriormente se efectúa una validación (Englund y Sparks, 1988).

Para determinar qué tan fuerte es la relación entre los datos obtenidos en los muestreos se calcula el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita y la meseta, expresado en porcentaje: con menos de 25% es alto; entre 26 y 75% es moderado y mayor a 76% es bajo (Cambardella *et al.*, 1994; López-Granados *et al.*, 2002).

La innovación de la geoestadística es que permite obtener no solo la estimación sino también una medida de incertidumbre. La estimación se obtiene a partir de un conjunto de medidas, produce mapas que son más suaves que la realidad y si la variabilidad espacial es de interés se recurre a técnicas de simulación (que es otra parte de la geoestadística).

Para estimar la incertidumbre, la geoestadística construye un marco ideal para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo de forma que se minimice la incertidumbre de estimación. Sobre esta base, el número de aplicaciones que proporciona en cada rama del conocimiento es innumerable (Rivoirard *et al.*, 2000; Webster y Oliver, 2001).

Se considera que la geoestadística se aplica a muchos aspectos de la agricultura de precisión incluyendo el muestreo, la predicción, la cartografía, la toma de decisiones, las aplicaciones de la tasa variable, la economía, entre otros (Oliveira, 2010).

En el estado de México se han realizado estudios con insectos tales como trips en tomate de cáscara (Jiménez *et al.*, 2013), *Bactericera cockerelli* en papa (Ramírez *et al.*, 2012), gusano soldado en maíz (Esquivel *et al.*, 2014) y en enfermedades como lo es el carbón de la espiga del maíz (Sánchez-Pale *et al.*, 2011), y *Claviceps gigantea* (Maldonado, 2013), que han permitido describir la agregación o distribución de las plagas de insectos y enfermedades en puntos específicos de cada una en los diferentes predios y regiones analizadas, con la finalidad de generar información que induzcan el manejo preciso de la plaga a través del enfoque de manejo agronómico en “sitio específico” (Moral *et al.*, 2011) al focalizar y dirigir las medidas de control así como las acciones de monitoreo.

La mayoría de los estudios de distribución espacial se han enfocado a plagas en cultivos con grandes superficies sembradas en el estado de México como en maíz (Sánchez-Pale *et al.*, 2011) y en aguacate (Solares *et al.*, 2011), y es nula la información generada en cultivos ornamentales.

La modelización espacial geoestadística en basidiomicetos ha sido lograda por Allen *et al.*, (2008) en trigo con *Tilletia indica*. Así con lo reportado por Johnson *et al.*, (2007) quienes determinaron los patrones de distribución de *Puccinia melanocephala* ajustados a modelos esféricos. Y también el Análisis Espacio-Temporal de la roya del café en Chiapas, Veracruz y Puebla reportada por Mora *et al.*, (2014).

En Thrips, sus adultos y larvas presentaron agregación de sus poblaciones al utilizar índices de agregación en panículas de mango en dos plantaciones de pimiento analizados (Aliakbarpour y Che, 2011). Solares *et al.*, (2011) determinó patrones agregados de las poblaciones de *Thrips* spp. en aguacate, similar resultado fue determinado con *Frankliniella occidentalis* en Tomate de Cáscara (Jiménez *et al.*, 2013).

## II. JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales cultivos de flor de corte que se producen en México es el gladiolo, cuyas bondades han sido por años bastante ventajosas respecto a las demás ornamentales producidas en el país y que lo han posicionado como uno de los de mayor importancia en el mercado nacional e internacional.

El Estado de México ocupa el primer lugar en la producción y exportación de flores de corte a nivel nacional, cuya actividad genera miles de empleos y percepción de ingresos para la entidad. Se cultivan 1,060.50 ha. de gladiolo con un rendimiento promedio de 1,153,200.50 gruesas/ha, con un valor de \$173'772,020.00, situación que caracteriza al gladiolo como un cultivo económica y socialmente importante.

El Distrito de Desarrollo Rural Coatepec Harinas en el sureste del estado, es la principal zona de producción florícola, donde está establecido el 95% de la superficie cultivada. Sin embargo, al igual que todas las plantas cultivadas por el hombre y explotadas de manera intensiva, el cultivo del gladiolo se enfrenta durante su desarrollo y producción a diversos y fuertes ataques de plagas y enfermedades.

Los trips son la principal plaga en la producción del gladiolo, el daño causado se acentúa en la flor, por deformación y decoloración. Son de alta proliferación y son transmisores de virus; además por su tamaño y comportamiento es un insecto plaga de difícil control, lo que induce a la utilización de grandes cantidades de insecticidas, provocando contaminación de suelo y agua.

La roya transversal del gladiolo es considerada una enfermedad de importancia cuarentenaria en algunos países. Ataca principalmente cultivares híbridos de gladiolo. El hongo *Uromyces transversalis*, es conocido desde hace muchos años en el sureste de África.

Es bien sabido que los brotes de roya pueden causar pérdidas del 100% y hacer que la producción de gladiolo sea casi imposible sin el uso de fungicidas de origen sintético.

Bajo ésta problemática lo que se pretende con la presente investigación es mejorar las condiciones de control, por medio de la determinación de los patrones de la distribución espacial del patógeno y del fitófago a través del uso de geotecnologías.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La distribución espacial de las poblaciones de trips y la severidad de la roya transversal en el cultivo del gladiolo presente en la región sureste y norte del estado de México se pueden modelar con el uso de geotecnologías.

## V. OBJETIVOS

### 5.1. General

Obtener la distribución espacial de trips y roya transversal en el cultivo del gladiolo en el estado de México con el uso de geotecnologías.

### 5.2. Específicos

Determinar el tipo de distribución espacial que presentan las poblaciones de trips y la severidad de la roya transversal del gladiolo en el estado de México

Elaborar mapas de densidad, con la técnica del krigado, de trips y severidad de la roya transversal en el cultivo de gladiolo de las regiones sureste y norte del estado de México.

Determinar la especie de *Thrips* spp. presente en el cultivo del gladiolo en las regiones sureste y norte del estado de México.

## VI. MATERIAL Y METODO

### 6.1. Muestreo.

Se realizaron tres muestreos durante el ciclo productivo de gladiolo para flor de corte, en parcelas comerciales de las regiones norte y sureste del estado de México, en la variedad ‘roja borrega’ para las fechas de corte del día del Padre y día de muertos. La región norte pertenece al Distrito de riego número II de Atlacomulco y los municipios involucrados en la producción de gladiolo son: Ixtlahuaca, Jocotitlán y Jiquipilco; donde se tienen antecedentes de la presencia de *Thrips* spp. en varios cultivos de la zona causando problemas severos; pero no se tienen datos de la presencia de roya transversal del gladiolo (CESAVEM, 2013).

En el Distrito de riego número VI de Coatepec Harinas que corresponde a la región sureste del estado de México; se localizan los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero y Ocuilán los cuales generan la mayor producción de gladiolo del país y que presentan problemas fitosanitarios con *Thrips* spp. y con *Uromyces transversalis* que incrementan los costos y disminuyen la producción y que son considerados las principales plagas de éste cultivo.



**Figura 8.** Mapa de las zonas productoras de gladiolo en el estado de México.

Dichos municipios se caracterizan por tener un uso de suelo destinado a la producción de diversas especies florales al aire libre y bajo cubiertas flotantes, así como a la producción de maíz, avena, frutales entre otros. Las parcelas de gladiolo evaluadas se caracterizaron por tener en su entorno otros cultivos como son rosa, crisantemo, clavel, gerbera, y maíz, e incluso otras parcelas de gladiolo en diferentes etapas de desarrollo.

Los muestreos se realizaron durante los años 2013 y 2014, con diferentes productores cooperantes de gladiolo en el estado de México:

**Tabla 1.** Días después de la siembra de los muestreos realizados por cada región analizada.

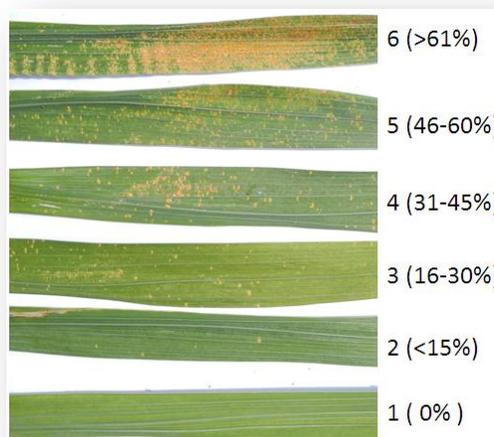
FECHA DE CORTE	CICLO VEGETATIVO	ETAPA FENOLÓGICA	REGIÓN	
			NORTE	SURESTE
Día del Padre	Invierno	Vegetativa	78	-
		Espata	103	-
		Floración	120	-
	Primavera	Vegetativa	-	40
		Espata	-	70
		Floración	-	107
Día de Muertos	Verano	Vegetativa	40	30
		Espata	80	55
		Floración	113	85

Para el primer muestreo, la etapa vegetativa correspondió a la planta con desarrollo de 3 a 4 hojas, el segundo muestreo que se realizó en etapa de espata, es decir en la formación de la espiga floral con una longitud de entre 8-15 cm y el tercer muestreo se efectuó en etapa de floración que fue cuando la espiga floral ya estaba madura para realizar el corte comercial, es decir cuando en la base de la espiga floral se observó la apertura de la flores evidenciando su color.

La diferencia en los días de muestro entre las dos zonas evaluadas se debe al efecto de las temperatura que regulan el desarrollo del cultivo en cada región, las cuales están supeditadas por el ciclo o época del año.

En cada parcela se estableció una malla de 100 m por cada lado, de tal forma que a cada 10 m se colocó una trampa para la captura del insecto, además esta misma punto se seleccionó una planta para realizar la toma datos sobre la ausencia o presencia de roya transversal del gladiolo así como la severidad que mostró, considerando como base la escala arbitraria construida con seis clases e indicada en la Figura 9.

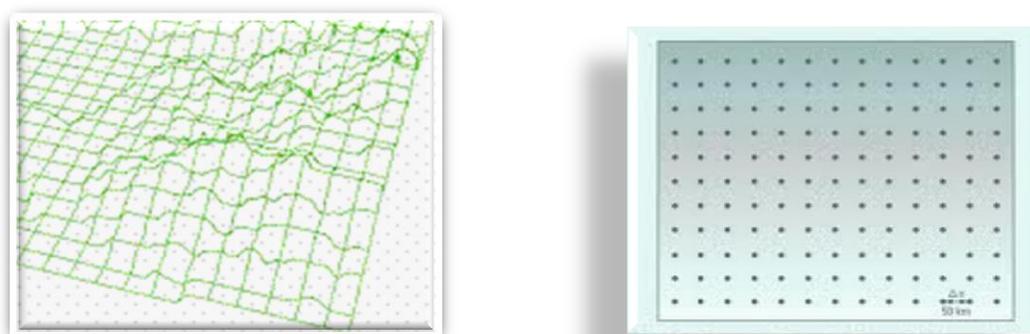
La captura de trips se realizó con trampas elaboradas con vasos plásticos No. 8 de color amarillo (Amscan®, México) de 8.5 cm de alto, 4 cm de diámetro en la base y 7.5 cm de diámetro en el borde superior de acuerdo a lo sugerido por Ascensión-Betanzos *et al.* (1999) y Solares *et al.* (2011). A cada vaso se le colocó un hilo plástico en la base sujetado a un soporte metálico con la finalidad de que permaneciera firme en el campo y se les impregnó con aceite vegetal en la superficie externa para lograr que los insectos quedaran adheridos a la superficie del vaso. Las trampas se revisaron con un lente de aumento de 20X para contabilizar los trips encontrados.



**Figura 9.** Escala de severidad diagramatizada compuesta de seis clases.

Los puntos de muestreo se ubicaron geográficamente mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS Modelo SPS351, Trimble®, CA). Se analizaron las densidades de los *Thrips* spp. capturados de cada fecha de muestreo al igual que los datos de severidad de la roya en cada parcela por cada fecha de muestreo de los municipios evaluados, en los dos años de estudio .

Se realizó una exploración estadística de los datos originales de la población de los insectos y de la severidad de la roya (media, desviación estándar, normalidad, etc.), para proceder a su análisis estadístico por separado.



**Figura 10.** Malla o transecto de 10 X 10 en una hectárea.

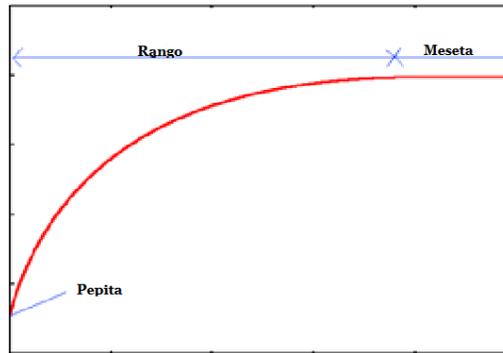
## 6.2. Análisis geoestadístico

El análisis geoestadístico constó de los siguientes pasos:

1. Estimación del semivariograma.

El semivariograma es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, de cualquier par de valores, obteniendo como resultado la influencia de los datos a diferentes distancias, denotada como  $h$ .

## 2. Estimación de los parámetros del semivariograma.



**Figura 11.** Parámetros de los semivariogramas.

**Rango:** Representa la distancia donde hay relación estadística espacial de los datos.

**Meseta:** Representa el valor asintótico del semivariograma que es cuando el modelo del semivariograma alcanza al rango o al valor en el eje de las Y.

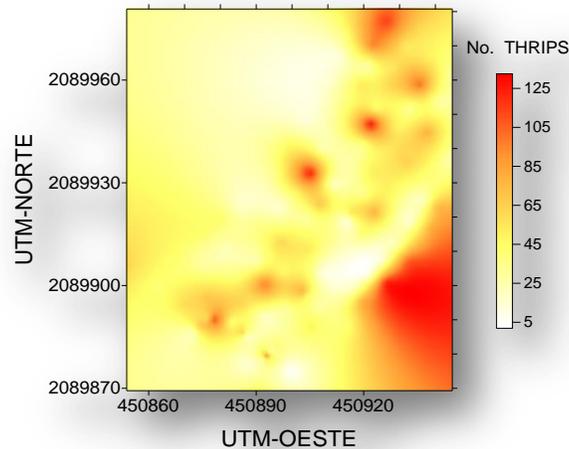
**Pepita:** Indica el error de muestreo y lo adecuado en la escala de muestreo. Los errores de medición ocurren debido al error inherente a los dispositivos de medición. Los fenómenos naturales pueden variar espacialmente en un rango de escalas.

**Alta dependencia espacial:** Indica una fuerte distribución agregada de la enfermedad o la plaga.

**Semivariograma:** Es una función básica que describe la variabilidad espacial de un fenómeno de interés.

## 3. Elaboración de mapas.

Los mapas proporcionan la visualización, ubicación y densidad del insecto plaga por medio de la distribución espacial del mismo.



**Figura 12.** Mapa de distribución espacial de *Thrips* spp.

### 6.2.1. Estimación del semivariograma

El semivariograma experimental se estimó con datos recolectados en las diferentes fechas de los sitios de muestreo del fitófago y de la enfermedad, el valor experimental del semivariograma se calculó con la siguiente expresión Isaaks y Srivastava (1989):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Dónde:

$\gamma^*(h)$  es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ .

$N(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ .

$z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i$  y  $z(x_i+h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i+h$ .

Para la realización del semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo de las parcelas experimentales se empleó el programa VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D, Spring, NY).

### **6.2.2. Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma.**

Los semivariogramas experimentales preestablecidos se ajustaron a un semivariogramas teóricos preestablecidos, para posteriormente analizarlos. El semivariograma experimental fue obtenido a través del programa Model de VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D, Spring, NY).

Se calculó el nivel de dependencia espacial para determinar la relación entre los datos obtenidos en los muestreos. Este valor se obtiene dividiendo el efecto pepita (o ‘nugget effect’ que es la discontinuidad puntual del semivariograma en el origen o error aleatorio) sobre la meseta (límite del semivariograma cuando la distancia  $h$  tiende al infinito) y se expresa en porcentaje. Los valores con menos del 25% son altos, entre el 26 y 75% son moderados y mayores a 76% son bajos (López-Granados *et al.*, 2002).

### **6.2.3. Elaboración de mapas**

Se utilizó el método geoestadístico de interpolación de Kriging para estimar los valores insesgados a puntos que no fueron muestreados para la elaboración de mapas de densidad que permiten visualizar el comportamiento espacial que presentaron los *Thrips* spp. y también la distribución espacial de la severidad de la roya en el cultivo. Los mapas identifican los niveles de infestación y la localización, lo que permite la orientación de las actividades de control. Las estimaciones de la densidad de *Thrips* spp. en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, por cada parcela, fueron representadas en un mapa elaborado a través del programa Surfer 9.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc., Golden, CO).

## **6.3 Identificación y descripción de las especies de *Thrips* presentes en el cultivo de gladiolo en las parcelas muestreadas.**

La metodología para la captura en campo del fitófago se realizó en el último muestreo en las diferentes fechas de corte. Se tomó una flor en forma

aleatoria de cada punto de muestreo, se utilizó el muestreo en zigzag dentro de la parcela y se procedió a colocar los insectos en alcohol del 70% con un pincel de cerdas finas con la finalidad de evitar causarles daños a las estructuras de reconocimiento, ya que son insectos muy pequeños y muy frágiles. La captura se realizó a estados inmaduros como adultos.

Los recipientes de captura se llevaron al laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México para realizar el montaje de los especímenes y su reconocimiento por parte del Dr. Roberto Miguel Johansen Naime, especialista internacional del orden Thysanoptera.

El montaje de los especímenes de *Thrips* spp. se realizó con la ayuda de la Biol. Elizabeth mejorada Gómez Técnico Académico Titular “C” y de la M. en C. Aurea Mojica Guzmán Técnico Académico Titular “B” del Laboratorio de Entomología del Departamento de Zoología en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. La descripción y determinación de las especies de *Thrips* encontradas en las diferentes parcelas muestreadas la realizó el Dr. Roberto Miguel Johansen Naime Investigador Titular “B” y coordinador del Laboratorio de Entomología del Departamento de Zoología en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las imágenes fotográficas fueron tomadas por el Dr. Jorge M. Valdez Carrasco con un Foto microscopio III de Carl Zeiss con cámara para microscopía PAXcam 5.0, en el Laboratorio de Morfología de insectos del posgrado de entomología, en el Colegio de Posgraduados.

## VII. RESULTADOS

Los productos generados de la presente investigación corresponden a seis artículos científicos, dos que indican el comportamiento espacial del fitófago *Thrips* spp. y cuatro a la roya transversal del gladiolo *Uromyces transversalis* (Thumen G. Winter). Hasta el momento se han publicado dos artículos como se indican a continuación:

- 1) El primer artículo se realizó con datos de trips en la región sureste del estado en dos años consecutivos (2013 y 2014) titulado. “Análisis Espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el Cultivo de Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México”. Este artículo se publicó en la Revista SOUTH WESTERN ENTOMOLOGIST 40 (2): en Junio de 2015.
- 2) Los resultados obtenidos de la distribución espacial de la roya en la zona norte del estado de México durante el corte para día de muertos de 2014, se realizó un el manuscrito titulado: “Comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo en Jiquipilco, Estado de México, México”, el cual se publicó en la REVISTA MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA, Volumen 33, Número 2, en Julio 2015.
- 3) De los resultados obtenidos para *Uromyces transversalis* en la región sureste del estado se elaboró un segundo artículo que se titula “Análisis espacial de la roya transversal del gladiolo durante el ciclo primavera-verano en la región sureste del Estado de México” el cual se encuentra en revisión en la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo, en Mendoza, Argentina.
- 4) Para el resto de las parcelas analizadas en la región norte se elaboró un artículo de la distribución espacial de la roya, el cual se denominó: “Modelización de la distribución espacial de la roya

transversal del gladiolo en la región norte del Estado de México” que se encuentra en revisión en la Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) de Buenos Aires Argentina.

- 5) Teniendo en consideración que se obtuvieron datos de la presencia del fitófago en la región norte del estado se realizó un artículo titulado: “Distribución Espacial De *Thrips simplex* (Thysanoptera: Thripidae) en Plantaciones de Gladiolo de Valles Altos del Estado de México, México” el cual se encuentra en revisión en la Revista Boletín Museo de Entomología. Universidad del Valle en Santiago de Chile.
- 6) Finalmente con datos obtenidos en la región sureste del estado de México durante el ciclo verano-otoño que corresponde a la fecha de corte de día de muertos se elaboró un artículo titulado: “Spatial distribution of *Uromyces transversalis* in *Gladiolus communis* L. during the summer-fall cycle in the southeast region of the state of Mexico”. El cual se encuentra en revisión en la Revista Tropical Plant Pathology, de Brasil.

## CAPÍTULO I

El primer artículo se realizó con datos de trips en la región sureste del estado de México en dos años consecutivos (2013 y 2014) titulado “Análisis Espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el Cultivo de Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México”.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3958/059.040.0213>

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.3958/059.040.0213>

Este artículo está publicado en la Revista SOUTHWESTERN ENTOMOLOGIST en el Vol. 40, No. 2 en Junio de 2015. Dicha revista se encuentra indexada en ISI JOURNAL CITATION REPORTS, con un ISSN:0147-1724 en versión impresa y ISSN: 2162-2647 en versión electrónica.



20Nov14

Estimado Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale: su manuscrito titulado “Comportamiento espacial de *Trips* spp. en el cultivo de gladiolo en la región sureste del Estado de México” ha sido recibido para revisión de pares en la revista *Southwestern Entomologist*. Dentro de pocas semanas le informaré sobre los comentarios que revisores anónimos le harán a su trabajo.

Sin más por el momento reciba un afectuosos saludo y le agradecemos su interés de publicar su interesante trabajo en nuestra revista.

Atentamente,

*Carlos A. Blanco*

Carlos A. Blanco, Editor asociado

[Carlos.a.blanco@aphis.usda.gov](mailto:Carlos.a.blanco@aphis.usda.gov) / [carlos.blanco1206@gmail.com](mailto:carlos.blanco1206@gmail.com)

Cc. Dr. Bonnie Pendleton, Editor-in-Chief

**Análisis Espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el Cultivo de Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México**

Author(s): Rosalba Quiñones-Valdez, Jesús Ricardo Sánchez-Pale, Ana Karen Pedraza-Esquivel, Alvaro Castañeda-Vildozola, A. T. Gutierrez-Ibañez y José Francisco Ramírez-Dávila

Source: Southwestern Entomologist, 40(2):397-408.

Published By: Society of Southwestern Entomologists

DOI: <http://dx.doi.org/10.3958/059.040.0213>

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.3958/059.040.0213>

---

BioOne ([www.bioone.org](http://www.bioone.org)) is a nonprofit, online aggregation of core research in the biological, ecological, and environmental sciences. BioOne provides a sustainable online platform for over 170 journals and books published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Web site, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at [www.bioone.org/page/terms\\_of\\_use](http://www.bioone.org/page/terms_of_use).

Usage of BioOne content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

**Análisis Espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el Cultivo de Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México**

**Spatial Analysis of *Thrips* spp. (Thysanoptera) in Gladioli Plants in the Southeast Region of the State of Mexico, Mexico**

Rosalba Quiñones-Valdez<sup>1</sup>, Jesús Ricardo Sánchez-Pale<sup>2\*</sup>,  
Ana Karen Pedraza-Esquivel<sup>3</sup>, Alvaro Castañeda-Vildozola, A. T. Gutierrez-Ibañez<sup>2</sup>,  
y José Francisco Ramírez-Dávila<sup>2</sup>

**Resumen.** Los *Thrips* spp., son la principal plaga que afecta al cultivo de gladiolo en las diversas regiones del Estado de México. Su manejo ha sido poco satisfactorio debido al desconocimiento de su distribución espacial. El objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución espacial de *Thrips* spp., con técnicas geoestadísticas que permitan su visualización a través de los mapas generados. Se determinó que las poblaciones de *Thrips* spp. presentaron una distribución espacial de tipo agregada en todo el ciclo fenológico del cultivo de gladiolo. El modelo gaussiano, indicó agregaciones de forma continua, esto favorece el avance de las infestaciones de los insectos a plantas aledañas, posiblemente debido a la preferencia por la variedad. Con el modelo esférico, las agregaciones fueron de forma aleatoria dentro de la parcela lo que propició infestaciones en zonas específicas, que permitirá direccionar las diferentes medidas de control sobre los puntos de agregación de los insectos. Los mapas obtenidos reflejaron la estructura agregada de las poblaciones en puntos específicos de las parcelas.

**Abstract.** *Thrips* spp., are the main pest of gladiolus plants in some regions of the State of Mexico. Its management has not been satisfactory because the spatial distribution of *Thrips* spp. is unknown. The purpose of this research was to determine the spatial distribution of *Thrips* spp. in the southeast region of the State of Mexico, using geostatistical techniques which may allow their visualization through maps. *Thrips* spp. exhibited an aggregated spatial distribution in gladiolus. The Gaussian model showed a continuous aggregation, which indicates the advance of the infestations of insects to neighboring plants, perhaps for their preference to the variety. With the spherical model, aggregations in the plot were random which propitiated infestations at specific areas; this will address the control

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C.P. 50200, México.

<sup>2</sup>CIEAF, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México jrsanchezp@uaemex.mx

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México

\*Autor de correspondencia: jrsanchezp@uaemex.mx

measures of the insects on aggregation points. Maps obtained demonstrated the aggregated structure of populations at specific points of the parcels.

### Introducción

La flor del gladiolo (*Gladiolus communis* L.) es la principal ornamental de corte que se produce en México. Su cultivo se concentra en los Estados de México, Puebla, Michoacán, y Morelos (SIAP 2014). Anualmente se siembran 4,088 ha de las cuales el 31.67% están en el Estado de México, siendo la principal zona de producción y que destina un mayor volumen para exportación (SIAP 2014). Dentro de la problemática fitosanitaria que limita su producción e incrementa los costos, se encuentra el secamiento, la roya y los *Thrips* spp. Estos últimos insectos son la principal plaga que afecta al cultivo durante todo su ciclo en las diferentes regiones productoras del Estado de México (Romero 1996). Por su tamaño y hábitos alimenticios ha sido difícil su control, llegando a ocasionar daños severos en el desarrollo vegetativo, en la calidad final de la flor y en los cormos. En las hojas y las flores aparecen manchas blancas, las cuales llegan a secarse prematuramente. También ocasionan algunas deformaciones en las flores, y cuando el ataque es severo, los botones florales se secan y no abren, y su presencia conlleva la necesidad de utilizar una gran cantidad de insumos fitosanitarios para su control (Demirozer et al. 2012). A los *Thrips* spp. se les ha asociado con la presencia de los virus TSWV, TSV, e INSV (Albouy y Devergne 2000) en otras regiones del mundo.

Un eficiente control va estrechamente ligado al conocimiento de los patrones espaciales de los insectos. Para lograrlo se requieren estudios que permitan determinar dicha distribución de las poblaciones de *Thrips* spp. para elaborar estrategias de control en forma focalizada (Moral et al. 2011) y para disminuir la pérdida de la calidad y producción de flor y cormos de gladiolo.

En el presente trabajo se utilizaron técnicas geoestadísticas para explorar patrones de distribución a través de la caracterización y la creación de modelos de los patrones de distribución espacial. Este tipo de análisis proporciona una medida más directa de la dependencia espacial debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización (Werneck 2008). La geoestadística permite elaborar mapas de distribución de un organismo en un espacio continuo (Park et al. 2007) para identificar las áreas con mayor grado de infestación que requieran un control inmediato. También permite detectar posibles preferencias en su estructura de agregación y detectar zonas que no presenten infestación (Karimzadeh et al. 2011) para relacionar los patrones de distribución de estos organismos con las características del medio donde se desarrollan. El objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución espacial de *Thrips* spp. en la región sureste del Estado de México durante el ciclo primavera-verano de los años 2013 y 2014 para generar mapas de agregación de los insectos.

### Materiales y Métodos

Se realizaron tres muestreos en la variedad de gladiolo 'roja borrega' en dos parcelas comerciales en cada uno de los siguientes municipios: Tenancingo, Villa Guerrero y Ocuilán, con antecedentes de presencia de *Thrips* spp. Dichos municipios se caracterizan por tener un uso de suelo destinado a la producción de

diversas especies florales al aire libre y bajo cubiertas flotantes, así como a la producción de maíz. Las parcelas de gladiolo evaluadas se caracterizaron por tener en su entorno otros cultivos como fueron rosa, crisantemo, clavel, gerbera, y maíz, e incluso otras parcelas de gladiolo en diferentes etapas de desarrollo. Los muestreos durante el ciclo primavera-verano 2013-2014 se realizaron en tres etapas fenológicas, el primero a los 30 días después de la siembra (DDS; Etapa vegetativa), a los 55 DDS (Etapa de espata) y a los 80 DDS (Etapa de floración). En cada parcela se estableció un transecto de 100 m y cada 10 m se colocó una trampa.

