



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

División de Ciencias Forestales
Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales

**FLUCTUACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Ocoaxo*
cerca *fowleri* (HEMÍPTERA: CERCOPIDAE) EN CONÍFERAS
DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

ALBERTO LARA BELTRÁN

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR



Chapingo, Estado de México, Diciembre, 2017

FLUCTUACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Ocoaxo* *cerca fowleri* (HEMÍPTERA: CERCOPIDAE) EN CONÍFERAS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Tesis realizada por **Alberto Lara Beltrán** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

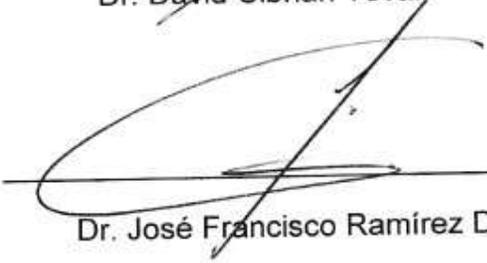
Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

Director



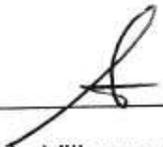
Dr. David Cibrián Tovar

Asesor



Dr. José Francisco Ramírez Dávila

Asesor



Dr. Antonio Villanueva Morales

Asesor



Dr. Diódoro Granados Sánchez

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA.....	viii
DATOS BIOGRÁFICOS	ix
RESUMEN GENERAL	x
GENERAL ABSTRACT	xi
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Objetivo General.....	7
1.2 Objetivos particulares	7
CAPITULO 2 MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 El cambio climático como factor de impacto en la declinación forestal	12
2.3 Impacto de las plagas en los bosques de la Sierra Norte de Puebla.....	15
2.4 Descripción de <i>Ocoaxo cerca fowleri</i> (Lallemand)	16
2.4.1 Ninfas	17
2.4.2 Adultos	18
2.5 La distribución espacial	19
2.5.1 Estadística clásica.....	20
2.6 El uso de la Geoestadística como alternativa para identificar la distribución de <i>Ocoaxo</i> cerca <i>fowleri</i>	22
2.6.1 Estadística espacial (SADIE).....	22
2.6.2 Análisis geoestadístico	24
2.6.3 Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma.....	24

2.6.4	Validación del modelo teórico	24
2.6.5	Nivel de dependencia espacial.....	25
2.6.6	Elaboración de mapas.....	26
2.6.7	Superficie infestada	26
CAPITULO 3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL “SALIVAZO DEL PINO” <i>Ocoaxo cerca fowleri</i>		
(HEMÍPTERA: CERCOPIDAE) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA.....		27
SPATIAL DISTRIBUTION OF THE “PINE SPITTLEBUG” <i>Ocoaxo near fowleri</i> (HEMIPTERA:		
CERCOPIDAE) IN THE SIERRA NORTE DE PUEBLA		27
3.1	RESUMEN.....	27
3.2	ABSTRACT.....	28
3.3	INTRODUCCIÓN.....	28
3.4	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.6	CONCLUSIONES.....	51
3.7	BIBLIOGRAFÍA.....	51
CONCLUSIONES GENERALES		54
LITERATURA CITADA		55

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Fluctuaciones de precipitación mensual, del años 2010 a 2016, Zacatlán. ...	2
Gráfica 2.	Fluctuaciones de precipitación mensual, del años 2010 a 2016, Tétela.	3
Gráfica 3.	Fluctuaciones de precipitación mensual, del años 2010 a 2016, Zacapoaxtla.	3
Gráfica 4.	Fluctuaciones de temperatura mensual, del años 2010 a 2016, Zacatlán.	5
Gráfica 5.	Fluctuaciones de temperatura mensual, del años 2010 a 2016, Tétela.	5
Gráfica 6.	Fluctuaciones de temperatura mensual, del años 2010 a 2016, Zacapoaxtla.	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del salivazo del pino, <i>Ocoaxo cerca fowleri</i>	17
Figura 2. Ninfas de <i>Ocoaxo cerca fowleri</i> , a) se observan los cambios de coloración y b) como se encuentran en el suelo y la espuma que los cubre (Fotografía: A. Lara)....	18
Figura 3. Teneral de <i>Ocoaxo cerca fowleri</i> , antes de salir de la espuma (Fotografía: A. Lara).....	18
Figura 4. Adultos de <i>Ocoaxo cerca fowleri</i> . a) Adultos copulando en ramas de pino. b) Daños visibles en acículas provocados por el insecto (Fotografía: A. Lara).....	19
Figura 1. Semivariogramas de la distribución espacial del <i>O. cerca fowleri</i> en los sitios de muestreo.	46
Figura 2. Mapas de distribución del salivazo del pino, en base al Krigeado por sitio de muestreo.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índices de Dispersión y distribuciones estadísticas del <i>O. cerca fowleri</i>	37
Cuadro 2. Valor de los índices J_a , I_a y sus probabilidades P_a y Q_a	39
Cuadro 3. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de <i>O. cerca fowleri</i> por sitios de muestreo.....	42
Cuadro 4. Valores de los estadísticos de la validación cruzada.....	44
Cuadro 5. Porcentaje de superficie infestada y no infestada de <i>O. cerca fowleri</i> por sitio de muestreo.	49

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, Universidad Autónoma Chapingo, por la gran oportunidad que me brindo para obtener el grado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para continuar con mis estudios.

Al Dr. David Cibrián Tovar, su amabilidad, paciencia, conocimientos brindados y tiempo durante el proceso de mí formación de posgrado y el desarrollo de la investigación. Un gran mentor en esta loable formación, mi admiración y respeto.

Al Dr. José Francisco Ramírez Dávila, por su atención, confianza, amabilidad, tiempo y sus valiosas recomendaciones en el presente trabajo.

Al Dr. Antonio Villanueva Morales, por su apoyo, tiempo y dedicación durante el desarrollo y culminación de esta investigación.

Al Dr. Diódoro Granados Sánchez, por su tiempo, apoyo y las recomendaciones realizadas durante esta investigación.

A la coordinación general de posgrado por el apoyo brindado en estos años, en especial a Maggy por su apoyo en todos los aspectos académicos, logística y demás, sin duda una persona que se lleva mi aprecio y admiración.

Al equipo de trabajo que ayudaron en la toma de datos en la investigación y desarrollo de la misma (M. C. Uriel, Ing. Sergio, Ing. Fernando, Dr. Omar) gracias.

A los técnicos y brigadistas colaboradores de los distintos municipios (Zacatlán, Tétela de Ocampo, Aquixtla, Xochiapulco y Zautla), por su valiosa ayuda en la toma de los datos necesarios para la elaboración de la investigación.

Al Servicio Meteorológico Nacional, sede Puebla, por la facilitación de los datos de las estaciones meteorológicas, que contribuyeron en este estudio.

A mis compañeros de grupo: Lupita, Margarito, Lucy, Pablo, Cinthia, Vicente, Fabiola, Pablo Hernández, Alfonso y a los demás de otros grados que sin temor a equivocarme ayudaron en el proceso de formación e investigación, les agradezco por su gran apoyo y amistad.

DEDICATORIA

A mis principales motores de vida y mis más grandes inspiraciones para seguir adelante en cada momento, mis padres. Alberto C. Lara Nochebuena por ser el más grande ejemplo de vida y demostrarme día a día que las cosas se pueden hacer cuando se quieren, porque cada paso que doy es gracias a él y espero algún poder alcanzar la calidad de persona, porque todos los valores inculcados desde mi infancia. Fidelia Beltrán Cortes mi mayor ejemplo de fortaleza y dedicación, mi más grande ejemplo de nobleza y sencillez, porque no creo conocer a otra persona más fuerte que ella, que lucha y que se mantiene en pie por su familia, con todo mi cariño y amor para ellos dedico este logro.

A mis hermanos, Adriana, Miguel y Saúl unos invaluable de fortaleza y triunfo porque cada vez que los necesite estuvieron ahí, cada uno de ellos son fuerza y motor de los logros obtenidos, no podía haber tenido mejor familia y mejores hermanos que ustedes, cada día y cada sacrificio valió la pena para llegar aquí, son otro motivo más de este gran logro, con todo mi cariño, admiración y respeto.

A aquellas personas que estuvieron conmigo en los momentos difíciles y en los felices de mi vida, cada una de ellas ha significado una parte importante de mi vida, un motivo esfuerzo y de superación.

A mis amigos de toda la vida, Marco, Rafa, Ricardo, David y Moy, que son indiscutibles unos hermanos, y que en cada uno de los lugares a donde ahora se encuentran siempre están presentes, son ejemplos de vida y me enorgullece tenerlos como amigos y como hermanos, demostrando que la familia no solo es de sangre.

A todos mis compañeros de escuela y demás amigos de la universidad, que sin duda forjan el camino y fortalecen el ánimo a seguir adelante.

DATOS BIOGRÁFICOS

Alberto Lara Beltrán (27 de mayo de 1988) originario de Tlatlauquitepec, Puebla. Estudio su bachillerato del año 2003 al 2006 en el Colegio de Bachilleres P-17 del estado de Puebla, posteriormente curso la Licenciatura en Ingeniería en Restauración Forestal en la División de Ciencias Forestales de dicha Universidad. Obteniendo el título de Ingeniero Forestal en septiembre de 2012, con la Tesis titulada “ESTUDIO DE CRECIMIENTO E INCREMENTO DE *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, EN EL MUNICIPIO DE ALTZAYANCA, TLAXCALA Y EL EJIDO DE CUATEXMOLA MUNICIPIO DE IXTACAMAXTITLAN, PUEBLA”.



De 2012 a 2013 laboró en el proyecto de Restauración “El Realito” en el Estado de San Luis Potosí, con la empresa MOVICOM. De 2013 a 2014 se desempeñó como técnico con la empresa Ingeniería para el Manejo, Restauración y Conservación de Ecosistemas S. de R. L. de C. V. con diversos proyectos de restauración de taludes en la autopista México-Tuxpan, reforestaciones en Colima y Oaxaca, paisajismo en el bosque de Chapultepec y Aragón en la Ciudad de México y jardines en Periférico, manifestaciones de impacto ambiental en el Estado de México, ETJ entre otras actividades y proyectos. En el año 2015 colaboro en el despacho Servicios Técnicos Forestales, Agropecuarios Y Ornamentales en la región norte de Puebla, desempeñando labores de Elaboración de Programas de Manejo, Solicitudes a CONAFOR e inventarios forestales. En enero de 2016 se presentó la gran oportunidad de regresar a su alma mater; al ser aceptado en el Programa de Posgrado en Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde concluyó sus estudios de Maestría en 2017.

RESUMEN GENERAL

Fluctuación y distribución espacial del salivazo del pino Ocoaxo cerca *fowleri* (Hemíptera: Cercopidae) en la Sierra Norte de Puebla¹

En la Sierra Norte de Puebla el salivazo de los pinos Ocoaxo cerca *fowleri* se ha asociado con severas defoliaciones de coníferas en los bosques. La obtención de información sobre distribución espacial en los bosques de coníferas es trascendental para el desarrollo de muestreos más eficientes y la aplicación en Programas de Manejo Integral. El objetivo de la presente investigación fue identificar el tipo de distribución y la abundancia de las poblaciones de ninfas en el suelo, para la toma de datos en las áreas del bosque seriamente afectadas por adultos de la generación anterior en el municipio de Zacatlán de las Manzanas, Puebla, se establecieron 31 sitios de muestreo de 20 x 20 metros (400 m²), en cada sitio se realizaron 20 conteos en subsitios de 1 m². La información fue analizada por dos métodos, la estadística clásica (Índice de dispersión, Índice de Green, Binomial negativa y Poisson) y la Geoestadística espacial, de la cual se obtuvieron los semivariogramas experimentales y mapas de dispersión. Los resultados de la estadística clásica demostraron en general una distribución agregada corroborada por la geoestadística y los mapas, donde se demuestra claramente la agregación y más de un punto de agregación por sitio. Las ninfas prefirieron los sitios de mayor humedad y con mayor cantidad de materia orgánica. La densidad de ninfas oscilo de 0-21 por m², en las masas de "saliva" hubo de 1-5 ninfas.

Palabras clave: Agregación. Geoestadística. Hábitat. Infestación. Semivariogramas.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Alberto Lara Beltrán.
Director: Dr. David Cibrián Tovar.

GENERAL ABSTRACT

Fluctuation and spatial distribution of the pine spittlebug *Ocoaxo near fowleri* (Hemiptera: Cercopidae) in the Sierra Norte de Puebla²

In the Sierra Norte de Puebla the pine spittlebug *Ocoaxo near fowleri* has been associated with severe defoliation of conifers in forests. Obtaining information on spatial distribution in coniferous forests is crucial for the development of more efficient sampling and the application of Integrated Management Programs. The objective of this research was to identify the type of distribution and abundance of nymph populations in the soil for data collection in forest areas seriously affected by adults of the previous generation in the municipality of Zacatlan de las Manzanas, Puebla. 31 sampling sites of 20x20 meters (400 m²) were established in each site and 20 counts were made in subsites of 1 m². The information was analyzed by two methods, classical statistics (Scattering Index, Green Index, Negative Binomial and Poisson) and Spatial Geostatistics, from which the experimental semivariograms and scatter maps were obtained. The results of classical statistics generally showed an aggregate distribution corroborated by geostatistics and maps, where aggregation is clearly demonstrated and more than one aggregation point per site. Nymphs prefer the sites of higher humidity and with greater amount of organic matter. The density of nymphs ranged from 0-21 per m², in the masses of "saliva" there were 1-5 nymphs.

Keywords: Aggregation. Geostatistics. Habitat. Infestation. Semivariograms.

² Thesis of Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Alberto Lara Beltrán.

Advisor: Dr. David Cibrián Tovar.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los bosques han recobrado una mayor importancia en las últimas décadas, una razón es que ayudan a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero (Aguirre, 2015), además de ser observatorios naturales consecuencia de las interacciones bióticas y abióticas (Mendizábal, Márquez, Alba, Cruz, & Ramírez, 2008). Resultado de ello el manejo forestal sustentable es una de las prioridades para la conservación de la biodiversidad, el paisaje y mantener la composición (Hernández *et al.*, 2013), pues representan un recurso natural con fuertes presiones que disminuyen su superficie todos los años (Gadow, Sánchez, & Aguirre, 2004). Tal que se deben considerar tres factores: el económico, el social y el ecológico. De manera que conserven su diversidad biológica, vitalidad, capacidad de regeneración y productividad (Aguirre, 2015).

Los factores que afectan los bosques son diversos, por lo cual el deterioro o daño forestal reduce el vigor y la supervivencia del arbolado (López, Arriola, & Pérez, 2015), asociado el calentamiento global ha sido causa de daños cada vez más diversos y frecuentes. El siglo pasado se presentó una enfermedad en los árboles que ocasionaba su muerte denominada “declinación forestal” (Gránados & López, 2001) provocado por una combinación multifactorial de elementos bióticos y abióticos (Vázquez, Tamarit, Quintanar & Varela, 2004).

La sensibilidad de los ecosistemas forestales a las variaciones climáticas ha sido documentada por Sheffield, Wood & Roderick (2012), en la cual reporta un aumento de la temperatura como consecuencia de una disminución de la evaporación por menor precipitación, teniendo impactos al medio ambiente y Sáenz, Rehfeldt, Duval & Lindig (2012) concluye que el nicho ecológico adecuado de *Abies religiosa* (HBK) Schl. & Cham. disminuirá, debido a que el hábitat requerirá de altitudes más altas como una respuesta al cambio climático, y su baja velocidad de migración de los arboles forestales. Por lo tanto la disminución

de la precipitación e incremento de la temperatura repercuten en la vulnerabilidad de las especies forestales (Pompa, Rodríguez, Aguirre & Miranda, 2013).