La captura de *Thrips* spp. se realizó con trampas construidas con vasos plásticos No. 8 de color amarillo (Amscan®, México) de 8.5 cm de alto, 4 cm de diámetro en la base y 7.5 cm de diámetro en el borde superior de acuerdo a lo sugerido por Ascención-Betanzos et al. (1999) y Solares et al. (2011). A cada vaso se le colocó un hilo plástico en la base sujetado a un soporte metálico con la finalidad de que permaneciera firme en el campo y se les impregnó con aceite vegetal en la superficie externa para lograr que los *Thrips* spp. quedaran adheridos a la superficie del vaso. Las trampas se revisaron con un lente de aumento de 20X para contar y remover los *Thrips* spp. capturados.

Las trampas fueron ubicadas geográficamente mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS Modelo SPS351, Trimble®, CA). Se analizaron las densidades de los *Thrips* spp. capturados de cada fecha de muestreo. Se realizó una exploración estadística de los datos originales de la población de los insectos para proceder a su análisis estadístico.

Respecto al análisis geoestadístico, primero se realizó la estimación de un semivariograma (herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, de cualquier par de valores, obteniendo como resultado la influencia de los datos a diferentes distancias, denotada como  $h$ ) se hizo con los datos de *Thrips* spp. capturados en los sitios de muestreo. El valor experimental del semivariograma se calculó con base en lo establecido por Isaaks y Srivastava (1989): 
$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$
 donde:  $\gamma^*(h)$  es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ ;  $N(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ ;  $z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i$  y  $z(x_i+h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i+h$ . A este semivariograma se le denomina experimental y se ajustó a un semivariograma teórico preestablecido, para posteriormente validarlo. El semivariograma experimental fue obtenido a través del programa VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D, Spring, NY).

Se calculó el nivel de dependencia espacial para determinar la relación entre los datos obtenidos en los muestreos. Este valor se obtiene dividiendo el efecto pepita (o 'nugget effect' que es la discontinuidad puntual del semivariograma en el origen o error aleatorio) sobre la meseta (límite del semivariograma cuando la distancia  $h$  tiende al infinito) y se expresa en porcentaje. Valores con menos del 25% son altos, entre el 26 y 75% son moderados y mayores a 76% son bajos (López-Granados et al. 2002).

Se utilizó el método geoestadístico de interpolación de Kriging para estimar los valores insesgados a puntos que no fueron muestreados para la elaboración de mapas de densidad que permiten visualizar el comportamiento espacial de *Thrips* spp. Los mapas identifican los niveles de infestación y su localización, lo que permite la orientación de las actividades de control. Las estimaciones de la

densidad de *Thrips* spp. en las diferentes etapas fenológicas por parcela fueron representadas en un mapa a través del programa Surfer 9.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc., Golden, CO).

### Resultados y Discusión

Se registraron *Thrips* spp. en todas las parcelas de gladiolo durante los dos años evaluados. Durante el 2013 la densidad de *Thrips* spp. fue mayor en Villa Guerrero, seguida por Ocuilan y Tenancingo. En el ciclo 2014 la mayor densidad se presentó en Ocuilan (Cuadro 1).

Durante el ciclo de producción 2013, la densidad de los insectos varió de 2 a 108 *Thrips* spp./trampa en Ocuilan, de 19 a 237 en Villa Guerrero y de 1.81 a 40.2 en Tenancingo. La mayor abundancia del insecto se encontró en la etapa fenológica vegetativa (30 DDS) y espata (70 DDS), mientras que en la etapa de floración se presentaron densidades variables.

En las plantaciones de flor de gladiolo del año 2014 se observó que la mayor densidad de *Thrips* spp. se presentó durante la etapa vegetativa (30 DDS) mientras que la menor en la etapa de floración (80 DDS). La densidad de los insectos varió de 7 a 12 *Thrips* spp./trampa en Villa Guerrero, de 2 a 88 en Tenancingo y de 9 a 119 en Ocuilan. La menor captura de insectos se determinó en la etapa de floración (80 DDS) para la parcela dos de Tenancingo y Ocuilan, en tanto que en Villa Guerrero se presentó en la etapa de espata (55 DDS).

Las diferentes densidades de población sobrepasan los límites permisibles para la producción de gladiola (Carrizo et al. 2008). Sin embargo, las técnicas

Cuadro 1. Densidad y Parámetros de los Modelos Ajustados a los Semivariogramas Obtenidos en el Muestreo de *Thrips* spp. en el Cultivo de Gladiolo, en Ocuilan, México, durante el Ciclo Primavera-verano 2013 y 2014

Table 1. Density and Parameters of the Models Fitted to the Semivariograms Obtained in Gladiolus Fields Sampling *Thrips* spp. during Spring-summer of 2013-2014, in Ocuilan, Mexico

Parcela	Densidad		Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta %	Nivel de dependencia
	DDS <sup>a</sup>	(promedio)						
2013								
1	30	46	Exponencial	0	0.083	15.14	0	Alta
	55	108	Esférico	0	0.055	1.70	0	Alta
	80	2	Esférico	0	0.029	1.55	0	Alta
2	30	62	Esférico	0	0.043	3.11	0	Alta
	55	7	Gaussiano	0	7.097	7.83	0	Alta
	80	21	Esférico	0	0.201	2.28	0	Alta
2014								
1	30	14	Gaussiano	0	0.110	1.05	0	Alta
	55	16	Esférico	0	0.07	1.09	0	Alta
	80	9	Esférico	0	0.06	1.17	0	Alta
2	30	49	Esférico	0	0.10	1.40	0	Alta
	55	119	Esférico	0	119	1.45	0	Alta
	80	15	Esférico	0	0.09	1.76	0	Alta

<sup>a</sup>DDS: días después de la siembra.

geoestadísticas permitieron modelar la distribución de *Thrips* spp. en las diferentes densidades determinadas. La exploración estadística de los datos recolectados indicó la existencia de normalidad. En los dos años, los insectos presentaron una distribución espacial de tipo agregada para cada una de las fechas de muestreo, ajustándose a diversos modelos teóricos. Estos resultados concuerdan con la agregación determinada en *Anaphothrips obscurus* (Reisig et al. 2011) y *Thrips palmi* (Cho et al. 2000).

**Análisis Geoestadístico.** Se presentó un alto nivel de dependencia espacial en todos los modelos ajustados, que es indicativo de la existencia de relación espacial entre las observaciones en cada punto de muestreo de *Thrips* spp. El efecto pepita fue igual a cero indicando que el error de muestreo fue mínimo y la escala de muestreo fue adecuada (Rossi et al. 1992). El 100% de la variación en la distribución de los insectos fue explicada por la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos por lo que los modelos ajustados tienen un 98% de credibilidad (Liebhold y Sharov 1998).

En su mayoría los semivariogramas obtenidos en las parcelas de Ocuilan se ajustaron al modelo esférico durante los dos años de estudio, excepto el obtenido en la etapa vegetativa de la parcela 1 que se ajustó al modelo exponencial y los semivariogramas de la etapa de espata de la parcela 2 del ciclo 2013 y al obtenido a los 30 DDS de la parcela 1 del ciclo 2014 que se ajustaron al modelo gaussiano (Cuadro 1). Un comportamiento similar se obtuvo en los semivariogramas de las parcelas de Tenancingo, del ciclo 2014, que en su mayoría se ajustó al modelo esférico, excepto en las distribuciones determinadas a los 55 y 80 DDS en las dos parcelas del ciclo 2014 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad y Parámetros de los Modelos Ajustados a los Semivariogramas Obtenidos en el Muestreo de *Thrips* spp. en el Cultivo de Gladiolo en Tenancingo, México durante el Ciclo Primavera-verano 2013 y 2014

Table 2. Density and Parameters of the Models Fitted to the Semivariograms Obtained in Gladiolus Fields Sampling *Thrips* spp. in Spring-summer of 2013-2014, in Tenancingo, Mexico

Parcela	DDS <sup>a</sup>	Densidad (promedio)	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta %	Nivel de dependencia
2013								
1	30	40	Esférico	0	0.092	1.99	0	Alta
	55	32	Esférico	0	0.038	1.85	0	Alta
	80	2	Esférico	0	0.046	2.51	0	Alta
2	30	21	Esférico	0	0.067	1.49	0	Alta
	55	17	Esférico	0	0.076	1.37	0	Alta
	80	35	Esférico	0	0.084	1.62	0	Alta
2014								
1	30	88	Esférico	0	0.20	1.62	0	Alta
	55	3	Gaussiano	0	8.15	10.90	0	Alta
	80	2	Gaussiano	0	3.05	6.03	0	Alta
2	30	75	Esférico	0	0.10	1.93	0	Alta
	55	4	Gaussiano	0	7.53	10.17	0	Alta
	80	2	Gaussiano	0	3.38	5.64	0	Alta

DDS: días después de la siembra.

En Villa Guerrero, los semivariogramas obtenidos se ajustaron al modelo esférico en las distribuciones espaciales de los insectos de todos los muestreos realizados durante el ciclo 2013, así como a los 80 DDS de la parcela 2 del año 2014. En tanto que el modelo gaussiano se ajustó a la mayoría de las distribuciones espaciales obtenidas en el ciclo 2014 (Cuadro 3).

Se observó que el modelo gaussiano se ajustó a las menores densidades de *Thrips* spp. que se presentaron en los tres municipios, y por lo general presentó los mayores valores del rango de los semivariogramas. Resultados similares fueron determinados por Rhodes et al. (2011) en thrips en arándanos. En términos biológicos, este modelo es indicativo de que el comportamiento de la agregación de los insectos se expresa en forma continua dentro de las plantaciones de gladiolo. Esto implica el avance de las infestaciones de *Thrips* spp. a plantas de gladiolo aledañas, posiblemente debido a la preferencia de los insectos por esta variedad, además permite inferir que las condiciones ambientales dentro de la parcela fueron propicias para el desarrollo de las infestaciones de los insectos en las diferentes fechas de muestreo.

La distribución espacial al modelo esférico indica en términos biológicos que las agregaciones de los insectos se presentan en ciertas zonas de la parcela respecto al resto de puntos de muestreo. En el modelo ajustado los *Thrips* spp. presentaron un crecimiento rápido cerca del origen pero los incrementos van decreciendo para distancias grandes. También es indicativo que los centros de agregación son aleatorios dentro de la parcela de gladiolo lo que propicia infestaciones en zonas específicas (Fig. 1 a 3).

Cuadro 3. Densidad y Parámetros de los Modelos Ajustados a los Semivariogramas Obtenidos en el Muestreo de *Thrips* spp. en el Cultivo de Gladiolo en Villa Guerrero, Mexico durante el Ciclo Primavera-verano 2013 y 2014  
Table 3. Density and Parameters of the Models Fitted to the Semivariograms Obtained in Gladiolus Fields Sampling *Thrips* spp. in Spring-summer of 2013-2014, in Villa Guerrero, Mexico

Parcela	DDS <sup>a</sup>	Densidad (promedio)	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta %	Nivel de dependencia
2013								
1	30	207	Esférico	0	0.059	2.84	0	Alta
	55	232	Esférico	0	0.039	3.21	0	Alta
	80	19	Esférico	0	0.123	2.34	0	Alta
2	30	68	Esférico	0	0.046	1.26	0	Alta
	55	19	Esférico	0	0.039	1.32	0	Alta
	80	21	Esférico	0	0.117	1.53	0	Alta
2014								
1	30	10	Gaussiano	0	49.95	23.32	0	Alta
	55	7	Gaussiano	0	16.80	15.50	0	Alta
	80	7	Gaussiano	0	24.32	15.90	0	Alta
2	30	10	Gaussiano	0	24.96	16.45	0	Alta
	55	10	Gaussiano	0	31.22	18.88	0	Alta
	80	12	Esférico	0	0.12	1.85	0	Alta

DDS: días después de la siembra.

El modelo exponencial se aplica cuando la dependencia espacial tiene un crecimiento exponencial respecto a la distancia entre las observaciones. Se manifiesta en una distribución espacial de los *Thrips* spp. con límites irregulares o aleatorios, que biológicamente manifiestan una distribución agregada de límites irregulares o aleatorios dentro de la parcela. La variabilidad espacial encontrada en la distribución de *Thrips* spp., tanto en el espacio físico de la parcela como en las diferentes fechas de muestreo, fue similar a la reportada por Jiménez et al. (2013) para *Frankliniella occidentalis* en *Physalis ixocarpa*, por Solares et al. (2011) para *Thrips* spp. en aguacate y por Rhodes et al. (2011) para thrips asociados al arándano.

**Mapas de Densidad.** Los mapas generados permitieron visualizar los diferentes centros de agregación que presentó el insecto a lo largo del ciclo del gladiolo en los dos años muestreados. Fue evidente la existencia de variabilidad espacial en la ubicación de la plaga dentro de la parcela así como en las diferentes fechas de muestreo.

Durante el ciclo PV 2013, en la parcela 1 del municipio de Ocuilán se observó que los centros de agregación se ubicaron en la región noreste en las tres fechas de muestreo, aunque a los 30 DDS predominaron en la región sureste. En la parcela 2 se observó que los centros de agregación presentaron una ubicación variable en las tres fechas de muestreo. En 2014, los centros de agregación de la parcela 1 se localizaron en la región noreste del mapa a los 30 y 80 DDS, en tanto que en la fase de espata (50 DDS) se localizaron en la región sureste. En la parcela 2 los mapas mostraron que los centros de agregación se ubicaron en la región noroeste de la parcela en las tres fechas de muestreo (Fig. 1).

En Tenancingo los mapas del ciclo PV 2013 de la parcela uno presentaron centros de agregación que se ubicaron en la región norte en la etapa vegetativa (30 DDS) finalizando con una ubicación en la región noroeste en la etapa de floración (80 DDS). En la parcela dos se observó un comportamiento diferente del insecto, ubicando sus centros de agregación en la región sureste a los 30 DDS mientras que a los 50 y 80 DDS se localizaron en la región central del mapa. En el ciclo PV 2014 los centros de agregación se ubicaron de forma dispersa en toda la parcela, aunque en la etapa vegetativa de la parcela 1 se distribuyeron en la región sureste, mientras que en la etapa de espata y floración se ubicaron en la región central del mapa. En la parcela 2 los centros de agregación se presentaron de la región central del mapa con tendencia hacia la región norte en la etapa vegetativa. Por otro lado, en la etapa de espata se ubicaron en la región noreste mientras que en la etapa de floración, se ubicaron en la zona sur y oeste de la parcela (Fig. 2).

En Villa Guerrero se observó que los centros de agregación se distribuyeron de este a oeste en las dos parcelas del ciclo PV 2013, disminuyendo para la etapa de floración en la parcela uno (Fig. 3). Por otro lado, en la parcela 2 se visualizaron menos centros de agregación, ubicándose en la región central del mapa con una tendencia hacia la región sur a los 30 y 55 DDS, y hacia el este de la parcela a los 80 DDS. Durante el ciclo PV 2014 los centros de agregación de la parcela 1 se ubicaron en la región sureste del mapa para la etapa vegetativa, aunque a los 80 DDS se ubicaron en la región suroeste del mapa. Por otro lado, en la parcela 2, los centros de agregación de los insectos se localizaron a lo largo de la región central y norte del mapa a los 30 y 55 DDS, mientras que en la etapa de floración se ubicaron por toda la región de norte al sur de la zona central de la parcela (Fig. 3).

Los mapas obtenidos muestran la variabilidad espacial que presentan los *Thrips* spp. en el cultivo de gladiolo. En ninguna fecha de muestreo se distribuyó

en el 100 % del área de la parcela. En todos los mapas de densidad los centros de agregación de los *Thrips* spp. se presentaron en puntos geográficos específicos dentro de cada una de las parcelas para las tres etapas fenológicas del cultivo de

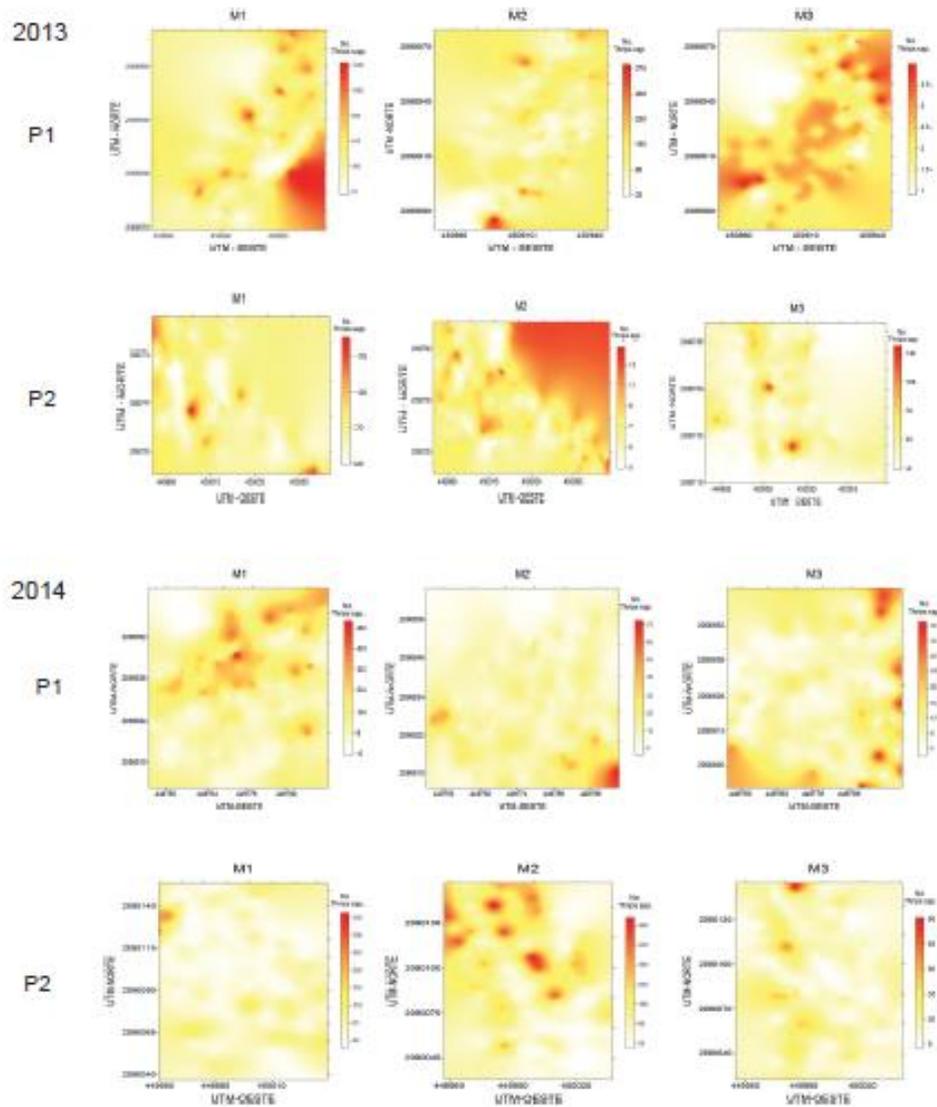


Fig. 1. Mapas de densidad de *Thrips* spp. en tres fechas de muestreo (M1 = 30, M2 = 55, M3 = 80 DDS) por parcela (P) durante 2013-2014 en Ocuilan, Estado de México.

Fig. 1. Density maps of *Thrips* spp. taken from three dates (M1 = 30, M2 = 55, M3 = 80 DDS) of plot sampling (P), during 2013-2014, in Ocuilan State of Mexico.

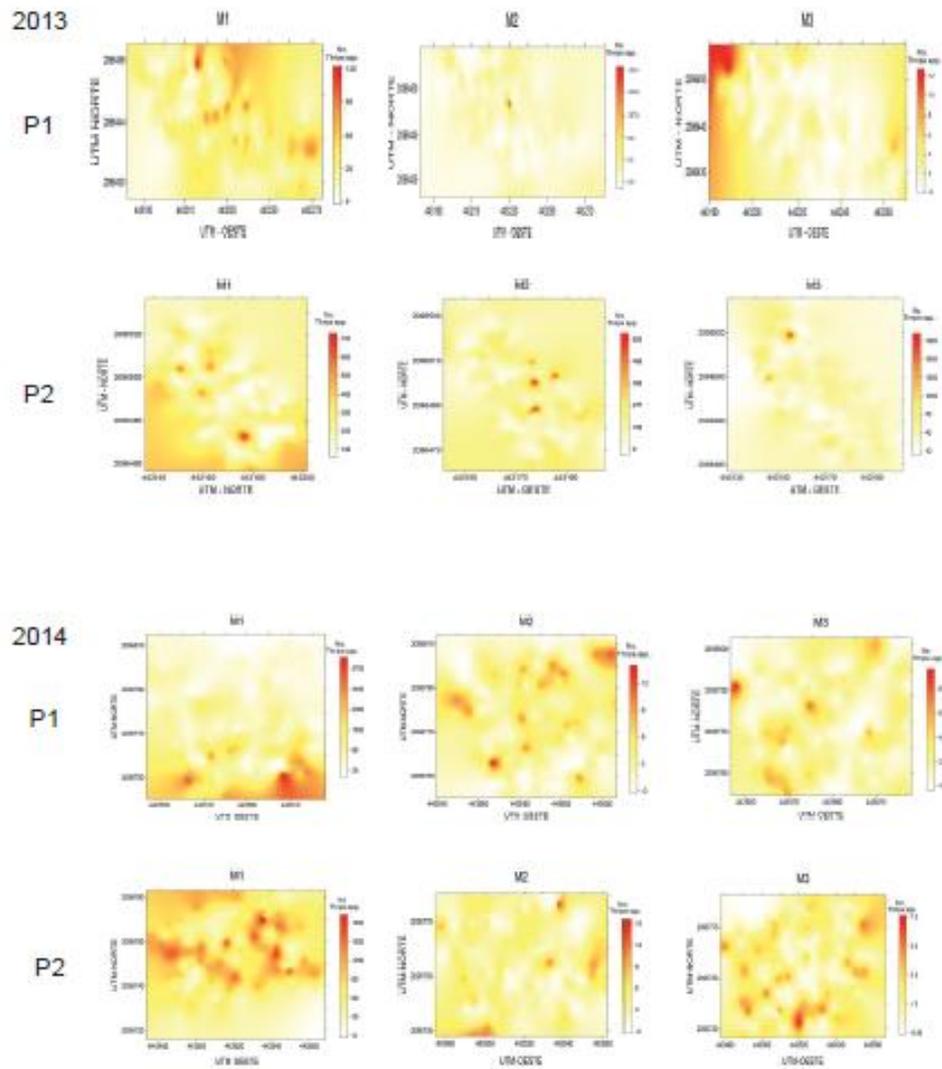


Fig. 2. Mapas de densidad de *Thrips* spp. en tres fechas de muestreo (M1 = 30, M2 = 55, M3 = 80 DDS) por parcela (P) durante 2013-2014 en Tenancingo, Estado de México.

Fig. 2. Density maps of *Thrips* spp. taken from three dates (M1 = 30, M2 = 55, M3 = 80 DDS) of plot sampling (P), during 2013-2014, in Tenancingo State of Mexico.

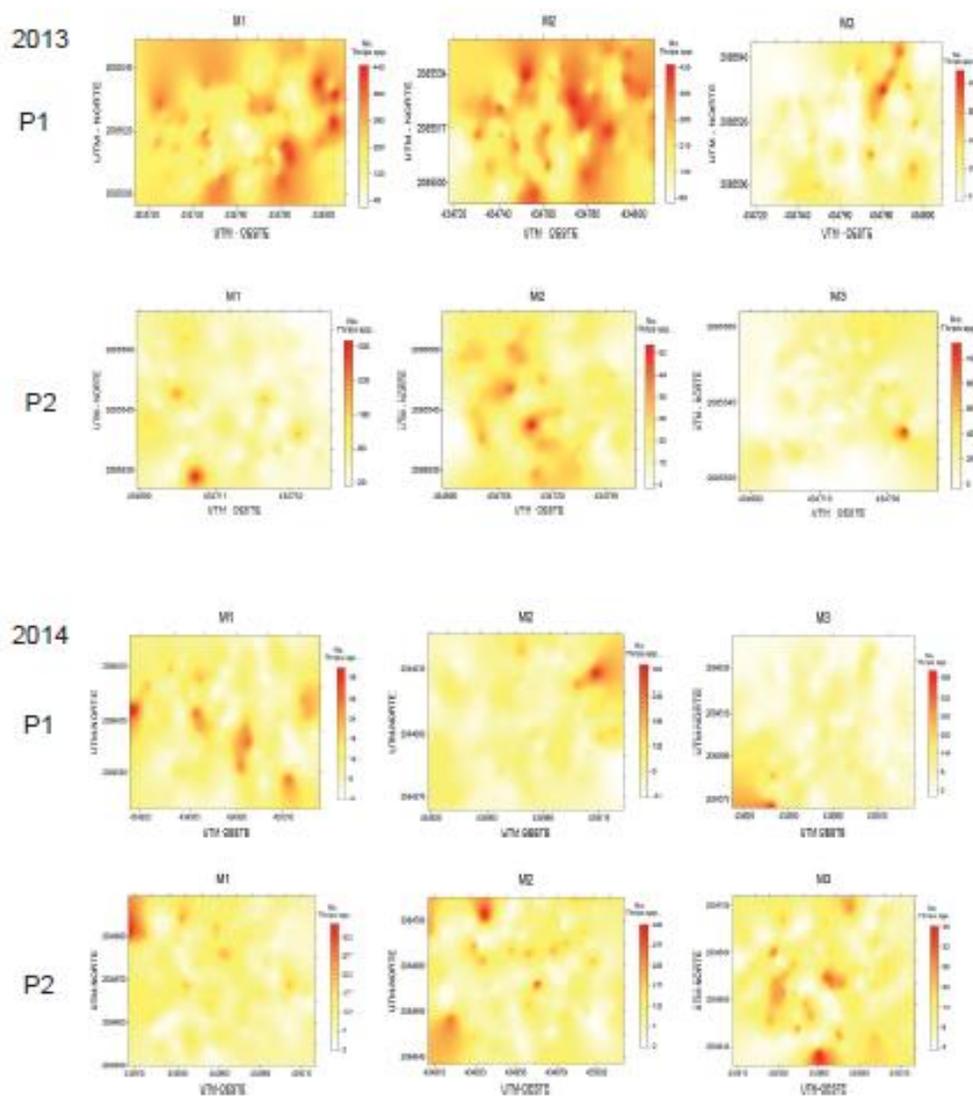


Fig. 3. Mapas de densidad de *Thrips* spp. en tres fechas de muestreo (M1 = 30, M2 = 55, M3 = 80 DDS) por parcela (P) durante 2013-2014 en Villa Guerrero, Estado de México.

Fig. 3. Density maps of *Thrips* spp. taken from three dates (M1 = 30, M2 = 55, M3 = 80 DDS) of plot sampling (P), during 2013-2014, in Villa Guerrero State of Mexico.

gladiolo durante los dos años. La distribución de los centros de infestación dentro de la parcela permite suponer que los *Thrips* spp. se originan de una fuente puntual como pueden ser los propágulos infestados (Roberto et al. 2002). Esto supone la existencia de semilla infestada, tratamientos de semilla poco eficientes o genotipos que favorecen al desarrollo de los insectos.

La visualización de los centros de agregación de las poblaciones de *Thrips* spp., desde el punto de vista de manejo integrado del cultivo, representa una herramienta adecuada para su monitoreo. Esto permite dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control sobre áreas específicas (Rong et al. 2006, Park et al. 2007) así como a nichos ecológicos de propagación, generando beneficios económicos, sociales y ambientales (Moral et al. 2011) al realizar en forma puntual las aplicaciones de plaguicidas que implica un menor uso de combustible, menor impacto al ambiente, y retardar el desarrollo de resistencia de los insectos, etc., que representa las bases iniciales del manejo en sitios específicos (Park et al. 2007). Además nos permite visualizar la variabilidad poblacional e identificar áreas infestadas y libres de infestación y detectar cambios de los patrones espaciales a través del tiempo (Navas et al. 2008).

#### Agradecimientos

Al proyecto PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) por los recursos otorgados para la realización de la presente investigación.

#### Referencias Citadas

- Albouy, J., y J. C. Devergne. 2000. Enfermedades producidas por virus de las plantas ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Ascención-Betanzos, G., H. Bravo-Mojica, H. Gonzalez-Hernández, R. M. Johansen-Naime, y A. E. Becerril-Roman. 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 291-296
- Carrizo, P., C. Gastelu, P. Longoni, y R. Klasman. 2008. Especies de trips (INSECTA: Thysanoptera: Thripidae) en las flores de ornamentales. Idesia 26: 83-86.
- Cho, K., S. Kang, and G. Lee. 2000. Spatial distribution and sampling plans for *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) infesting fall potato in Korea. J. Econ. Entomol. 93: 503-510.
- Demirozer, O., K. Tyler-Julian, J. Funderburk, N. Leppla, and S. Reitz. 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. Pest Manag. Sci. 68: 1537-1545.
- Isaaks, E. H., and R. M. Srivastava. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.
- Jiménez, R. A., J. F. Ramírez, J. R. Sánchez, M. L. Salgado, y A. Laguna. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. Rev. Colomb. Entomol. 39: 183-192.
- Karimzadeh, R., J. Hejazi, H. Helali, S. Iranipour, and A. Mohammadi. 2011. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. Environ. Entomol. 40: 1253-1265.
- Liebhold, A., and A. Sharov. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data, pp. 111-117. In Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation. CRC Press, Rotterdam, Netherlands.

- López-Granados, F., M. Jurado-Expósito, S. Atenciano, A. García-Ferrer, M. Sánchez, and L. García-Torres. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant Soil*. 246: 97-105.
- Moral, F. J., J. M. Terron, and F. J. Rebollo. 2011. Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Comp. Electron. Agri*. 75: 223-230
- Navas, C. J. A., B. B. Landa, J. Mercado-Blanco, J. L. Trapero-Casas, D. Rodríguez-Jurado, and R. M. Jiménez-Díaz. 2008. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. *Phytopathology* 98:167-180.
- Park, Y. L., R. K. Krell, and M. Caroll. 2007. Theory, technology and practice of site-specific insect pest management. *J. Asia Pac. Entomol.* 10: 89-101.
- Reisig, D. D., D. L. Godfrey, and D. B. Marcum. 2011. Spatial dependence, dispersion, and sequential sampling of *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae) in timothy. *Environ. Entomol.* 40: 689-696.
- Rhodes, E. M., O. E. Liburd, and S. Grunwald. 2011. Examining the spatial distribution of flower thrips in southern highbush blueberries by utilizing geostatistical methods. *Environ. Entomol.* 40: 893-903.
- Roberto, S. R., P. R. S. Farias, and F. A. Bengamin. 2002. Geostatistical analysis of spatial dynamics of citrus variegated chlorosis. *Fitopatol. Bras.* 27: 599-604.
- Rong, J., L. Dian-Mo, X. Bao-Yu, L. Zhe, and M. Dong-Li. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: implications for site-specific pest management. *Environ. Entomol.* 35: 1244-1248.
- Romero, C. S. 1996. *Plagas y Enfermedades de Ornamentales*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Mexico.
- Rossi, R., J. Mulla, G. Journel, and H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Monogr.* 62: 277-314.
- SIAP. 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Fecha de consulta: 20 de octubre de 2014.
- Solares, V., J. F. Ramirez, y J. R. Sanchez. 2011. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) *Bol. Mus. Entomol. Univ. Valle* 12: 1-12.
- Werneck, L. G. 2008. Georeferenced data in epidemiologic research. *Cien. Saude Coletiva* 13: 1753-1766.

## CAPÍTULO II

Los resultados obtenidos de la distribución espacial de la roya en la zona norte del estado de México durante el corte para día de muertos de 2014, se realizó un el manuscrito titulado: “Comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo en Jiquipilco, Estado de México, México”. El cual se publicó en la REVISTA MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA, Volumen 33, Número 2, en Julio 2015. Esta revista está incluida en el ISI Thomson, así como en el índice de revistas mexicanas de investigación científica y tecnológica del CONACYT, cuenta con un ISSN: 2007-8080 en versión electrónica.



Junio 11, 2015

Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale

PRESENTE

Me es grato informarle que hemos recibido el manuscrito titulado "*Comportamiento Espacial de la Roya Transversal del Gladiolo en Jiquipilco, Estado de México*", mismo que será sometido al proceso de revisión científica y editorial de la Revista Mexicana de Fitopatología para su posible publicación.

Se le asignará la clave: RMF/1506-2 con la cual haremos referencia durante el proceso de revisión y será usted el canal de comunicación en su carácter de autor de correspondencia.

Le agradezco considerar la revista de nuestra sociedad para la publicación de sus actividades de investigación.

Reciba un atento y cordial saludo,

Dr. Gustavo Mora Aguilera

Editor en Jefe

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

[http:// www.sociedadmexicanadefitopatologia.org](http://www.sociedadmexicanadefitopatologia.org)

Revista Mexicana de Fitopatología

[revmexfitopatologia@gmail.com](mailto:revmexfitopatologia@gmail.com)

# Comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo en Jiquipilco, Estado de México, México

## Spatial behavior of gladiolus rust in Jiquipilco, State of Mexico, Mexico

Rosalba Quiñones-Valdez, Alumna del Programa de Postgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México; Jesús Ricardo Sánchez-Pale\*, Álvaro Castañeda-Vildozola, CIEAF, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Toluca 50200, Estado de México, México; Magaly Cristóbal de la Cruz, Alumna de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Toluca 50200, Estado de México, México. \*Correspondencia: jrsanchezp@uaemex.mx.

Recibido: Junio 11, 2015.

Aceptado: Julio 06, 2015.

Quiñones-Valdez R, Sánchez-Pale JR, Castañeda-Vildozola A y Cristóbal de la Cruz M. 2015. Comportamiento Espacial de la Roya Transversal del Gladiolo en Jiquipilco, Estado de México, México. Revista Mexicana de Fitopatología 33: 247-255.

**Resumen.** En la región norte del Estado de México el cultivo de gladiolo (*Gladiolus communis* L.) se ha considerado como una zona con ausencia de roya, sin embargo en los últimos ciclos se han tenido reportes no oficiales de su presencia, pero se desconocen sus daños y los patrones de distribución espacial que presenta en esta nueva área. El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo en el municipio de Jiquipilco, y visualizarlo a través de mapas. Se evaluó la incidencia y severidad que presentaron las plantas durante tres etapas fenológicas, en 121 puntos de muestreo georeferenciados en cada una de las dos parcelas evaluadas durante los ciclos invierno-primavera y verano-otoño de 2013 y 2014. La enfermedad no se presentó en 2013 ni en invierno-verano 2014; sin

**Abstract.** The northern region of the State of Mexico had been considered a gladiolus rust-free zone. However, in the last cycles, unofficial reports have mentioned the presence of the fungus in this area. Damages that it could cause and its spatial distribution in this zone are unknown. The purpose of this study was to estimate the spatial behavior of gladiolus rust in the municipality of Jiquipilco to elaborate distribution maps. Disease incidence and severity were evaluated during three phenological stages in 121 georeferenced sampling points. Two plots per cycle were evaluated during winter-spring and summer-autumn cycles during the years of 2013 and 2014. Gladiolus rust did not occur during 2013 and the summer-autumn period in 2014. It was detected during the summer-fall cycle of 2014, at spathe stage, with medium severity values ranging 1.4 to 2.5, and percentages of incidences of 30.5 to 69.4 %. Spatial behavior of disease severity fitted at spherical model. Results of disease interpolations are presents as maps.

**Key words:** gladiolus, spatial model, kriging, severity maps

embargo se detectó durante el verano-otoño 2014, con una severidad media de 1.4 a 2.5, e incidencias de 30.5 a 69.4 %, presentándose a partir de la etapa fenológica de espata. El comportamiento espacial fue de tipo agregado, ajustándose al modelo esférico y se logró su visualización con los mapas generados.

**Palabras clave adicionales:** gladiola, modelo espacial, krigeado, mapas de severidad

El cultivo de gladiolo (*Gladiolus communis* L.) en la región norte del Estado de México se ha considerado como una zona con ausencia de roya (CESAVEM, 2013), sin embargo en los últimos ciclos se han tenido reportes no oficiales de sus presencia, pero se desconocen sus daños y distribución espacial.

En recorridos realizados se ha confirmado la ocurrencia de pustulas de color amarillo-anaranjadas en el follaje, que se ubican transversalmente a las nervaduras de la hoja, los cuales son síntomas típicos de la roya transversal ocasionada por el hongo *Uromyces transversalis* (Thumen) G. Winter. Esta especie afecta principalmente al cultivo del gladiolo, aunque se ha reportado en otros miembros de la familia Iridiaceae como *Crocasmia*, *Freesia*, *Melasphaerula*, *Tritonia* y *Watsonia* (Schubert *et al.*, 2006). El hongo ocasiona daños al follaje y deteriora la calidad de la flor para su comercialización, provoca fuertes daños económicos en la producción, así como un decremento en las exportaciones (Valencia-Botín *et al.*, 2013). Daños mayores a 60 %, causan una pérdida total en el valor comercial de la flor, y cuando la infección ocurre en etapas tempranas hay una reducción en la calidad así como en el calibre del cormo. Su presencia en etapas tardías favorece la diseminación del inóculo a través del cormo infestado, a otras parcelas o regiones (SENASICA, 2008). Su diseminación se da

*Gladiolus* (*Gladiolus communis* L.) is considered a rust-free crop in the northern part of the State of Mexico (CESAVEM, 2013). However, rust has been unofficially reported in the last crop cycles, but there is no information available on damages or about its spatial distribution.

Field tours have confirmed the presence of yellowish-orange pustules which develop across leaf veins. These are symptoms typically caused by the fungus *Uromyces transversalis* (Thumen) G. Winter. Though this pathogen mainly attacks gladiolus crops, it has also been detected in other members of the Iridiaceae family, including *Crocasmia*, *Freesia*, *Melasphaerula*, *Tritonia* and *Watsonia* (Schubert *et al.*, 2006). The fungus mainly attacks the leaves and lowers quality of flowers for marketing, causing strong economic damages to production and reducing exports (Valencia-Botín *et al.*, 2013). When damages exceed 60%, the flowers commercial value is totally lost; if the infection occurs at early stages, the quality of flowers and their corm thickness may be diminished. When the disease emerges at late stages it favors inoculum spreading through infested corms to other plots or regions (SENASICA, 2008). The fungus can be disseminated by the wind, infected leaves and stalks, and by corms, rhizomes and flowers infected with rust spores (SENASICA, 2008).

To develop strategies for managing this emerging disease, it is necessary to carry out research on its time-space dynamics. Through this research the spatial behavior of gladiolus rust in the municipality of Jiquipilco, State of Mexico, was determined, and maps of its spatial distribution by plot were developed.

**Sampling.** In the 2013 and 2014 winter-summer and summer-fall cycles, two 1-hectare commercial plots were evaluated in the municipality of Jiquipilco, State of Mexico. Plots were sown with

por el viento, por hojas y tallos infectados así como por cormos, rizomas y flores contaminados con esporas de la roya (SENASICA, 2008).

Para generar estrategias de manejo de esta enfermedad emergente, es necesario contar con estudios de su dinámica en tiempo y espacio. En el presente trabajo se determinó el comportamiento espacial de la roya transversal del cultivo de gladiolo en el municipio de Jiquipilco, Estado de México, y se generaron mapas de su distribución espacial a nivel parcelario.

**Muestras.** Durante los ciclos agrícolas invierno-verano y verano-otoño de los años 2013 y 2014 se evaluaron dos parcelas comerciales de una ha/ciclo en el Municipio de Jiquipilco, Estado de México. Las parcelas fueron sembradas con la variedad roja borrega, a una distancia entre surcos de 0.80 m y una densidad de 250,000 plantas/ha. En el ciclo invierno-verano los muestreos se realizaron a los 60 días después de la siembra (dds, etapa vegetativa), a los 80 dds (etapa de espata) y a los 113 dds (etapa de floración). En verano-otoño, los muestreos se realizaron a los 78, 103 y 120 dds. En cada parcela se estableció una malla de 100 m por cada lado, donde se marcaron puntos de muestreo a cada 10 m, para un total de 121/parcela. En cada punto se determinó la severidad e incidencia de la enfermedad de una planta. Se identificaron las pústulas del hongo ubicadas en forma horizontal (perpendicular) con respecto a las nervaduras de la hoja. Se tomaron muestras de tejido afectado para el reconocimiento morfológico de las estructuras en laboratorio. La severidad de la roya se estimó mediante una escala compuesta por seis clases: 1 (sano, sin síntomas visibles), 2 (<15 % área foliar dañada), 3 (16 a 30 %), 4 (31 a 45 %), 5 (46 a 60 %) y 6 (>60 %).

**Análisis geoestadístico.** Las plantas de cada punto de muestreo fueron ubicadas geográficamente

the Roja Borrega variety using 0.80 m row spacing and a density of 250,000 plants/ha. In the winter-summer cycle sampling was performed 60 days after sowing (DAS, growth stage) 80 DAS (bract stage) and 113 DAS (flowering stage). In the summer-fall cycle, sampling was performed at 78, 103 y 120 DAS. For this, a 100-m wire mesh was placed on each side of the plots; then, sampling points at 10-m intervals were established for a total of 121 per plot. The severity and recurrence of the disease in a plant was determined at each point. The Pustules of the fungus were identifiable for the development horizontally across the veins, perpendicular of infected leaf. Samples of the infected tissue were taken for morphological recognition of the structures in the lab. Rust severity was estimated using a 1-6 scale: 1 (healthy with no visible symptoms), 2 (<15 % leaf area damaged), 3 (16 a 30 %), 4 (31 to 45 %), 5 (46 to 60 %) and 6 (>60 %).

**Geostatistical analysis.** Plants at each sampling point were geographically located using a Differential Global Positioning System (dGPS) (Model SPS351, Trimble). The experimental semivariogram was calculated according to the model of Isaaks and Srivastava (1989); the best model with the best fit was selected and the spatial interpolation was performed using the kriging method. The experimental semivariogram was developed using VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D).

The spatial dependency level was calculated by dividing the nugget effect by the sill value (López-Granados *et al.*, 2002). Estimates of the spatial distribution of the disease at different phenological stages were mapped using Surfer 9.0 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14<sup>th</sup> Street Golden, CO).

mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS) (Modelo SPS351, Trimble). Se calculó el semivariograma experimental de acuerdo a lo establecido por Isaaks y Srivastava (1989), se determinó el modelo con mejor ajuste y se realizó una interpolación espacial mediante el método de kriging. El semivariograma experimental fue obtenido a través del programa VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D).

Se calculó el nivel de dependencia espacial dividiendo el efecto pepita (nugget) entre el valor de la meseta (sill) (López-Granados *et al.*, 2002). Las estimaciones de la distribución espacial de la enfermedad en las diferentes etapas fenológicas fueron representadas en un mapa a través del programa Surfer 9.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14<sup>th</sup> Street Golden, CO).

**Detección.** No se detectó roya en los dos ciclos de producción de gladiola del año 2013 ni en el ciclo invierno-verano 2014. En verano-otoño 2014, se detectó la enfermedad en las dos parcelas evaluadas. En la parcela dos, la roya transversal se presentó a partir de la etapa de espata mientras que en la parcela uno se presentó hasta la etapa de floración. La ocurrencia de la enfermedad estuvo asociada a la presencia de humedad en las hojas y temperaturas promedio de 14.6 °C (INIFAP, 2015), las cuales son consideradas favorables para la germinación y sobrevivencia de las uredosporas (Aloj *et al.*, 1981; Peterson y Berner, 2009) así como una reducción en la frecuencia de aplicación de fungicidas por parte del productor.

Los síntomas observados fueron pústulas de color amarillo-anaranjadas en el follaje, ubicadas transversalmente con relación a las nervaduras de la hoja. El incremento en el nivel de incidencia de la enfermedad de la etapa de espata a floración en la parcela uno (Cuadro 1) es indicativo de que la

**Detección.** No rust was detected in the 2013 gladiolus production cycles or the 2014 winter-summer cycle. In the 2014 summer-fall cycle the disease was detected in the two evaluated plots. In plot 2, gladiolus rust was detected starting at the bract stage, while in plot 1 it was observed at flowering. Rust occurrence was associated to leaf wetness and an average temperature of 14.6 °C (INIFAP, 2015), which favor uredospores germination and survival (Aloj *et al.*, 1981; Peterson and Berner, 2009), as well as a reduction in the frequency with which farmers apply fungicides.

Symptoms observed included yellowish-orange pustules on leaves, located horizontally across leaf veins. The increased level of incidence from the spathe stage to the flowering stage in plot 1 (Table 1) suggests that the disease was able to spread from plant to plant within the same plot due to production of new inoculum. Microscopic examinations showed ovoid, ellipsoidal or oblong uredospores with a hyaline cell wall and isolated dark germinal pores, which are similar to those reported by Rodríguez-Alvarado *et al.* (2006), Blomquist and Thomas (2007). This is the first time the presence of gladiolus rust is reported in the northern region of the State of Mexico.

Final disease incidence was 30.6 % for plot 1 and 69.4 % for plot 2 at 120 DAS (Table 1); this was lower than those reported by Blomquist and Thomas (2007) in California, and by Rodríguez-Alvarado *et al.* (2006) in Michoacán. Intermediate severity in plot 1 was 1.4 and 2.5 in plot 2.5 (Table 1).

Rust emergence in the studied region may have been caused by spores disseminated in corms carried by farmers to sow new fields, yet spores can also be carried long distances by the wind (Agris, 2004; SENASICA, 2008). Rust is being detected at the same time that *Hemileia vastatrix* is being reported in coffee crops in Mexico (Mora-Aguilera

**Cuadro 1.** Incidencia, severidad, valores estadísticos y parámetros de los modelos ajustados a los semivariogramas obtenidos en el muestreo de roya del gladiolo, en Jiquipilco, México, durante el ciclo verano-otoño en 2014.**Table 1.** Incidence, severity and statistical values and parameters of the models adjusted to semivariograms of gladiolus rust sampling in Jiquipilco, Mexico, in the 2014 summer-fall cycle.

Parcela	dds*	Incidencia (%)	Severidad (media)	Desviación estándar	Normalidad	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta %	Nivel de Dependencia
1	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	120	30.57	1.40	0.70	1.89	Esférico	0	0.02	1.15	0	Alto
2	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	103	23.56	1.40	0.93	2.88	Esférico	0	0.03	1.70	0	Alto
	120	69.42	2.45	1.44	0.25	Esférico	0	0.05	1.00	0	Alto

\*dds: Días después de la siembra / \*DAS: Days after sowing.

enfermedad fue capaz de propagarse de planta a planta dentro de la misma parcela, por la producción de nuevo inóculo. La observación en el microscopio indicó la presencia de uredosporas de forma ovoide, elipsoidales u oblongas, con pared celular hialina y poros germinales oscuros aislados, tales características concuerdan con lo reportado por Rodríguez-Alvarado *et al.* (2006), Blomquist y Thomas (2007). Este resultado significa el primer reporte de la presencia de roya transversal en el cultivo del gladiolo para la región norte del Estado de México.

Las incidencias finales de la enfermedad fueron de 30.6 % para la parcela uno y de 69.4 % para la parcela dos a los 120 dds (Cuadro 1), las cuales fueron menores a lo reportado por Blomquist y Thomas (2007) para California y por Rodríguez-Alvarado *et al.* (2006) para Michoacán. La severidad media para la parcela uno fue de 1.4 mientras que en la parcela dos fue de 2.5 (Cuadro 1).

La aparición de la enfermedad en esta región, pudo deberse a la diseminación de esporas portadas en los cormos movilizados por los productores para utilizarlos en el establecimiento de las nuevas plantaciones, pero también es posible el transporte de esporas a grandes distancias por el viento (Agrios,

*et al.*, 2014) and Central America. It might be that changes in weather patterns contribute to quick germination of uredospores and therefore a greater production of gladiolus rust inoculum (Peterson and Berner, 2009).

Semivariograms resulting from samplings were adjusted to the spherical theoretical model (Cuadro 1), which shows the level of rust severity, and were expressed as specific points within the plot compared to the rest of the sampled points. Results suggest that the disease could have developed from contaminated materials (Roberto *et al.*, 2002) such as corms (SENASICA, 2008), that are the primary source of inoculum. The high spatial dependence (Table 1) observed suggests that the severity of the disease shows an aggregated distribution among the different sampling points in the plot, which is explained by the estimated semivariograms.

The maps we developed allowed us to visualize the spatial behavior of gladiolus rust severity in aggregation points and disease gradients in the two plots in 2014 (Figure 1). The map of plot 1 at 120 DAS showed the presence of aggregation points distributed across the eastern part of the plot, from the northern part to the southern part; there was a slight slope in that part. On the other hand, maps

2004; SENASICA, 2008). La detección de este patógeno está ocurriendo a la par de reportes de ocurrencia de *Hemileia vastatrix* en cultivos de café de México (Mora-Aguilera *et al.*, 2014) y Centro América. Es posible que cambios en los patrones de temperaturas propicien una rápida germinación de uredosporas que facilite una mayor producción de inóculo de la roya transversal del gladiolo (Peterson y Berner, 2009).

Los semivariogramas obtenidos a partir de los muestreos tuvieron un ajuste al modelo teórico esférico (Cuadro 1), lo cual es indicativo de la severidad de la roya al expresarse en puntos específicos dentro de la parcela respecto al resto de los puntos muestreados lo que soporta la probabilidad que la enfermedad se originó a partir de material contaminado (Roberto *et al.*, 2002) como son los cormos (SENASICA, 2008) que representan la fuente primaria de inóculo. La alta dependencia espacial (Cuadro 1) observada indica que la severidad de la enfermedad presenta una distribución de tipo agregada entre los diferentes puntos de muestreo de la parcela, la cual es explicada con los semivariogramas calculados.

Los mapas generados permitieron visualizar el comportamiento espacial de la severidad de la roya transversal del gladiolo en focos de agregación, en las dos parcelas del año 2014 (Figura 1), así como los gradientes de la enfermedad que presentó. En el mapa obtenido en la parcela 1 a los 120 dds, se observó la presencia de centros de agregación distribuidos por toda la región este de la parcela, desde la zona norte hasta la sur, dicha zona coincidió con una ligera pendiente. Por otro lado, en los mapas de la parcela dos, se observó una mayor cantidad de centros de agregación con respecto al mapa de la etapa previa de espata (Figura 1). Los centros de agregación se ubicaron en la región norte del mapa, desde la zona este a oeste, visualizando con mayor intensidad los centros de agregación en la zona este del mapa.

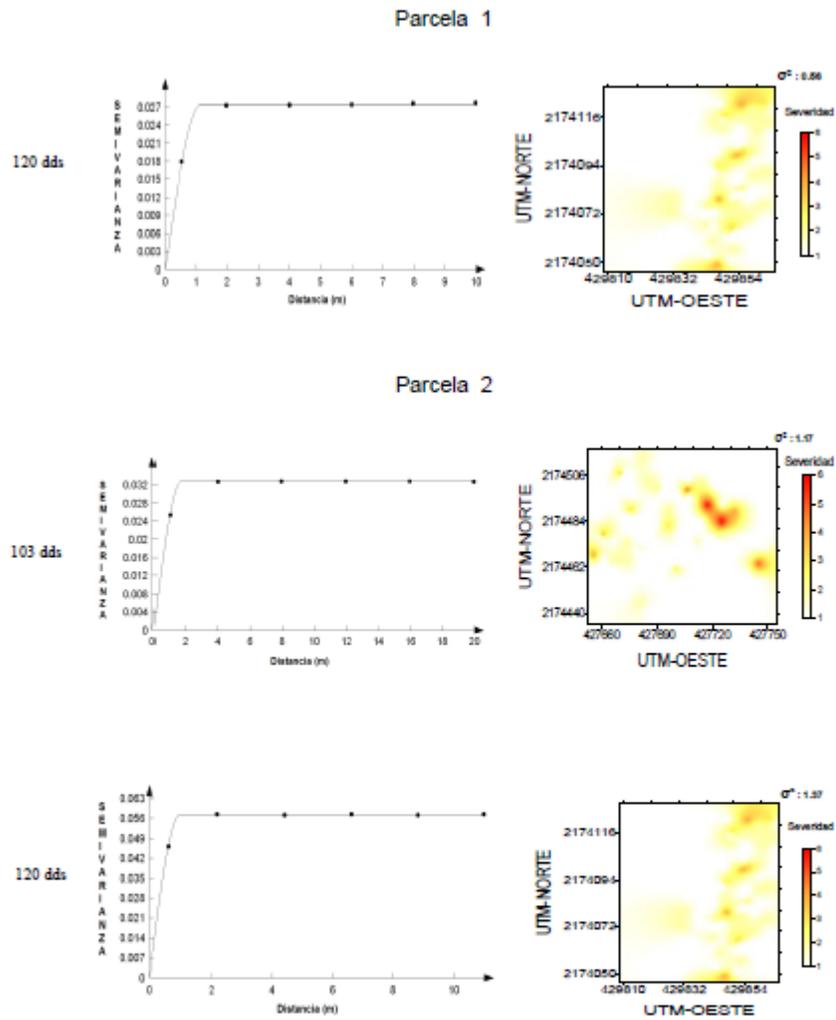
of plot 2 showed a greater number of aggregation points compared to map developed during the previous bract stage (Figure 1). Aggregation points were located in the northern part of the map, from the eastern to the western area. The aggregation points in this area of the map were observed to have greater intensity.

The aggregation observed suggests that the management strategy used by farmers in the northern region of the State of Mexico, which includes spraying the entire gladiolus plot, can be replaced by a specific site or point disease management (Carvalho *et al.*, 2009). This means carrying out an analysis of the spatial patterns of the disease. Also, spatial aggregation suggests that different control measures should be taken and sampling activities should be conducted in specific areas or sites (Navas-Cortés *et al.*, 2008) where the disease is present.

The use of aggregation maps, such as those developed for gladiolus rust, allows targeting control strategies precisely to specific areas of infestation, as well as sources of inoculum (infected corn, among others) which cause the disease to spread. This represents the basis of site specific management, which would result in cost savings and less environmental impact before the disease spreads. The application of contact fungicides up to the bract stage, removal of damaged plants or leaves in the specific infestation points, especially in the early stages of the disease and targeting the sampling activities justify the use of precision agriculture techniques to control damages caused by gladiolus rust in the northern region of the State of Mexico.

#### Acknowledgements

The authors thank the PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) project for funding this research.



**Figura 1.** Mapas y semivariogramas del comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo en diferentes fechas de muestreo en Jiquipilco, Estado de México.  
 dds: días después de la siembra; S2: varianza de los valores estimados.  
**Figure 1.** Semivariograms and maps the spatial behavior of gladiolus rust in different sampling dates in Jiquipilco, State of Mexico.  
 DAS: days after sowing; S2: variance of estimated values

La agregación visualizada indica que la estrategia de manejo, que realizan los productores del norte del estado, de realizar aspersiones totales sobre toda la parcela de gladiolo puede ser reemplazada por el manejo de la enfermedad desde la perspectiva de sitio o punto específico (Carvalho *et al.*, 2009) que implica realizar un análisis de los patrones espaciales de la enfermedad, además la agregación espacial sugiere aplicar diversas acciones de control y dirigir las actividades de muestreo sobre las áreas o sitios específicos (Navas-Cortés *et al.*, 2008) donde está presente la enfermedad.

Con mapas de agregación, como los obtenidos para la roya transversal del gladiolo, es posible dirigir las estrategias de control de forma precisa a áreas específicas de infestación así como a fuentes de inóculo (como infestado, etc.) que originan la posterior propagación de la enfermedad, que representa las bases iniciales de manejo en "sitios específicos", que permitiría lograr ahorros económicos y un menor impacto al medio ambiente al reducir el uso de fungicidas en su manejo, en etapas previas a que se generalice la enfermedad. El empleo de fungicidas de contacto hasta la etapa de espata, la eliminación de plantas u hojas con daños de la roya en los puntos específicos de infestación, especialmente en las fases iniciales de la enfermedad y el direccionamiento de las actividades de muestreo, permiten justificar el uso de las técnicas de la agricultura de precisión para mantener bajo control los daños causados por la roya en la región norte del Estado de México.

#### Agradecimientos

Al proyecto PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) por los recursos otorgados para la realización de la presente investigación.