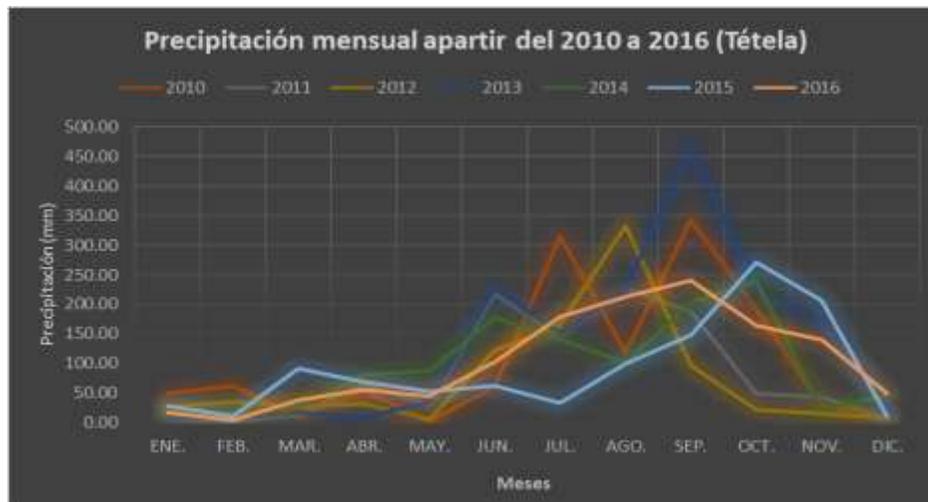
Las consecuencias del cambio climático en los ecosistemas son diversas, donde algunos seres se ven más beneficiados que otros debido a su rápida adaptación. De los cuales podemos resaltar los insectos, quienes han sido un elemento importante por las diversas funciones que desempeñan en los ecosistemas (Guzmán, Calzontzi, Salas & Martínez, 2016). A pesar que la mayoría de estas especies son poco abundantes en estos ecosistemas, cuando hay condiciones favorables y aumentan su tamaño causando daños, se les llamara plagas (López, Arriola, & Pérez, 2015). Generalmente los insectos responden más rápido que las plantas a los cambios climáticos, por lo cual se espera un incremento en la frecuencia y la virulencia de las defoliaciones (Hódar, Zamora, & Cayuela, 2012).

En la Sierra Norte de Puebla, los efectos del cambio climático se han visto expresados en alteraciones del clima, acompañado de lluvias atípicas (Gráfica. 1, 2, 3) y variabilidad de las temperaturas (Gráfica. 4, 5, 6) derivado de lo cual se presentó un agente biológico causante de la declinación del bosque, conocida como secamiento y caída foliar del pino.



³ **Gráfica 1.** Fluctuaciones de precipitación mensual, del años 2010 a 2016, Zacatlán.

³ Graficas obtenidas a partir de la información de las estaciones meteorológicas. SMN (Puebla).



Gráfica 2. Fluctuaciones de precipitación mensual, del años 2010 a 2016, Tétela.



Gráfica 3. Fluctuaciones de precipitación mensual, del años 2010 a 2016, Zacapoaxtla.

Las gráficas anteriores muestran la variación en la precipitación de los últimos años, paralelamente se aprecia una ligera variación entre las estaciones pero siguiendo el mismo patrón de variación. Por lo cual de acuerdo a las gráficas podemos deducir que uno de los años con mayor precipitación fue 2010, con una acumulación de 1,250 mm en la estación de Zacatlán, la máxima obtenida en los años capturados, Tétela acumula una cantidad similar 1,243.43 mm a pesar que hay años posteriores con mayor precipitación, por el otro lado la estación de Zacapoaxtla acumulo mayor cantidad (1,866.7 mm). A pesar que estas colectas se encuentran en el rango, se presentaron oscilaciones fuertes durante el año y los posteriores años se tiene una baja considerable en toda la zona, siendo el

año posterior (2011) cuando se presentaron reportes de amarillamiento de las acículas de los pinos y su posterior caída prematura (Pichardo, Pérez, Ramírez, Arriola, & Ramírez, 2017) por lo cual existe una relación fuerte entre los fenómenos. La fluctuación que se presenta en estos años da cabida a que haya un resentimiento en las plantas y animales principalmente, por lo cual fenómenos como plagas y enfermedades pueden verse beneficiados. La presencia del salivazo (*Mahanarva andigena*) en los pastizales está estrechamente relacionada con el patrón de lluvias (Castillo 2006; Valle *et al.*, 2014), algunas otras poblaciones de *Zulia carbonaria* disminuyen drásticamente en las épocas secas (Castro, Morales, & Peck, 2005), caso contrario con *Aeneolamia varia* donde se reportaron mayores valores de incidencia cuando los valores de precipitación fueron menores (Figueredo, Andrade, Cova, Mora, & Aza, 2012), la disminución en la precipitación tiene un efecto sobre la distribución y abundancia de especies de insectos en California (Gutiérrez *et al.* 2008; Baltazar, 2015). En cuanto a la vegetación Muller *et al.* (2011 citado por Pompa & Domínguez, 2015), argumentan que los árboles pueden tolerar tasas bajas de precipitación, pero la formación de tejidos es afectada seriamente por el estrés hídrico, aunque si es prolongado debilita y termina matando los árboles (Allen, 2009).

Las variaciones de la precipitación por mes son fuertes, las cuales oscilan desde 40 mm que se presenta en el mes de abril en la estación de Tétela, hasta más de 630 mm en la estación de Zacapoaxtla en el mes de septiembre. Estos cambios afectan a todas las especies pues la inmensa mayoría tiene asociado un rango de humedad con su fisiología y fenología (Constantino, Gil, Jaramillo, Benavides M, & Bustillo, 2011).

Respecto a la temperatura el patrón es similar a la precipitación, la cual sus oscilaciones por mes van desde 1 °C hasta 8 y 9 °C en Zacapoaxtla mes de Abril y Tétela en el mes de Febrero respectivamente, lo cual son rangos muy amplios para intervalos de años muy cortos. Debido a la fenología de algunos hemípteros como las abejas, pueden ser usados como bioindicadores del cambio climático, por su correlación con la temperatura y su presencia (Baltazar, 2015).



Gráfica 4. Fluctuaciones de temperatura mensual, del años 2010 a 2016, Zacatlán.



Gráfica 5. Fluctuaciones de temperatura mensual, del años 2010 a 2016, Tétela.



Gráfica 6. Fluctuaciones de temperatura mensual, del años 2010 a 2016, Zacapoaxtla.

De manera general la tendencia de la temperatura ha ido en aumento en los últimos años, lo cual indica serios cambios en el comportamiento de las especies como concluye Del Toro & Méndez (2007), un aumento en las temperaturas favorece el desarrollo de insectos en cultivos de tabaco en Cuba, así también los insectos defoliadores se ven favorecidos por las altas temperaturas (Hódar et al., 2012) y los cambios en temperatura modifican el metabolismo de las plantas (Mendizábal, et al., 2008), por lo cual un estrés por sequía tiene impacto en la producción primaria y mortandad del arbolado (Williams et al. 2012; Pompa & Domínguez, 2015). Los cambios en la temperatura en la Sierra Norte de Puebla son evidentes y el daño causado por los salivazos recobro mucha importancia con esta oscilación.

Por lo cual podemos concluir que la temperatura es la variable climática más significativa, pues influye directamente el desarrollo biológico de los insectos y seres vivos, afecta el número de generaciones al año, el rango de distribución, la interacción con sus plantas y enemigos naturales (Constantino et al., 2011).

Pero no solo podemos hablar de estos dos factores abióticos como los responsables de la declinación forestal en la Sierra Norte de Puebla, un tercer factor y de alto impacto es la evaporación, más que las temperaturas extremas o precipitaciones, puede ser la causa de la declinación forestal (Pompa et al., 2013) y (Pompa & Domínguez, 2015).

Hasta la fecha las defoliaciones en los pinos siguen siendo el principal problema en la región, sin embargo desde que se tuvieron los reportes de estos problemas se han tratado de combatir buscando la solución sin surgir efecto, lo que dieron lugar a diversas hipótesis y teorías sobre los posibles factores que causan la defoliación, siendo así se reconoció a un insecto en la zona que se encontraba alimentando de la savia de las acículas de pinos, el cual fue llamado “salivazo de los pinos” descrito como *Ocoaxo cerca fowleri* Lallemand (Hemíptera: Cercopidae) (Castro et al., 2017), este insecto en etapas menos desarrolladas (ninfas) se localiza en el suelo en aquellas áreas de mayor humedad donde se encuentran las raíces secundarias o terciarias de herbáceas, helechos o de pinos

y se alimentan de ellas, al mismo tiempo que se alimentan producen un líquido en forma de saliva, de ahí se deriva su nombre.

Los daños que produce esta plaga son más notorias cuando pasan al estado adulto, dicho insecto inserta el estilete en las acículas de los pinos y se alimentan de la savia, la sintomatología comienza con el secado de las puntas de la acícula descendiendo hasta la base (Castro *et al.*, 2017), las cuales posteriormente se tornan de color café rojizo y cae de forma prematura, lo cual repercute en el crecimiento y en el proceso de fotosíntesis de los pinos, la escasa información sobre la afectación, sobre la plaga, el comportamiento de vuelo y su distribución, así como de sus hospederos en estados ninfales son una limitante en la búsqueda de un control efectivo, por lo tanto las investigaciones deben seguir las líneas antes mencionadas, la fluctuación poblacional, la distribución espacial de la especie en el bosque, así como el ciclo de vida son necesarios para desarrollar un programa de manejo adecuado y efectivo en el control de dicha plaga.

1.1 Objetivo General

- Analizar el periodo de vuelo *Ocoaxo* cerca *fowleri* en estado adulto y establecer su disposición espacial de las ninfas en los bosques de coníferas de la Sierra Norte de Puebla, mediante muestreos y trampeo, con el objetivo de realizar un control más efectivo.

1.2 Objetivos particulares

- Determinar la distribución espacial de las ninfas de *Ocoaxo* cerca *fowleri*, por medio de modelos estadísticos y mapas, para identificar las áreas de mayor impacto y concentración de la especie.
- Identificar la fluctuación poblacional de adultos de *Ocoaxo* cerca *fowleri*, por medio de trampas de luz, para establecer el comportamiento de vuelo del insecto, en dicha etapa.

CAPITULO 2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

Los daños a los bosques de coníferas por plagas y enfermedades son una constante y los métodos de control cada vez deben ser mayores y diversos. Sin embargo los ataques y daños por salivazos no habían sido reportados en México, siendo en 2008 el primer reporte del avistamiento de insectos causando daño en los bosques de *Pinus oaxacana* Mirov. cerca de Nicolás Bravo (Estado de Puebla) y de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en Santa Ana Cuauhtémoc (Estado de Oaxaca) (Castro *et al.*, 2017).

En países como Italia se reportó el ataque salivazos de *Haematoloma dorsatum* (Ahrens) (Hemíptera: Cercopidae) en árboles del género *Picea* sp., *Pseudotsuga* sp., *Pinus* sp., *Cedrus* sp., *Cupressus* sp. y *Juniperus* sp. (Covassi, Roversi y Toccafondi 1989) en España fue reportado por Hernández, Martín & Péres (1992) sobre coníferas principalmente pinos en la Comunidad de Aragón y por primera vez en *Pinus pinaster* Aiton y en el Sistema Central (Cobos, 1995). En el continente americano se tienen reportes de adultos de salivazo del genero *Prosapia* sp. (Hemíptera: Cercopidae) que se alimentan de árboles, incluyendo *Ilex haberi* (Lundell) W. J. Hahn, *I. cornuta* Lindl. & Paxton e *I. opaca* Soland. ex Aiton (Aquifoliaceae) y de *Iphirhina* sp. (Distant) (Hemíptera: Cercopidae) alimentándose de *Bouyeria costaricensis* (Standl.) A. H. Gentry (Boraginaceae) (Peck 1998). Mientras que otros reportan salivazos de *Aphrophoridae* sp. en América del Norte (Hemíptera: Aphrophoridae) que se alimentan de árboles forestales naturales y plantados (Wilson 1991), aunque no se reportan salivazos en pino América del Norte o del Sur. Otras especies del género *Clastoptera*, sólo se registran en plantas ornamentales, como *Juniperus chinensis* L., y *Juniperus virginiana* L., en Estados Unidos y México (Castro *et al.*, 2007; Martínez, Lara, Gaona & Sánchez 2012) y en *Casuarina equisetifolia* (L.) Fort et Forst., en Costa Rica (Sánchez y Segura, 2006; Martínez *et al.*, 2012). En 2010 se registró la presencia de la especie *Clastoptera* (Hemíptera: Cercopidae) asociado *Harpalyce arborescens* en Tamaulipas México (Martínez, Lara, Gaona, &

Sánchez, 2012) y de *Ocoaxo* sp. en arboles de pino en 2010 en bosques de Oaxaca y Puebla, y 2015 en la Sierra Norte de Puebla (Castro *et al.*, 2017). En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, fue identificado *Ocoaxo punctus* (Nast, 1984) (Hemíptera: Cercopidae) sin describir biología ni daños (Mariño, Pacheco, & Dietrich, 2012).

La familia en general posee ciertas características particulares que lo identifican de las demás, varios estudios realizados a distintas especies de la familia Cercopidae coinciden en sus resultados; poseen un ciclo incompleto pasando (cuatro fases de desarrollo en los huevos, cinco instares ninfales y dos sexos en los adultos) (Rodríguez, Peck, & Canal, 2002; Peck, 2002; Rodríguez, Castro, Morales & Peck, 2003; Rodríguez & Peck, 2006; Rodríguez & Peck, 2007; Castro; Cibrián, 2017). Las ninfas viven dentro de masas protectoras de saliva formado por la introducción de burbujas desde el canal de aire en el excremento acuoso abundante (McEvoy, 1986; Keskinen & Meyer, 2004) que construyen en los sitios de alimentación sobre el suelo, ocasionalmente sub-superficial en las plantas huésped (Peck, 1998), la cual ayuda a controlar la temperatura y humedad y actúa como defensa de enemigos naturales y protección a adversidades climáticas (Whittajer, 1970; Rodríguez *et al.*, 2003) pero al mismo tiempo debe conducir a una luz más tenue y difusa que llega a los ojos de la ninfa (Keskinen & Meyer, 2004). Su presencia en cultivos se puede notar ya que alrededor de las plantas o en la base del tallo se recubren por la espuma de distintos tamaños (Obando, Bustillo, Castro & Mesa, 2013).

En las distintas etapas por las que pasa el salivazo se debe de alimentar de su hospedante. Los insectos hibernan en forma de huevo, al eclosionar producen ninfas que se alimentan de tallos y hojas (Jaramillo, 2014). Las ninfas habitualmente succionan la savia del xilema de las raíces superficiales y causan marchitamiento de la planta (Fewkes, 1969; Rodríguez *et al.*, 2003; Obando *et al.*, 2013). Cuando están por pasar a su muda final se arrastra a la parte inferior de la planta hospedante y deja la espuma secarse alrededor de su cuerpo (McEvoy, 1986; Keskinen & Meyer, 2004), al salir de la espuma el adulto deja el

microhábitat, semiacuático para sobrevivir en un ambiente seco, donde tiene que encontrar comida y un compañero (Keskinen & Meyer, 2004).

Los adultos regularmente optan partes aéreas de la planta (hojas) las cuales tienen tejidos poco profundos para alimentarse (Peck, 2002) los cuales pueden ser oligófagos o ampliamente polífagos; la elección y uso de plantas hospedantes de los cercópidos es influenciado por factores como el hábitat, morfología y fisiología de la planta, tanto las ninfas como los adultos de cercópidos se alimentan de la savia del xilema (Peck, 1998). La gran mayoría de pastos y herbáceas, reportes indican que muy pocas especies actúan como herbívoros de árboles en estado natural (Martínez *et al.*, 2012).

Los daños por salivazos generalmente se origina cuando el adulto se alimenta de las hojas y causa una reacción caracterizada por bandas rojizas necróticas longitudinales (Gómez 2007; Obando *et al.*, 2013). Las cuales al alimentarse de las láminas foliares de las plantas, provocan una fitotoxemia a causa de la inyección de enzimas aminolíticas y oxidantes, así como de aminoácidos, el estado patológico se presenta pocos días después con la aparición de manchas lineales cloróticas, las cuales gradualmente se tornan amarillas y luego necróticas, provocando disminución de la capacidad fotosintética (Cobos, 1995; Fernández *et al.*, 1996; Valbuena, 2006), en lesiones múltiples, las manchas se fusionan y dan origen al secado de grandes porciones de hoja o de hojas completas (De la Cruz *et al.*, 2016). En lotes de caña se muestra una coloración amarillosa y las plantas exhiben una sintomatología similar a la quemazón causada por herbicidas (Bustillo y Castro 2011; Obando *et al.*, 2013).

Algunas de sus características que los limitan a alimentarse de ciertas especies es el largo del estilete en algunas especies restringen la selección de sitios de alimentación, aunque los adultos al ser más móviles y de habito aéreo, tienen sitios de alimentación más amplios (Peck, 2002). Pese a que los adultos no producen saliva para defenderse como las ninfas, emplean como mecanismo de defensa como su habilidad de saltar, apoyándose por el aposematismo y un

mecanismo secundario de defensa denominado autohemorragia (Peck, 2000a; Rodríguez *et al.*, 2003).

La dinámica poblacional tiene que ver con factores bióticos entre los que destaca el clima. Su presencia de los salivazos y su comportamiento, tiene una relación muy alta con la precipitación y temperatura, pues un factor detonante para la aparición de los primeros adultos de *Aeneolamia* spp. es la presencia de lluvia (De Yta, Cabrera & Villanueva, 2002). En otras especies las lluvias influyen en la abundancia y sincronización de las poblaciones, aun sin conocer la correlación directa (Peck, Pérez, Medina, Barrios, & Rojas, 2002b), otros factores son la cobertura forrajera, humedad relativa y la eclosión de los huevos diapáusicos (Valerio y Koller, 1993; Valbuena, 2006). La abundancia puede estar o no relacionada con la fluctuación del insecto, sin embargo se puede esperar que el hábitat (suelos, drenaje, composición botánica) influyan en estos factores así como la fenología del salivazo (Peck, 1999; Peck *et al.*, 2002b).

La dinámica poblacional de la familia Cercopidae tiene que ver con factores bióticos entre los que destaca la precipitación y la temperatura. Pues la precipitación es quien condiciona la presencia de las ninfas al causar la eclosión de los huevos y la emergencia de las ninfas. Aunque, un exceso de humedad puede limitar el desplazamiento y sobrevivencia de las mismas, (Figueredo *et al.*, 2012). De lo cual diversos estudios se han realizado concluyendo que las lluvias y la temperatura influyen en la abundancia de estos insectos (Peck, 1999; Peck, Pérez, Medina, Barrios & Rojas 2002; Peck, Pérez, Medina, Rojas, & Barrios, 2002; De Yta, Cabrera & Villanueva, 2002; Valle-Ramírez *et al.*, 2014). Otros factores que influyen son la cobertura forrajera, eclosión de huevos diapausicos y la infestación del año anterior (Valbuena, 2006; García, López, Nava, Villanueva, & Vera, 2006; De la Cruz *et al.*, 2016). Y en algunas otras poblaciones se reporta la disminución a partir de la época seca en los meses de junio, julio y agosto (Castro *et al.*, 2005). Los patrones de agregación de huevos y ninfas puede ser atribuido a factores físicos (humedad, viento, luz, suelo) y biológicos (atracción por cultivares, lugares y tipo de diapausa, parasitismo o depredación, etología de copulación, etc.) debido a que los medios no es realmente

homogéneos (Figueredo et al., 2012). Por lo tanto se debe esperar que el hábitat (suelos, drenaje, composición botánica) sean las variables que un mayor grado de variación en abundancia, fluctuación de la población y fenología (Peck, 1999; Peck, et al., 2002).

Los métodos de control biológicos más efectivos son con formulaciones preparadas a partir del hongo *Metarhizium anisopliae*, (Matabanchoy, Bustillo, Castro, Mesa & Moreno, 2012) y (Obando, Bustillo, Castro & Mesa, 2013). Habrá que destacar que para mayor efectividad de estos hongos se deben realizar estudios previos y buscar las mejores cepas para cada especie de salivazo.

La determinación precisa de los estados de vida, variación en tamaño y duración del ciclo de vida es relevante en la determinación del impacto y manejo del insecto. Estos factores son importantes para el nivel de daño al hospedero y el periodo del insecto en el campo. Aumenta la resolución en la interpretación de muestreos y estudios sobre dinámica poblacional tanto como la aplicación y efectividad de las tácticas de manejo (Rodríguez et al., 2002).

2.2 El cambio climático como factor de impacto en la declinación forestal

Los fenómenos naturales, son sucesos climatológicos a los cuales los seres vivos están adaptados, pero cuando los cambios son tan drásticos o continuamente, los individuos deben adaptarse más rápidamente, causando serias alteraciones a los ecosistemas. El cambio climático afecta indiscriminadamente y el rendimiento en la agricultura podría ser afectado hasta en un 50 % (Altieri & Nicholls, 2008). Los cambios del clima y las predicciones futuras indican aumento de la temperatura y mayor calentamiento en latitudes altas (hacia los polos). Lo cual significa que muchas especies podrían ser capaces de colonizar y adaptarse a nuevos territorios antes inaccesibles para ellas (Constantino et al., 2011).

A principios de los ochenta, botánicos europeos advirtieron sobre la incidencia de una enfermedad en los árboles, la cual se manifestaba con amarillamiento en las hojas y un posterior debilitamiento gradual hasta ocasionarles la muerte, denominando a esto como declinación forestal (Gránados & López, 2001).

El deterioro o daño forestal es la reducción del vigor y la supervivencia de los árboles debido a factores bióticos (presencia de plagas y enfermedades) y abióticos (condiciones ambientales extremas) (Vázquez, Tamarit, Quintanar & Varela, 2004; Ciesla, 2011; López *et al.*, 2015), por lo tanto es un conjunto de varias enfermedades, la cual consiste en la pérdida del vigor del arbolado, expresado síntomas como, decoloración o follaje anormal, reducción del crecimiento, disminución del follaje, rompimiento de ramas y ramillas y enfermedades sucesivas, hasta llegar a la muerte de los árboles en un período más corto de lo normal (Carnier, 1986; Gránados & López, 2001; Rivera, López, & Campos, 2006). Otros autores definen la declinación como un problema de las naciones industrializadas, reduce el vigor y sobrevivencia de los árboles, y debido a la relación entre los contaminantes originados por el hombre y otros factores ambientales, los patólogos forestales definen a la declinación forestal como una enfermedad multifactorial (Gránados Sánchez & López Ríos, 2001).

Los agentes abióticos son los que provocan las pérdidas más grandes a los bosques y el daño a los árboles es desmedido. Siendo la temperatura, disponibilidad de agua, velocidad del viento y caída de rayos, las condiciones atmosféricas de mayor impacto en la salud del arbolado. Referente a lo anterior en los bosques de zonas templadas los factores más determinantes son las bajas temperaturas y la escasez de agua (Alvarado *et al.*, 2007; López *et al.*, 2015). Vázquez *et al.* en (2004) reporta que los agentes que causan la declinación en bosques de encinos son estrés por sequía y por temperaturas extremas ocasionadas por heladas e incendios forestales. En el Desierto de los Leones se ha encontrado que la declinación se debe a desórdenes nutrimentales de los árboles y estos desórdenes provengan de la presencia de contaminantes atmosféricos que promueven la retranslocación de nutrimentos desde los tejidos viejos a los tejidos en crecimiento (Rivera *et al.*, 2006)

Los agentes bióticos más importantes son plagas y enfermedades. Las primeras se reducen a insectos; mientras que de las segundas se incluyen hongos, virus, bacterias, nemátodos y plantas parásitas (Cibrián *et al.*, 1995; López *et al.*, 2015).

Así lo reporta Vázquez *et al.* (2004) para la declinación de bosques de encino en Guanajuato, siendo los hongos *Nectria galligena* e *Hypoxylon thouarsianum* los principales causante, Alvarado *et al.*, (2007) añadió al muérdago, barrenadores, defoliadores y sobrepastoreo en bosques de encino del centro–oeste de México. Por lo tanto los cambios en el clima no solo afectan a cultivos y bosques, sino también a las plagas y enfermedades (Constantino *et al.*, 2011).

En la mayoría de los ecosistemas, incluyendo los bosques, la mayoría de los insectos habitantes son poco abundantes; sin embargo, y bajo condiciones favorables, algunos aumentan su tamaño poblacional y causan importantes afectaciones en los árboles; a estos organismos se les denomina plagas (Ciesla, 2011; López, Arriola & Pérez, 2015). Los insectos han sido un elemento importante no sólo por su función en los ecosistemas terrestres, sino también por su influencia en las sociedades humanas (Guzmán, *et al.*, 2016).

Los efectos del cambio climático tienen efectos sobre la distribución y abundancia de estos individuos, puede involucrar efecto directo a la especie, pero también hay efectos sobre interacción de especies. (DAVIS *et al.*, 1998b; Baltazar, 2015). Por consiguiente el clima puede ser un factor clave que explique la sincronía espacial y el insecto detectado (Baltazar, 2015). En algunos casos los sitios cálidos y con baja humedad aumentan la probabilidad de infestación y el avance de los insectos en los bosques (López, Arriola & Pérez, 2015), los veranos largos y tibios admiten que al descortezador del pino (*Dendroctonus ponderosae*) tenga uno más generación por año (BERG, 2006). Caso contrario sucede con insectos tropicales los cuales enfrentan procesos de extinción a menos que se adapten a las temperaturas pronosticadas (Baltazar, 2015).

Todos los cambios antes mencionados propician que las plantas inviertan más recursos energéticos en su supervivencia y aclimatación a un ámbito adverso (Gurevitch *et al.*, 2006; López *et al.*, 2015). Allen *et al.* (2010) lo confirman con base en 88 estudios distribuidos en todo el mundo y en un lapso de 30 años. Por lo tanto pensar que la causa de mortandad de los aboles es una sola sería cometer un error grave.

Consecuentemente las causas de estrés abiótico son comúnmente la razón fundamental de las enfermedades de los bosques, y se considera que los factores de estrés ligados al clima tiene una importancia preponderante en la manifestación de muchos brotes graves de insectos y enfermedades forestales (Raffa *et al.*, 2008; Allen, 2009).

En conclusión con todo lo expuesto, la comunidad científica preocupada por todas las alteraciones resultantes del cambio climático han generado acuerdos para el combate o mitigación de los efectos, derivado de ello los efectos que tendrán las especie plaga, pues la mayor parte se verán beneficiadas, lo que augura un panorama difícil para la sostenibilidad y gestión de muchos bosques. Entre los ejemplos más importantes se encuentra a la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), una plaga circunmediterránea que afecta severamente a los pinares y cuya respuesta al incremento de temperaturas es bien conocida en Europa, (Hódar *et al.*, 2012).

2.3 Impacto de las plagas en los bosques de la Sierra Norte de Puebla

Estudios realizados por López *et al* (2015) citando a Cibrián (2007) reportan que México ha tenido una seria degradación de los bosques debido a la influencia humana; entre las cuales destacan actividades como, cambio de uso de suelo, sobrepastoreo, avance de la mancha urbana e incendios forestales, estos últimos asociados a las plagas y enfermedades, dañando la salud de las áreas boscosas.

La tarea de los insectos en los ambientes forestales puede ser considerara positiva o negativa, esto obedece al sistema de valores que se maneje para juzgarla. La inmensa mayoría de insectos desempeñan alguna función benéfica, pero cuando arruinan los planes del aprovechamiento de los bosques, se les considera plagas (Coulson, Witter, 1990).

De manera general los insectos tienden a responder más rápidamente al incremento de temperatura que las plantas, por lo cual de modo que lo predecible es un incremento en la frecuencia y la virulencia de las defoliaciones (Hódar *et al.*, 2012). En diversos estudios se concluye que durante la época de sequía los

árboles son más propensos al ataque de cualquier enfermedad o plaga, debido al estrés hídrico al que están sujetos por lo cual influye en el crecimiento y fisiología.

El Estado de Puebla no es exento del ataque por plagas y enfermedades, y los principales actores que causan daño a los bosques de coníferas son los insectos descortezadores (*Dendroctonus mexicanus*, *D. adjunctus*, *D. approximatus*, *D. valens*, *Ips bonansea*, *I. mexicanus* = *Neoiips mexicanus*, *I. integer*, *I. lecontei* e *I. calligraphus*), el gusano de bolsa (*Lophocampa* sp.) y el cercópido del pino. Otros patógenos son el muérdago enano (*Arceuthobium abietis religiosae*, *A. globosum gradiculae*, *A. nigrum*, *A. vaginatum* y *A. pendens*), muérdago verdadero (*Phoradendron bolleanum*, *Phoradendron minutifolium*, *Psittacanthus macrantherus* y *Cladocolea glauca*, *C. oligantha* y *C. cupulata*) y pudriciones de raíz (*Armillaria* e *Inonotus circinatus*) (Cibrián, 2008). De lo cual podemos concluir que los factores bióticos son diversos, dentro de todos estos podemos destacar al cercópido del pino llamada “salivazo de los pinos” *Ocoaxo* spp. identificado en dos áreas principalmente, en la Sierra Negra *Ocoaxo assimilis* y en la Sierra Norte Ocoaxo cerca *fowleri*, del cual se derivan los estudios siguientes.

2.4 Descripción de *Ocoaxo* cerca *fowleri* (Lallemand)

La especie de *Ocoaxo* cerca *fowleri* se encuentra en el orden Hemiptera y en la familia Cercopidae, la cual se ha encontrado en los bosques de la Sierra Norte de Puebla causando daños principalmente a los pinos (Fig. 1). Dicha familia está formada por insectos pequeños, brincadores, parecidos a las chicharritas. Los miembros de esta familia se pueden distinguir de los Cicadellidae, grupo cercano y relacionado, por la presencia de 1 o 2 espinas fuertes en las tibias posteriores y por una serie de espinas que usualmente se encuentran en el ápice. Estos insectos chupadores producen una masa de burbujas parecida a la saliva muy característica y señalan su presencia (Cibrián *et al.*, 1995).



Figura 1. Mapa de ubicación del salivazo del pino, *Ocoaxo cerca fowleri*.

La descripción de esta especie aun es limitada por lo tanto se desarrolla una breve descripción.

2.4.1 Ninfas

La característica general de la familia es la formación de una masa espumosa, de ahí llamados vulgarmente “salivazos de los pinos”. Las ninfas se encuentran en suelos húmedos cubiertos por hojarasca, a una profundidad de 3 – 10 cm, se alimentan de raíces secundarias y terciarias de plantas como pinos, se distribuyen de manera agregada y en espumas se pueden encontrar desde una sola hasta 5 o más. Se puede presumir de cinco instares ninfales, cuando están próximos a transformarse en adultos o en últimos instares se tornan de un color naranja (instar Vb) (Fig. 2). El quinto instar se divide en Va y Vb aunque no hay una muda entre ellas. En el instar Vb los muñones alares tienen las manchas de la especie y en la tibia posterior (d) se observan las espinas de la corona distal del adulto próximo a emerger que son muy cortas, gruesas y negras, así como dos espinas laterales .

Los daños que provoca la ninfa no son visibles y cuantificables aun debido a la alimentación de raíces.

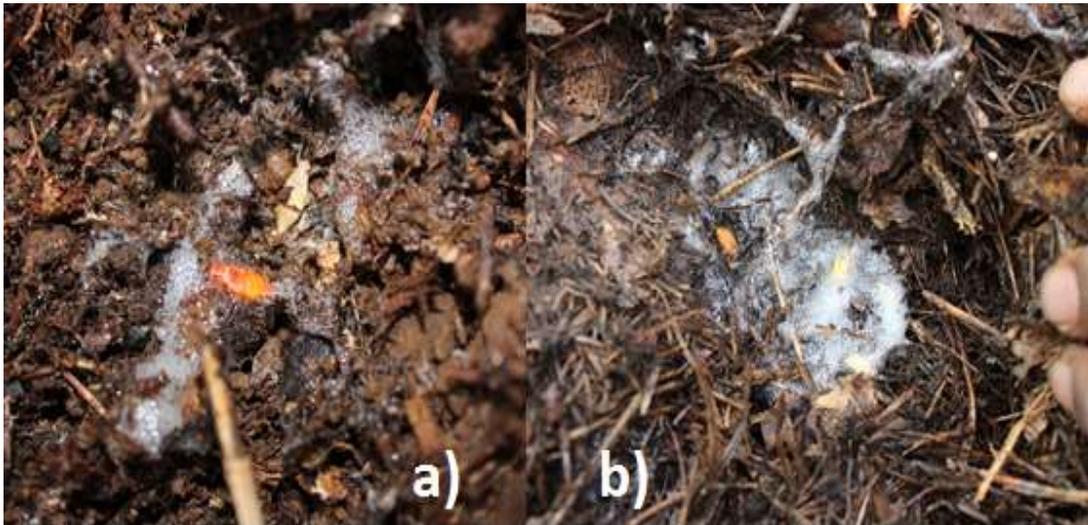


Figura 2. Ninfas de *Ocoaxo cerca fowleri*, a) se observan los cambios de coloración y b) como se encuentran en el suelo y la espuma que los cubre (Fotografía: A. Lara).

2.4.2 Adultos

Cuando se encuentra próximo a emerger de la espuma se llama teneral (Fig. 3); tiene cutícula blanda y es blanco, excepto en las manchas de las alas anteriores y el pronoto, que muestran las características de cada especie. Con el transcurrir de las horas la cutícula se endurece y toma el color del adulto. La longitud de las especies de *Ocoaxo* spp. se encuentra entre 10-12 mm (Castro; 2017).



Figura 3. Teneral de *Ocoaxo cerca fowleri*, antes de salir de la espuma (Fotografía: A. Lara).

El daño visible en los bosques es en estado adulto, que vuelan al follaje de los pinos principalmente para alimentarse de la savia de las hojas, lo cual provoca daños en bandeados (Fig. 4) y origina una coloración café – rojizo para una posterior caída prematura de las hojas.