#### LITERATURA CITADA

- Agrios GN. 2004. Fitopatología. 2da Edición. Limusa. México, D.F. 635p.
- Aloj B, Albano V, and Garibaldi A. 1981. Ricerche su alcuni aspetti epidemiologici della ruggine *Uromyces transversalis* (Thüm.) Winter del gladiolo. Annali della Facoltà di Scienze Agricole della Università degli Studi di Napoli Portici IV 15:81-85.
- Blomquist CL and Thomas S.IL. 2007. First report of *Uromyces transversalis*, causal agent of gladiolus rust, in San Diego County, California. Plant Disease 91:1202
- Carvalho AM, Moreira SF, Ampelio PE, Silva OM. 2009. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. Journal Pest Science 82: 137-148
- CESAVEM, Comité de Sanidad Vegetal del Estado de México. 2013. Manejo Fitosanitario de Ornamentales. <http://www.cesavem.org/?accion=ornamentales>. (consulta, Noviembre de 2013).
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a ed. UNAM. México, D. F. 220 p.
- INIFAP, Instituto de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. 2015. Red de estaciones. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/historicos.aspx?est=36756&edo=10&cd=21&m=10&an=2014> (consulta, Julio 2015).
- Isaaks EH and Srivastava RM. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York. 561p.
- López-Granados F, Jurado-Expósito M, Atenciano S, García-Ferrer A, Sánchez M and García-Torres L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant Soil 246: 97-105
- Mora-Aguilera G, González-Gómez R, González-Ochoa M, Ramírez-Mendoza C, López-Guzmán I, López-Buenfil A, Flores-Sánchez J, López-Pérez E, Méndez-Ramos A y Méndez-Gómez L. 2014. Análisis espacio-temporal de la roya del café en Chiapas, Veracruz y Puebla. Revista Mexicana de Fitopatología 32(suplemento):542
- Navas-Cortés JA, Landa BB, Mercado-Blanco J, Traperó-Casas JL, Rodríguez-Jurado D and Jiménez-Díaz RM. 2008. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. Phytopathology 98: 167-180
- Peterson GL and Berner DK. 2009. Effects of temperature and humidity on the survival of urediniospores of gladiolus rust (*Uromyces transversalis*). European Journal of Plant Pathology 125: 509-513
- Roberto SR, Farias PRS and Benjamin, FA. 2002. Geostatistical analysis of spatial dynamics of citrus variegated chlorosis. Fitopatologia Brasileira 27:599-604.
- Rodríguez-Alvarado G, Fernández-Pavía SP, Valenzuela-Vázquez M and Loya-Ramírez JG. 2006. First report of gladiolus rust caused by *Uromyces transversalis* in Michoacán, México. Plant Disease 90:605
- Schubert T, Leahy R. and Silagy A. 2006. Pest alert. gladiolus rust (*Uromyces transversalis*) arrives in the U.S.: Florida and California. Florida dept of agric. and

- consumer services, <http://www.doacs.state.fl.us/pi/enpp/pathology/%5Cgladiolus-rust.html> (consulta, Junio 2015).
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2008. Cartilla de Campo Roya del gladiolo. [www.senasica.gob.mx/incluides/asp/download.asp?iddocumento=1242](http://www.senasica.gob.mx/incluides/asp/download.asp?iddocumento=1242) (consulta, Enero 2015).
- Valencia-Botin AJ, Jeffers SN, Palmer CL and Buck JW. 2013. Fungicides used alone, in combinations, and in rotations for managing gladiolus rust in Mexico. *Plant Disease* 97:1491-1496.

## CAPÍTULO III

De los resultados obtenidos para *Uromyces transversalis* en la región sureste del estado, se elaboró un segundo artículo que se titula “Análisis espacial de la roya transversal del gladiolo durante el ciclo primavera-verano en la región sureste del Estado de México”, el cual se encuentra en revisión en la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo, en Mendoza, Argentina.

Esta revista se encuentra indexada en Thomson Reuters (ex ISI): Science Citation Index Expanded, Journal Citation Reports/Science Edition, Biological Abstracts, BIOSIS Previews. Además esta indexada en SCOPUS & EMBSE y en el catálogo del sistema LATINDEX. Con un ISSN 1853-8665 en la versión electrónica e ISSN 0370-4671 en versión impresa.

## ANÁLISIS ESPACIAL DE LA ROYA TRANSVERSAL DEL GLADILO DURANTE EL CICLO PRIMAVERA-VERANO EN LA REGIÓN SURESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

## SPATIAL ANALYSIS OF RUST GLADIOLUS DURING SPRING-SUMMER CYCLE IN THE SOUTHEAST REGION OF THE STATE OF MEXICO

Quiñones-Valdez, Rosalba\*, Sánchez-Pale, Jesús Ricardo\*\*, Pedraza-Esquivel, Ana Karen\*\*\*, Castañeda-Vildoza, Alvaro\*\*; Franco-Mora, Omar\*\*.

\*Alumna del Programa de Postgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México.

\*\*CIEAF, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Toluca 50200, Estado de México, México [jrsanchezp@uaemex.mx](mailto:jrsanchezp@uaemex.mx)

\*\*\* Alumna de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Toluca 50200, Estado de México, México.

### Resumen

La roya transversal (*Uromyces transversalis*) afecta al follaje y demerita la calidad del gladiolo para su comercialización, provocando fuertes daños económicos en la producción, llegando a causar la pérdida total del cultivo. Los estudios de análisis espacial de enfermedades son fundamentales para planificar estrategias de control, mejorar los métodos de muestreo y determinar las pérdidas actuales o potenciales de producción. El objetivo del presente trabajo fue analizar la distribución espacial de roya transversal en los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero y Ocuilan en la región sureste del Estado de México durante el ciclo primavera-verano de los años 2013 y 2014, con técnicas geoestadísticas. Se determinó el nivel de severidad que expresaron las plantas en 121 puntos de muestreo georeferenciados por cada parcela evaluada. La roya presentó una distribución espacial de tipo agregada en las diferentes etapas fenológicas del cultivo en que se expresó, en los dos años de estudio. El modelo que mayor describió la dependencia espacial fue el de tipo gaussiano, seguido del esférico.

Palabras Clave: *Uromyces transversalis*, gladiola, semivariograma.

### Abstract

The gladiolus rust (*Uromyces transversalis*) affects the foliage and reduced plant quality for commercialization, causing severe economic damages in production, and also derivates in total crop loss. Studies of spatial analysis of this disease are fundamental in order to create control strategies, for improving methods of sampling, and also for determining either the current or the potential loss in production. The aim of this study was to analyze the spatial distribution of rust in the municipalities of Ocuilan, Tenancingo and Villa Guerrero, in the southeastern region of the State of Mexico, during the spring-summer of 2013 and 2014, with the geostatistics techniques.

The level of severity that the plants revealed was determined in 121 georeferenced sampling points, for each evaluated area. Gladiolo rust showed an aggregated spatial distribution in different phenological stages of the crop in which was expressed, during the two years of study. The model which best describing the spatial dependency was the gaussian model and then the spherical model.

Keywords: *Uromyces transversalis*, gladiolus, semivariogram.

## **Introducción**

La región sureste del estado de México es el principal productor de flor de corte en México. Se caracteriza por la producción de diversas especies de ornamentales de alto valor económico como rosa, clavel, gladiolo, etc., su producción y venta se concentra en fechas clave de venta como son la celebración del día de la madre, del padre y de muertos, aunque para el mercado internacional se produce durante todo el año (15).

El cultivo de gladiolo (*Gladiolus* spp.) es considerado la principal flor de corte, su cultivo es una fuente generadora de empleo y divisas. Por la importancia social y económica que representa este cultivo es de vital importancia atender a los factores que limitan su producción como son los insectos plaga y enfermedades. Dentro de las enfermedades, destacan el secamiento por *Fusarium* spp. y la roya transversal del gladiolo *Uromyces transversalis* (Thumen) G. Winter. La roya es considerada una enfermedad de tipo cuarentenario en México y norte del continente Americano (13) que demanda una fuerte cantidad de insumos agrícolas para su manejo (4).

*Uromyces transversalis* afecta al follaje y demerita la calidad de la flor para su comercialización, provocando fuertes daños económicos en la producción, así como un decremento en las exportaciones (1) y puede causar la pérdida total del cultivo (16). Los síntomas se detectan principalmente al revisar las hojas y tallos de la planta que presentan pústulas dispuestas en forma transversal a las nervaduras de la hoja (3), con polvo amarillo-naranja (urediosporas). Las pústulas llegan a unirse formando manchas más grandes, conforme avanza el daño, las lesiones se tornan de color café-oscuro y finalmente es necrosada. La diseminación de la enfermedad se da a partir de cormos, rizomas y flores contaminados con esporas de la roya, así como hojas y tallos infectados (13). Este patógeno causa daños superiores al 60% y demerita el valor comercial de la flor; si la infección ocurre en etapas tempranas se puede presentar una reducción en la calidad de la flor y en el tamaño del cormo. Su presencia en etapas tardías impactará en la diseminación de la enfermedad a través del cormo infestado a otras parcelas o regiones (11). Su control se ha realizado con fungicidas de origen químico, sin considerar los patrones espaciales que presenta.

Los estudios de su distribución espacial son fundamentales para planificar las estrategias adecuadas de control, mejorar los métodos de muestreo, determinar las pérdidas actuales y potenciales de producción del cultivo y adoptar técnicas de agricultura de precisión. En este sentido, los métodos geoestadísticos proporcionan una medida directa de la dependencia espacial, debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional (Coordenada X y Y) de la distribución de los organismos (17) y permiten elaborar mapas de su distribución espacial (5). Los mapas ayudan a direccionar las alternativas de control hacia zonas específicas donde a priori se espera o existe una mayor probabilidad de presentarse la enfermedad, o se pueda extender.

En México, se carece de información sobre el comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo a nivel de parcela. Por tanto, es importante generar información de los patrones espaciales a través del ciclo de producción que puedan ser visualizadas mediante mapas. Así, los objetivos del presente estudio fueron: 1) analizar la distribución espacial de la roya transversal con el uso de técnicas geoestadísticas y 2) obtener mapas que permitan la visualización de los patrones espaciales.

## **Materiales y métodos**

El análisis espacial de la roya transversal del gladiolo, se realizó durante los ciclos agrícolas Primavera-Verano 2013 y 2014, cuya flor se destina para su comercialización en la fecha conmemorativa del día de padre, en los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero y Ocuilan, con antecedentes de la presencia de la enfermedad. En cada municipio se realizaron tres muestreos en las siguientes etapas fenológicas del cultivo, a) a los 30 Días de Después de la Siembra (DDS, etapa vegetativa), b) a los 55 DDS (etapa de espata) y c) a los 80 DDS (etapa de floración) en dos parcelas comerciales, sembradas con la variedad roja borrega

En cada parcela se estableció un transecto de 100 m, se marcaron los puntos de muestreo a cada 10 m, y en cada punto se determinó la severidad de la enfermedad en la planta de gladiolo. La escala diagramática de severidad estuvo construida de seis clases con base al porcentaje de daño sobre el tejido de hoja: 1(sano, sin síntomas visibles), 2 (<15% área foliar dañada), 3(16 a 30%), 4(31 a 45%), 5(46 a 60%) y 6(>60%).

Las plantas fueron ubicadas geográficamente mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS) (Modelo SPS351, Trimble, USA). Se analizaron los valores de la severidad de la enfermedad por cada fecha de muestreo. Se realizó una exploración estadística de los datos originales de la severidad de la enfermedad para determinar la normalidad de los datos y proceder a su análisis estadístico.

**Análisis geoestadístico.** El análisis geoestadístico consistió en: 1) estimación del semivariograma; 2) estimación de los parámetros del modelo de semivariograma; 3) estimación de la superficie (mapas) utilizando puntos (estimaciones) a partir del kriging. La estimación del semivariograma se hizo con los datos de la severidad determinada en los sitios de muestreo; el valor experimental del semivariograma se calculó en base a lo establecido por (8):  $\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$  donde:  $\gamma^*(h)$  es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ ;  $N(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ ;  $z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i$  y  $z(x_i+h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i+h$ . A este semivariograma se le denomina experimental y se ajustó a un semivariograma teórico preestablecido.

El semivariograma experimental fue obtenido a través del programa VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring, NY, USA).

Para determinar el valor de la relación espacial entre los datos obtenidos en los muestreos se calculó el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita y la meseta, expresado en porcentaje: con menos de 25% es alto; entre 26 y 75% es moderado y mayor a 76% es bajo (10).

**Mapas de densidad.** Se utilizó el Kriging para estimar los valores insesgados a puntos que no fueron muestreados para la elaboración de mapas de densidad que permiten visualizar el comportamiento espacial de la roya transversal en el cultivo de gladiolo en cada uno de los muestreos de los tres municipios analizados. Las estimaciones de la densidad de la enfermedad en las diferentes etapas fenológicas por parcela fueron representadas en un mapa a través del programa Surfer 9.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14<sup>th</sup> Street Golden, CO, 804011866, USA).

## **Resultados y discusión**

De acuerdo a los muestreos realizados en las tres etapas fenológicas, la presencia de roya transversal del cultivo del gladiolo se presentó hasta la etapa de floración año 2013, mientras que para el ciclo 2014 se presentó a partir de la etapa de espata, en los tres municipios evaluados, la presencia de la enfermedad coincidió con el inicio de la temporada de lluvias en los dos años de estudio.

En el ciclo 2013, la enfermedad alcanzó niveles de incidencia del 100% en Tenancingo (Tabla 1), mientras que en Villa Guerrero (Tabla 3) se presentaron los menores niveles, ambos en la

etapa de floración. Respecto a la severidad, se presentaron variaciones en los dos años de estudio, en Tenancingo se presentaron las mayores intensidades (3,85) mientras que las menores se presentaron en la parcela uno de Villa Guerrero y en Ocuilan (Tabla 2). En la parcela uno de Ocuilan se careció de la presencia de la enfermedad durante todo su ciclo.

En 2014, la mayor severidad se documentó en las parcelas de Villa Guerrero, mientras que en Ocuilan se cuantificaron los menores daños de la roya. Respecto a la incidencia de la enfermedad, en Villa Guerrero se presentaron niveles de 4,46 a 100% en la etapa de floración para las dos parcelas evaluadas, aunque su presencia se registró desde la etapa de espata, comportamiento similar se observó en las parcelas de Tenancingo, aunque la enfermedad se expresó por arriba del 90% en ambas parcelas. En Ocuilan, se presentaron las menores incidencias de la roya que fluctuaron de 3,18 a 36,30% al final del ciclo (Tabla 2).

Tabla 1. Densidad y parámetros de los modelos ajustados a los semivariogramas obtenidos en el muestreo de Roya en el cultivo de gladiolo en Tenancingo, México, durante el ciclo primavera-verano 2013 y 2014.

Table 1. Density and parameters of the models fitted to the semivariograms obtained in the gladiolus rust sampling, during the seasons spring-summer from the years 2013-2014, in Tenancingo Mex.

Parcela	DDS <sup>a</sup>	Incidencia (%)	Severidad (media)	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta %	Nivel de Dependencia
2013									
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	91,08	2,95	Gaussiano	0	1,45	3,95	0	Alto
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	100,0	3,85	Gaussiano	0	1,38	3,45	0	Alto
2014									
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	93,63	3,47	Gaussiano	0	1,79	4,07	0	Alta
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	9,55	1,21	Gaussiano	0	0,53	4,53	0	Alta
	80	94,27	3,08	Gaussiano	0	1,66	4,20	0	Alta

DDS: Días después de la siembra.

<sup>a</sup>DDS: Days after sowing

El alto nivel de dependencia espacial determinada en los diferentes modelos obtenidos durante los dos años de estudio son un indicativo de la relación espacial que se presentó entre los datos de severidad determinados en cada punto de muestreo, es decir, los niveles de severidad de la roya se expresan de forma agregada en la parcela, la cual fue explicada con los semivariogramas determinados, logrando modelizar su distribución. Los modelos de los semivariogramas obtenidos variaron entre las tres localidades evaluadas, y entre las diferentes fechas de muestreo de la enfermedad, los diferentes tipos de modelo ajustados entre las fechas de muestreo y aún entre años puede deberse a la disponibilidad de inóculo en cada parcela y a factores medioambientales (18). El modelo que mayor describió la dependencia espacial fue el de tipo gaussiano, seguido del esférico (Tabla 2 y 3).

El modelo gaussiano describió la variabilidad espacial y la capacidad de diseminación de la roya del gladiolo en corto tiempo, en forma específica de la etapa de espata a la etapa de floración (25 días) en Villa Guerrero y Tenancingo, así como la presentada hasta la etapa de floración en Ocuilan; la alta continuidad espacial se explicó con la extensión radial que ocupó es decir, la aparición de la enfermedad en una planta llevó a la infección de las plantas vecinas (2) hasta un límite debido al tiempo de duración de la epidemia, o en otros casos, a la duración o fin del cultivo. Los modelos gaussiano indicaron que la distancia máxima a la cual los valores de severidad de la roya muestran dependencia espacial se ubicaron en un rango del semivariograma de 2,20 a 5,02 m para el año 2013, mientras que para el año 2014 su rango fue de 4,07 a 13,98 m.

Los valores pequeños en el rango son indicativo de una variabilidad espacial en pequeña escala, mientras que un valor mayor indica la existencia de variabilidad espacial sobre una escala mayor (9). De acuerdo a lo señalado por (12) los puntos de muestreo que disten menos en su valor del rango entre sí, tendrán valores de severidad mas semejantes que los correspondientes a los puntos que estén más separados. Por otro lado, la reducción en valor del rango del semivariograma en la etapa fenológica de floración (Tabla 3) puede ser explicada por el uso continuo de diversos fungicidas para obtener flor con los requerimientos que demanda el mercado.

Tabla 2. Densidad y parámetros de los modelos ajustados a los semivariogramas obtenidos en el muestreo de roya en el cultivo de gladiolo, en Ocuilan, México, durante el ciclo primavera-verano 2013 y 2014.

Table 2. Density and parameters of the models fitted to the semivariogramas obtained in the gladiolus rust sampling, during the seasons spring-summer from the years 2013-2014, in Ocuilan Mex.

Parcela	DDS <sup>a</sup>	Incidencia (%)	Severidad (media)	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta %	Nivel de Dependencia
2013									
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	-	-	-	-	-	-	-	-
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	91,08	2,65	Gaussiano	0	1,02	3,01	0	Alto
2014									
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	3,18	1,10	Gaussiano	0	0,43	5,15	0	Alto
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	12,74	1,14	Esférico	0	0,14	1,98	0	Alto
	80	36,30	1,65	Gaussiano	0	0,44	5,18	0	Alto

<sup>a</sup>DDS: Días después de la siembra.

<sup>a</sup>DDS: Days after sowing

Los modelos esféricos encontrados en los patosistemas de Ocuilan (etapa de espata en la parcela dos) y Villa Guerrero (etapa de floración de la parcela dos) presentaron una dependencia espacial en rango del semivariograma de 1,98 y 5,52m, respetivamente; este modelo ajustado se obtuvo con incidencias de la enfermedad por abajo del 12,74%. La modelización encontrada en el presente trabajo concuerda con lo reportado por (9) quienes describieron la variabilidad espacial del patosistema *Puccinia melanocephala*-caña de azúcar con modelos esféricos.

Este modelo indica que la enfermedad se disemina a partir de una fuente primaria de inóculo que se expresa, en términos espaciales, en un patrón agregado (5). La agregación obtenida indica la existencia de zonas o puntos dentro de la parcela en donde se manifiesta con mayor intensidad la enfermedad respecto al resto de puntos muestreados. Lo anterior, supone la existencia de condiciones ambientales favorables o características de susceptibilidad dentro del genotipo del gladiolo que permiten una mayor expresión de la roya.

Únicamente en la etapa de floración en la parcela dos de Villa Guerrero se obtuvo un ajuste de la distribución espacial de la severidad de la roya al modelo exponencial, dicho modelo indica que la distribución espacial de la roya tiene límites irregulares dentro de la parcela, es decir, expresa una distribución espacial discontinúa.

A pesar de tratarse de otro patosistema, la modelización con el modelo exponencial en el presente estudio, concuerda con lo reportado por (6) con la roya del café (*Hemileia vastratix*) y por (18) con la roya de la soya (*Phakopsora pachirhizi*).

Tabla 3. Densidad y parámetros de los modelos ajustados a los semivariogramas obtenidos en el muestreo de Roya en el cultivo de gladiolo en Villa Guerrero, Mex., durante el ciclo primavera-verano 2013 y 2014.

Table 3. Density and parameters of the models fitted to the semivariograms obtained in the gladiolus rust sampling, during the seasons spring-summer from the years 2013-2014, in Villa Guerrero, Mex.

Parcela	DDS <sup>a</sup>	Incidencia (%)	Severidad (media)	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta %	Nivel de Dependencia
2013									
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	86,62	2,90	Gaussiano	0	1,97	5,02	0	Alto
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	80	86,62	1,95	Gaussiano	0	0,54	2,20	0	Alto
2014									
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	0,64	1,01	Gaussiano	0	0,01	13,98	0	Alta
	80	4,46	3,92	Esférico	0	1,52	5,51	0	Alta
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	100,0	1,08	Gaussiano	0	0,20	4,61	0	Alta
	80	100,0	4,60	Exponencial	0	0,01	2,58	0	Alta

<sup>a</sup>DDS: Días después de la siembra.

<sup>a</sup>DDS: Days after sowing

En todos los modelos obtenidos se presentó un efecto pepita igual a cero, que de acuerdo a (18) puede ser interpretado como un alto nivel de agregación de la severidad de la enfermedad; además es indicativo que el error de muestreo fue mínimo y la escala de muestreo utilizada fue la adecuada.

Se observó que los patrones espaciales de distribución de la roya cambiaron a través del ciclo fenológico del cultivo de gladiolo durante el año 2014, pasando de un modelo de tipo gaussiano en la etapa fenológica de espata, a un modelo esférico o exponencial en la etapa de floración (Tabla 2) o de esférico a gaussiano (Tabla 3), posiblemente ocasionado por los cambios en la incidencia o severidad de la enfermedad y al manejo que realizó el productor.

Los mapas obtenidos por medio del krigeado ordinario permitieron observar el comportamiento espacial en focos de agregación de la severidad de la roya transversal del gladiolo en las diferentes parcelas evaluadas durante el ciclo primavera-verano de los dos años de estudio (Fig. 1), así como los gradientes de la enfermedad que permiten su visualización.

En todos los mapas se logró visualizar la dinámica de avance de la enfermedad en el cultivo de gladiolo, de acuerdo a los valores que presentó el rango del semivariograma de la etapa fenológica de espata a floración. En el mapa obtenido en la parcela uno de Villa Guerrero en el ciclo 2013, se observó la presencia de centros de agregación distribuidos en la región este a oeste de la parcela, mientras que en la segunda parcela, se ubicaron en el centro de la parcela. En Tenancingo, los centros de agregación se ubicaron en la región noroeste y un centro de agregación en la región sureste de la parcela uno.

En la parcela dos, se observó la presencia de un centro de agregación en la región noroeste con tendencia a distribuirse hacia el sureste. En Ocuilan, los centros de agregación de la parcela dos, se ubicaron en la región noroeste y ligeros centros de agregación en la región suroeste con tendencia hacia la región este.

En 2014, los centros de agregación de la parcela uno de Villa Guerrero se ubicaron al sureste, en la etapa de espata, mientras que para la etapa de floración, los centros de agregación se distribuyeron por toda la parcela (Fig. 2). En la segunda parcela, se observó que los centros de agregación se ubicaron al este, para distribuirse por toda la parcela en la etapa de floración. En Tenancingo, la parcela dos, mostró los centros de agregación al noroeste y sureste durante la etapa de espata, en tanto que para la etapa de floración se distribuyeron por toda la parcela, este último efecto fue similar para la parcela uno.

Finalmente, en Ocuilan, los centros de agregación observados fueron muy evidentes y se situaron del noroeste a la región sur de la parcela dos durante la etapa de espata, manteniendo su patrón de distribución de los centros de agregación para la etapa de floración (Fig. 2) mientras que en la parcela uno, los centros de agregación se ubicaron de noreste hacia la parte suroeste de la parcela, en la etapa de floración.

La agregación visualizada con los mapas indican que la estrategia de manejo debe fundamentarse de acuerdo a la perspectiva de sitio o punto específico (6), excluyendo las aspersiones totales sobre toda la parcela. En este mismo sentido, una estrategia importante del manejo de la enfermedad es analizar sus patrones espaciales de distribución, porque puede proporcionar información importante sobre la ecología del patógeno (ejemplo: dirección y distancia de avance o importancia y proximidad de las fuentes de inóculo).

Los resultados sugieren dirigir las actividades de muestreo sobre las áreas o sitios específicos (14) y aplicar diversas acciones de control de la enfermedad de forma precisa a áreas específicas de infestación así como a reservorios o fuentes de inóculo que originan su posterior propagación, que representa las bases iniciales de protección vegetal en “sitios específicos”,

que permitirá lograr ahorros económicos y un menor impacto al ambiente al reducir el uso de fungicidas en su manejo. El empleo de fungicidas de contacto hasta la etapa de espata e inició de la temporada de lluvias, la eliminación de plantas u hojas con daños de la roya en los puntos específicos de infestación durante las etapas iniciales de la enfermedad y el direccionamiento de las actividades de muestreo, permiten justificar el uso de las técnicas de la agricultura de precisión para mantener bajo control los daños causados por la roya en la principal región productora de gladiola en México. Este manejo tiene el potencial de reducir el uso de agroquímicos y de retardar el desarrollo de la resistencia (7).

### **AGRADECIMIENTO**

Al proyecto PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) por los recursos otorgados para la realización de la presente investigación.

### **Bibliografía**

1. Anónimo. 2010. Cultivo de Gladiolo. Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria Unidad Técnica Nacional. Región Altos de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 36 p.
2. Alves, M. C.; Pozza, E. A.; Mahado, J. C.; Araújo, D.V.; Talamini, V; Oliveira, M. S. 2006. Geoestadística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a spp. transmitidos por sementes. *Fitopatologia Brasileira*. 31: 557-563
3. Blomquist, C. L.; Thomas, S. L.; McKemy, J. M.; Nolan, P. A.; Luque-Williams, M. 2007. First report of *Uromyces transversalis*, causal agent of gladiolus rust, in San Diego County, California. *Plant Disease*. 91: 1202.
4. COMEXFLOR (Consejo Mexicano de la Flor). 2011. Disponible en: <http://www.conmexflor.org/mlists.php?mlistid=4> Fecha de consulta 6 de octubre de 2014
5. Carvalho, A. M.; Ampélio, P. E. 2010. Indicator kriging modeling epidemiology of common bean anthracnose. *Appl Geomat*. 2: 65–72
6. Carvalho, A. M.; Moreira, S. F.; Ampelio, P. E. ; Silva, O. M. 2009. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. *Journal Pest Science*. 82: 137–148
7. Fleischer, J.; Blom, E.; Weisz, R. 1999. Sampling in Precision IPM: When The Objective Is a Map. *Phytopathology*. 89: 115-118
8. Isaaks, E. H.; R. M. Srivastava. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press. New York. 561 p.
9. Johnson, R. M.; Grisham, M. P.; Richard, E. P. Jr. 2007. Relationship between Sugarcane Rust Severity and Soil Properties In Louisiana. *Phytopathology*. 97: 748-755

10. López-Granados, F.; Jurado-Expósito, M.; Atenciano, S.; García-Ferrer, A.; Sánchez, M.; García-Torres, L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant. Soil.* 246: 97-105
11. Mason, P.; Man-Son-Hing, A.; Rizvi, A. 2007. Gladiolus Rust (*Uromyces transversalis*): A National Management Plan for Exclusion and Eradication. APHIS-USDA. 34 p.
12. Moreno-López, J. L. 2009. Introducción a la geoestadística y su aplicación. México, D.F. 151 p.
13. NAPPO (North American Plant protection Organization). 2005. Gladiolus rust (*Uromyces transversalis*). North American Plant Protection Organization. Newsletter.
14. Navas-Cortés, J. A.; Landa, B. B.; Mercado-Blanco, J.; Trapero-Casas, J. L.; Rodríguez-Jurado, D.; Jiménez-Díaz, R. M. 2008. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. *Phytopathology.* 98: 167-180
15. SAGARPA (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural y pesca). 2009. Estudios promercado: Ornamental, Floricultores y servicios ornamentales El Organal, S.C. de R.L. Querétaro, Qro. Méx. 225 p.
16. Schubert, T.; Leahy, R.; Silagyi, A. 2006. Gladiolus rust (*Uromyces transversalis*) Arrives in the US: Florida and California. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division of Plant Industry Pest Alert. Available in: <http://www.invasivespeciesinfo.gov/microbes/gladrust.shtml>. Fecha de consulta 06 Enero 2015.
17. Soberon, J.; Peterson, A. T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics.* 2: 1-10
18. Twizeyimana, M.; Ojiambo, P. S.; Sonder, k.; Ikotun, T.; Hartman, G. L.; Bandyopadhyay, R. 2008. Pathogenic Variation of *Phakopsora pachyrhizi* Infecting Soybean in Nigeria. *Phytopathology.* 99: 353-361.

## **CAPÍTULO IV**

Para el resto de las parcelas analizadas en la región norte se elaboró un artículo de la distribución espacial de la roya, el cual se denominó: “Modelización de la distribución espacial de la roya transversal del gladiolo en la región norte del Estado de México”, que se encuentra en revisión en la Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) de Buenos Aires Argentina. Esta revista se encuentra indexada en Thomson Reuters.

La revista RIA del INTA tiene un ISSN en línea 1669-2314 y un ISSN 0325-8718 en su edición impresa.

El 05/03/15 23:33, "Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)"  
<revista.ria@inta.gob.ar> escribió:

>Dr Jesus Ricardo Sanchez Pale:

>Gracias por remitir su trabajo "Modelización de la distribución espacial de la roya transversal del gladiolo en la región norte del Estado de México" a Revista de Investigaciones Agropecuarias. Mediante el sistema de gestión de revistas online que utiliza esta publicación, podrá seguir el progreso de su artículo ingresando a:

URL del manuscrito:

<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/ria/author/submission/6030>

Nombre de usuario/o: jrsanchezp Ante cualquier consulta, por favor no dude en comunicarse con nosotros.

Agradecemos que haya tenido en cuenta nuestra revista para difundir su trabajo.

Atentamente,Revista

RIA><http://ria.inta.gov.ar>

---

Revista de Investigaciones

Agropecuarias <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/ria>

© 2015 Microsoft

Términos Privacidad y cookies Desarrolladores Español.

**Modelización de la distribución espacial de la roya transversal del gladiolo en la  
región norte del Estado de México**  
**Modelization of the spatial distribution of gladiolus rust in the northern region of  
the State of Mexico**

**Quiñones-Valdez, R.<sup>1</sup>; Sánchez-Pale, J.R.; Castañeda-Vildozola, A.; Franco-Mora,  
O.<sup>2</sup>; Cristóbal de la Cruz, M.<sup>3</sup>.**

## **Resumen**

La región norte del Estado de México se ha considerado como una zona con ausencia de roya en la producción de flor de gladiola, sin embargo, se ha sospechado de su presencia, aunque se carecen de reportes oficiales. Esta enfermedad es considerada la de mayor importancia económica debido a que afecta la calidad de su flor y el tamaño del cormo. Su manejo se ha basado en el uso de fungicidas sobre toda la parcela, sin considerar su identidad y menos aún su distribución espacial. El objetivo del presente trabajo fue modelizar la distribución espacial de la roya transversal en plantaciones comerciales del cultivo del gladiolo de los municipios de Ixtlahuaca y Jocotitlán ubicados en la región Norte del Estado de México, durante los ciclos primavera-verano y verano-otoño de los años 2013 y 2014, con técnicas geoestadísticas. Se determinó la incidencia y nivel de severidad que expresaron las plantas en 121 puntos de muestreo georeferenciados por cada parcela evaluada que permitiera obtener la modelización espacial. Los resultados indicaron que la enfermedad estuvo ausente durante los dos ciclos evaluados del año 2013, así como durante el ciclo primavera-verano del año 2014. Los síntomas y signos de la enfermedad se detectaron durante la etapa de espata del ciclo verano-otoño del año 2014, alcanzando incidencias finales de 61.1% en Ixtlahuaca y de 75.8% en Jocotitlán, confirmando su presencia por la formación de pústulas en forma transversal con respecto a las nervaduras de la hoja, además de la presencia de uredosporas. La roya presentó una distribución espacial de tipo agregada durante las etapas fenológicas de espata y floración. El modelo que describió la dependencia espacial de la enfermedad en la región norte del estado de México fue el de tipo gaussiano. Los centros de agregación de la enfermedad se visualizaron con los mapas obtenidos.

Palabras clave adicionales: gladiola, mapas de severidad, krigeado

---

<sup>1</sup> Alumna del Programa de Postgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México.

<sup>2</sup> CIEAF, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Toluca 50200, Estado de México, México; Correo electrónico: [jrsanchezp@uaemex.mx](mailto:jrsanchezp@uaemex.mx)

<sup>3</sup> Alumna de la Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Toluca 50200, Estado de México, México

## **Abstract**

The north region of the state of Mexico has been considered as a zone without rust in the production of gladiolus. Nevertheless the presence of this disease is suspected in this zone even we do not have official data enough to prove it. This epidemic is also considered as one of the most economically of importance because it affects the quality of the flower and the corm size. Its management has been based on the use of fungicides on the entire plot regardless of its identity and its spatial distribution. The aim of this study was to model the spatial distribution of the gladiolus rust in growing gladiolus commercial plantations which are located in the municipalities of Ixtlahuaca and Jocotitlan in the North side of the State of Mexico during the cycles spring-summer and summer- autumn of the years 2013 and 2014, with geostatistical techniques. The incidence and the level of severity expressed by the plants was determined in 121 georeferenced sampling points for each evaluated plot, which would let us to obtain the spatial modeling. The results indicated that the epidemic was absent during the two evaluated cycles in the year 2013, and in the cycle spring-summer 2014. Symptoms and signs of the disease were detected during the stage spathe in the summer-autumn cycle of 2014, reaching final incidences of 61.1% in Ixtlahuaca and 75.8% in Jocotitlan, confirming its presence by the formation of transversal pustules to respect to the ribs of the leaf, besides the presence of uredinia. Rust presented an aggregated spatial distribution during the phenological stages of spathe and flowering. The model that described the spatial dependence of the disease, in the northern region of the state of Mexico, was the Gaussian. Aggregation centers of the disease were visualized through the obtained maps.

Key words: gladiolus, severity maps, kriging

## **Introducción**

*Uromyces transversalis* (Thumen) G. Winter es el agente causal de la roya transversal que afecta principalmente al cultivo del gladiolo (*Gladiolus* spp.), aunque se ha reportado en otros miembros de la familia Iridiaceae. Se caracteriza por ocasionar daños al follaje y demeritar la calidad de la flor, provoca fuertes daños económicos en la producción, así como un decremento en las exportaciones (Valencia-Botin et al., 2013). Su diseminación se da por hojas y tallos infectados así como por cormos, rizomas y flores contaminados con esporas de la roya. Las esporas pueden ser transportadas a grandes distancias por el viento y por la movilización de la flor para su comercialización (SENASICA, 2014). Cuando existen daños severos, mayores a 60%, causan pérdida total en el valor comercial de la flor, si la infección ocurre en etapas tempranas se puede presentar una reducción en la calidad de la flor y en el calibre del cormo. Por otro lado, su presencia en etapas tardías impactará en la diseminación de la enfermedad a través del cormo infestado a otras parcelas o regiones (SENASICA, 2014).

En el estado de México, la producción de la flor de gladiolo se origina en dos regiones geográficamente diferentes, 1) la región sureste considerada como la más importante que concentra 78% de la producción (SIAP, 2014), ubicada en altitudes menores a los 1,900 m.s.n.m, y caracterizada por un clima cálido, con siembras durante todo el año pero con alta incidencia de enfermedades e insectos plaga; y 2) la región norte que abarca los municipios de Ixtlahuaca y Jocotitlán, ubicada en altitudes por arriba de los 2,600 m y se caracteriza por concentrar su producción de flor para fechas conmemorativas del día del padre y día de muertos, esta región hasta hace unos ciclos se había considerado con ausencia de roya (CESAVEM, 2013), y de bajas poblaciones de insectos plaga, características que le han permitido considerarla como zona productora de semilla.

En los últimos dos años se ha sospechado de la presencia de la roya en esta región sin que hasta el momento existan reportes oficiales, sin embargo en recorridos realizados en diversas parcelas se ha confirmado la existencia de protuberancias de color amarillo-anaranjadas en el follaje, las cuales están ubicadas transversalmente con relación a las nervaduras de la hoja, correspondiente al síntoma típico de la enfermedad. Su presencia y daño no han sido cuantificados, ni tampoco se ha determinado su distribución espacial.

Para generar adecuadas estrategias de manejo de esta enfermedad emergente en la región norte del Estado de México, es necesario contar con estudios sobre la dinámica que presente en tiempo y espacio, que soporten su desarrollo eficiente y sostenible (Agris, 2004). En este sentido, los métodos geoestadísticos proporcionan una medida directa de la dependencia espacial, y permiten elaborar mapas de su distribución espacial (Carvalho y Ampélio, 2010). Los mapas ayudan a direccionar las alternativas de control hacia zonas específicas donde a priori se espera o existe una mayor probabilidad de presentarse la enfermedad o se extienda.

Debido a lo anterior, y con la finalidad de generar estrategias de manejo que consideren los arreglos espaciales que presenta la enfermedad emergente en esta región, el presente trabajo tuvo por objetivo modelizar la distribución espacial de la roya transversal del cultivo de gladiolo en la región Norte del Estado de México.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se desarrolló durante los años 2013 y 2014 en los ciclos agrícolas Invierno-Verano y Verano-Otoño épocas en que la producción se destina para su comercialización en las fechas conmemorativas del día de padre y muertos, respectivamente. Se consideraron dos parcelas comerciales de una hectárea por ciclo, sembradas con la variedad Roja borrega, de los municipios de Ixtlahuaca y Jocotitlán. En cada parcela, los muestreos se realizaron en tres etapas fenológicas del cultivo, para el ciclo invierno-verano se realizaron a los 60 Días Después de la Siembra (DDS, etapa vegetativa), a los 80 DDS (etapa de espata) y a los 113 DDS (etapa de

floración); mientras que para el ciclo verano-otoño se realizaron a los 78, 103 y 120 DDS. Se estableció un transecto de 100 m, se marcaron los puntos de muestreo a cada 10 m, y en cada punto se determinó la severidad e incidencia de la enfermedad. La escala diagramática de severidad estuvo construida de seis clases en base al porcentaje de daño sobre el tejido de hoja: 1(sano, sin síntomas visibles), 2 (<15% área foliar dañada), 3(16 a 30%), 4(31 a 45%), 5(46 a 60%) y 6(>60%).

Las plantas fueron ubicadas geográficamente mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS) (Modelo SPS351, Trimble, USA). Se analizaron los valores de la severidad de la enfermedad por cada fecha de muestreo, además se determinó su incidencia. Se realizó una exploración estadística de los datos originales de la severidad de la enfermedad para proceder a su análisis estadístico.

**Análisis geoestadístico.** La estimación del semivariograma se hizo con los datos de la severidad determinada en los sitios de muestreo; el valor experimental del semivariograma se calculó en base a lo establecido por Isaaks y Srivastava (1989):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2 \quad \text{donde: } \gamma^*(h) \text{ es el valor experimental del}$$

semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ ;  $N(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ ;  $z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i$  y  $z(x_i+h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i+h$ . A este semivariograma se le denomina experimental y se ajustó a un semivariograma teórico preestablecido. El semivariograma experimental fue obtenido a través del programa VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring, NY, USA).

Para determinar la relación entre los datos obtenidos en los muestreos se calculó el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita y la meseta, expresado en porcentaje: con menos de 25% es alto; entre 26 y 75% es moderado y mayor a 76% es bajo (López-Granados et al., 2002).

**Mapas de densidad.** Se utilizó el Krigeado para estimar los valores insesgados a puntos que no fueron muestreados para la elaboración de mapas de densidad que permiten visualizar el comportamiento espacial de la roya transversal en el cultivo de gladiolo en cada parcela evaluada. Las estimaciones de la densidad de la enfermedad en las diferentes atapas fenológicas por parcela fueron representadas en un mapa a través del programa Surfer 9.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14<sup>th</sup> Street Golden, CO, 804011866, USA).

## Resultados

Los datos de los muestreos indicaron que durante los dos ciclos de producción de gladiola del año 2013 no se detectó la presencia de la enfermedad, resultado similar se encontró para el ciclo invierno-verano 2014. Sin embargo, en el ciclo verano-otoño 2014 se detectaron síntomas característicos de la roya transversal en la dos parcelas evaluadas de cada municipio, en ninguna de ellas se presentó durante la etapa vegetativa (78 DDS), y fue a partir de la etapa de espata que se expresó la enfermedad, alcanzando incidencias finales que fluctuaron de 14.0 a 61.1% en Ixtlahuaca, con un nivel de severidad de 1.84 (Tabla 1), mientras que en Jocotitlán se

presentaron incidencias que se ubicaron entre 37.7 a 75.8%, alcanzado un nivel de severidad de 2.68 (Tabla 1). Los síntomas encontrados fueron protuberancias de color amarillo-anaranjadas en el follaje, las cuales estuvieron ubicadas transversalmente con relación a las nervaduras de la hoja. La observación en el microscopio indicó la presencia de urediosporas de forma ovoide, elipsoide u oblangas, con pared celular hialina y poros germinales oscuros aislados.

La severidad de enfermedad presentó una distribución de tipo agregada entre los diferentes puntos de muestreo de la parcela, la cual fue explicada con los semivariogramas determinados, en todos los casos se logró modelizar su distribución. Los modelos experimentales obtenidos tuvieron un ajuste al modelo teórico de tipo gaussiano (Tabla 1) que describió la dependencia espacial entre los puntos de muestreo en las dos parcelas analizadas de cada municipio evaluado, con valores del rango de 3.42 a 4.64 en Ixtlahuaca y de 2.38 a 4.56 en Jocotitlán. En todos los modelos obtenidos se presentó un efecto pepita igual a cero. A pesar de los cambios en el nivel de incidencia y severidad de la etapa fenológica de espata a floración no se observaron cambios en el modelaje de los patrones espaciales.

En el mapa obtenido en la parcela 1 a los 103DDS, se observó la presencia de un amplio centro de agregación en la región central de la parcela, con ligeras agrupaciones en la región noreste; pero a los 120DDS se observó una intensa agregación en la región noroeste. En la parcela dos, los centros de agregación determinados a los 103 DDS se ubicaron en la región central y este, mientras que a los 120DDS se ubicaron en la región central y sureste (Fig. 1). En Jocotitlán, los centros de agregación de la parcela uno, se distribuyeron por toda la superficie aunque los de mayor intensidad se ubicaron en la región central y norte. En este mismo sentido, en la segunda parcela, la agregación de la severidad de la enfermedad se presentó por toda la superficie del mapa, en especial fueron evidentes los de la región norte, sin embargo, en el mapa obtenido a los 120DDS se observó que los centros de agregación se ubicaron en la región oeste, observándose con mayor intensidad y extensión hacia la región norte, aunque la ubicación espacial de los centros de agregación fueron similares entre las dos fechas de muestreo (Fig. 1) difiriendo únicamente en el nivel de severidad de la enfermedad (Tabla 2) en cada etapa fenológica.

## **Discusión y conclusiones**

Los resultados encontrados durante los dos años de estudio, significa el primer reporte de la presencia de roya transversal del gladiolo en regiones por arriba de los 2,600 m.s.n.m en México. Los incrementos en el nivel de incidencia de la enfermedad de la etapa de espata a floración en las dos parcelas de Ixtlahuaca y en la segunda parcela de Jocotitlán (Cuadro 1) es indicativo de que el patógeno fue capaz de propagarse en esta nueva región, posiblemente por la producción de nuevo inóculo, expresándose en una mayor presencia de la enfermedad.

La aparición de la enfermedad en la región norte con aparentes características ambientales desfavorables para su desarrollo, con antecedentes de 15 años de sembrar esta ornamental sin ser afectada, y originalmente considerada como libre de la enfermedad (CESAVEM, 2013), pudo deberse a la conjunción de diversos factores como es la diseminación de la enfermedad por medio de cormos contaminados esporas de la roya, especialmente por el movimiento de propágulos contaminados, o bien, al traslado de las esporas por el viento (SENASICA, 2014), y un factor adicional a considerar es el cambio en el régimen de temperaturas que se da a nivel global, sobre todo si se considera que la temperatura es el principal factor que influye en la germinación de las esporas de *Uromyces transversalis* más que la humedad (Peterson y Berner, 2009).

Table 1. Incidence, severity and parameters of the models fitted to the semivariograms obtained in the gladiolus rust sampling, during the seasons summer-autumn 2014, in Ixtlahuaca and Jocotitlan, Mexico.

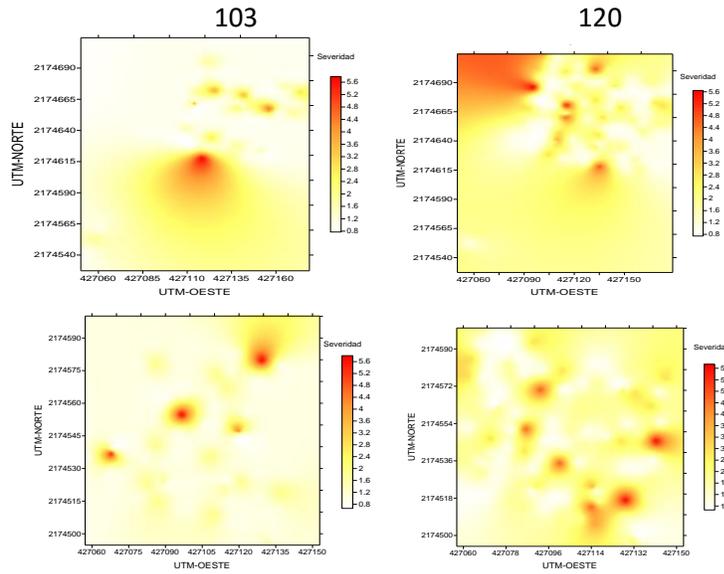
Plot	DDP <sup>a</sup>	Incidence (%)	Severity (average)	Model	Nugget	Sill	Range	Nugget/Sill (%)	Level of space dependence
Ixtlahuaca									
1	78	-	-	-	-	-	-	-	-
	103	14	1,25	Gaussian	0	0,5	3,82	0	High
	120	47,8	1,75	Gaussian	0	1,79	4,07	0	High
2	78	-	-	-	-	-	-	-	-
	103	17,7	1,22	Gaussian	0	0,53	4,53	0	High
	120	61,1	1,84	Gaussian	0	1,66	4,2	0	High
Jocotitlán									
1	78	-	-	-	-	-	-	-	-
	103	-	-	-	-	-	-	-	-
	120	37,8	1,54	Gaussian	0	0,58	2,38	0	High
2	78	-	-	-	-	-	-	-	-
	103	49,7	1,91	Gaussian	0	1,63	4,56	0	High
	120	75,8	2,68	Gaussian	0	1,89	4,56	0	High

<sup>a</sup>DDP: Days after planting

# IXTLAHUACA

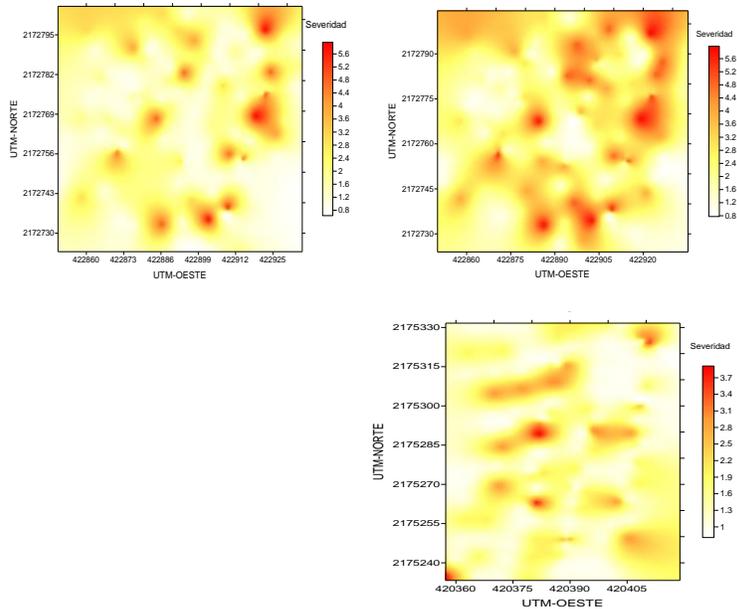
80  
dds

P  
1



# JOCOTITLÁN

P  
1



**Figura 1.** Mapas de agregación de severidad de la roya transversal del gladiolo obtenidos en dos parcelas (P) de Ixtlahuaca y Jocotitlán en 2014. (dds: días después de la siembra).

**Figure 1.** Aggregation maps severity of the gladiolus rust obtained at two plot (P) of Ixtlahuaca and Jocotitlan during 2014. (dds: days after planting).

La aparición de esta enfermedad en donde previamente no se había detectado, representa una continuidad de los diferentes reportes que suceden en otros patosistemas agrícolas como lo es *Hemileia vastratix* y café, en México y Centro América, posiblemente por los cambios en el régimen de temperaturas que permite una adaptación del patógeno a nuevos ambientes así como a una mayor producción inóculo en menor tiempo sin descartar la posibilidad de una raza fisiológica.

Los valores en el rango de los semivariogramas obtenidos indican la distancia máxima a la cual la severidad de la roya muestran dependencia espacial. Johnson *et al.* (2007) consideran que una reducida distancia en el valor del rango es indicativo de una variabilidad espacial en pequeña escala, en este mismo sentido, Moreno-López (2009) indica que los puntos de muestreo que disten menos en su valor del rango entre sí, tendrán valores de severidad más semejantes que los correspondientes a los puntos que estén más separados.

El modelo gaussiano describió la variabilidad espacial que presentó la roya transversal en las diferentes fechas de muestreo; en términos biológicos dicho modelo expresa la gran capacidad de diseminación (Alves *et al.*, 2006) del patógeno en el espacio físico de la parcela como a través del tiempo, de la etapa de espata a floración, tanto en las dos parcelas de Ixtlahuaca como en la segunda parcela de Jocotitlán; además expresa una alta continuidad espacial que se explicó con la extensión radial que ocupó, es decir, la aparición inicial de la enfermedad en un punto de muestreo o planta llevó a la infección de otros puntos vecinas (Alves *et al.*, 2006) hasta un límite debido al tiempo de duración de la epidemia, o en otros casos, a la duración o fin del cultivo. Lo anterior, supone la existencia de condiciones ambientales favorables (Sanchez-Pale *et al.*, 2011) o características de susceptibilidad en la variedad roja borrega que permiten una mayor expresión o continuidad espacial de la roya.

En los modelos obtenidos se presentó un efecto pepita igual a cero, dicho valor puede ser interpretado como un alto nivel de agregación de la severidad de la enfermedad (Twizeyimana *et al.*, 2008); además es indicativo de que el error de muestreo fue mínimo y la escala de muestreo utilizada fue la adecuada. A pesar de los cambios en el nivel de incidencia y severidad de la etapa fenológica, de espata a floración, no se observaron cambios en el tipo de modelo espacial ajustado en los patrones espaciales de la enfermedad.

Con el método de krigado ordinario se obtuvieron los mapas que permitieron visualizar el comportamiento espacial de la severidad de la roya transversal en focos de agregación (Figura 1), así como los gradientes que presentó. Tal comportamiento de agregación permite el manejo desde la perspectiva de sitio o punto específico (Carvalho *et al.*, 2009) en la que se apliquen las diversas acciones de control y las actividades de muestreo sobre las áreas o sitios específicos (Navas-Cortés *et al.*, 2008) donde se presente la enfermedad, así como a fuentes de inóculo que originan la posterior propagación de la enfermedad. Lo anterior, representa las bases iniciales de protección vegetal en “sitios específicos”, que permitirá lograr ahorros económicos y un

menor impacto al ambiente al reducir el uso de fungicidas en su manejo. Las acciones de empleo de fungicidas de contacto hasta la etapa de espata, la eliminación de plantas u hojas con daños de la roya en los puntos específicos de infestación durante las fases iniciales de presencia de la enfermedad y el direccionamiento de las actividades de muestreo, permiten justificar el uso de las técnicas de agricultura de precisión para mantener bajo control los daños causados por la roya en la región norte del Estado de México.

### **AGRADECIMIENTOS**

Al proyecto PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) por los recursos otorgados para la realización de la presente investigación.

### **Referencias**

Agrios, N. G. 2004. Fitopatología. 2da Edición. Limusa. México, D.F. 635 p.

ALVES, M.C.; POZZA, E.A.; MACHADO, J.C.; ARAÚJO, D.V.; TALAMINI, V.; OLIVEIRA, M.S. 2006. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a spp. transmitidos por sementes. Fitopatologia Brasileira 31,557-563.

CARVALHO, A.M.; AMPÉLIO, P.E. 2010. Indicator kriging modeling epidemiology of common bean anthracnose. Appl Geomat. 2, 65–72

CARVALHO, A.M.; MOREIRA, S.F.; AMPELIO, P.E. ; SILVA, O.M. 2009. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. Journal Pest Science 82, 137–148

CESAVEM (Comité de Sanidad Vegetal del Estado de México). 2013. Manejo Fitosanitario de Ornamentales. (<http://www.cesavem.org/?accion=ornamentales>, verificado Noviembre de 2013).

ISAAKS, E. H.; R. M. SRIVASTAVA. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York. 561 p

JOHNSON, R.M.; GRISHAM, M.P.; RICHARD, E.P.JR. 2007. Relationship between Sugarcane Rust Severity and Soil Properties In Louisiana. Phytopathology 97, 748-755

LÓPEZ-GRANADOS, F.; JURADO-EXPÓSITO, M.; ATENCIANO, S.; GARCÍA-FERRER, A.; SÁNCHEZ, M.; GARCÍA-TORRES, L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant. Soil. 246, 97-105

MORENO-LÓPEZ, J. L. 2009. Introducción a la geoestadística y su aplicación. México, D.F. 151 p.

NAVAS-CORTÉS, J.A.; LANDA, B.B.; MERCADO-BLANCO, J.; TRAPERO-CASAS, J.L.; RODRÍGUEZ-JURADO, D.; JIMÉNEZ-DÍAZ, R.M. 2008. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. *Phytopathology* 98, 167-180

PETERSON, G.L.; BERNER, D.K. 2009. Effects of temperature and humidity on the survival of urediniospores of gladiolus rust (*Uromyces transversalis*). *Eur J Plant Pathol* 125,509–513

SANCHEZ-PALE, J.R.; RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; GONZÁLEZ-HUERTA, A.; DE LEÓN, C. 2011. Modelization of the spatial distribution of corn head smut (*Sporisorium reilianum* Langdon and Fullerton) in Mexico. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(3), 882-893

SENASICA. 2014. Cartilla de Campo Roya del gladiolo ([www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1242](http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1242), verificado 7 de Enero 2015).

SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por Estado. (<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>, verificado 8 de Enero de 2015).

TWIZEYIMANA, M.; OJIAMBO, P. S.; SONDER, K.; IKOTUN, T.; HARTMAN, G. L.; BANDYOPADHYAY, R. 2008. Pathogenic Variation of *Phakopsora pachyrhizi* Infecting Soybean in Nigeria. *Phytopathology* 99, 353-361

VALENCIA-BOTÍN, A. J., JEFFERS, S. N., PALMER, C. L., BUCK, J. W. 2013. Fungicides used alone, in combinations, and in rotations for managing gladiolus rust in Mexico. *Plant Dis.* 97,1491-1496.

## CAPÍTULO V

Teniendo en consideración que se obtuvieron datos de la presencia del fitófago en la región norte del estado se realizó un artículo titulado: “Distribución Espacial De *Thrips simplex* (Thysanoptera: Thripidae) en Plantaciones de Gladiolo de Valles Altos del Estado de México, México”. el cual se encuentra en revisión en la Revista Boletín Museo de Entomología. Universidad del Valle en Santiago de Chile. Esta revista este indexada en ISI databases THOMSON, con un ISSN: 1909-2822 en la versión en línea.

Su documento ha sido recibido, el código asignado es el 1601201515

Christian A. De la torre-Murillo.