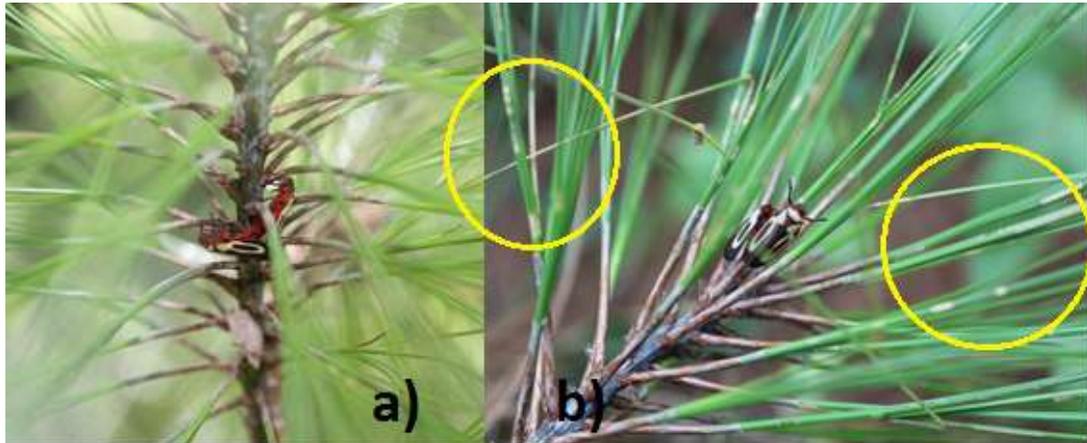


Figura 4. Adultos de *Ocoaxo cerca fowleri*. a) Adultos copulando en ramas de pino. b) Daños visibles en acículas provocados por el insecto (Fotografía: A. Lara).

2.5 La distribución espacial

Las relaciones espaciales de los insectos son generalmente expresiones de las características y necesidades biológicas innatas de la especie, influidas por la planta huésped y el medio ambiente (Taylor 1984; Ramírez *et al.* 2002). La distribución de una especie y la forma que tome en cierto tiempo será consecuencia de los nacimientos, movimientos y muertes, por lo cual el número cambiara en espacio y tiempo (Cadahia 1977; Figueredo *et al.* 2012), lo que deriva en definir la ubicación de los organismos en determinado espacio y tiempo como distribución espacial (Vera *et al.* 2002; Crespo *et al.* 2012). Un control adecuado de las plagas en los diversos ecosistemas forestales es un punto fundamental del manejo, tanto económica como ecológicamente (Jiménez, Soria, Villagrán, & Ocete, 2005), derivado de lo anterior, para constituir los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), es preciso conocer la ubicación y los períodos adecuados para llevar a cabo las medidas de control (Maldonado *et al.* 2017b), establecer planes de muestreo más efectivos (Anjos *et al.*, 2010), ya que

la distribución de cierta plaga afecta la efectividad y comportamiento de parasitoides (Crespo *et al.*, 2012), así también al momento de plantear estudios bioecológicos (Jiménez, López, González, Ocete, & Soria, 2008).

Los ecosistemas y las poblaciones pueden responder a ciertos tipos de distribución espacial, los cuales se encuentran tres formas;

Aleatoria; la cual los individuos se encuentran distribuidos al azar dentro de un espacio disponible. Por lo tanto no existe interacción entre los mismos. Las condiciones que debe cumplir para aceptar este tipo de distribución son a) los puntos en el espacio tienen la misma posibilidad de ser ocupados, b) la presencia de un individuo no afecta la ubicación de otro en cierto punto y c) la media y la varianza son iguales.

Regular; los individuos presentan una tendencia a mantener una distancia en si similar. Surge como consecuencia de una repoblación o como respuesta a una fuerte competencia por alimento o espacio. La varianza es menor que la media.

Agrupada; está conformada por grupos de organismos, alternándose con espacios abiertos. Ocurre como consecuencia de la interacción entre individuos que componen cierta población, o como ausencia de homogeneidad en el sitio, comportamiento gregario y modo reproductivo. La varianza es mayor que la media. (García, 2002; Vera *et al.*, 2002).

2.5.1 Estadística clásica

Hay dos métodos generales para establecer la distribución espacial de los organismos (Binomial Negativa y Poisson) y los índices de dispersión (Índice de dispersión e Índice de Green).

Índice de dispersión (ID); es basado en la comparación de la varianza y la media aritmética, un valor similar se refiere a una distribución Poisson, la obtenemos de la siguiente manera;

$$ID = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

El índice se fundamenta en la comparación de dos parámetros estadísticos; la varianza y la media, donde la decisión de estos valores muestra la tendencia de la población hacia una forma específica de distribución.

Si el valor corresponde a cero la distribución será uniforme.

Valor es igual a uno corresponde a aleatoria.

Si el valor es mayor a uno la distribución es agrupada.

Índice de Green (IG); Green en 1966 propuso un índice independiente del número de muestras, con la siguiente ecuación;

$$IG = \frac{(S^2/x)}{n-1} - 1$$

Este índice es utilizado para comparar el muestreo con la población. Los valores promedio de la muestra y el número de sitios de muestreo. El índice oscila entre -1 (uniforme), 0 (aleatorio) y 1 (máximo agrupamiento) (Green, 1966; Garcia, 2002).

Distribución de Poisson; plantea que los individuos de una población se encuentran esparcidos aleatoriamente y con independencia de unos de otros (Jiménez *et al.*, 2008). Y debe tener las siguientes condiciones del número de individuos por unidad de muestreo; 1) cada unidad de muestreo tiene la misma posibilidad de tener un individuo, 2) la ocurrencia de un individuo no influye en la ocupación de otro, 3) cada unidad de muestreo esta igualmente disponible para cualquier individuo, y 4) el número de individuos por unidad de muestreo es relativamente bajo para la máxima posibilidad que podría ocurrir en el sitio muestreado (Garcia, 2002).

Distribución binomial negativa; una de las distribuciones de probabilidad mas utilizada cuando los individuos de un ecosistema tiende a presentar grupos de individuos alternados con espacios abierto, explica los fenomenos agrupados.

La distribución presenta dos parametros;

1.- μ = el promedio del numero de individuos por unidad de muestreo.

2.- K parámetro que se relaciona con el grado de agrupamiento (Garcia, 2002).

2.6 El uso de la Geoestadística como alternativa para identificar la distribución de *Ocoaxo cerca fowleri*.

La Geoestadística rama de la estadística aplicada se refiere a procedimientos estadísticos que analizan y modelan la relación espacial de un fenómeno (Isaaks y Srivastava, 1989; Ramírez *et al.* 2002). Se caracteriza por apreciar la naturaleza bidimensional de la distribución de los individuos por medio de su exacta localización espacial (Ramírez & Porcayo, 2008), conjuntamente, permiten elaborar mapas (Esquivel & Jasso, 2014), así como es posible saber el porcentaje de incidencia (Maldonado *et al.* 2017a). Con los mapas y el porcentaje de incidencia se direccionan las medidas de control en zonas específicas donde se presenta el daño (Ramírez & Sánchez, 2011).

Durante el desarrollo de la estadística espacial, se implementó la metodología denominada Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE por sus siglas en inglés) desarrollada por el Doctor Joe N. Perry (Ramírez & González, 2007). El cual identifica el modelo espacial para datos bidimensionales, con un índice asociado de agregación y de una prueba para la desviación de la aleatoriedad basada en un algoritmo de atracción, el cual, incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico (Perry *et al.* 1996; Maldonado *et al.* 2017a). Con el método se tiene la ventaja de usar datos en forma de conteos y tener su ubicación en dos dimensiones, lo cual se obtiene resultados más firmes que si sólo se consideran frecuencias por unidad muestral (Solís & Suzán, 2014).

2.6.1 Estadística espacial (SADIE)

Para ejecutar esta metodología se desarrolló el uso del índice de la distancia para la regularidad (I_a) para formar la estructura espacial de las poblaciones de insectos. En conjunto se introdujeron dos diagramas de diagnóstico para ayudar a la interpretación y un índice para estimar el número de puntos de agrupamiento de una población, el índice J_a . (Perry 1995b; Ramírez *et al.* 2013).

Para la estimación de los índices I_a y J_a , los datos levantados son considerados como un sistema de conteos de individuos, donde $i = 1, \dots, n$ unidades de

muestreo, se conoce la posición bidimensional (x_i, y_i) de cada unidad de muestreo y el conteo asociado, N_i . La distancia para la regularidad, “ D ”, es el valor mínimo de la distancia total que los individuos en la muestra se pudieran haber movido, de una unidad de muestreo a otra.

P_a (probabilidad de agregación) es la proporción de muestras seleccionadas al azar con distancia para la regularidad tan grande como el valor observado. Un valor de P_a procedente de una gran cantidad de aleatorizaciones provee una prueba formal de aleatoriedad; por lo tanto la hipótesis nula de aleatoriedad espacial se puede rechazar, si $P_a < 0,025$ (a favor de la hipótesis alternativa de agregación), o si $P_a > 0,975$ (a favor de la alternativa de regularidad). La distancia media aritmética para la regularidad de las muestras aleatorias se denota como E_a , tal así el Índice de agregación será $I_a = D/E_a$. Comúnmente se expresa que una muestra es agregada si $I_a > 1$, la muestra es espacialmente aleatoria si $I_a = 1$, y la muestra es regular si $I_a < 1$.

El término C indica la distancia para el agrupamiento, valor mínimo de la distancia total que los individuos de la muestra se deben desplazar para agruparse en una unidad. Permutaciones aleatorias de los conteos observados conducen a una proporción denominada Q_a (probabilidad de agrupamiento), con una distancia para el agrupamiento tan pequeña como el valor observado. Semejantemente, la hipótesis nula de aleatoriedad puede ser rechazada si $Q_a < 0,025$ (en favor de la alternativa de agregación) o si $Q_a > 0,975$ (a favor de la alternativa de regularidad). La distancia media para el agrupamiento para muestras aleatorias es definida como F_a , entonces el índice de agregación J_a , se define como $J_a = F_a / C$. Al igual que el índice I_a los valores de $J_a > 1$ indican una muestra agregada, $J_a = 1$ representan datos espacialmente aleatorios y $J_a < 1$ muestras regulares. De tal manera, los valores del índice J_a sirven para corroborar los resultados obtenidos con el índice I_a . También este índice es utilizado para diferenciar entre patrones espaciales donde hay un único agrupamiento importante para el cual sus valores son significativamente mayores que la unidad, y en donde hay dos o más agrupamientos para los cuales su valor es significativamente diferente de la unidad o incluso menor que ella. Para determinar la significación con respecto a

la unidad se utiliza su probabilidad respectiva (Q_a) (Perry, 1998; Ramírez & Porcayo, 2009). El programa utilizado para determinar los índices antes mencionados fue el SADIE 1.22.

2.6.2 Análisis geoestadístico

Con los datos obtenidos en campo, se estimó el semivariograma experimental y se ajustó con modelos preestablecidos con el programa Variowin 2.2 (Software for spatial data analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA). El valor experimental del semivariograma fue calculado mediante la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts 1978; Isaaks y Srivastava 1989; Ramírez *et al.* 2013):

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

Dónde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h ; $N(h)$ 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 x_i , y $z(x_i + h)$ es el valor de la variable de interés en el punto $x_i + h$.

2.6.3 Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma

Conseguido el semivariograma experimental de cada sitio de muestreo del salivazo del pino, se realizó su ajuste a algún semivariograma teórico (esférico, exponencial, gaussiano, etc.) (Englund & Sparks 1988; Ramírez *et al.* 2013), para realizar dicho ajuste se utilizó el programa Variowin versión 2.2.

2.6.4 Validación del modelo teórico

La validación de los diferentes modelos teóricos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó mediante el procedimiento de validación cruzada (Isaaks y Srivastava 1989). Los parámetros del modelo a validar fueron C_0 (efecto pepita), $C + C_0$ (meseta) y a (rango o alcance) se fueron modificando a prueba y error hasta lo obtener los estadísticos de validación cruzada adecuados. Los estadísticos son los siguientes:

a) Media de los errores de estimación (MEE):

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Dónde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medio de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales realizados en la interpolación. El MEE no debe ser significativamente distinto de 0 (test t), en cuyo caso, indicaría que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimativos no sesgados.

b) Error cuadrático medio (ECM): Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla, el ECM es menor que la varianza de los valores muestrales (Hevesi *et al.* 1992). Expresado de la siguiente manera:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2$$

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

$$ECMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]^2}{\sigma k}$$

Dónde: σk = desviación estándar del error esperado en la estimación con el krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

d) Conjuntamente se debe cumplir que la varianza de los errores de estimación debe ser \leq que la varianza muestral (Samper y Carrera 1996; Ramírez & Porcayo, 2010).

2.6.5 Nivel de dependencia espacial

Con el fin de determinar la relación entre los datos de muestreo fue importante establecer el nivel de dependencia espacial. El establecimiento del grado de relación o nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre

la meseta y expresado en porcentaje su resultado. Si el resultado es menor que el 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al* 1994; Maldonado *et al.*, 2017).

2.6.6 Elaboración de mapas

Una vez que los modelos de los semivariogramas correspondientes fueron validados se utilizó el método geoestadístico denominado krigeado para la elaboración de los mapas de densidad de las poblaciones del salivazo de los pinos (*O. cerca fowleri*). El krigeado es un método de interpolación que permite la estima no sesgada de puntos no muestreados. En este trabajo se utilizó el krigeado para obtener la estimación de la densidad de la plaga en puntos donde no se contabilizó la presencia del mismo. En este estudio se utilizó el krigeado ordinario para obtener las estimaciones correspondientes. Esta decisión se basó en lo establecido por Samper y Carrera (1996).

Una vez obtenidas las estimaciones correspondientes para cada punto no muestreado, se elaboraron los mapas que indicaban la distribución espacial en el campo de las poblaciones en cada sitio de muestreo mediante el uso del programa Surfer 9.0 (Surface-MappingSystem, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 804011866. USA).

2.6.7 Superficie infestada

En base a los mapas realizados utilizando el método del krigeado ordinario, se decretó el porcentaje de infestación establecido por el insecto en los sitios de muestreo. Para lo cual se utilizó el programa Surfer 9.0 (Ramírez & Porcayo, 2009).

CAPITULO 3

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL “SALIVAZO DEL PINO” *Ocoaxo* cerca *fowleri* (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE “PINE SPITTLEBUG” *Ocoaxo* near *fowleri* (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) IN THE SIERRA NORTE DE PUEBLA

Alberto Lara-Beltrán^{1,2}, David Cibrián-Tovar^{1,3}, José F. Ramírez-Dávila^{2,1}, Antonio Villanueva-Morales^{1,4}, Diódoro Granados-Sánchez^{1,5}, Uriel M. Barrera-Ruiz^{3,1}

¹ División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. ² M. Sc. en Ciencias Forestales al15131815@chapingo.mx. ³ Profesor D. Sc. en Entomología dcibrian48@gmail.com. ⁴ Profesor D. Sc. antoniov28@gmail.com. ⁵ Profesor D. Sc. en Ecología didorog@hotmail.com.

² Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C.P. 50200. ¹ Profesor D. Sc. jframirez@uaemex.mx autor para correspondencia.

^{3,1} Profesional de apoyo a la investigación (umbr757@gmail.com)

3.1 RESUMEN

En la Sierra Norte de Puebla el salivazo de los pinos *Ocoaxo* cerca *fowleri* se ha asociado con severas defoliaciones de coníferas en los bosques. La obtención de información sobre distribución espacial en los bosques de coníferas es trascendental para el desarrollo de muestreos más eficientes y la aplicación en Programas de Manejo Integral. El objetivo de la presente investigación fue identificar el tipo de distribución y la abundancia de las poblaciones de ninfas en el suelo. Para la toma de datos, en las áreas del bosque seriamente afectadas por adultos de la generación anterior en el municipio de Zacatlán de las Manzanas, Puebla, se establecieron 31 sitios de muestreo de 20 x 20 metros (400 m²). En cada sitio se realizaron 20 conteos en subsitios de 1 m². La información fue analizada por dos métodos, la estadística clásica (Índice de dispersión, Índice de Green, Distribución Binomial negativa y Poisson) y la Geoestadística espacial, de la cual se obtuvieron los semivariogramas experimentales y mapas de dispersión. Los resultados de la estadística clásica demostraron en general una distribución agregada corroborada por la

geoestadística y los mapas, donde se demuestra claramente la agregación y más de un punto de agregación por sitio. Las ninfas prefirieron los sitios de mayor humedad y con mayor cantidad de materia orgánica. La densidad de ninfas osciló de 0-21 por m⁻², en las masas de "saliva" hubo de 1-5 ninfas.

Palabras clave: Agregación, Geoestadística. Hábitat, Infestación, Semivariogramas.