Asistente Editorial

James Montoya Lerma

Coordinador Publicaciones

Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología Cali - Colombia

<http://entomologia.univalle.edu.co/boletin/boletin.htm>

**De:** [Jesus Ricardo Sanchez Pale](mailto:Jesus.Ricardo.Sanchez.Pale)

**Enviado el:** jueves, 09 de julio de 2015 7:35 a. m.

**Para:** [boletinentomologia@gmail.com](mailto:boletinentomologia@gmail.com)

Estimado Coordinador del Comité Editorial,

Adjunto el artículo "Distribución Espacial De Thrips simplex (Thysanoptera: Thripidae) en Plantaciones de Gladiolo de Valles Altos del Estado de México, México." que lo someto a su consideración para que sea considerado en su revista.

Agradezco la atención que le brinda a este manuscrito y mensaje,

DR. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE

PROFESOR INVESTIGADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

Distribución Espacial De *Thrips simplex* (Thysanoptera: Thripidae) en Plantaciones de Gladiolo de Valles Altos del Estado de México, México.

ROSALBA QUIÑONES VALDEZ<sup>1)</sup>, JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE<sup>2)</sup>, ALVARO CASTAÑEDA VILDOZOLA<sup>3)</sup>, ROBERTO JOHANSEN NAIME<sup>4)</sup>, AUREA MOJICA GUZMAN<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; e-mail: [rossq.uv@outlook.com](mailto:rossq.uv@outlook.com), <sup>2)</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, campus universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas s/n, C.P. 50200, Toluca, Estado de México. e-mail: [jrsanchezp@uaemex.mx](mailto:jrsanchezp@uaemex.mx), <sup>3)</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, <sup>4)</sup> Laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México, D.F. e-mail: [naime@ib.unam.mx](mailto:naime@ib.unam.mx)

## Resumen

La gladiola es una flor de corte de gran importancia económica en México debido a la fuerte demanda del mercado nacional y de exportación, especialmente en las celebraciones del día del padre y día de muertos. Su cultivo presenta fuerte presión por los Trips, tanto por los daños que llega a causar en la calidad estética de la flor como por la fuerte inversión económica que representa su control. Una de las variables en el manejo sustentable de las plagas es conocer el arreglo o distribución espacial que presentan dentro de un área determinada, de tal forma que permita focalizar las alternativas de control a puntos específicos. Debido a lo anterior, se ha considerado necesario determinar la distribución espacial de *Thrips simplex* en parcelas comerciales de la región norte del Estado de México. Los muestreos se realizaron por medio de una cuadrícula de 121 puntos, separados a cada 10 m, en dos parcelas con dimensiones de una hectárea del Municipio de Jiquipilco y una de Ixtlahuaca durante la etapa vegetativa, espata y floración. Cada punto fue georeferenciado y se colocó una trampa amarilla para la captura y conteo del insecto. Los datos obtenidos se analizaron para determinar el modelo espacial a través del programa Variowin 2.2, mientras que los mapas se obtuvieron a través del programa Sufer 8.0. Los resultados indicaron que las poblaciones de *Thrips simplex* presentaron un ajuste al modelo esférico en las diferentes etapas fenológicas, mientras que las poblaciones de la etapa de espata y floración de la parcela uno de Jiquipilco se ajustaron a una estructura espacial de tipo gaussiano, y fue la única parcela en donde se observaron cambios en los patrones

espaciales del insecto. En todos los casos obtuvieron mapas de agregación de *Thrips simplex* así como sus gradientes que permitieron su visualización.

Palabras Clave: Gladiola, semivariograma, mapas de agregación.

## Summary

Gladiolus is a cut flower of a high economic importance in Mexico. It has a strong demand in the national market and in the export market, particularly on father's day and all deaths day. Its cultivation presents a high pressure by trips because of the damages that they cause in the quality, referring to the esthetic side of the flower, and for the strong economical investment that their control represents. One of the variables in the sustainable pest management is to know their spatial distribution and their adjustment presented in a determined area, in such way that allow us to focus control measures in specific points. Due to this, it was highly considered to determine the spatial distribution of *Thrips simplex* in commercial fields in the northern region of the State of Mexico. The samplings were done in a grid of 121 points, each separated 10m, in two plots of one hectare each, in the municipalities of Jiquipilco and Ixtlahuaca during the vegetative, spathe, and flowering stages. Each point was georeferenced. A yellow tramp was placed in order to capture and count the insects. The obtained data was analyzed with the Variowin 2.2 program in order to determine the spatial model. The maps were attained through the Sufer 8.0 program. Results indicated that *Thrips simplex* population presented an adjustment to the spherical model in the diverse phenological phases, while the populations of the spathe and the flowering stages, in the plot one in Jiquipilco, were adjusted to a gaussian spatial structure. It was the only plot where changes of the spatial patterns of the insects were observed. In all cases *Thrips simplex* aggregation maps were obtained as well as their gradients that allowed their viewing.

Keywords: Gladiolus, semivariograms, aggregation maps.

## Introducción

Las bondades estéticas de la flor de gladiola han sido ventajosas respecto a las demás ornamentales producidas, que le ha significado ser considerada como una de mayor importancia en el mercado nacional

e internacional (SIAP 2015). El gladiolo es una de las principales flores de corte que se producen en México, su siembra se concentra en los Estados de México, Puebla, Michoacán y Morelos (SIAP 2015). Se considera a el Estado de México la principal zona productora, con una superficie promedio anual de 1,489 ha (SIAP 2015), destacando la región sureste en donde se concentra la mayor superficie, sin embargo en los últimos años, se ha expandido hacia la región norte del estado de México que comprende los municipios de Jiquipilco, Ixtlahuaca y Jocotitlán alcanzando el 30% de la producción estatal, y que se caracteriza por concentrar su producción de flor para las fechas conmemorativas del día del padre y día de muertos, aunque esta última es considerada de fuerte riesgo económico por el posible daño que le pueden ocasionar las heladas tempranas, que se presentan en altitudes por arriba de los 2,500 msnm.

En estas altitudes, predominan los cultivos de maíz, avena, haba, tomate de cascara y gladiolo, siendo éste la única ornamental producida y que presenta diversos problemas fitosanitarios como trips, mosquita blanca, roya y secamiento. A los trips se les considera la principal plaga que daña la belleza estética de la flor, le llegan a causar decoloración y ocasionan deformidades que las hacen menos rentables (Romero 1996). Los productores requieren de una gran cantidad de insumos agrícolas para su control, lo que incrementa el costo y limita la producción. En los últimos años, se ha considerado que para un eficiente manejo de insectos plaga es necesario conocer su distribución espacial que permita desarrollar un sistema de producción sustentable bajo un manejo de sitio específico. Tal manejo consiste en focalizar las diferentes alternativas de control de la plaga, lo que permite disminuir los daños a la flor de gladiola, además de reducir los costos de producción y, por tanto, obtener una mayor calidad en la producción (Demirozer et al. 2012). El objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución espacial de *Thrips simplex* en producciones comerciales de gladiolo de valles altos del Estado de México.

## **Materiales y métodos**

Se evaluaron dos parcelas comerciales con superficies de una hectárea, sembradas con la variedad de gladiolo rojo borrega y con antecedentes de infestación de *Thrips* spp. Las parcelas se localizaron en los municipios de Ixtlahuaca y Jiquipilco ubicados a 2545 y 2560 msnm respectivamente, el trabajo se

desarrolló durante el ciclo verano-otoño del año 2013, que correspondió al corte de flor para la fecha de día de Muertos.

Se utilizó una malla de 100x100m para el muestreo de insectos. Se establecieron 121 puntos a cada 10 metros en forma equidistante dentro de la parcela. Cada punto fue georeferenciado mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (dGPS) (Modelo SPS351, Trimble, USA). En cada punto, se colocó una trampa para la captura de trips. Las trampas fueron vasos de plástico marca Amscan® de color amarillo del No. 8 (González et al. 2008, Solares et al. 2011), impregnado con aceite vegetal y sujetado a un alambre por medio de un cordón plástico. Se realizaron tres muestreos durante el ciclo productivo, el primer muestreo se realizó a los 78 días después de la siembra (DDS) que correspondió a la etapa vegetativa, el segundo muestreo se realizó en la etapa de espata a los 103 días DDS, y a los 120 días DDS el tercer muestreo que correspondió a la etapa fenológica de la floración. Las trampas se revisaron con un lente de aumento de 20X para contabilizar los insectos capturados. La identificación de las especies de *Thrips* spp. se realizó en el Laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al término de los muestreos, se analizaron las densidades de los trips capturados en cada fecha de muestreo de cada parcela del estudio. Se efectuó una exploración estadística de los datos originales de la población capturada para determinar la normalidad y proceder a realizar un análisis estadístico. El análisis geoestadístico consistió en la estimación : 1) del semivariograma; 2) de los parámetros del modelo de semivariograma; 3) de la superficie con mapas, utilizando puntos o estimas a partir del kriging.

La estimación del semivariograma se hizo con los datos de captura de *Thrips simplex* obtenidos en los sitios de muestreo; el valor experimental del semivariograma se calculó en base a lo establecido por Isaaks y Srivastava (1989): 
$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$
 Donde:  $\gamma^*(h)$  es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ ;  $N(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ ;  $z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i$ , y  $z(x_i+h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i+h$  (Isaaks & Srivastava, 1989). A este

semivariograma se le denomina experimental y se ajustó a un semivariograma teórico preestablecido. El semivariograma experimental fue obtenido a través del programa VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring. NY, USA).

Se calculó el nivel de dependencia espacial para determinar la relación entre los datos obtenidos en los muestreos. Este valor se obtiene dividiendo el efecto pepita sobre la meseta y se expresa en porcentaje. Los valores con menos del 25% son altos, entre el 26 y 75% son moderados y los mayores a 76% son bajos (López-Granados et al. 2002). Se utilizó el método geoestadístico de interpolación de Kriging a través del programa Surfer 8.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, Golden, CO) que permite estimar los valores insesgados a puntos que no fueron muestreados y generar de mapas de densidad que permiten visualizar el comportamiento espacial de *Thrips simplex*.

## **Resultados y Discusión**

Se encontraron *Thrips* spp., en las tres parcelas de gladiolo evaluadas en el ciclo verano-otoño en los dos municipios de Valles Altos del Estado de México, durante el año 2013, encontrando diferentes densidades de la plaga tanto entre las etapas fenológicas como entre las parcelas. La especie de trips de mayor abundancia fue *Thrips simplex*, seguida de *Frankliniella occidentalis*. La densidad promedio del insecto fue de 0.75 a 12.18 especímenes/trampa en las diferentes etapas fenológicas de la parcela 1; de 1.0.8 a 1.39 especímenes/trampa en la parcela 2 del municipio de Jiquipilco; mientras que en Ixtlahuaca se determinó una densidad promedio de 0.91 en la etapa vegetativa a 9.97 especímenes/trampa para la etapa de floración, en Ixtlahuaca (Tabla 1). Se encontró que la mayor abundancia del insecto no se presentó en una etapa fenológica específica, por el contrario fue variable dependiendo la parcela y el municipio, lo anterior podría deberse a las diferentes prácticas de manejo que realiza el productor y que impactan directamente sobre la densidad del insecto. La normalidad de los datos se indica en el Tabla 1.

Las diferentes densidades de población sobrepasan los límites permisibles para la producción de gladiola (Carrizo et al. 2008) en la región Norte del Estado de México. Sin embargo, las técnicas geoestadísticas permitieron modelar la distribución de *Thrips simplex* en las diferentes densidades determinadas. La

exploración estadística de los datos recolectados indicó la existencia de normalidad. En las tres parcelas, los insectos presentaron una distribución espacial de tipo agregada para cada una de las fechas de muestreo, ajustándose a los modelos teóricos de tipo esférico y gaussiano. Estos resultados concuerdan con la agregación determinada en *Anaphothrips obscurus* (Reisig et al. 2011) y *Thrips palmi* (Cho et al. 2000).

Se presentó un alto nivel de dependencia espacial en todos los modelos ajustados, que es indicativo de la existencia de relación espacial entre las observaciones en cada punto de muestreo de *Thrips simplex*. El efecto pepita fue igual a cero, indicativo que el error de muestreo fue mínimo y la escala de muestreo fue adecuada (Rossi et al. 1992). El 100% de la variación en la distribución de los insectos fue explicada por la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos por lo que los modelos ajustados tienen un 98% de credibilidad (Liebhold & Sharov 1998).

Todos los semivariogramas obtenidos en la parcela de Ixtlahuaca se ajustaron al modelo esférico en los tres muestreos realizados durante el ciclo verano-otoño 2013, en el corte de flor del día de muertos. Un comportamiento similar se obtuvo en los semivariogramas de la parcela 2 de Jiquipilco, así como en el primer muestreo de la parcela 1 del mismo municipio. En forma general, este modelo se ajustó con las menores densidades de *Thrips simplex*. Los valores del rango en este modelo varió de 2.15 a 10.71m. La reducida distancia en el valor del rango es indicativo de una variabilidad espacial en pequeña escala (Johnson et al. 2007), en este sentido, Moreno-López (2009) indica que los puntos de muestreo que disten menos en su valor del rango entre sí, tendrán valores mas semejantes que los correspondientes a los puntos que estén más separados.

La distribución espacial al modelo esférico es indicativo, en términos biológicos, que las agregaciones de *Thrips simplex* en el cultivo del gladiolo se presentaron en zonas específicas dentro de la parcela respecto al resto de puntos de muestreo. En este modelo ajustado, *Thrips simplex* presentó un crecimiento rápido cerca del origen pero los incrementos van decreciendo para distancias grandes. También es indicativo que los centros de agregación son aleatorios dentro de la parcela de gladiolo lo que propicia infestaciones en

zonas específicas. En la parcela uno de Jiquipilco, se observó un cambio en el patrón espacial de *Thrips simplex*, pasando de un modelo esférico a gaussiano.

El modelo gaussiano se ajustó a las mayores densidades promedios (5.74 y 12.18) de *Thrips simplex* por trampa, y presentó los mayores valores del rango que fluctuaron de 29.70 a 43.20 m. De igual forma, este modelo se ajustó a la distribución espacial que presentaron los insectos durante la fase de espata y floración de la parcela uno del municipio de Jiquipilco. Resultados similares fueron determinados por Rhodes et al. (2011) en thrips en arándanos. En términos biológicos, este modelo es indicativo de que el comportamiento de la agregación de *Thrips simplex* se expresa en forma continua dentro de las plantaciones de gladiolo. Esto implica el avance de las infestaciones de *Thrips simplex* a plantas de gladiolo aledañas, posiblemente debido a la preferencia de este insecto por esta variedad, además permite inferir que las condiciones ambientales dentro de la parcela fueron propicias para el desarrollo de las infestaciones de los insectos en las dos fechas de muestreo de la parcela 1 de Jiquipilco.

La variabilidad espacial encontrada en la distribución de *Thrips simplex*, tanto en el espacio físico de la parcela como entre las diferentes fechas de muestreo, fue similar a la reportada por Jiménez et al. (2013) para *Frankliniella occidentalis* en *Physalis ixocarpa* en la misma región de estudio, y por lo reportado para *Thrips* spp. en aguacate (Solares et al. 2011) y para *Thrips* spp. asociados al arándano (Rhodes et al. 2011).

Los mapas generados permitieron visualizar los diferentes centros de agregación que presentó el insecto a lo largo del ciclo de producción del gladiolo en las parcelas comerciales que se establecieron en los municipios de Jiquipilco e Ixtlahuaca durante el año 2013. Fue evidente la existencia de variabilidad espacial en la ubicación de la plaga dentro de las parcelas, así como la existencia en el arreglo espacial que tomaron las agregaciones de *Thrips simplex* entre las diferentes fechas de muestreo.

En la parcela del municipio de Ixtlahuaca se observó que los centros de agregación se ubicaron en la región este de la parcela, así como en diferentes puntos en la zona central durante la etapa vegetativa y de

floración, mientras que en el muestreo realizado en la etapa de espata la agregación se presentó en forma puntual en la región central de la parcela.

En cambio, para el municipio de Jiquipilco, *Thrips simplex* tuvo un comportamiento espacial agregado en puntos muy definidos dentro de la parcela uno, ubicándose en la región centro y sur de la parcela para el muestreo realizado en la etapa vegetativa, por otro lado en los muestreos realizados en la etapa de espata y floración de la misma parcela, los puntos de agregación se localizaron en la zona noreste; mientras que para la parcela dos el insecto presentó un comportamiento agregado en la zona este de la parcela durante el muestreo realizado en la etapa vegetativa, por otro lado, se encontró que durante las etapas fenológicas de espata y floración, *Thrips simplex* se distribuyó de forma agregada en toda la superficie de la parcela, con puntos de agregación específicos y localizados a lo largo de la región que va de norte a sur.

Los mapas obtenidos mostraron la variabilidad espacial que presentó *Thrips simplex* en las parcelas del cultivo de gladiolo. En ninguna fecha de muestreo se distribuyó en el 100 % del área de la parcela, siempre se observaron espacios con ausencia de la plaga. Los centros de agregación presentaron diferentes ubicación de una etapa a otra, aunque en la parcela de Ixtlahuca el mayor centro de agregación presentó la misma ubicación en la etapa de vegetativa y de floración, sin embargo en la mayoría de los mapas los centros de agregación presentaron movilidad de una etapa fenológica a otra. En todos los mapas de densidad los centros de agregación de los *Thrips simplex* se presentaron en puntos geográficos específicos dentro de cada una de las parcelas para las tres etapas fenológicas del cultivo de gladiolo durante el ciclo verano-otoño del año 2013 en los Valles Altos del estado de México.

La distribución de los centros de infestación dentro de la parcela permite suponer que *Thrips simplex* se originan de una fuente puntual (Roberto et al. 2002) como pueden ser los propágulos infestados. Esto supone la existencia de semilla infestada, tratamientos de semilla poco eficientes o genotipos susceptibles que favorecen al desarrollo de los insectos. La agregación visualizada indica que la estrategia de manejo, que realizan los productores del norte del estado, de realizar aspersiones totales sobre toda la parcela de gladiolo puede ser reemplazada por el manejo de perspectiva de sitio o punto específico (Carvalho et al.

2009) que implica realizar un análisis de los patrones espaciales del insecto, porque ésta puede proveernos de importantes datos de la ecología de la población del insecto (ejemplo: dirección y distancia de avance o importancia y proximidad de reservorios), además dicho comportamiento de agregación sugieren aplicar diversas acciones de control y dirigir las actividades de muestreo sobre las áreas o sitios específicos (Rong et al. 2006, Park et al. 2007) donde está presente el insecto.

La determinación de la distribución espacial mediante la ubicación espacial de los centros de agregación de las poblaciones de *Thrips simplex*, desde el punto de vista de manejo integrado de los cultivos, representa una herramienta adecuada para el control de los mismos. Lo cual permite realizar y dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control sobre áreas específicas de infestación (Rong et al. 2006, Park et al. 2007) así como un manejo preciso de los nichos ecológicos de propagación, generando beneficios económicos, sociales y ambientales (Moral et al. 2011) al realizar en forma correcta, precisa y puntual las aplicaciones de plaguicidas lo que implica, un uso menor de combustibles, generando bajo impacto al ambiente, y retardando el desarrollo de resistencia de los insectos, que proporciona las bases iniciales del manejo en sitios específicos (Park et al. 2007). Además, permite observar la variabilidad poblacional del insecto identificando áreas infestadas, áreas libres de infestación y poder detectar cambios de los patrones espaciales a través del tiempo de un insecto plaga (Navas *et al.* 2008).

#### Agradecimientos

Al proyecto PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) por los recursos otorgados para la realización de la presente investigación.

## Literatura Citadas

- Carrizo, P., C. Gastelu, P. Longoni & R. Klasman. 2008. Especies de trips (INSECTA: Thysanoptera: Thripidae) en las flores de ornamentales. *Idesia* 26: 83-86
- Carvalho, A.M., S.F. Moreira, P.E. Ampelio, O.M. Silva. 2009. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. *Journal Pest Science* 82: 137-148

- Cho, K., S. Kang & G. Lee. 2000. Spatial distribution and sampling plans for *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) infesting fall potato in Korea. *J. Econ. Entomol.* 93: 503-510.
- Demirozer, O., K. Tyler-Julian, J. Funderburk, N. Leppla & S. Reitz. 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manag Sci* 68: 1537-1545.
- González, H., C.M. Sosa, M. González & A.R. Valle de la Paz. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.), pp. 209-210. En: Avances de investigación, 1997. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Isaaks, E.H. & R.M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York. 561 p.
- Jiménez, R.A., J.F. Ramírez, J.R. Sánchez, M.L. Salgado & A. Laguna. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Rev. Colomb. Entomol.* 39: 183-192
- Johnson, R.M.; M.P. Grisham & E.P. Jr. Richard. 2007. Relationship between Sugarcane Rust Severity and Soil Properties In Louisiana. *Phytopathology.* 97: 748-755
- Liebhold, A. & A. Sharov. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. pp. 111–117. In: Population and community Ecology for insect management and conservation. CRC Press. ISBN: 90 5410 930 0. Rotterdam, Netherlands.
- López-Granados, F., M. Jurado-Expósito, S. Atenciano, A. García-Ferrer, M. Sánchez & L. García-Torres. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant Soil* 246: 97-105
- Moral, F.J., J.M. Terron & F.J. Rebollo. 2011. Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Comp. Electron. Agri.* 75: 223-230
- Moreno-López, J. L. 2009. Introducción a la geoestadística y su aplicación. México, D.F. 151 p.
- Navas, C.J.A., B.B. Landa, J. Mercado-Blanco, J.L. Trapero-Casas, D. Rodríguez-Jurado & R.M. Jiménez-Díaz. 2008. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. *Phytopathology* 98:167-180.

- Park, Y.L., R.K. Krell & M. Carroll. 2007. Theory, technology and practice of site-specific insect pest management. *J. Asia Pac. Entomol.* 10: 89-101.
- Reisig, D.D., D.L. Godfrey & D.B. Marcum. 2011. Spatial dependence, dispersion, and sequential sampling of *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae) in timothy. *Environ. Entomol.* 40: 689-696
- Rhodes, E.M., O.E. Liburd & S. Grunwald. 2011. Examining the spatial distribution of flower Thrips in southern highbush blueberries by utilizing geostatistical methods. *Environ. Entomol.* 40: 893-903
- Roberto, S.R., P.R.S. Farias & F.A. Bengamin. 2002. Geostatistical analysis of spatial dynamics of Citrus Variegated Chlorosis. *Fitopatol. Bras.* 27: 599-604.
- Rong, J., L. Dian-Mo, X. Bao-Yu, L. Zhe & M. Dong-Li. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: implications for site-specific pest management. *Environ. Entomol.* 35: 1244-1248.
- Romero, C.S. 1996. Plagas y Enfermedades de Ornamentales. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 968-884-340-7. Texcoco, Mex. 244p.
- Rossi, R., J. Mulla, G. Journel & H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Monogr.* 62: 277-314.
- SIAP. 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consultada 20/05/2015).
- Solares, V., J.F. Ramírez & J.R. Sánchez. 2011. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Bol. Mus. Entomol. Univ. Valle* 12: 1-12.

## CAPÍTULO VI

Finalmente con datos obtenidos en la región sureste del estado de México durante el ciclo verano-otoño que corresponde a la fecha de corte de día de muertos se elaboró un artículo titulado: “Spatial distribution of *Uromyces transversalis* in *Gladiolus communis* L. during the summer-fall cycle in the southeast region of the state of Mexico”. El cual se encuentra en revisión en la Revista Tropical Plant Pathology, de Brasil.

Esta revista se encuentra indexada en ISI y en SCOPUS, tiene un ISSN 1983-2052 en su versión en línea.

## Tropical Plant Pathology

### Spatial distribution of *Uromyces transversalis* in *Gladiolus communis* L. during the summer-fall cycle in the southeast region of the state of Mexico –Manuscript Draft–

<b>Manuscript Number:</b>					
<b>Full Title:</b>	Spatial distribution of <i>Uromyces transversalis</i> in <i>Gladiolus communis</i> L. during the summer-fall cycle in the southeast region of the state of Mexico				
<b>Article Type:</b>	Research Article				
<b>Funding Information:</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">PROMEP (UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO)</td> <td style="width: 40%;">Dr. Jesus Ricardo Sanchez-Pala</td> </tr> </table>	PROMEP (UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO)	Dr. Jesus Ricardo Sanchez-Pala		
PROMEP (UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO)	Dr. Jesus Ricardo Sanchez-Pala				
<b>Abstract:</b>	<p><i>Gladiolus</i> rust is a quarantine pest of <i>gladiolus</i> in Mexico and North America. It can cause total crop loss when more than 80% is severely damaged, and control usually involves spraying fungicides over entire plots, without considering potential spatial patterns of the disease. The objective of this study was to determine the spatial distribution of <i>gladiolus</i> rust in the southeast region of the state of Mexico using geostatistical techniques. Results indicated that the disease's severity showed an aggregate distribution during the <i>gladiolus</i>'s different phenological stages. Aggregation centers shifted location within plots between phenological stages. Models indicated that the spatial aggregation of the disease originates from a primary inoculum source in most of the distributions observed. However, in 2013 the aggregation showed a continuous pattern within the plot during some of the sampling dates, while in 2014 aggregation presented with irregular borders or discontinuous distribution. Aggregation centers shifted location within plots between phenological stages. The three types of aggregation of the disease were visualized using the maps generated.</p>				
<b>Corresponding Author:</b>	Jesus Ricardo Sanchez-Pala, Ph.D. Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, Estado de México MEXICO				
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>					
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Universidad Autónoma del Estado de México				
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>					
<b>First Author:</b>	Jesus Ricardo Sanchez-Pala, Ph.D.				
<b>First Author Secondary Information:</b>					
<b>Order of Authors:</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Jesus Ricardo Sanchez-Pala, Ph.D.</td> </tr> <tr> <td>Rosalba Quiñones-Valdéz, M.D.</td> </tr> <tr> <td>Alvaro Castañeda-Vidózoa, Ph.D.</td> </tr> <tr> <td>Ana Karen Padraza-Esquível, J.D.</td> </tr> </table>	Jesus Ricardo Sanchez-Pala, Ph.D.	Rosalba Quiñones-Valdéz, M.D.	Alvaro Castañeda-Vidózoa, Ph.D.	Ana Karen Padraza-Esquível, J.D.
Jesus Ricardo Sanchez-Pala, Ph.D.					
Rosalba Quiñones-Valdéz, M.D.					
Alvaro Castañeda-Vidózoa, Ph.D.					
Ana Karen Padraza-Esquível, J.D.					
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>					
<b>Author Comments:</b>	It is a novel research <i>gladiolus</i> rust disease in Mexico, which determined the spatial distribution of two years of study in the main producing region				
<b>Suggested Reviewers:</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>                     Angel Rebollar-Albiter, Ph.D.                      Research, Universidad Autonoma Chapingo                      rebollana1vter@gmail.com                      He is an expert in epidemiology of diseases.                 </td> </tr> <tr> <td>                     Jesus Aquino-Martínez, Ph.D.                      Research, ICAMEX                      jg_aquino@hotmail.com                      He is an expert in diseases of ornamentals                 </td> </tr> </table>	Angel Rebollar-Albiter, Ph.D. Research, Universidad Autonoma Chapingo rebollana1vter@gmail.com He is an expert in epidemiology of diseases.	Jesus Aquino-Martínez, Ph.D. Research, ICAMEX jg_aquino@hotmail.com He is an expert in diseases of ornamentals		
Angel Rebollar-Albiter, Ph.D. Research, Universidad Autonoma Chapingo rebollana1vter@gmail.com He is an expert in epidemiology of diseases.					
Jesus Aquino-Martínez, Ph.D. Research, ICAMEX jg_aquino@hotmail.com He is an expert in diseases of ornamentals					

## COVER LETTER FOR SUBMISSION OF MANUSCRIPT

**Editor-in-Chief Francisco Murilo Zerbini,**

**Universidade Federal de Viçosa,**

**36570-000 Viçosa, MG, Brazil**

**E-mail: [tpp.editor@ufv.br](mailto:tpp.editor@ufv.br)**

Subject: SUBMISSION OF A MANUSCRIPT FOR EVALUATION

Dear Editor

I am enclosing here with a manuscript entitled “Spatial distribution of *Uromyces transversalis* in *Gladiolus communis* L. during the summer-fall cycle in the southeast region of the state of Mexico” for publication in Tropical Plant Pathology for possible evaluation.

With the submission of this manuscript I would like to undertake that the above mentioned manuscript has not been published elsewhere, accepted for publication elsewhere or under editorial review for publication elsewhere; all authors have approved the submission of the manuscript and that my Institute’s Universidad Autonoma del Estado de México representative is fully aware of this submission.

Authors transfer copyright to the Brazilian Phytopathological Society.