3.2 ABSTRACT

In the Sierra Norte de Puebla the pine spittlebug *Ocoaxo* near *fowleri* has been associated with severe defoliation of conifers in forests. Obtaining information on spatial distribution in coniferous forests is crucial for the development of more efficient sampling and the application of Integrated Management Programs. The objective of this research was to identify the type of distribution and abundance of nymph populations in the soil. For data collection, in forest areas seriously affected by adults of the previous generation in the municipality of Zacatlan de las Manzanas, Puebla. 31 sampling sites of 20x20 meters (400 m²). Were established in each site and 20 counts were made in subsites of 1 m². The information was analyzed by two methods, classical statistics (Scattering Index, Green Index, negative Binomial and Poisson distribution) and Spatial Geostatistics, from which the experimental semivariograms and scatter maps were obtained. The results of classical statistics generally showed an aggregate distribution corroborated by geostatistics and maps, where aggregation is clearly demonstrated and more than one aggregation point per site. Nymphs prefer the sites of higher humidity and with greater amount of organic matter. The density of nymphs ranged from 0-21 per m⁻², in the masses of "saliva" there were 1-5 nymphs.

Keywords: Aggregation, Geostatistics, Habitat, Infestation, Semivariograms.

3.3 INTRODUCCIÓN

El estado de Puebla situado en el centro de México ocupa el vigésimo lugar a nivel nacional respecto a superficie forestal, aloja 327 428.83 ha de bosques de coníferas. En la Sierra Norte del estado domina *Pinus patula* Schiede ex Schltdl.

& Cham., especie de gran valor silvícola (CONABIO, 2011). La derrama económica derivada del cultivo del bosque fue de 171 204 m³ rollo, con un valor de \$ 173 371 000.00 m.n. (INEGI, 2015).

En los últimos años en los bosques del Estado de Puebla hubo claras perturbaciones, expresadas en la disminución de calidad y superficie arbolada. A principios de 2011 se presentaron síntomas de caída foliar en los pinos de los municipios de Xochiapulco y Zautla, para 2014 la sintomatología se extendió a los municipios de Zacatlán, Tétela de Ocampo, Aquixtla y Zacapoaxtla, los pinos afectados fueron *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. montezumae* Lamb. y *P. patula* (Pichardo *et al.* 2017). En 2015 la superficie afectada alcanzó 3 500 ha y se llamó al problema “declinación del pino”, las causas que originaron los cambios de color se identificaron en 2016, uno de los principales daños fue el causado por adultos del insecto *Ocoaxo* cerca *foveri*, los cuales se alimentan de la savia de las acículas generando lesiones, al paso de las semanas se extienden hasta decolorarlas y provocar su caída prematura (Cibrián com. pers.), en el presente estudio se demostró que las ninfas de esta especie se desarrollan dentro del suelo alimentándose de raíces de pinos y posiblemente de otras plantas, las cuales secretan una mezcla de agua, proteínas y mucopolisacáridos por el ano, a dicha mezcla le inyectan aire produciendo una masa espumosa similar a un “salivazo” (Castro; 2017), de ahí su nombre “salivazo de los pinos”.

Los daños que provoca la ninfa en las raíces no se han documentado debido a su comportamiento oculto. En cambio los que generan los adultos en las acículas son evidentes y claramente definidos, inician con lesiones discretas que con el paso del tiempo se extienden a toda la acícula y llevan a la acícula a una coloración café – rojizo y posteriormente generan su caída prematura.

La disposición espacial de las poblaciones de ninfa en el suelo no se conoce y por las evidencias de las observaciones inicialmente realizadas solo se reconoció que se encuentran en grupos a una profundidad de 3 a 10 cm. Por lo anterior se consideró importante determinar el patrón de disposición espacial de las poblaciones de ninfas en los ambientes naturales donde se desarrollan.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Zacatlán de las Manzanas, uno de los principales municipios que conforman el complejo montañoso denominado Sierra Norte de Puebla, situado en las coordenadas geográficas; 19° 50´ y 20° 06´ latitud norte y 97° 51´ y 98° 11´ longitud oeste, con altitud entre los 900 y 2 900 msnm. La temperatura media oscila de los 10 – 20 °C, la precipitación media anual es de 700 – 2 100 mm. Los principales climas de la zona son templado húmedo con abundantes lluvias en verano C(m) y templado subhúmedo con lluvias en verano C(w₂), el 39% de la superficie corresponde a bosques (INEGI, 2009).

El muestreo se realizó en los meses de julio y agosto de 2016 cuando las poblaciones de ninfa estuvieron desarrollándose dentro del suelo. Para la toma de datos se establecieron 31 sitios de muestreo, con un rango altitudinal de 1 970 a 2 160 msnm y no más de 1 500 metros de distancia del sitio más alejado. Todos dentro de bosques seriamente afectados por adultos de la generación anterior. Las dimensiones de los sitios fueron de 20 x 20 m (400 m²); en cada uno de ellos se tomaron 20 subsitios de muestreo de 1 m² escogidos al azar, cada uno fue georreferenciado con un sistema de posicionamiento global (GPS marca Garmin *etrex* 20). Para la delimitación del subsitio se utilizó un cuadro de tubos PVC de 1 x 1 m, posteriormente se removió la materia orgánica y hojarasca con herramienta manual hasta tener el suelo desnudo y poder detectar y registrar el número de ninfas presentes en cada masa de saliva. La información registrada en un formato previamente diseñado se trasladó a una base de datos en el programa Excel®.

Los métodos utilizados para determinar la distribución espacial de la plaga fueron; las distribuciones estadísticas (Binomial negativa y Poisson), los índices de dispersión (de Green y de Dispersión) y la estadística espacial. En las distribuciones estadísticas para ajustar los modelos a los datos se recurrió al programa MLP de máxima verosimilitud (Ross, 1987) y las bondades de ajuste fueron reconocidas con un test χ^2 (Ramírez & Porcayo, 2009).

Estadística clásica o no espacial

Índice de dispersión (ID); basado en la comparación de varianza - media aritmética, un valor similar se refiere a una distribución Poisson. La obtenemos con la siguiente formula;

$$ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

Los valores de decisión se toman de acuerdo a los resultados obtenidos; a) Si el valor corresponde a cero la distribución será uniforme, B) Un valor igual a uno corresponde a una distribución aleatoria y c) Si el valor es mayor a uno la distribución es agrupada.

Índice de Green (IG); propuesto por Green en 1966, planteó un índice independiente del número de muestras, con la siguiente ecuación;

$$IG = \frac{(s^2/x)}{n-1} - 1$$

Se utiliza para comparar el muestreo con la población, los valores promedio de la muestra y el número de sitios de muestreo. El índice oscila entre -1 (uniforme), 0 (aleatorio) y 1 (máximo agrupamiento) (Green, 1966; García, 2002).

Distribución de Poisson; plantea que los individuos de una población se encuentran dispersos aleatoriamente (Jiménez *et al.*, 2008). Da las probabilidades para el número de individuos por unidad de muestreo, bajo las siguientes condiciones; 1) cada unidad tiene la misma posibilidad de tener un individuo, 2) la ocurrencia de un individuo no influye en la ocupación de otro, 3) cada unidad de muestreo esta igualmente disponible para cualquier individuo y 4) el número de individuos por unidad es relativamente bajo para la máxima posibilidad que podría ocurrir en el sitio muestreado (García, 2002).

Distribución binomial negativa; una de las distribuciones de probabilidad más utilizada cuando los individuos de un ecosistema tiende a presentar grupos de individuos alternados con espacios abierto, explica los fenómenos agrupados.

La distribución presenta dos parámetros;

1.- μ = el promedio del número de individuos por unidad de muestreo.

2.- K parámetro que se relaciona con el grado de agrupamiento (García, 2002).

Es en sí mismo un Índice de contagio y se relaciona inversamente con el parámetro de agregación (Taylor, 1984; Jiménez *et al.*, 2008).

Estadística espacial (SADIE)

Para ejecutar esta metodología se utilizó el índice basado en la distancia para la regularidad I_a y el Índice J_a basado en la distancia de agrupamiento (Perry 1995a, b).

Para la estimación de los índices I_a y J_a , los datos registrados son considerados como un sistema de conteos de individuos, donde $i = 1, \dots, n$ unidades de muestreo, se conoce la posición bidimensional (x_i, y_i) de cada unidad de muestreo y el conteo asociado, N_i . La distancia para la regularidad, " D ", es el valor mínimo de la distancia total que los individuos en la muestra se pudieran haber movido, de una unidad de muestreo a otra. P_a (probabilidad de agregación) es la proporción de muestras seleccionadas al azar con distancia para la regularidad tan grande como el valor observado. Un valor de P_a procedente de una gran cantidad de aleatorizaciones provee una prueba formal de aleatoriedad; por lo tanto la hipótesis nula de aleatoriedad espacial se puede rechazar, si $P_a < 0,025$ (a favor de la hipótesis alternativa de agregación), o si $P_a > 0,975$ (a favor de la alternativa de regularidad). La distancia media aritmética para la regularidad de las muestras aleatorias se denota como E_a , tal así el Índice de agregación será $I_a = D/E_a$. Comúnmente se expresa que una muestra es agregada si $I_a > 1$, la muestra es espacialmente aleatoria si $I_a = 1$, y la muestra es regular si $I_a < 1$.

El término C indica la distancia para el agrupamiento, valor mínimo de la distancia total que los individuos de la muestra se deben desplazar para agruparse en una unidad. Permutaciones aleatorias de los conteos observados conducen a una proporción denominada Q_a (probabilidad de agrupamiento), con una distancia para el agrupamiento tan pequeña como el valor observado. Semejantemente, la hipótesis nula de aleatoriedad puede ser rechazada si $Q_a < 0,025$ (en favor de la alternativa de agregación) o si $Q_a > 0,975$ (a favor de la alternativa de regularidad). La distancia media para el agrupamiento para muestras aleatorias es definida como F_a , entonces el índice de agregación J_a , se define como $J_a = F_a / C$. Al igual que el índice I_a los valores de $J_a > 1$ indican una muestra agregada, $J_a = 1$ representan datos espacialmente aleatorios y $J_a < 1$ muestras regulares. De tal manera, los valores del índice J_a sirven para corroborar los resultados

obtenidos con el índice I_a . También este índice es utilizado para diferenciar entre patrones espaciales donde hay un único agrupamiento importante para el cual sus valores son significativamente mayores que la unidad, y en donde hay dos o más agrupamientos para los cuales su valor es significativamente diferente de la unidad o incluso menor que ella. Para determinar la significación con respecto a la unidad se utiliza su probabilidad respectiva (Q_a) (Perry, 1998; Ramírez & Porcayo, 2009). El programa utilizado para determinar los índices antes mencionados fue el SADIE 1.22.

Análisis geoestadístico

Con los datos obtenidos en campo, se estimó el semivariograma experimental y se ajustó con modelos preestablecidos con el programa Variowin 2.2 (Software for spatial data analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA). El valor experimental del semivariograma fue calculado mediante la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts 1978; Isaaks y Srivastava 1989; Ramírez *et al.* 2013):

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

Dónde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h ; $N(h)$ 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 x_i , y $z(x_i + h)$ es el valor de la variable de interés en el punto $x_i + h$.

Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma

Conseguido el semivariograma experimental de cada sitio de muestreo del salivazo del pino, se realizó su ajuste a algún semivariograma teórico (esférico, exponencial, gaussiano, etc.) (Englund & Sparks 1988; Ramírez *et al.* 2013), para realizar dicho ajuste se utilizó el programa Variowin versión 2.2.

Validación del modelo teórico

La validación de los diferentes modelos teóricos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó mediante el procedimiento de validación cruzada (Isaaks y Srivastava 1989). Los parámetros del modelo a validar fueron C_0 (efecto pepita), $C + C_0$ (meseta) y a (rango o alcance) se fueron modificando a

prueba y error hasta lo obtener los estadísticos de validación cruzada adecuados. Los estadísticos son los siguientes:

a) Media de los errores de estimación (MEE):

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Dónde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medio de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales realizados en la interpolación. El MEE no debe ser significativamente distinto de 0 (test t), en cuyo caso, indicaría que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimativos no sesgados.

b) Error cuadrático medio (ECM): Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla, el ECM es menor que la varianza de los valores muestrales (Hevesi *et al.* 1992). Expresado de la siguiente manera:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2$$

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

$$ECMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]^2}{\sigma k}$$

Dónde: σk = desviación estándar del error esperado en la estimación con el krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

d) Conjuntamente se debe cumplir que la varianza de los errores de estimación debe ser \leq que la varianza muestral (Samper y Carrera 1996; Ramírez & Porcayo, 2010).

Nivel de dependencia espacial

El establecimiento del grado de relación o nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresado en porcentaje su resultado. Si el resultado es menor que el 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es

moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al* 1994; Ramírez *et al.* 2013).

Elaboración de mapas

La interpolación se realizó a través del krigeado ordinario, esta técnica permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapas para cada sitio de muestreo mediante el uso del programa Surfer 9.0 (Surface-MappingSystem, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 804011866. USA).

Superficie infestada

En base a los mapas realizados utilizando el método del krigeado ordinario, se decretó el porcentaje de infestación establecido por el insecto en los sitios de muestreo. Para lo cual se utilizó el programa Surfer 9.0 (Ramírez & Porcayo, 2009).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron varios estudios en los que se aplicaron métodos geoestadísticos y de distribución espacial, aplicados en insectos, plantas parasitas o enfermedades, pero la distribución espacial con la metodología descrita busca encontrar nuevos métodos y se reporta por primera vez para la plaga de importancia forestal, en la Sierra Norte, como lo es el “salivazo del pino” *Ocoaxo cerca fowleri*. La distribución espacial en las especies de salivazos de la familia Cercopidae han sido estudiados con distintas metodologías, entre los cuales están (Utrera, 2005), (Anjos *et al.*, 2010) y (Figueredo, Andrade, Cova, Mora, & Aza, 2012), los cuales reportan resultados similares a los obtenidos en este estudio.

Con los resultados se generaron los modelos y mapas del comportamiento espacial de los estados inmaduros del cercópido *O. cerca fowleri*, porcentaje de infestación y nivel de dependencia espacial. Los cuales son detallados a continuación;

Índices de dispersión

Más del 50 % de los sitios arrojan una distribución agregada del salivazo, a excepción de los sitios 6, 10, 15, 19, 23, 25, 29 y 31 a los cuales se le atribuye una distribución aleatoria, debido a sus valores menores a uno. Con el Índice de Green se confirma una agregación para todos los sitios de muestreo, pero siendo leve por su valor cercano a 1 (Cuadro 1). Acorde a los resultados se aprecian ciertas irregularidades para determinar con precisión la distribución espacial del insecto objeto de estudio. Ramírez & Porcayo (2010) reportan el índice de Green como el más adecuado ya que es independiente del número total de insectos capturados y el valor medio de su abundancia, aunque no es independiente del tamaño de la muestra. En cambio el índice de dispersión al utilizar la varianza para evaluar el grado de agregación el inconveniente principal es la utilización directa de la abundancia, lo cual poblaciones con medias y altas densidades presentan valores altos limitando la confiabilidad. Jiménez *et al.* (2005 y 2008) reportan una distribución agregada utilizando el índice de dispersión y confirmada por el índice de Green para el *Curculio elephas* en encinares de España. Mientras que para especies de salivazo se confirma una distribución agregada, tal como lo reporta Figueredo *et al.*, (2011 y 2012) en huevos y ninfas del salivazo *Aenolamia varia* Fabricius usando el Índice de Morisita, igual que el salivazo de la caña de azúcar *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Anjos *et al.*, 2010).

De acuerdo con las distribuciones estadísticas los sitios 3, 8, 18, 21, 25 y 29 se ajustaron a una distribución de Poisson (distribución aleatoria). Por su parte la Binomial negativa (distribución agregada) se indica para la mayoría de los sitios. No obstante se puede notar que los sitios 3, 8, 18, 21, 25 y 29 se tienen resultados confusos ya que los dos tipos de distribuciones son aplicables, y esto puede ser a un valor grande de k (grado de agrupamiento) y por lo tanto la binomial negativa tiende a la distribución de Poisson, por lo tanto al hacerse el ajuste estadístico por máxima verosimilitud se ajustan a ambos modelos Ramírez & González (2007). La binomial negativa estima el parámetro K , y puede ubicarse entre 0 e infinito, cuando se aproxima a infinito la distribución tiende ajustarse a Poisson (al azar), mientras que cuanto más se acerca a cero mayor será el grado de agregación de la población y mejor su ajuste a la binomial negativa (Poole 1974;

Vivas & Notz 2011). Los valores de K oscilaron entre 1.10 y 13.77, esto explica porque donde se obtuvieron valores altos se ajustaron a ambos modelos, tanto Poisson como la binomial negativa. La gran mayoría de sitios indica una agregación, no siendo así para los sitios 25 y 29 que indica una dispersión aleatoria y el índice de Green una agregada, pero la binomial y la Poisson marcan que son significativas para ambas distribuciones. Para el caso de los sitios 4, 13, 22 y 26 no se pudo determinar ninguna de las dos distribuciones debido a que no fue posible determinar la convergencia de los algoritmos por máxima verosimilitud, tal así reportado por Ramírez & González (2007) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índices de Dispersión y distribuciones estadísticas del *O. cerca fowleri*.

Sitios	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	k
1	1.58s	0.008	NS	S	1.19
2	1.75s	0.003	NS	S	1.68
3	2.67s	0.007	S	S	7.45
4	2.23s	0.005	NA	NA	-
5	3.84s	0.001	NS	S	2.09
6	0.61ns	0.004	NS	S	1.23
7	1.90s	0.003	NS	S	3.75
8	2.55s	0.006	S	S	9.43
9	1.71s	0.007	NS	S	1.44
10	0.77ns	0.003	NS	S	2.69
11	1.99s	0.001	NS	S	3.86
12	2.08s	0.008	NS	S	1.10
13	2.52s	0.004	NA	NA	-

14	3.86s	0.007	NS	S	2.27
15	0.72ns	0.002	NS	S	2.83
16	3.37s	0.005	NS	S	1.19
17	3.11s	0.007	NS	S	2.07
18	2.50s	0.004	S	S	10.25
19	0.64ns	0.001	NS	S	3.88
20	4.09s	0.008	NS	S	2.63
21	3.14s	0.006	S	S	6.84
22	2.27s	0.008	NA	NA	-
23	0.81ns	0.005	NS	S	1.99
24	2.49s	0.002	NS	S	2.54
25	0.66ns	0.006	S	S	11.92
26	4.27s	0.002	NA	NA	-
27	3.19s	0.007	NS	S	3.11
28	2.36s	0.005	NS	S	2.31
29	0.69ns	0.001	S	S	13.77
30	2.55s	0.007	NS	S	3.80
31	0.84ns	0.004	NS	S	1.12

S=significativa; NS= no significativa; nivel de significación al 5%; NA=No Ajustado

Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE)

El Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE) es una metodología que detecta y mide el grado de no aleatoriedad en los patrones espaciales bidimensionales de las poblaciones, tiene la ventaja que miden únicamente la heterogeneidad de la varianza, ya que utiliza toda la información de espacial de muestra (Perry 1998).

La aplicación de esta metodología corrobora una agregación, en cuanto al Índice de agregación I_a , el valor más alto fue de 1.74 en el sitio 15 y el más bajo de 1.35 en el sitio 2 (Cuadro 2). Por su parte el Índice J_a el valor mínimo se encontró en los sitios 2 y 19 con de un valor de 1.07 y el mayor fue 1.25 en el sitio 26. Dados los valores superiores a 1, y tomando en cuenta las reglas de decisión, tanto el índice I_a como J_a si son > 1 indican una distribución agregada. A la par el Índice J_a determina la cantidad de centros de agregación, cuando el valor no se aleja de la unidad indica que la distribución espacial de las poblaciones del salivazo se concentra en más de un punto de agregación.

Los resultados derivados de los índices I_a y J_a corroboran la distribución agregada del salivazo en coníferas. Estudios reportados por Esquivel & Jasso (2014) del gusano soldado, indican que tanto el índice I_a como J_a son superiores a 1 lo que resulta una distribución agregada. Así sucede con la distribución del muérdago, una agregación confirmada por los índices, además el índice J_a al ser ligeramente superior a 1, indica que la distribución se extendió a más de un punto (Ramírez & González 2007). Y concuerda con los reportes de Ramírez & Sánchez (2011) en *Sporisorium reilianum*.

Cuadro 2. Valor de los índices J_a , I_a y sus probabilidades P_a y Q_a .

Sitio	I_a	P_a	J_a	Q_a
1	1.46	0.009s	1.10	0.175ns
2	1.35	0.011s	1.07	0.133ns
3	1.70	0.005s	1.13	0.178ns
4	1.48	0.003s	1.20	0.195ns
5	1.51	0.013s	1.19	0.156ns
6	1.67	0.012s	1.09	0.129ns
7	1.49	0.010s	1.11	0.167ns
8	1.72	0.005s	1.23	0.231ns
9	1.60	0.016s	1.24	0.249ns

10	1.57	0.011s	1.12	0.170ns
11	1.52	0.004s	1.08	0.211ns
12	1.43	0.012s	1.21	0.233ns
13	1.61	0.010s	1.19	0.159ns
14	1.69	0.008s	1.14	0.211ns
15	1.74	0.005s	1.12	0.173ns
16	1.50	0.013s	1.15	0.192ns
17	1.68	0.017s	1.18	0.264ns
18	1.52	0.014s	1.24	0.195ns
19	1.44	0.010s	1.07	0.244ns
20	1.63	0.012s	1.09	0.163ns
21	1.55	0.007s	1.17	0.222ns
22	1.71	0.015s	1.14	0.199ns
23	1.49	0.006s	1.17	0.206ns
24	1.62	0.011s	1.25	0.151ns
25	1.75	0.008s	1.13	0.231ns
26	1.36	0.012s	1.25	0.201ns
27	1.56	0.016s	1.09	0.167ns
28	1.38	0.004s	1.22	0.191ns
29	1.43	0.012s	1.18	0.260ns
30	1.65	0.017s	1.16	0.177
31	1.40	0.011s	1.11	0.208ns

ns: no significativo al 5% s: significativo al 5%

Resultados del Análisis geoestadístico

Los modelos de los semivariogramas y los parámetros ajustados para cada sitio de muestreo se presentan en el Cuadro 3. Los semivariogramas casi en su totalidad se ajustaron al modelo gaussiano, con excepción de los sitios 7, 12, 18 y 30 que fueron ajustados a un modelo esférico (Figura 1). El ajuste de la mayoría de los semivariogramas al modelo gaussiano indica que el comportamiento espacial de los centros de agregación de la plaga se presenta de forma continua en los sitios de muestreo dentro del bosque, mientras que los que se ajustan al modelo esférico reflejan que los centros de agregación se dispersan de forma aleatoria, pero que estas agregaciones se presentan en mayor cantidad en ciertas zonas del sitio respecto al resto de los puntos considerados en el muestreo (Ramírez *et al.*, 2013). Anjos *et al.* (2010) reportan para *Mahanarva fimbriolata* un ajuste esférico de los semivariogramas. De acuerdo con Maldonado *et al.* (2017b) quien reporta el ajuste del modelo gaussiano para trips en aguacate, la dispersión se ve beneficiada o perjudicada por las etapas fenológicas de los árboles debido a la alimentación de brotes tiernos y frutos. Mientras que los sitios ajustados a modelos esféricos Maldonado *et al.* (2016) indica que dentro de las parcelas existen zonas donde hay mayor incidencia de trips, los centros de agregación se ubican en lugares específicos. Así también coinciden ambos modelos ajustados en el gusano soldado que afecta fuertemente las parcelas de maíz (Esquivel & Jasso, 2014). El valor del efecto pepita obtenido fue cero (Cuadro 3), lo cual significa que nuestra escala de muestreo fue adecuada y que no existió error de muestreo (Ramírez *et al.* 2013), por lo cual podemos aseverar que la agregación presentada en las poblaciones del salivazo son bien representadas por los semivariogramas obtenidos, lo cual resulta que el 100% de la variación de la distribución de *O. cerca fowleri* se explica con la estructura espacial de los semivariogramas de cada sitio de muestreo, coincidiendo con lo reportado por Maldonado *et al.* (2016) y Maldonado *et al.* (2017b). El rango obtenido en los sitios de muestreo oscila entre 4.628 y 12.600 m, que indica la distancia máxima hasta la cual existe una relación espacial entre los datos, en *Mahanarva fimbriolata* el rango oscila de 23 a 55 m

(Anjos *et al.*, 2010). El resultado del rango puede estar influenciado por varios factores bióticos y abióticos. Los valores de la meseta se encuentran entre 0.030 y 32.760 para los modelos gaussianos y 0.252 a 10.292 para el modelo esférico (Cuadro 3). Para todos los sitios el nivel de dependencia espacial fue alta (Cuadro 3), lo cual nos refleja que los datos y los centros de agregación están asociados entre sí, de manera altamente significativa, de la misma forma coincide con los resultados presentados por Maldonado *et al.* (2017) reportan una dependencia espacial alta en la distribución espacial de trips en cultivos de aguacate, Esquivel & Jasso (2014) reportan una dependencia espacial alta para el gusano soldado y Ramírez & Porcayo (2008) para el mosquito verde.

Los modelos de distribución lograron validarse con los estadísticos de validación cruzada al encontrarse dentro de los rangos permisibles (Cuadro 4). La Media de los Errores de Estimación (MEE) no fue significativa y el valor del Error Cuadrático Medio (ECM) se aproximó a cero, lo cual permitió comprobar que los datos interpolados tienen una buena correlación, esto coincide con lo reportado por Maldonado *et al.*, (2017b) quienes validaron los modelos para trips en aguacate Díaz *et al.*, (2012) para *Alternaria Solani* Sor. en el cultivo de tomate de cascara, encontrando una buena correlación entre los datos obtenidos en los muestreos.

Cuadro 3. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *O. cerca fowleri* por sitios de muestreo.

Sitio	Varianza	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/Meseta (%)	Nivel de dependencia espacial
1	0.05	Gaussiano	0	4.628	0.030	0	Alta
2	0.23	Gaussiano	0	10.030	0.192	0	Alta
3	38.91	Gaussiano	0	10.830	32.760	0	Alta
4	5.53	Gaussiano	0	7.604	4.928	0	Alta
5	8.55	Gaussiano	0	7.200	6.146	0	Alta
6	0.23	Gaussiano	0	8.040	0.186	0	Alta
7	11.45	Esférico	0	9.129	10.292	0	Alta

8	0.13	Gaussiano	0	7.540	0.112	0	Alta
9	0.43	Gaussiano	0	8.389	0.388	0	Alta
10	0.09	Gaussiano	0	6.997	0.065	0	Alta
11	8.15	Gaussiano	0	8.700	7.380	0	Alta
12	0.29	Esférico	0	8.520	0.252	0	Alta
13	4.25	Gaussiano	0	8.800	3.804	0	Alta
14	1.19	Gaussiano	0	9.280	1.074	0	Alta
15	16.81	Gaussiano	0	8.640	14.555	0	Alta
16	1.89	Gaussiano	0	8.320	1.485	0	Alta
17	1.40	Gaussiano	0	9.686	1.282	0	Alta
18	2.65	Esférico	0	8.670	2.420	0	Alta
19	0.51	Gaussiano	0	9.860	0.416	0	Alta
20	0.13	Gaussiano	0	10.223	0.108	0	Alta
21	3.99	Gaussiano	0	11.569	3.505	0	Alta
22	4.23	Gaussiano	0	8.031	4.012	0	Alta
23	6.30	Gaussiano	0	8.160	5.152	0	Alta
24	0.49	Gaussiano	0	9.095	0.386	0	Alta
25	2.63	Gaussiano	0	9.575	2.187	0	Alta
26	0.84	Gaussiano	0	8.631	0.733	0	Alta
27	2.05	Gaussiano	0	9.268	1.685	0	Alta
28	1.15	Gaussiano	0	12.600	1.008	0	Alta
29	8.49	Gaussiano	0	9.280	7.225	0	Alta
30	3.93	Esférico	0	9.350	3.320	0	Alta

Cuadro 4. Valores de los estadísticos de la validación cruzada.

Sitio	Tamaño de la Muestra	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE	Varianza de los Errores	ECM	ECMA
1	20	0.05	0.05	0.07ns	0.02	0.11	1.13
2	20	0.15	0.23	0.11ns	0.11	0.13	1.09
3	20	6.70	38.91	0.10ns	21.64	0.09	1.10
4	20	2.65	5.53	0.14ns	3.29	0.10	1.07
5	20	2.55	8.55	0.08ns	6.07	0.12	1.11
6	20	0.15	0.23	0.11ns	0.19	0.11	1.09
7	20	3.95	11.45	0.13ns	10.33	0.06	1.12
8	20	0.15	0.13	0.10ns	0.10	0.14	1.10
9	20	0.35	0.43	0.12ns	0.27	0.10	1.14
10	20	0.10	0.09	0.06ns	0.02	0.08	1.13
11	20	2.95	8.15	0.09ns	6.28	0.12	1.07
12	20	0.25	0.29	0.11ns	0.15	0.07	1.11
13	20	5.05	4.25	0.13ns	2.82	0.13	1.12
14	20	0.75	1.19	0.10ns	0.86	0.08	1.10
15	20	5.30	16.81	0.08ns	13.09	0.11	1.09
16	20	1.25	1.89	0.14ns	1.35	0.13	1.06
17	20	1.00	1.40	0.11ns	1.13	0.12	1.14
18	20	0.95	2.65	0.12ns	2.21	0.10	1.12
19	20	0.30	0.51	0.07ns	0.37	0.08	1.10

20	20	0.15	0.13	0.11ns	0.11	0.12	1.13
21	20	2.10	3.99	0.06ns	2.62	0.10	1.11
22	20	1.35	4.23	0.10ns	2.98	0.09	1.08
23	20	4.00	6.30	0.13ns	4.03	0.11	1.12
24	20	0.25	0.49	0.09ns	0.25	0.14	1.09
25	20	1.35	2.63	0.11ns	1.81	0.07	1.06
26	20	0.40	0.84	0.14ns	0.69	0.13	1.13
27	20	1.05	2.05	0.12ns	1.55	0.11	1.10
28	20	0.50	1.15	0.10ns	0.83	0.10	1.12
29	20	3.90	8.49	0.08ns	5.95	0.09	1.09
30	20	1.35	3.93	0.13ns	2.17	0.14	1.11
31	20	3.00	12.00	0.09ns	10.47	0.12	1.10

ns: diferencia no significativa al 5%

Mapas de densidad (Krigado)

La distribución agregada de las poblaciones de la plaga queda expresada en cada uno de los mapas (Fig. 2). Para la realización de los mapas se utilizó la técnica de krigado, para lo cual se utilizaron distintos colores, el color rojo indica mayor presencia de insectos contabilizados, por el contrario el color blanco demuestra ausencia de la plaga.

Con la elaboración de mapas se puede notar los focos de agrupamiento en cada uno de los sitios de muestreo y en algunos la existencia de más de un foco de agregación, por dichos resultados se confirma lo establecido con índices I_a y J_a del SADIE y el análisis geoestadístico. El índice J_a demostró ser un poco superior a la unidad, con valores cercanos, indicando que en todos los sitios existe más de un centro de agregación.

En los mapas de densidad son claros los centros de agregación de las poblaciones de *O. cerca fowleri*, por lo cual desde un punto de vista fitosanitario

permiten establecer de manera precisa las medidas de control, así también es reportado para trips en aguacate por Ramírez *et al.*, (2013) y el gusano soldado por Esquivel & Jasso (2014).