Submitted manuscript is a research Article.

Sincerely,

Dr. Jesus Ricardo Sánchez Pale

(corresponding author): [jrsanchezp@uaemex.mx](mailto:jrsanchezp@uaemex.mx).

Profesor – Investigador

Spatial distribution of *Uromyces transversalis* in *Gladiolus communis* L. during the summer-fall cycle in the southeast region of the state of Mexico Quiñones-Valdez Rosalba<sup>1</sup>, Sánchez-Pale J. Ricardo<sup>2</sup>, Castañeda-Vildózola Alvaro<sup>2</sup> & Pedraza-Esquivel, A. Karen<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C.P. 50200, México; <sup>2</sup> CIEAF, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México; <sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo Toluca 50200, Estado de México, México

Author for correspondence: J. Ricardo Sánchez-Pale, [jrsanchezp@uaemex.mx](mailto:jrsanchezp@uaemex.mx)

## **Abstract**

Gladiolus rust is a quarantine pest of gladiolus in Mexico and North America. It can cause total crop loss when more than 60% is severely damaged, and control usually involves spraying fungicides over entire plots, without considering potential spatial patterns of the disease. The objective of this study was to determine the spatial distribution of gladiolus rust in the southeast region of the state of Mexico using geostatistical techniques. Results indicated that the disease's severity showed an aggregate distribution during the gladiolus' s different phenological stages. Aggregation centers shifted location within plots between phenological stages. Models indicated that the spatial aggregation of the disease originates from a primary inoculum source in most of the distributions observed. However, in 2013 the aggregation showed a continuous pattern within the plot during some of the sampling dates, while in 2014 aggregation presented with irregular borders or discontinuous distribution Aggregation centers shifted location within plots between phenological stages.. The three types of aggregation of the disease were visualized using the maps generated.

Keywords: gladiolus rust, aggregation, maps, kriging, semivariogram

## **Introduction**

The gladiolus is considered one of the principal cut flower crops, and its cultivation is a source of employment and earnings in Mexico. In the state of Mexico (Central Mexico), the main producer of gladiolus flowers is the southeast region, its production and sale is centered around important holidays including Father's Day, Day of the Dead, and Mother's Day, though production for the international market is year-round (SAGARPA, 2009).

Due to this specie's social and economic importance, it is vitally important to understand the factors that may limit its production, such as insect pests and disease. Among the most important diseases are dry due to *Fusarium* spp. and gladiolus rust. Gladiolus rust is considered a quarantine pest in Mexico and North America (NAPPO, 2005), demanding high farm inputs for its management (Ortega-Centeno et al., 2010).

The gladiolus production system is characterized by a virtual lack of disease resistance in the varieties cultivated, as well as a lack of phytosanitary certification of the corms used for propagation. Rotation cycles are from six to ten years, and the crop demands a high amount of labor for planting, controlling weeds, and harvesting flowers and corms. Pest and disease control are carried out exclusively through chemical products. Once the flowers are harvested, the field is abandoned, allowing the spread of a variety of pathologies including rust, and leading to the deposition of teliospores in the soil and corms, which persist until the following planting.

*Uromyces transversalis* (Thumen) G. Winter is the causal agent of the rust that affects gladiolus and other members of the Iridaceae family, causing damage to foliage and detracting from flower value for commercial sale, which leads to major economic damages during production as well as decreased exports (Valencia-Botin et al., 2013). Symptoms are mainly detected by examining the plants' leaves and stems, which present pustules transverse to the leaf ribs (Blomquist et al., 2007) and yellow-orange powder (urediospores). The pustules join, forming larger patches, and as the damage progresses they become dark brown and finally black in color. The disease spreads through spore-contaminated corms, rhizomes, and flowers, as well as infected leaves and stems, though spores can also be transported long distances by wind and commercial distribution of cut flowers (gladiolus).

Urediospore germination occurs in the temperature range of 5 a 25°C, optimally as 15 to 20°C. It has been observed that low-severity levels of the disease present at 10 y 15°C when leaves are moist for 6 to 9 hours, or at 25°C when leaves are moist for 12 hours, and severity increases when temperatures are between 10 and 20°C and leaves are moist for 12 hours. The incubation period can vary from 8 to 10 days at a temperature of 25°C and up to 20 days at 10°C (SENASICA, 2014).

Severe damage (above 60%) causes total loss of the flower's commercial value. If the infection presents during very early stages it may cause reduction in flower quality and corm size, while its presence during late stages contributes to the spread of the disease through infected corms to other plots or regions (Ortega-Centeno et al., 2010). Control usually involves the use of chemical fungicides (Ortega-Centeno et al., 2010), without taking into account spatial patterns that may present. Studies of the spatial and temporal dynamics of disease support the development of efficient and sustainable management strategies (Agrios, 2004). Geostatistical methods provide a direct measurement of spatial dependence because they account for the two-dimensional nature of organism distribution (Soberon & Peterson, 2005) and allow mapping of their spatial distribution. Maps help to target control measures to the specific areas where there is an *a priori* expectation or higher probability of disease presence or spread.

The description of spatial pattern using geostatistical techniques in diseases caused by rusts has been carried out by Carvahlo et al. (2009) with *Hemilelia vastratrix* in coffee and *Phakopsora pachyrhizi* in soy (Twizeyimana et al. 2009), which report spatial patterns that fit exponential models, while *Puccinia melanocephala* in sugarcane (Jhonson et al. 2007) was best represented by spherical models.

In Mexico, information on the spatial distribution of gladiolus rust is scarce at the plot level. It is therefore important to generate information on the spatial patterns of the disease that present during the production cycle in order to visualize these patterns using maps. The objectives of this study were therefore to: 1) obtain the spatial distribution of gladiolus rust using geostatistical techniques, and 2) visualize these spatial patterns using maps.

## Materials and methods

The study was carried out during the summer-fall growing cycles of 2013 and 2014, with flowers designated for sale during the Day of the Dead holiday (1-2 November). In each of three municipalities (Tenancingo, Villa Guerrero, and Ocuilan) in the southeast region of Mexico State, two commercial plots growing the 'Roja Borrega' variety with a history of gladiolus rust occurrence were sampled. The plots evaluated had areas larger than 1 ha; the distance between furrows was 80 cm, and between plants was 10 cm. The crops neighboring the study plots were aster, chrysanthemum, strawberry, maize, and other gladiolus plots, separated by 10 m borders. Each plot was sampled at three phenological stages; first at 40 days after planting (DAP; vegetative stage), then 70 DAP (spathe formation stage), and 107 DAP (flowering stage). In each plot, a 100m grid was established, sampling points were marked every 10m, and disease severity was scored for one plant per sampling point. A diagrammatic scale of severity was comprised of six severity classes based on percent of damaged leaf tissue: 1 (healthy, no visible symptoms), 2 (<15% leaf area damaged), 3 (16-30% of leaf area damaged), 4 (30-45% damaged), 5 (46-60% damage), and 6 (>60% damage). Plants were located geographically using a differential global positioning system (dGPS, Model SPS351, Trimble, USA). Disease severity values were analyzed for each of the three sampling dates. Exploratory statistics were carried out on the raw data in order to proceed to statistical analysis.

**Geostatistical Analysis.** The semivariogram was estimated using the severity data determined at sample points. The experimental value of the semivariogram was calculated based on the methods established by Isaaks & Srivastava (1989):  $\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$ , where:  $\gamma^*(h)$  is the experimental value of the semivariogram for the interval of distance  $h$ ;  $N(h)$  is the number of pairs of sampling points separated by distance  $h$ ;  $z(x_i)$  is the value of the variable of interest at the sample point  $x_i$ , and  $z(x_i+h)$  is the value of the variable of interest at the sample point  $x_i+h$ . This semivariogram is referred to as the experimental semivariogram, and was fitted to a pre-established theoretical semivariogram. The experimental semivariogram was constructed in the program VarioWin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring, NY, USA).

In order to determine the strength of the relationship among the sampled data a level of spatial dependence was calculated. This value is obtained by dividing the nugget by the sill, expressed as a percentage: less than 25% is high, 26 to 75% is moderate, and above 76% indicates low spatial dependence (López-Granados et al., 2002).

**Density Maps.** Kriging was used to estimate unbiased values for non-sampled points in order to construct density maps to visualize the spatial behavior of gladiolus rust in the three municipalities analyzed. Density estimations for the disease in the three different phenological stages were mapped using the program Surfer 9.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14<sup>th</sup> Street Golden, CO, 804011866, USA).

## **Results**

In the exploratory data analysis, the coefficient of kurtosis indicated normality in the data collected in the plots evaluated during the 2013 and 2014 crop cycles. The disease was present during both years of the study in all three municipalities sampled; incidence was highest in 2014, while severity was highest in 2013. In both years of the study, the Villa Guerrero plots reached final incidences of 100%.

During the 2013 cycle, samples indicated that gladiolus rust was present during the entire phenological cycle in the Tenancingo municipality plots, while in Villa Guerrero and Ocuilan it presented during the spathe stage. The disease reached 100% incidence levels in Villa Guerrero, while Ocuilan had the lowest level during the entire phenological cycle. With respect to severity, Villa Guerrero had the highest values (4.5), while Ocuilan had the lowest.

On the other hand, during the 2014 cycle the disease was present during the entire gladiolus growing cycle in both Ocuilan plots and in the Villa Guerrero second plot, while in both Tenancingo plots and Villa Guerrero one plot it presented at the spathe stage. Similar to 2013 the results, final incidences of 100% occurred in the Villa Guerrero plots, while the lowest incidences occurred in Ocuilan.

The semivariogram models differed among the three localities evaluated, as well as among sampling dates. The semivariograms indicated that disease severity levels were spatially correlated among the different sampling points during the study period. The spherical model (Figure 1a) described the spatial dependence during the two years of the study (Tables 1, 2, and 3), followed by the gaussian model (Figure 1b) for the

semivariogram models from 2013, while for 2014 the model was exponential (Figure 1c). The spherical models determined in the pathosystems of the different plots presented a spatial dependence with semivariogram ranges from 3.11 to 7.64 m in 2013, and from 1.43 to 6.31 m in 2014.

The gaussian models indicated that the maximum distance at which severity values showed spatial dependence was in the semivariogram range of 2.78 to 9.71 m for 2013, while for 2014 the range was 4.0 m. On the other hand, the reduction in the value of the semivariogram range at the spathe formation and flowering stages (Tables 1 and 2) in the Villa Guerrero one plot and in both Tenancingo plots in 2013 can be explained by the continuous use of fungicides to obtain flowers that meet market specifications, which reduces the spatial dependence between sample points. The exponential model fit the spatial distribution that presented in two of the 2014 sampling dates, with semivariogram ranges between 1.16 and 8.87 m.

Using the ordinary kriging method, maps were generated to visualize the spatial behavior of gladiolus rust severity in aggregation foci (Figure 2) as well as the gradients of disease during the study years. In the maps of the plots it was observed that the aggregation centers were in the central and southeast regions of the maps during the vegetative and spathe formation stages, until reaching a larger center size and eventually covering the entire surface during the flowering stage in both years evaluated. In the 2013 Tenancingo maps (Figure 3), the aggregation centers are located in the southern region of the plots during the vegetative stage, with a tendency to shift toward the center of the map during the spathe and flowering stages, though in one plot, aggregation centers are observed in the northern region of the plot. In 2014, the aggregation was located in the center of the plot, with a tendency toward the north, while in second plot, it was located in the southeast. Finally, in Ocuilan, the aggregation centers were located in the southern part of the map during the spathe stage (Figure 4), but this aggregation disappeared during the flowering stage, while in second plot they were located from the center of the plot north. In 2014, the aggregation centers were located in the center of one plot, while in second plot they were located in the south. It was observed that the disease aggregation centers differed in spatial location among the sampling dates analyzed, depending on the phenological stage of the gladiolus and the severity level expressed.

## Discussion

The high level of spatial dependence determined by the different distribution models during the two years of the study is indicative of the spatial relationship between the severity data determined at each sample point. In other words, the spatial distribution of gladiolus rust was aggregate in all of the plots evaluated, allowing for the modeling of disease distribution by the determined semivariograms. The differences among fitted model types among sampling dates and even between the two study years, may be due to differences in the availability of inoculum in each plot and to environmental factors (Twizeyimana et al., 2008). In all of the models obtained the nugget effect was zero; this value can be interpreted as a high level of aggregation of disease severity (Twizeyimana et al., 2008) and in addition, it is indicative that the sampling error was minimal and the sampling scale was adequate.

The spherical model fit the spatial distribution of the rust for most of the sampling dates in the plots analyzed, with low range values, as mentioned by Johnson et al. (2007), who considered small values indicative of small-scale spatial variability, while large values indicate the existence of spatial variability at a larger scale. Similarly, Moreno-Lopez (2009) consider that the sampling points that are most similar in range values will have more similar severity values than corresponding points that are further from each other. Modeling from this work is consistent with that reported by Johnson et al. (2007), who described the spatial variability of the *Puccinia melanocephala*-sugar cane pathosystem using spherical models. This model indicates that the disease is spread from a primary inoculum source that is expressed, in spatial terms, in an aggregated pattern (Carvalho & Ampélio, 2010) within each plot. The aggregation observed indicates the existence of zones or points within each plot where the disease is expressed with higher intensity than in the rest of the sampled points. This implies the existence of favorable environmental conditions (Sanchez-Pale et al., 2011) or characteristics of susceptibility within the gladiolus genotype that permit greater expression of gladiolus rust.

The gaussian model described the short-term spatial variation and dissemination capacity of gladiolus rust in 2013; the high degree of spatial continuity is explained by radial extension, that is, the appearance of the infection in one plant led to the infection of neighboring plants (Alves et al., 2006) up to a limit imposed by the duration of the epidemic, or in other cases, the duration or end of cultivation. The exponential model

indicates that the spatial distribution of rust severity has irregular borders within the plot, expressing a spatially aggregated but discontinuous distribution.

Determining the aggregation foci of disease severity by the different fitted models allows management from a site- or point-specific perspective (Carvalho et al., 2009), in which diverse control actions and monitoring activities are undertaken at specific sites or areas (Navas-Cortés et al., 2008) where rust is present. With aggregation maps, it is possible to direct control strategies precisely to specific areas of infestation (Rong et al., 2006; Park et al., 2007) and sources of inoculum that may give rise to subsequent disease propagation, as well as detect changes in spatial patterns over time (Navas et al., 2008). Though air-dispersed spores could affect the aggregate distribution of the disease and could have site-specific management consequences, the results of this work suggest that the disease originated from a specific point, as expected from infected corms or inoculated soil (SENASICA, 2014).

This is the foundation of site-specific management (Park et al., 2007), which can yield economic savings as well as reduce environmental impact (Moral et al., 2011) by decreasing the use of fungicides in disease management. Management actions such as limiting the use of contact fungicides until the spathe stage, eliminating plants and leaves damaged by rust at the specific points of infestation during the initial phases of the disease, and focusing monitoring activities justify the use of precision agriculture techniques to control damage caused by gladiolus rust in the southeast region of Mexico State.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The PROMEP UAEM-PTC-356 (FE38/2013) provided funding for this investigation.

## **References**

Agrios GN (2004) *Fitopatología*. 2da Ed. México, D.F. Limusa.

Alves MC, Pozza EA, Mahado JC, Araújo DV, Talamini V, Oliveira MS (2006) Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a spp. transmitidos por sementes. *Fitopatología Brasileira* 31:557-563.

Blomquist CL, Thomas SL, McKemy JM, Nolan PA, Luque-Williams M (2007) First report of *Uromyces transversalis*, causal agent of gladiolus rust, in San Diego County, California. Plant Disease. 91:1202.

Carvalho AM, Ampélio PE (2010) Indicator kriging modeling epidemiology of common bean anthracnose. Appl Geomat. 2:65–72

Carvalho AM, Moreira SF, Ampelio PE, Silva OM (2009) Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. Journal Pest Science. 82:137–148

Isaaks EH, Srivastava RM (1989) An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York.

Johnson RM, Grisham MP and Richard EP Jr. (2007). Relationship between sugarcane rust severity and soil properties in Louisiana. Phytopathology 97:748-755

López-Granados F, Jurado-Expósito M, Atenciano S, García-Ferrer A, Sánchez M, García-Torres L 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant Soil 246:97-105

Moreno-López JL, (2009) Introducción a la geoestadística y su aplicación. México DF.

Moral FJ, Terron JM and Rebollo FJ (2011). Site-specific management zones based on the rasch model and geostatistical techniques. Computers and Electronics in Agriculture 75:223-230.

Navas CJA, Landa BB, Mercado-Blanco J, Trapero-Casas JL, Rodríguez-Jurado D and Jiménez-Díaz RM (2008). Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. Phytopathology 98:167-180.

NAPPO (2005) Gladiolus rust (*Uromyces transversalis*). North American Plant Protection Organization. Newsletter.

Ortega-Centeno S, Guillén-Sánchez D, Ramos García M, Troncoso Rojas R, Villanueva-Arce R, Bosquez-Molina E, Barrera-Necha LL, Bautista-Baños S, (2010) Métodos de inoculación y evaluación de extractos botánicos e isotiocianatos de la

familia brassicaceae en el control de la roya del gladiolo. Revista Chapingo serie horticultua 16:1321.

Park YL, Krell RK and Carroll M (2007) Theory, technology and practice of site-specific insect pest management. Journal Asia-Pacific Entomol. 10:89-101.

Rong J, Dian-Mo L, Bao-Yu X, Zhe L and Dong-Li M (2006). Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: Implications for Site-specific pest management. Environmental Entomology 35:1244-1248.

SAGARPA (2009) Estudios promercado: ornamental, floricultores y servicios ornamentales El Organal S.C. de R.L. Querétaro, Qro. Méx.

Sánchez-Pale JR, Ramírez-Dávila JF, González-Huerta A, De León C (2011) Modelization of the spatial distribution of corn head smut (*Sporisorium reilianum* Langdon and Fullerton) in Mexico. Spanish Journal of Agricultural Research 9:882-893.

SENASICA (2014) Cartilla de campo roya del gladiolo. Available at: [www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1242](http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1242). Accessed on January 7,2015.

Soberon J, Peterson AT (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. Biodiversity Informatics. 2:1-10.

Twizeyimana M, Ojiambo PS, Sonder K, Ikotun T, Hartman GL and Bandyopadhyay R (2008). Pathogenic variation of *Phakopsora pachyrhizi* infecting soybean in Nigeria. Phytopathology 99:353-361.

Valencia-Botín AJ, Jeffers SN, Palmer CL and Buck JW (2013) Fungicides used alone, in combinations, and in rotations for managing gladiolus rust in Mexico. Plant Dis. 97:1491-1496

Table 1. Density and parameters of the models fitted to the semivariograms obtained in gladiolus rust sampling, during the season's summer-autumn from the years 2013-2014, in Ocuilan Mex.

Plot	Phenological stages	Incidence (%)	Severity	Model	Nugget	Sill	Range	Nugget/Sill (%)	Level of space dependence
2013									
1	Vegetative	- <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	0.67	1.01	Spherical	0	0.003	5.150	0	High
	Flowering	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Vegetative	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	1.27	1.03	Spherical	0	0.040	3.110	0	High
	Flowering	5.73	1.10	Spherical	0	0.130	7.640	0	High
2014									
1	Vegetative	17.54	1.08	Spherical	0	0.010	4.700	0	High
	Sphate	36.30	1.57	Exponential	0	0.030	4.330	0	High
	Flowering	83.43	2.53	Spherical	0	0.960	4.600	0	High
2	Vegetative	14.64	1.16	Spherical	0	0.150	2.790	0	High
	Sphate	51.59	1.85	Spherical	0	0.150	3.000	0	High
	Flowering	78.98	2.22	Spherical	0	1.020	5.040	0	High

<sup>1</sup> "-": Disease symptoms were not detected

Table 2. Density and parameters of the models fitted to the semivariograms obtained in the in gladiolus rust sampling, during the seasons spring-summer from the years 2013-2014, in Tenancingo Mex.

Plot	Phenological stages	Incidence (%)	Severity	Model	Nugget	Sill	Range	Nugget/Sill (%)	Level of space dependence
2013									
1	Vegetative	8.28	1.11	Spherical	0	0.140	3.330	0	High
	Sphate	40.13	1.64	Spherical	0	0.910	4.580	0	High
	Flowering	47.13	1.58	Gaussian	0	0.480	2.960	0	High
2	Vegetative	7.00	1.17	Gaussian	0	0.430	9.720	0	High
	Sphate	43.95	1.65	Spherical	0	0.950	5.800	0	High
	Flowering	47.77	1.61	Spherical	0	0.620	4.090	0	High
2014									
1	Vegetative	- <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	35.66	1.47	Spherical	0	0.030	2.260	0	High
	Flowering	80.89	2.74	Spherical	0	1.600	6.310	0	High
2	Vegetative	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	77.70	2.89	Exponential	0	0.060	8.870	0	High
	Flowering	91.08	3.43	Exponential	0	0.040	8.870	0	High

<sup>1</sup> "-": Disease symptoms were not detected.

Table 3. Density and parameters of the models fitted to the semivariograms obtained in the in gladiolus rust sampling, during the seasons spring-summer from the years 2013-2014, in Villa Guerrero, Mex.

Plot	Phenological stage	Incidence (%)	Severity	Model	Nugget	Sill	Range	Nugget/Sill %	Level of space dependence
2013									
1	Vegetative	- <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	100.0	3.05	Spherical	0	0.720	3.704	0	High
	Flowering	100.0	3.32	Gaussian	0	1.120	2.794	0	High
2	Vegetative	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	99.4	3.15	Gaussian	0	0.810	2.789	0	High
	Flowering	100.0	4.50	Gaussian	0	0.830	2.926	0	High
2014									
1	Vegetative	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sphate	96.17	4.92	Gaussian	0	1.610	4.000	0	High
	Flowering	100.0	5.68	Spherical	0	0.002	1.430	0	High
2	Vegetative	24.84	1.26	Exponential	0	0.020	1.160	0	High
	Sphate	98.08	5.26	Spherical	0	0.014	2.410	0	High
	Flowering	100.0	5.88	Spherical	0	0.001	1.810	0	High

<sup>1</sup> "-": Disease symptoms were not detected.

## VIII. OTROS RESULTADOS

En los diferentes muestreos y colectas realizadas en la región norte y sureste del estado de México se identificaron las siguientes especies de trips:

1)



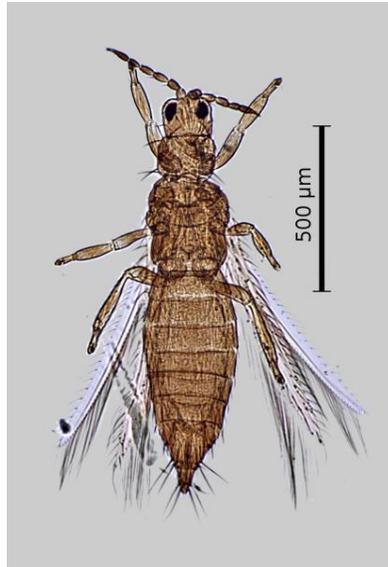
*Thrips simplex* (Morison)

2)



*Frankliniella occidentalis* (Pergande)

3)



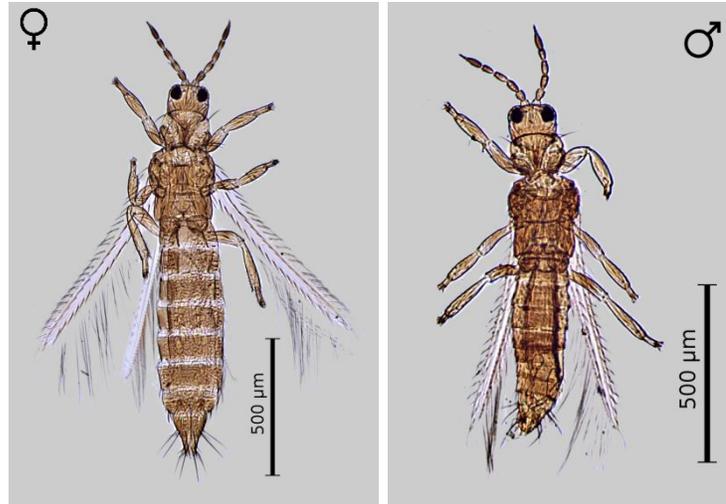
*Frankliniella simplex* (Priesner)

4)



*Frankliniella brunnescens* (Priesner)

5)



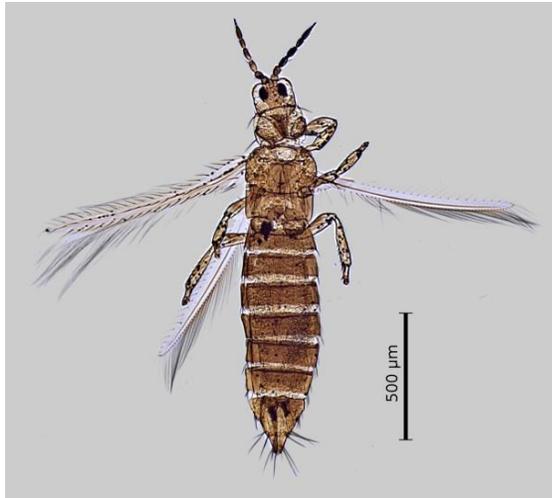
*Frankliniella dubia* (Priesner)

6)



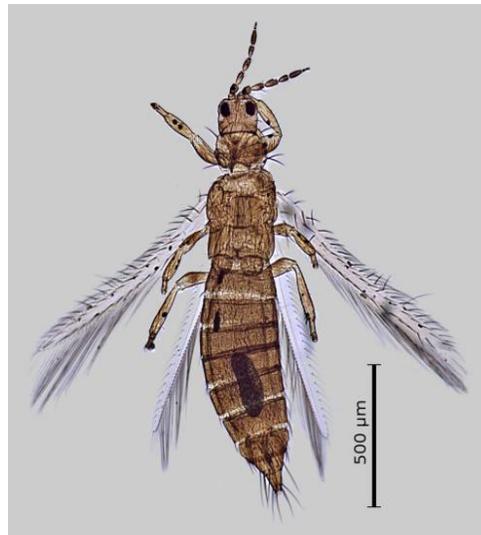
*Frankliniella insularis* (Franklin)

7)



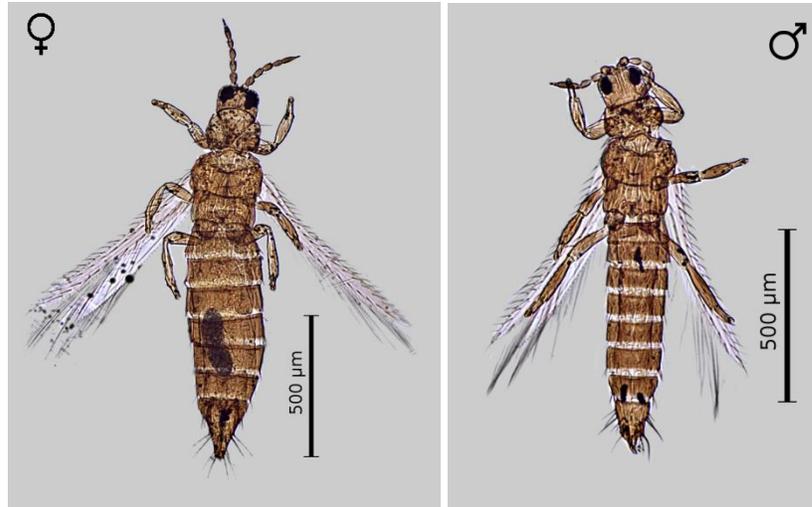
*Frankliniella inutilis* (Priesner)

8)



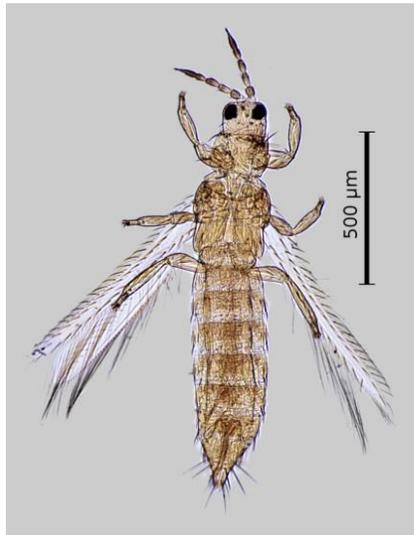
*Frankliniella celata* (Priesner)

9)



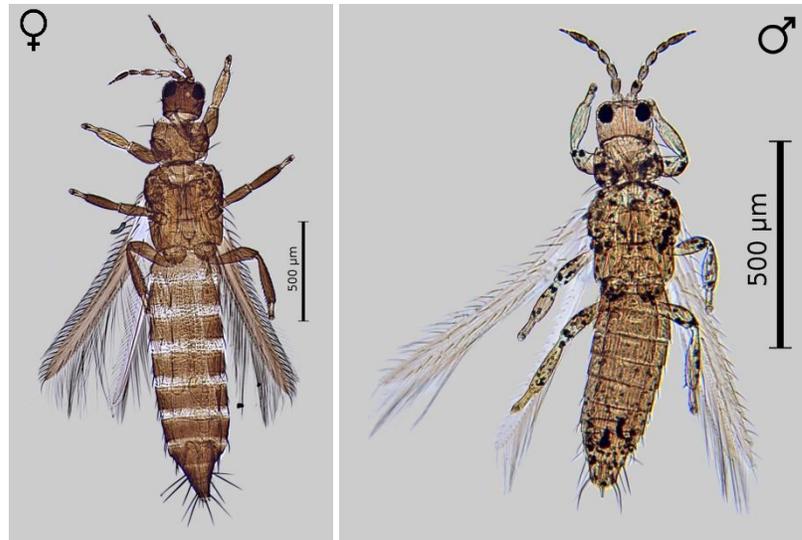
*Frankliniella synringae* (Moulton)

10)



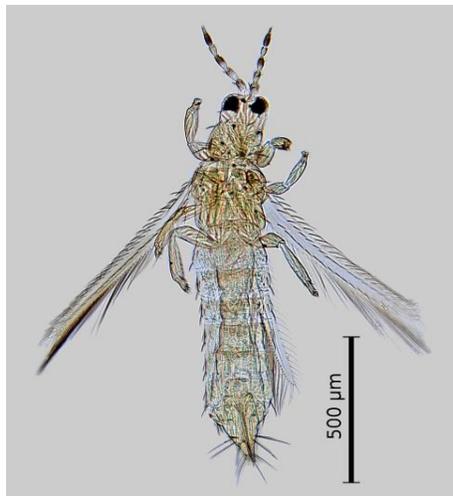
*Frankliniella bruneri* (Watson)

11)



*Frankliniella fortissima* (Priesner)

12)



*Frankliniella cephalica* (D. L. Crawford)

Posible *Frankliniella coco*?