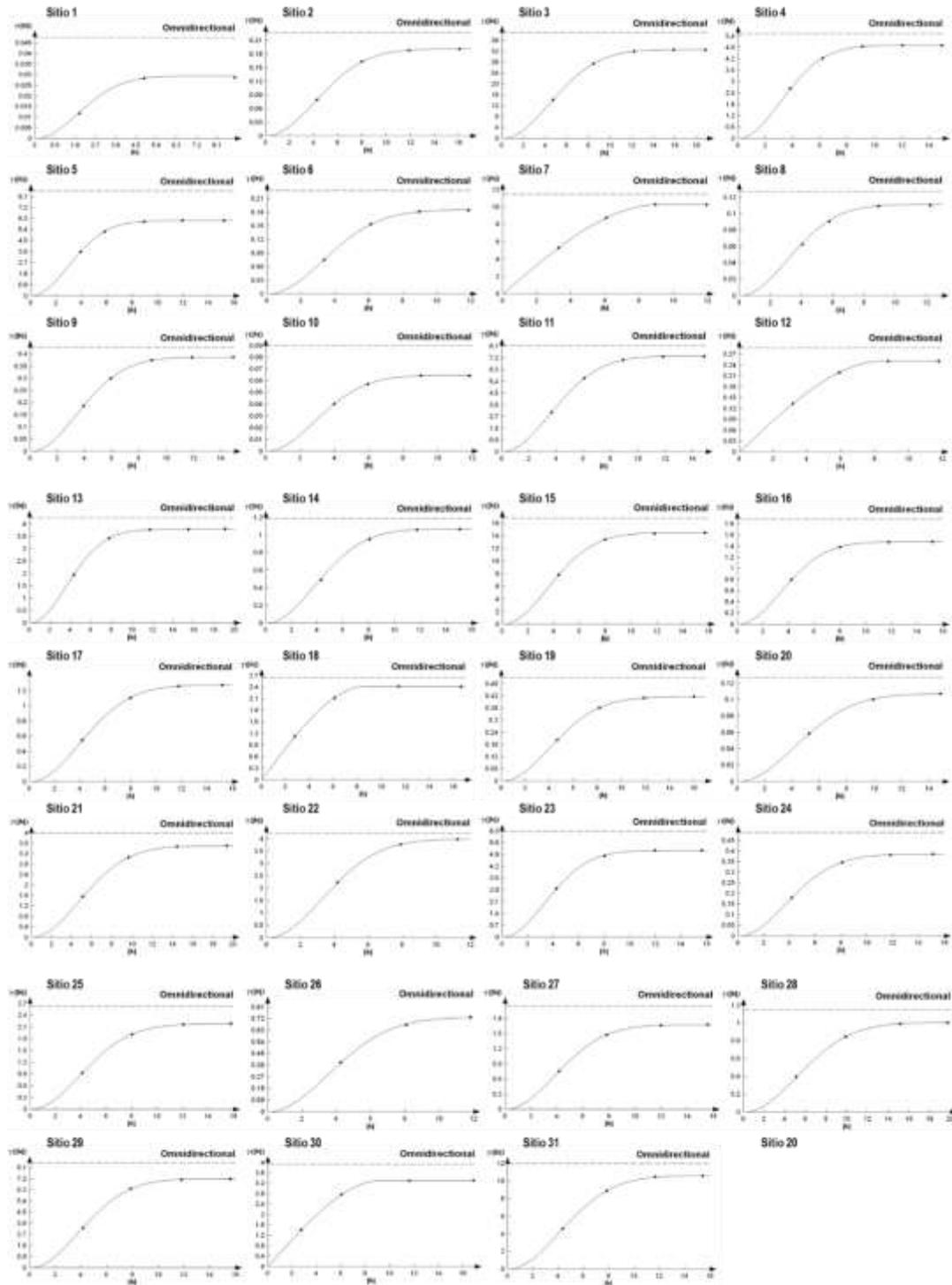
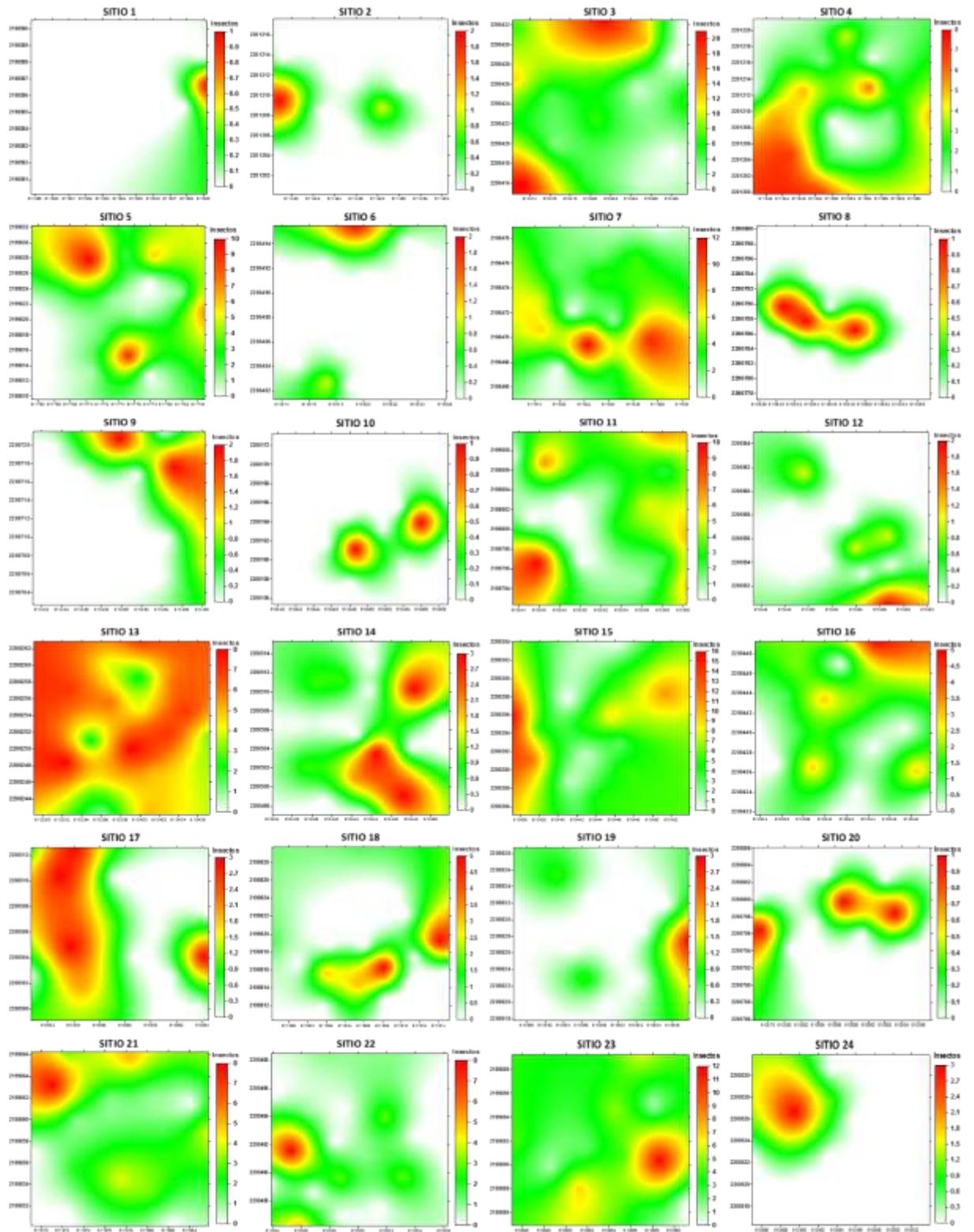


Figura 5. Semivariogramas de la distribución espacial del *O. cerca fowleri* en los sitios de muestreo.



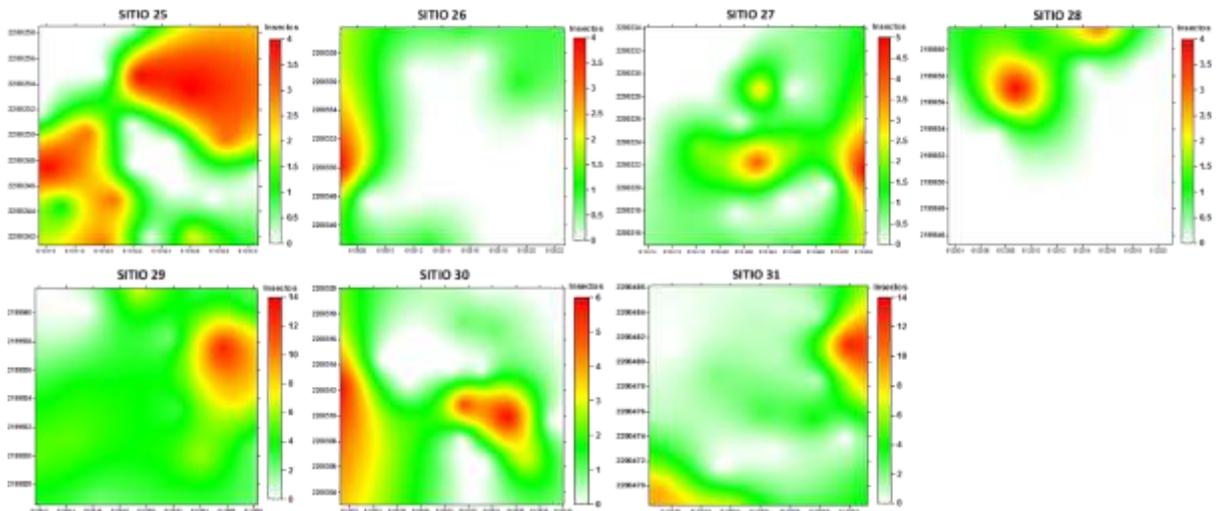


Figura 6. Mapas de distribución del salivazo del pino, en base al Krigeado por sitio de muestreo.

Porcentaje de superficie infestada en base a los mapas de densidad

Con la elaboración de los mapas con el krigeado se obtuvo la superficie infestada, la cual va desde un 22 % en el sitio 2 hasta el 100 % del sitio 13 (Cuadro 5), correspondientes a un modelo gaussiano. Siendo muy variante el porcentaje de infestación en los sitios de muestreo. También se pudo observar de manera general que la densidad no influyo en la superficie infestada, pues aquellos sitios con mayor cantidad de insectos muestreados no tuvieron el 100 % de infestación, esto nos da a inferir que tiene que ver más con los centros de agregación, donde se concentra la plaga.

La superficie infestada se presentó al menos en un sitio con el 100% contrario a lo reportado por Ramírez & Porcayo (2008) donde señala que el mosquito verde no invade el 100% de las áreas, es decir la infestación no es uniforme, los trips en aguacate presentan el mismo patrón en parcelas con un 100% de infestación (Maldonado *et al.* 2017b). En otras especies de salivazo las ninfas no cubren el 100% de la superficie como es el caso de *Aeneolamia varia* (Figueredo *et al.*, 2012), en cambio de acuerdo a lo percibido en los mapas *Mahanarva fimbriolata* si llega a infestar las parcelas casi en su totalidad (Anjos *et al.*, 2010). Sin embargo el encontrar un sitio infestado al 100% no significa que todos los sitios tengan el mismo patrón, sino se debe tener en cuenta que no todos los sitios son

homogéneos. Conocer las áreas infestadas ayuda a precisar el control, dirigido a los centros de agregación y un posible ahorro (Esquivel & Jasso, 2014).

La disposición agregada del salivazo *A. varia* está influenciada por factores bióticos y abióticos, así lo reporta Figueredo *et al.* (2012), los patrones de distribución espacial de la ninfa es agregado, con focos heterogéneos, pero sin un comportamiento constante o progresivo en el espacio y el tiempo, la presencia de la ninfa está condicionada por el clima y el principal elemento de mayor influencia es la precipitación, otros factores físicos (humedad, viento, luz, suelo) y biológicos (atracción por cultivos, lugares y tipo de diapausa, parasitismo o depredación, etología de copulación, etc.) debido a que el medio no es verdaderamente homogéneo, así como también las ninfas recién emergidas tienen la capacidad de movilización en busca del tejido radicular donde inicia su período de alimentación. Crespo *et al.* (2012) atribuyen la disposición agregada a los hábitos de oviposición de la hembra y características de su comportamiento, por la presencia de gradientes en la densidad de la plaga, o por un ambiente heterogéneo que propicia el agrupamiento de individuos para explotar los sitios óptimos para su supervivencia.

Cuadro 4. Porcentaje de superficie infestada y no infestada de *O. cerca fowleri* por sitio de muestreo.

MUESTREO	SUPERFICIE INFESTADA %	SUPERFICIE NO INFESTADA %
1	24	76
2	22	78
3	85	15
4	86	14
5	76	24
6	27	73
7	90	10

8	26	74
9	48	52
10	23	77
11	84	16
12	50	50
13	100	0
14	70	30
15	83	17
16	80	20
17	61	39
18	57	43
19	52	48
20	38	62
21	81	19
22	62	38
23	92	8
24	37	63
25	71	29
26	49	51
27	63	37
28	40	60
29	89	11
30	64	36

3.6 CONCLUSIONES

Los métodos de la estadística clásica (distribuciones estadísticas e índices de dispersión) expresan de manera general un comportamiento agregado. Sin embargo, presentan algunas confusiones, debido a que en algunos sitios se encontró una distribución aleatoria y en algunos otros no se pudo atribuir ningún tipo de distribución.

Los resultados obtenidos con las técnicas de la Geoestadística mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, encontrándose un nivel de dependencia alto en todos los sitios de muestreo. Los índices I_a , J_a demostraron ser eficientes para la determinación de la estructura espacial de las poblaciones del cercópido. Simultáneamente se generaron mapas de densidad en los cuales se aprecia más de un punto de agregación en la mayoría de los sitios, así como el porcentaje de superficie infestada, siendo solo un sitio el que alcanza el 100%, pero en los demás se identifican áreas libres de incidencia, por lo cual podemos plantear hacer métodos de control específicos, siendo adecuados y útiles en la interpretación del comportamiento de la plaga.

3.7 BIBLIOGRAFÍA

- Anjos, I. A., Dinardo-Miranda, L. L., Garcia, J. C., Braz, A. J., Tavares, C. B., Geromel, R. J., ... Duarte, J. C. S. (2010). SPATIAL DISTRIBUTION OF SUGARCANE SPITTLEBUG, *Mahanarva fimbriolata*, IN SUGARCANE FIELDS. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 27, 1–7.
- Castro V., U. (2017). Familia Cercopidae. En: Cibrián T., D. (Ed.). *Fundamentos de*

- Entomología Forestal*. (pp: 141-144). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- CONABIO. (2011). *La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. (B. U. A. de P. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Ed.). Puebla. Retrieved from <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/BiodiversidadenPuebla.pdf>
- Crespo-Herrera, L. A., Vera-Graziano, J., Bravo-Mojica, H., López-Collado, J., Reyna-Robles, R., Peña-Lomelí, A., ... Garza-García, R. (2012). DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) EN TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* (Brot.)). *Agrociencia*, 46(3), 289–298.
- Díaz, M., González, L.C., Cosío, E.C., Cardoso, G.C. 2012. Estimación espacial de la intensidad de *Alternaria solani* Sor. en el cultivo del tomate en la estación de protección de plantas de Lajas. *Investigación Operacional* 33(1): 85-95.
- Esquivel Higuera, V., & 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*, 5(6), 923–935.
- Figueredo, L., Andrade, O., Cova, J., Mora, O., & Aza, G. (2012). Distribución espacio temporal de ninfas de *Aeneolamia varia* Fabricius (1787) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Entomotropica*, 27(1), 7–18.
- Figueredo, L., Andrade, O., Niño, M., Quintero, J., & Gregory, A. (2011). Distribución espacial de huevos de *Aeneolamia varia fabricius* (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Revista Unellez de Ciencia Y Tecnología*, 29, 59–66. Retrieved from <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/index.php/ruct/article/view/175/167>
- García, G. D. A. (2002). Distribucion espacial de bosques mixtos en la Sierra Madre Oriental, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Zacatlán , Puebla. Puebla. Retrieved from http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21208.pdf
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Puebla*. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). Puebla. Retrieved from http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/

espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825077129.pdf

- Jiménez, A., López, M. A., González-Andujar, J. L., Ocete, M. E., & Soria, F. J. (2008). Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.). *Agrociencia*, *XII*(1), 35–43.
- Jiménez, A., Soria, F. J., Villagrán, M., & Ocete, M. E. (2005). DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y VARIACIONES TEMPORALES DE *Curculio elephas* Gyllenhal EN BELLOTAS DE *Quercus rotundifolia* LAM. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, (37), 283–288. Retrieved from <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/44315>
- Maldonado-Zamora, F. I., Ramírez-Davila, J. F., Lara-Díaz, A. V., Rivera-Martínez, R., Acosta-Guadarrama, A. D., Figueroa-Figueroa, D. K., ... Tapia-Rodríguez, A. (2017). Estabilidad Espacial y Temporal de la Distribución de Trips en el Cultivo de Aguacate en el Estado de México. *Southwestern Entomologist*, *42*(2), 447–462.
- Maldonado-Zamora, F. I., Ramírez-Davila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Antonio-Némiga, X., & Lara-Díaz, A. V. (2016). Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México *. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *7*(4), 845–856.
- Maldonado, F. I., Ramirez, J. F., Lara, A. V., Acosta, D. A., Rivera, R., & Tapia, Reyes, A. (2017b). Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. *Ecosistemas Revista Científica de Ecología Y Medio Ambiente*, *26*(2), 52–60.
- Perry, J. 1995a. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farm- land habitat. In: Ecology and Inte- grated Farming Systems. D. M. Glen, M. A. Greaves, H. M. Anderson (eds.). Chichester, England. Wiley. pp. 221-242.
- Perry, J. 1995b. Spatial Analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*. *64*: 303-314.
- Pichardo-Segura, L. A., Pérez-Miranda, R., Ramírez-Huerta, L., Arriola-Padilla, V. J., & Ramírez-García, A. G. (2017). CARACTERIZACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR EL AGENTE CAUSAL DE LA CAIDA FOLIAR DE PINO EN PUEBLA, MÉXICO. *Agroproductividad*, *10*(8), 35–41.
- Ramírez-Davila, J. F., & Porcayo-Camargo, E. (2008). Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología*, *34*(2), 169–175.

- Ramírez-Davila, J. F., & Porcayo-Camargo, E. (2009). Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México , utilizando el Método del SADIE. *Madera Y Bosques*, 15(2), 93–111.
- Ramírez-Dávila, J. F., Sánchez Pale, J. R., & de León, C. (2011). Estabilidad Espacio Temporal de la Distribución del Carbón de la Espiga del Maíz (*Sporisorium reilianum*) en el Estado de México , México Stability of the Temporal. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(1), 1–14.
- Ramírez Davila, J. F., & González Andujar, J. L. (2007). Modelización y mapeo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera sur del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Revista de Geografía Agrícola*, 38, 19–32.
- Ramírez Davila, J. F., & Porcayo Camargo, E. (2010). Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca , México. *Bosque*, 31(1), 28–38.
- Ramírez Davila, J. F., Solares Alonso, V. M., Figueroa Figueroa, D. K., & Sánchez Pale, J. R. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(3), 545–562.
- Utrera, V. Y. (2005). *Dispersión de adultos de Aeneolamia postica (Walker) Fennah (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cercopidae)*. Colegio de Posgraduados.
- Vivas C., L. E., & Notz, A. (2011). Distribución espacial en poblaciones de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 11(1), 109–125.

CONCLUSIONES GENERALES

Las opciones de distribución espacial nos aportan un amplio campo para las futuras creaciones de los programas de manejo integral de plagas.

Los métodos de la estadística clásica (distribuciones estadísticas e índices de dispersión) expresan de manera general un comportamiento agregado. Sin embargo, presentan algunas controversias, debido a que en algunos sitios se encontró una distribución aleatoria, pero no dejan de ser imprescindibles en el análisis de datos. Los resultados obtenidos con las técnicas de la Geoestadística mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, siendo en nivel de

dependencia alto en todos los sitios de muestreo. Simultáneamente se generaron mapas de densidad en los cuales se aprecia más de un punto de agregación en la mayoría de los sitios, así como el porcentaje de superficie infestada, siendo solo un sitio el que alcanzo el 100%, por lo cual podemos plantear hacer métodos de control específicos, siendo adecuados y útiles en la interpretación del comportamiento de la plaga.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el Siglo XXI. *Madera Y Bosques*, 21, 17–28.
- Allen, C. D. (2009). Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasyva: Revista Internacional de Silvicultura E ...*, 60, 43–49. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=2990834&orden=215142>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7–28. Retrieved from [https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/revistas-seae/revista-agroecologia3/Agroecologia 3 2008.pdf](https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/revistas-seae/revista-agroecologia3/Agroecologia%203%202008.pdf)
- Alvarado-Rosales, D., Saavedra-Romero, L. de L., Almaraz-Sánchez, A., Tlapal-Bolaños, B., Trejo-Ramírez, O., Davidson, J. M., ... Quiroz-Reygadas, D. (2007). Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (*Quercus*, Fagaceae) en el Centro-Oeste de México. *Polibotanica*, 23, 1–21.
- Anjos, I. A., Dinardo-Miranda, L. L., Garcia, J. C., Braz, A. J., Tavares, C. B., Geromel, R. J., ... Duarte, J. C. S. (2010). SPATIAL DISTRIBUTION OF SUGARCANE SPITTLEBUG, *Mahanarva fimbriolata*, IN SUGARCANE FIELDS. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 27, 1–7.
- Baltazar Castañeda, H. (2015). CAMBIO CLIMÁTICO Y DIVERSIDAD DE INSECTOS EN EL VALLE DEL MANTARO. *Convicciones*, 57–71.
- Castro-Valderrama, U., Romero-Nápoles, J., Peck, D. C., Valdez-Carrasco, J. M., Llanderal-Cázares, C., Bravo-Mojica, H., ... Cibrián-Llanderal, V. D. (2017). First Report of Spittlebug Species (Hemiptera: Cercopidae) associated with *Pinus* Species (Pinaceae) in Mexico. *Florida Entomologist*, pp. 206–208.

<https://doi.org/10.1653/024.100.0136>

- Castro, U., Morales, A., & Peck, D. C. (2005). Dinámica Poblacional y Fenología del Salivazo de los Pastos Zulia carbonaria (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae) en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia. *Neotropical Entomology*, 34(3), 459–470.
- Cibrián-Tovar, D. (2008). *Manual para la identificación y manejo de plagas y enfermedades forestales en el Estado de Puebla*. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla, Ed.) (2008th ed.). Puebla.
- Cibrián-Tovar, D. (2017). *Fundamentos de Entomología Forestal*. (D. Cibrián-Tovar, Ed.) (1ra ed.). México: Universidad Autónoma Chapingo, CONACYT.
- Cibrián-Tovar, D. J. T., Montiel Méndez, R. Campos Bolaños, H. O. Yates, and J. Flores Lara. Insectos forestales de México. COFAN/NAFC. 1995. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Cobos JM. 1995. Nota sobre la presencia de *Haematoloma dorsatum* (Ahrens) en pinares del Sistema Central. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 21: 133– 137.
- CONABIO. (2011). *La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. (B. U. A. de P. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Ed.). Puebla. Retrieved from <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/BiodiversidadenPuebla.pdf>
- Constantino, L. M., Gil, Z. N., Jaramillo, A., Benavides M, P., & Bustillo, A. E. (2011). Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en la zona central cafetera de Colombia. In *Libro de Memorias 38° Congreso Sociedad Colombiana de Entomología* (pp. 106–119). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4683.9205>
- COVASSI, M.; ROVERSI, P. F. y TOCCAFONDI. P. (1989). Danni da *Haematoloma dorsatum* (Ahrens) su conifere (Homoptera, Cercopidae) I. Alterazione macroscopiche degli apparati fogliari. REDIA, LXXII (1): 259-275.
- Crespo-Herrera, L. A., Vera-Graziano, J., Bravo-Mojica, H., López-Collado, J., Reyna-Robles, R., Peña-Lomelí, A., ... Garza-García, R. (2012). DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) EN TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* (Brot.)). *Agrociencia*, 46(3), 289–298.
- De la Cruz-Zapata, G., García-López, E., Sánchez-Soto, S., Bautista-Martínez, N., Ortiz-Díaz, J. J., & Osorio-Osorio, R. (2016). Identidad de Mosca Pinta (Hemiptera: Cercopidae) y sus Hospederas en Cañaverales en Cárdenas, Tabasco, México.

- Southwestern Entomologist*, 41(1), 145–151.
- De Yta, Cabrera, E. J., & Villanueva-Jiménez, J. A. (2002). *Fluctuación poblacional y GDD de mosca pinta en caña de azúcar en Ursulo Galván, Veracruz*.
- Del Toro Borrego, M., & Méndez Barceló, A. (2007). INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA, HUMEDAD RELATIVA Y PRECIPITACIONES EN EL COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES DE INSECTOS PLAGAS ASOCIADOS AL CULTIVO DEL TABACO AL SOL EN EL MUNICIPIO DE PUERTO PADRE. *Fitosanidad*, 11(1), 19–24.
- Esquivel Higuera, V., & 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*, 5(6), 923–935.
- Figueredo, L., Andrade, O., Cova, J., Mora, O., & Aza, G. (2012). Distribución espacio temporal de ninfas de *Aeneolamia varia* Fabricius (1787) (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar a través de un sistema de información geográfica. *Entomotropica*, 27(1), 7–18.
- Gadow, K. Von, Sánchez Orois, S., & Aguirre Calderón, Ó. A. (2004). Manejo forestal con bases científicas. *Madera Y Bosques*, 10(2), 3–16. Retrieved from <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61710201%5Cnhttp://www.redalyc.org/redalyc/pdf/617/61710201.pdf>
- García García, Dora A. (2002). Distribución espacial de bosques mixtos en la Sierra Madre Orietal, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- García-García, C. G., López-Collado, J., Nava-Tablada, M. E., Villanueva-Jiménez, J. A., & Vera-Graziano, J. (2006). Modelo de predicción de riesgo de daño de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology*, 35(5), 677–688. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500017>
- Gránados Sánchez, D., & López Ríos, G. F. (2001). Declinación forestal. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 7(1), 5–13.
- Guzmán Mendoza, R., Calzontzi Marín, J., Salas Araiza, M. D., & Martínez Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 370–379.
- HERNÁNDEZ ALONSO, R.; MARTÍN BERNAL, E. y PÉREZ FORTEA, V., (1992) *Haematoloma dorsatum* (Ahrens) en Aragón. *Ecología*, 6: 335-340.
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J.,

- Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., ... Domínguez-Pereda, L. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 19(2), 189–199. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Hódar, J. A., Zamora, R., & Cayuela, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas Revista Científica de Ecología Y Medio Ambiente*, 21(3), 73–78.
- Jaramillo, R. G. (2014). Familia Cercopidae. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA. En línea. Consultado el 13 de agosto de 2017. Disponible en; <http://www.academia.edu/9494928/Cercopidae>
- Jiménez, A., López, M. A., González-Andujar, J. L., Ocete, M. E., & Soria, F. J. (2008). Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.). *Agrociencia*, XII(1), 35–43.
- Jiménez, A., Soria, F. J., Villagrán, M., & Ocete, M. E. (2005). DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y VARIACIONES TEMPORALES DE *Curculio elephas* Gyllenhal EN BELLOTAS DE *Quercus rotundifolia* LAM. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, (37), 283–288. Retrieved from <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/44315>
- Keskinen, E., & Meyer-Rochow, V. B. (2004). Post-embryonic photoreceptor development and dark/light adaptation in the spittle bug *Philaenus spumarius* (L.) (Homoptera, Cercopidae). *Arthropod Structure and Development*, 33, 405–417. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2004.05.010>
- López-Gómez, V., Arriola Padilla, V. J., & Pérez Miranda, R. (2015). Daños por factores abióticos y bióticos en bosques de oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schldl . et Cham.) de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 56–73.
- Maldonado-Zamora, F. I., Ramírez-Davila, J. F., Lara-Díaz, A. V., Rivera-Martínez, R., Acosta-Guadarrama, A. D., Figueroa-Figueroa, D. K., ... Tapia-Rodríguez, A. (2017). Estabilidad Espacial y Temporal de la Distribución de Trips en el Cultivo de Aguacate en el Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 447–462.
- Maldonado, F. I., Ramirez, J. F., Lara, A. V., Acosta, D. A., Rivera, R., & Tapia, Reyes, A. (2017). Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de

- México. *Ecosistemas Revista Científica de Ecología Y Medio Ambiente*, 26(2), 52–60.
- Mariño-Pérez, R., Pacheco-Rueda, I., & Dietrich, C. (2012). Listado preliminar de Auchenorrhyncha (Insecta: Hemiptera) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(2), 280–286. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372012000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Martínez-Ávalos, J. G., Lara, M., Gaona, G., & Sánchez-Ramos, G. (2012). *Primer registro de Clastoptera sp. (Hemiptera: Cercopidae) en Harpalyce arborescens (Fabaceae) del bosque tropical decíduo de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad (Vol. 83)*. <https://doi.org/10.7550/rmb.26239>
- Matabanchoy Solarte, J. A., Bustillo Pardey, A. E., Castro Valderrama, U., Mesa Cobo, N. C., & Moreno Gil, C. A. (2012). Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para controlar *Aenolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2), 177–181.
- Mendizábal-Hernández, L. del C., Márquez Ramírez, J., Alba-Landa, J., Cruz-Jimenez, H., & Ramírez-García, O. E. (2008). Cambio climático y comunidades forestales. *Foresta Veracruzana*, 10(2), 49–56.
- Obando, B., J. A., Bustillo, P., A. E., Castro, V., U., & Mesa, C., N. C. (2013). Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera:Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 26–33.
- Peck, D. C. (1998). Use of Alternative Food Plants Exclusively by Adult Male Froghoppers (Homoptera: Cercopidae). *Biotropica*, 30(4), 639–644. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2388833>
- Peck, D. C. (2002). Distribución y reconocimiento del salivazo de los pastos (Homoptera: Cercopidae) en la Costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 24(1), 04–15.
- Peck, D. C., Pérez, A. M., Medina, J. W., Barrios, M., & Rojas, J. (2002). Fenología de *Aeneolamia reducta* en la Costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 24(1), 39–55.
- Peck, D. C., Pérez, A. M., Medina, J. W., Rojas, J., & Barrios, M. (2002). Fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Aeneolamia reducta* en la Costa del Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 24(1), 27–38. Retrieved from http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Vol24_peck.pdf
- Pichardo-Segura, L. A., Pérez-Miranda, R., Ramírez-Huerta, L., Arriola-Padilla, V. J., &

- Ramírez-García, A. G. (2017). CARACTERIZACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR EL AGENTE CAUSAL DE LA CAIDA FOLIAR DE PINO EN PUEBLA, MÉXICO. *Agroproductividad*, 10(8), 35–41.
- Pompa-García, M., & Domínguez-Calleros, P. A. (2015). Respuesta de madera temprana y tardía a la sequía en una conífera mexicana bajo dos condiciones ecológicas. *Ecosistemas Revista Científica de Ecología Y Medio Ambiente*, 24(2), 37–42. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-2.06>.
- Pompa-García, M., Rodríguez-Flores, F. J., Aguirre-Salado, C. A., & Miranda-Aragón, L. (2013). Influencia de la evaporación en el crecimiento forestal. *Agrociencia*, 47(8), 829–836.
- Ramírez-Davila, J. F., González-Andújar, J. L., Ocete, R., & López-Martínez, M. A. (2002). Descripción geoestadística de la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergenin & Zanon) (Homoptera: Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, 28, 87–95.
- Ramírez-Davila, J. F., & Porcayo-Camargo, E. (2008). Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(2), 169–175.
- Ramírez-Davila, J. F., & Porcayo-Camargo, E. (2009). Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México , utilizando el Método del SADIE. *Madera Y Bosques*, 15(2), 93–111.
- Ramírez-Davila, J. F., & Sánchez Pale, J. R. (2011). Estabilidad Espacio Temporal de la Distribución del Carbón de la Espiga del Maíz (*Sporisorium reilianum*) en el Estado de México , México Stability of the Temporal. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(1), 1–14.
- Ramírez-Davila, J. F., Solares-Alonso, V. M., Figueroa-Figueroa, D. K., & Sánchez-Pale, J. R. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(3), 545–562.
- Ramírez Davila, J. F., & González Andujar, J. L. (2007). Modelización y mapeo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera sur del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Revista de Geografía Agrícola*, 38, 19–32.
- Ramírez Davila, J. F., & Porcayo Camargo, E. (2010). Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca , México. *Bosque*, 31(1), 28–38.

- Rivera-Amaro, R., López-López, M. Á., & Campos-Bolaños, R. (2006). Nutrición Y Síntomas De Declinación De Abies religiosa (H.B.K.) Schl. et Cham. En El Desierto De Los Leones, D. F. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 12(2), 145–150. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912208%0ACómo>
- Rodríguez Ch., J., Castro V., U., Morales R., A., & Peck, D. C. (2003). Biología del salivazo *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), nueva plaga de gramíneas cultivadas en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 29(2), 149–155.
- Rodríguez Ch., J., & Peck, D. C. (2006). Parámetros poblacionales de *Zulia carbonaria* (Hemiptera: Cercopidae) sobre *Brachiaria ruzizensis*. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2), 145–150.
- Rodríguez Ch., J., & Peck, D. C. (2007). Biología y hábitos de *Mahanarva andigena* (Hemiptera: Cercopidae) en condiciones de casa de malla. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 31–35.
- Rodríguez Ch., J., Peck, D. C., & Canal, N. A. (2002). Biología comparada de tres especies de salivazo de los pastos del género *Zulia* (Homoptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 28(1), 17–25.
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G. E., Duval, P., & Lindig-Cisneros, R. A. (2012). *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 275, 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.004>
- Sheffield, J., Wood, E. F., & Roderick, M. L. (2012). *Little change in global drought over the past 60 years*. *Nature* (Vol. 491). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nature11575>
- Solís-Gracia, V., & Suzán-Azpiri, H. (2014). Análisis de la distribución espacial del muérdago (*Phoradendron californicum*) en el sur del Desierto Sonorense. *Cactáceas Y Suculentas Mexicanas*, 59(1), 11–28.
- Valbuena, N. (2006). DINÁMICA DE LA CANDELILLA (*Aeneolamia* spp.) EN TRES ESPECIES DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS. *Revista Unellez de Ciencia Y Tecnología*, 24, 93–98.
- Valle-Ramírez, S., Puertas-Arias, A., Rodríguez-Rodríguez, S., Expósito-Elizagaray, I., Fiallos-Robalino, A., & Caicedo-Quinche, W. (2014). Efecto de la precipitación en la incidencia del salivazo (*Mahanarva andigena*) en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). *Revista Granma Ciencia*, 18(3). Retrieved from

[http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol 18/3/2014_18_no3_a9.pdf](http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol%2018/3/2014_18_no3_a9.pdf)

Vázquez-Silva, L., Tamarit-Urias, J. C., Quintanar-Olguín, J., & Varela-Fregoso, L. (2004). Caracterización de la declinación de bosques de encinos en “Sierra de Lobos” Guanajuato, México. *Polibotanica*, 17, 1–14.

Vera, G., J., Pinto, V. M., López, C., J., & Reyna, R., R. (2002). *Ecología de poblaciones. Colegio de Postgraduados*.