Se sospecha de su presencia por las diferencias que presenta respecto a otras especies como son cabeza semiesférica, sutura occipital más cercana a los ojos compuestos, frecuente invaginación con el pronoto y angostamiento en los primeros segmentos abdominales.

Otros especímenes capturados que aún no se ha realizado su descripción.

Posible Género nuevo No. 1; Posible Género nuevo No. 2; Posible Género nuevo No. 3.

Se encuentra reportado como plaga principal

## IX. DISCUSIONES GENERALES

El uso de geotecnologías son una herramienta eficiente para conocer el comportamiento espacial de diversas plagas en cultivos de importancia económica en el estado de México como son los trips en aguacate (Solares *et al.*, 2011), Trips en tomate de cáscara (Jiménez *et al.*, 2013), *Bactericera cockerelli* en papa (Ramírez *et al.*, 2012), gusano soldado en maíz (Esquivel *et al.*, 2014) y en enfermedades como lo son el carbón de la espiga del maíz (Sánchez-Pale, 2011) y *Claviceps gigantea* (Maldonado, 2014).

Dichas técnicas han descrito los patrones espaciales de las plagas de insectos y enfermedades en puntos específicos de cada una en los diferentes predios y regiones analizadas, con la finalidad de generar información que induzcan el manejo preciso de la plaga a través del enfoque de manejo agronómico en “sitio específico” (Moral *et al.*, 2011) al focalizar y dirigir las medidas de control así como las acciones de monitoreo.

Una de las áreas agrícolas con un fuerte impacto económico en el Estado de México es la floricultura, pero hasta la realización de la presente investigación no se tenían registro sobre el uso de las geotecnologías en la determinación de los patrones espaciales de las diferentes plagas y enfermedades que afectan a los diversos cultivos ornamentales. El gladiolo es la ornametal de mayor superficie sembrada en las diferentes regiones del Estado de México, el cual es afectado por trips y roya transversal, sin omitir los daños por secamiento, que han originado un uso indiscriminado de plaguicidas, aunado a un incremento de los costos de producción que conlleva el uso de las diferentes estrategias de manejo.

Los resultados encontrados en los dos años de estudio indicaron que las diferentes densidades en las poblaciones de *Thrips* spp. sobrepasan los límites permisibles para la producción de gladiola (Carrizo *et al.* 2008). Sin embargo, las técnicas geoestadísticas permitieron modelar la distribución del fitófago en las diferentes densidades determinadas. Las poblaciones de los insectos presentaron una distribución espacial de tipo agregada para

cada una de las fechas de muestreo, ajustándose a diversos modelos teóricos, principalmente al modelo de tipo esférico y gussiano. Estos resultados concuerdan con la agregación determinada en *Anaphothrips obscurus* (Reisig et al. 2011) y *Thrips palmi* (Cho et al. 2000).

En todos los modelos ajustados se presentó un alto nivel de dependencia, que es indicativo de la existencia de relación espacial entre las observaciones en cada punto de muestreo de *Thrips* spp. En todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita fue igual a cero indicando que el error de muestreo fue mínimo y la escala de muestreo fue adecuada (Rossi et al. 1992). Además indica que el 100% de la variación en la distribución de los insectos fue explicada por la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos por lo que los modelos ajustados tienen un 98% de credibilidad (Liebhold y Sharov 1998).

La variabilidad espacial encontrada en la distribución de *Thrips simplex* y *Frankliniella occidentalis*, tanto en el espacio físico de la parcela como en las diferentes fechas de muestreo, fue similar a la reportada por Jiménez et al. (2013) para *Frankliniella occidentalis* en *Physalis ixocarpa*, por Solares et al. (2011) para *Thrips* spp. en aguacate y por Rhodes et al. (2011) para thrips asociados al arándano.

El krigado permitió la elaboración de mapas de agregación en donde se visualizaron las diferentes ubicaciones de los centros de infestación, los cuales se distribuyeron en puntos específicos dentro de las diferentes parcelas evaluadas, lo que sugiere que los centros de agregación de *Thrips* spp. se originan de una fuente puntual como pueden ser los propágulos infestados (Roberto et al., 2002). Esto supone la existencia de semilla infestada, tratamientos de semilla poco eficientes o genotipos que favorecen al desarrollo de los insectos.

La visualización de los centros de agregación de las poblaciones de *Thrips simplex* y *Frankliniella occidentalis*, desde el punto de vista de manejo integrado del cultivo, representa una herramienta adecuada para su monitoreo y manejo, ya que permite dirigir de forma precisa las diferentes

medidas de control sobre áreas específicas (Rong *et al.* 2006, Park *et al.* 2007) así como a nichos ecológicos de propagación, generando beneficios económicos, sociales y ambientales (Moral *et al.*, 2011) al realizar en forma puntual las aplicaciones de plaguicidas que implica un menor uso de combustible, menor impacto al ambiente, y retardar el desarrollo de resistencia de los insectos, que representa las bases iniciales del manejo en sitios específicos (Park *et al.*, 2007). Además nos permite visualizar la variabilidad poblacional e identificar áreas infestadas y libres de infestación y detectar cambios de los patrones espaciales a través del tiempo (Navas *et al.*, 2008).

En los muestreos y descripción realizados en los trips capturados se determinaron los géneros *Thrips* y *Frankliniella*, que conforman las trece especies encontradas; en el norte del estado de México la especie predominante fue *Thrips simplex* (Morison) concordando con lo reportado por Romero (1996); mientras que en la región sureste del estado de México, la especie predominante fue *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en los diferentes ciclos evaluados, concordando con lo reportado por ICAMEX (2015), aunque lo reporta para todas las zonas productoras del estado.

Respecto a la Roya del gladiolo, en los tres municipios del sureste del estado de México (Ocuilan, Tenancingo y Villa Guerrero) se presentó en todas las parcelas y casi en todas las etapas fenológicas muestreadas, durante los dos años evaluados (2013 y 2014). En cambio en la región norte del estado (Ixtlahuaca, Jocotitlán y Jiquipilco) no se detectó roya en los ciclos de producción del corte día del padre (ciclo invierno-verano) y día de muertos (ciclo verano-otoño) del año 2013 ni en el ciclo invierno-verano (corte para día del padre) de 2014. Sin embargo, en el ciclo verano-otoño (corte para día de muertos) del año 2014 se detectó la enfermedad en las diferentes parcelas evaluadas y en las diferentes fechas de muestreo.

Este resultado significa el primer reporte de la presencia de roya transversal en el cultivo del gladiolo para la región norte del Estado de México. Las incidencias finales de la enfermedad fueron desde 30.6 % (con una severidad media de 1.4) hasta el 69.4 % (con una severidad media de 2.5)

en las diferentes parcelas analizadas, lo cual es menor a lo reportado por Blomquist y Thomas (2007) para California y por Rodríguez- Alvarado *et al.* (2006) para Michoacán.

La ocurrencia de la enfermedad estuvo asociada a la presencia de humedad en las hojas y temperaturas promedio de 14.6 °C (INIFAP, 2015), las cuales son consideradas favorables para la germinación y sobrevivencia de las uredosporas (Aloj *et al.*, 1981; Peterson y Berner, 2009) así como una reducción en la frecuencia de aplicación de fungicidas por parte del productor.

La aparición de la enfermedad en esta región, pudo deberse a la diseminación de esporas portadas en los cormos movilizados por los productores para utilizarlos en el establecimiento de las nuevas plantaciones, pero también es posible el transporte de esporas a grandes distancias por el viento (Agrios, 2004; SENASICA, 2008).

La detección de este patógeno en nuevas áreas, está ocurriendo a la par de reportes de ocurrencia de *Hemileia vastatrix* en cultivos de café de México (Mora-Aguilera *et al.*, 2014) y Centro América. Es posible que cambios en los patrones de temperaturas propicien una rápida germinación de uredosporas que facilite una mayor producción de inóculo de la roya transversal del gladiolo (Peterson y Berner, 2009).

La agregación visualizada indica que la estrategia de manejo, que realizan los productores, de realizar, aspersiones totales sobre toda la parcela de gladiolo puede ser reemplazada por el manejo de la enfermedad desde la perspectiva de sitio o punto específico (Carvalho *et al.*, 2009) que implica realizar un análisis de los patrones espaciales de la enfermedad, además la agregación espacial sugiere aplicar diversas acciones de control y dirigir las actividades de muestreo sobre las áreas o sitios específicos (Navas-Cortés *et al.*, 2008) donde está presente la enfermedad.

## X. CONCLUSIONES GENERALES

Con la utilización de geotecnologías se logró determinar los patrones espaciales de trips y de roya en el cultivo del gladiolo en el Estado de México.

Los Trips y la roya transversal se distribuyeron de forma agregada en el cultivo del gladiolo en los Municipios productores del Estado de México, durante el ciclo invierno-verano, primavera-verano y verano-otoño del 2013 y 2014.

Se lograron generar mapas de la distribución espacial de trips y roya transversal, presentes en la producción de flor de corte de gladiolo en las diferentes parcelas muestreadas.

Se observó un alto nivel de dependencia en los dos años de estudio en todas las parcelas de gladiolo, lo que indicó que la distribución del fitófago y del patógeno es de tipo agregada.

Se determinaron las especies de trips presentes en dos regiones evaluadas (norte y sureste) del estado de México, encontrando dos géneros (*Thrips* y *Frankliniella*) y doce especies. La especie predominante en la región norte fue *Thrips simplex*, mientras que *Frankliniella occidentalis* predominó en la región sureste.

La modelización espacial obtenida permitirá el manejo de trips y el control de roya en el cultivo del gladiolo bajo una perspectiva de sitio específico en una Agricultura de Precisión.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. N. 2004. Fitopatología. 2da Edición. Limusa. México, D.F. 635p.
- Albouy, J. and Devergne, J. C. 2000. Enfermedades producidas por virus de las plantas ornamentales. Published by Mundi-Prensa, 480 p.
- Allen, R., Najman, A., Carter, D. Barfod, M. J. Bickle, H. J., Chapman, E. and Garzanti, G. 2008. Provenance of the Tertiary sedimentary rocks of the Indo-Burman Ranges, Burma (Myanmar): Journal of the Geological Society, London, Vol. 165, 2008, pp. 1045–1057. Printed in Great Britain.
- Aliakbarpour, H. and Che Salmah, M. R. 2011. Seasonal abundance and spatial distribution of larval and adult *Thrips* (Thysanoptera) on weedhost plants in mango orchards in Penang, Malaysia. Applied Entomology and Zoology 46:185–194.
- Aloj, B. and Garibaldi, A. 1981. Evaluation of fungicides and timing of application for the control of carnation rust in Southern Italy. Acta Horticulturae 71:153-158.
- Armstrong, M. and Jabin, R. 1981. Variogram models must be positive-definite. Mathematical Geology 13:455-459.
- Anderson, E.W. and Park, R. 1989. Growing gladioli. Timber Press. Portland, Oregon. 166p.
- Ascención-Betanzos, G., Bravo-Mojica, H., Gonzalez-Hernández, H., Johansen-Naime, R.M. y Becerril-Roman, A.E. Fluctuación oblacional y daño de trips en aguacate cv Hass 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 291-296.

- Belda-Suárez, J.E. y Calvo, J. 2006. Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en pimiento en condiciones de semi-campo. Publicación: Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas 32(3):283-296.
- Blomquist, C.L. and Thomas S.L. 2007. First report of *Uromyces transversalis*, causal agent of gladiolus rust, in San Diego County, California. Plant Disease 91:1202.
- Buñuelos, H.L., Echeverría M.E. y García V.M.T. 1989. Influencia de altas densidades de plantación en el crecimiento y desarrollo de gladiola (*Gladiolus* spp.) para el control de *Fusarium oxysporum* f sp. *Gladioli*, resúmenes del III. Congreso Nacional de Horticultura Oaxtepec Mor.
- Buschman, J.C.M. and Roozen, F.M.1990. El Gladiolo como flor cortada en zonas subtropicales y tropicales. Centro Internacional de Flores de Bulvo. 32 p.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D. L., Turco, R.F. and Konopka. A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. Soil Science Society American Journal 58:1501-1511.
- Carvalho, A.M., Moreira, S..F, Ampelio, P.E. and Silva O.M. 2009. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. Journal Pest Science 82: 137–148.
- Carrizo, P., Gastelu, C., Longoni, P. y Klasman, R. 2008. Especies de trips (INSECTA: Thysanopthe: Thripidae) en las flores de ornamentales. Idesia 26: 83-86.

CESAVEM.2008 Comité de Sanidad Vegetal del Estado de México.  
Manejo Fitosanitario de Ornamentales.  
<http://www.cesavem.org/?accion=ornamentales> Fecha de consulta:  
Junio de 2014.

CESAVEM, 2013. Comité de Sanidad Vegetal del Estado de México.  
Manejo Fitosanitario de Ornamentales.  
<http://www.cesavem.org/?accion=ornamentales>. Fecha de consulta:  
Noviembre de 2013.

CESAVEM, 2014. Comité de Sanidad Vegetal del Estado de México.  
Manejo Fitosanitario de Ornamentales.  
<http://www.cesavem.org/?accion=ornamentales>. Fecha de consulta:  
Mayo de 2015.

CESVMOR, 2009. Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria.  
<http://www.cesvmor.org.mx/archivos/2014/divulgacion/2/revista07.pdf>  
Fecha de consulta: 20 de abril de 2015.

Cho, K., Kang, S. and Lee, G. 2000. Spatial distribution and sampling plans  
for *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) infesting fall potato in  
Korea. J. Econ. Entomol 93: 503-510.

COMEXFLOR (Consejo Mexicano de la Flor). 2011. Disponible en:  
<http://www.conmexflor.org/mlists.php?mlistid=4> Fecha de consulta 6  
de octubre de 2014.

Demirozer, O., Tyler-Julian, K., Funderburk, J., Leppla, N. and Reitz, S.  
2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest  
management programs for fruiting vegetables in Florida. Pest Manag.  
Sci. 68: 1537-1545.

Devlin, R.M. 1982. Fisiología Vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona  
España.

- Dimitri, M. 1987. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I. Descripción de plantas cultivadas. Editorial Acme S.A.C.I., Buenos Aires.
- Dreistadt, S.H., Clark, J.K. and Flint, M.L. 2001. Integrated Pest Management for Floriculture and Nurseries. Oakland: Univ. Calif. Agric. Nat. Res. Publ. 3402 p.
- Engelhard, W.A. 1989. Management of disease with macro and microelements. In: Soilborne Plant Pathogens. W A Engelhard (ed). American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA. 231 p.
- Englund, E.J. y Sparks, A.R. 1988. Geostatistical Environmental Assessment Software. Users 4-88/033a. Guide: NTIS PB89-151252; software: PB89-151245.
- Esquivel-Higuera, V. y Jasso-García, Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 Núm.6 ISSN: 2007-0934
- Flores-Almaraz R., Lagunes-Tejeda, A. 1998 La Horticultura Ornamental en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Colegio de Postgraduados. Aguascalientes, México. 88 p.
- González-Pérez, E., Yáñez-Morales, M.J., Ortega-Escobar, H.M. and Velázquez-Mendoza, J. 2009. Comparative analysis among pathogenic fungal species that cause Gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) corm rot in Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 27: 45-52.
- González, S., López-Roldan, R. and Cortina, J. L. 2011. Presence and biological effects of emerging contaminants in Llobregat River basin 161:83-92.

- Goldblatt, P. and Manning, J.C. 1998. *Gladiolus* in southern Africa: Systematics Biology and Evolution. Fernwood Press, Cape Town; 320 p.
- Goldblatt, P., Manning, J.C. and Bernhardt, P. 2001. Radiation of Pollination Systems in *Gladiolus* (Iridaceae: Crocoideae) in Southern Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88(4): 713-734.
- Goldblatt, P. and Manning, J.C. 2002. Evidence for Moth and Butterfly Pollination in *Gladiolus* (Iridaceae-Crocoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89(1): 110-124.
- Goovaerts, P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of hydrology* 228 (1): 113-129.
- Grabowska, B. 1986. *Gladiolas* (en Polaco). Ed. 3. PWRiL. Varsovia.
- Hessayon, D.G. *The bulb expert*. 1999. Transworld Publihers Ltd., Londres, 128 p.
- Hoddle, M.S., Laurence, A.M. y Nakahara, S. 2014. Thysanoptera recorded from California, U.S.A.: A checklist: *Florida Entomologist*, 87(3):317-323.
- Hussein, M.F., Sirry, G. El-Gammassy A.M. 1962."Effects of number of leaves left at flower cutting on the yield of gladiolus corms and cormels" *Proc. 16<sup>th</sup> Int. Hort. Congr. Brussels, t.1:365*.
- ICAMEX, 2015. Instituto de Capacitación Agricola del Estado de México. Cultivo gladiolo. Disponible en: [http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/floricola/gladiolo/index.htm](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/floricola/gladiolo/index.htm). (consulta, 10 agosto 2015).

- INIFAP, 2015. Instituto de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Red de estaciones.  
[http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/historicos.aspx?est=36756&edo=10&d=21 &m=10&an=2014](http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/historicos.aspx?est=36756&edo=10&d=21&m=10&an=2014) (consulta, Julio 2015).
- Isaaks, E.H., and R.M. Srivastava. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.
- Jiménez, R.A., Ramírez, J.F., Sánchez, J.R., Salgado, M.L. y Laguna, A. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. Rev. Colomb. Entomol. 39:183-192.
- Johnson, R.M., Grisham, M. P. and Richard, E.P. Jr. 2007. Relationship between Sugarcane Rust Severity and Soil Properties In Louisiana. Phytopathology 97: 748-755.
- Karimzadeh, R., Hejazi, J., Helali, H., Iranipour, S. and Mohammadi, A. 2011. Analysis of the spatio-Temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. Environ. Entomol. 40: 1253-1265.
- Larson, R.A. 1992. Introduction to Floriculture. 2nd ed. Academic Press. San Diego, California, USA. 636 p.
- Leszczyńska, H. 1960. Estudios en la interrupción del periodo de reposo del *Gladiolus* spp. cultivar Rosa von Lima (en Polanco). M.C. tesis. Universidad Agrícola, Facultad de Horticultura, Poznań (Polonia).
- Leszczyńska, H. y Borys, M.W. 1994. Gladiola, Producción Cultivo y Desarrollo. Edamex, S.A. de C.V., Universidad Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). ISBN-968-409-772-7.
- Liebhold, A., and Sharov, A.. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. In Population and

Community Ecology for Insect Management and Conservation. CRC Press, Rotterdam, Netherlands. pp. 111–117.

López-Granados, F., Jurado-Expósito, M., Atenciano, S., García-Ferrer, A. Sánchez, M. and García-Torres, L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant Soil*. 246: 97-105.

López, J. 1989. Producción de claveles y gladiolos. Editorial: Mundiprensa. p 144.

Matheron, G. 1963. Principles of geostatistics. *Economic Geology*, 58:1246–1266.

Maldonado, F.I. 2014. Distribución especial de *Claviceps gigantea* de maiz en cinco municipios del Estado de México. Tesis de Maestría. Campus Universitario el Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. 121 p.

Messelink, G. J., Van Steenpaal, S. E. F., and Ramakers, P. M. J. 2006. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *BioControl* 51:753-768.

Mora-Aguilera, G., González-Gómez, R., González-Ochoa, M., Ramírez-Mendoza, C., López-Guzmán, I., López-Buenfil, A., Flores-Sánchez, J., López-Pérez, E., Méndez-Ramos, A. y Méndez-Gómez L. 2014. Análisis espacio-temporal de la roya del café en Chiapas, Veracruz y Puebla. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32(suplemento): S42.

Moral, F.J., Terron, J.M. and Rebollo, F.J. 2011. Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Comp. Electron. Agri.* 75: 223-230.

Moritz, G., O'Donnell, C.A. and Parrella, M. 2009. Pest Thrips of North America-associated with domestic and imported crops. Centre for

Biological Information Technology, The University of Queensland.  
DVD ISBN 978-1-86499-940-2.

Mound, L.A., and Marullo, R. 1996. The Thrips of Central and South America: An Introduction (Insect: Thysanoptera). *Memoirs on Entomology International*, 6:1-487.

Nakahara, S. 1994. The genus Thrips Linnaeus (Thysanoptera: Thripidae) of the New World; United States Department of Agriculture Technical Bulletin, no. 1822: pp. 1-183.

Nava-Díaz, C. 2009. Definición de disposición espacial de patógenos vegetales. En: Bautista, N.; Soto, L. y Pérez, R. (eds.). *Tópicos selectos de estadística aplicados a la fitosanidad*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. pp. 110-114.

Navas, C.J.A., Landa, B.B., Mercado-Blanco, J., Trapero-Casas, J.L. Rodríguez-Jurado, D. And Jiménez-Díaz, R.M. 2008. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain. *Phytopathology* 98:167-180.

NCBI, (National Center for Biotechnology Information). [www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/)  
Fecha de consulta: 10 de Octubre de 2015.

Oliveira de, R.B., de Souza, J.S., de Assis S.S., Rocha, U. and Fagioli da S. A. 2010. Spatial variability of the nutritional condition of canephora coffee aiming specific management. *Coffee Science*, Lavras 5(3): 190-196.

Park, J.K., Liu, X., Strauss, T.J., McKearin, D.M. and Liu, Q. 2007. The miRNA pathway intrinsically controls self-renewal of *Drosophila* germline stem cells. *Curr. Biol.* 17(6): 533--538. (Export to RIS).

- Pataky, N. R. 1983. Gladiolus corm rots. University of Illinois. Extension. Report on plant disease. RPD No. 651. 6 p.
- Peterson G. L. and Berner D. K. 2009. Effects of temperature and humidity on the survival of urediniospores of gladiolus rust (*Uromyces transversalis*). European Journal of Plant Pathology 125:509–513.
- Ramírez, D. J. F., Porcayo, E., Sánchez, P.J.R. 201. Análisis de la Distribución Espacial de *Bactericera Cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. En Donato Guerra, México. Boletín Museo de Entomología. 12 (1):1224:1529-3305.
- Reisig, D.D., Godfrey, D.L. and Marcum, D.B. 2011. Spatial dependence, dispersion, and sequential sampling of *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae) in timothy. Environ. Entomol. 40: 689-696.
- Rhodes, E.M., Liburd, O.E. and Grunwald, S. 2011. Examining the spatial distribution of flower thrips in southern highbush blueberries by utilizing geostatistical methods. Environ. Entomol. 40: 893-903.
- Rivoirard, J., Simmonds, J., Foote, K. G., Fernandes, P., and Bez, N. 2000. Geostatistics for Estimating Fish Abundance. Blackwell Science, Oxford. 206 pp.
- Roberto, S.R., Farias, P.R.S. and Bengamin, F.A. 2002. Geostatistical Analysis of spatial dynamics of citrus variegated chlorosis. Fitopatol. Bras. 27: 599-604.
- Rodríguez-Alvarado, G., Fernández-Pavía, S.P., Valenzuela-Vázquez, M. and Loya-Ramírez, J.G. 2006. First report of gladiolus rust caused by *Uromyces transversalis* in Michoacán, México. Plant Disease 90:605.
- Rong, J., Dian-Mo, L., Bao-Yu, X., Zhe, L. and Dong-Li, M. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg

pod populations: implications for site-specific pest management. *Environ. Entomol.* 35: 1244-1248.

Romero, C.S. 1996. *Plagas y Enfermedades de Ornamentales*. Departamento de Patología agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 224 p.

Rossi, R., Mulla, J., Journel, G. and Ranz, H. F. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Monogr.* 62: 277-314.

SAGARPA. 2004. Informe de Evaluación Nacional, Programa de Fomento Agrícola. <https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=sagarpa+2004+ornamental>  
Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2013.

SAGARPA. 2014. Informe de Evaluación Nacional, Programa de Fomento Agrícola. <https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=sagarpa+2004+ornamental>  
Fecha de consulta: 10 de marzo de 2015.

Sánchez-Pale, J.R., Ramírez-Dávila, J.F., González-Huerta, A. and De León, C. 2011. Modelization of the spatial distribution of corn head smut (*Sporisorium reilianum* Langdon and Fullerton) in Mexico. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(3): 882-893.

Schubert, V., Santos-Da S., J. and Dotti G. C. 2006. Localized recruitment and activation of RhoA underlies dendritic spine morphology in a glutamate receptor-dependent manner. *JCB* Volume 172 Number 3.

Sciarretta, A. and Cipollone, R. 2001. The Quasi-Propagatory Model: A New Approach for Describing Transient Phenomena in Engine Manifolds. SAE Technical Paper 2001-01-0579, doi:10.4271/2001-01-0579.56.

- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2008. Cartilla de Campo Roya del gladiolo. [www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1242](http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=1242)  
Fecha de consulta: 12 de enero de 2015.
- SIAP, 2013. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015.
- SIAP. 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Fecha de consulta: 20 de octubre de 2014.
- Solares, V., Ramirez, J. F. y Sanchez, J. R.. 2011. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) Bol. Mus. Entomol. Univ. Valle 12: 1-12.
- Taylor, R.J. 1984. Predation, Volumen 3 de Population and community biology, Receptors and Recognition. Edición ilustrada. Editor Chapman and Hall, Procedencia del original la Universidad de California. ISBN 0412250608, 9780412250606. 166 pp.
- Valencia-Botin, J. 2013. Determinación de la dosis letal (dl-50) con co-60 en vitroplántulas de *Agave tequilana* var. Azul. Revista de Fitotecnia Mexicana 36(4): 381-386
- Vidalie, H. 2001. Producción de Flores y Plantas Ornamentales. 3a. edición. Mundi-Prensa, Madrid, España: 270 p.
- Wackermagel, M. and Rees, W. 1998. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth ("The New Catalyst" Bioregional Series) Editorial: New Society Publishers. ISBN 10: 086571312X / ISBN 13: 9780865713123.

- Webster, R. and Oliver, M. A. 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley, London. 271 pp.
- Werneck, L. G. 2008. Georeferenced data in epidemiologic research. *Cien. Saude Coletiva* 13: 1753-1766.
- Wimmer, D., Hoffmann, D. and Schausberger, P. 2008. Prey suitability of western flower thrips, *Franklililla occidentalis*, and onion *Thrips tabaci*, for the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Biocontrol Sci. Technol.* 18:533-542.