

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL
MANEJO DE PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN EL
CULTIVO DE AGUACATE**

T E S I S

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

PRESENTA:

NANCY MARTÍNEZ MARTÍNEZ

COMITÉ DE TUTORES:

Dr. José Francisco Ramírez Dávila

Dr. Jaime Mejía Carranza

Mtra. Sara Vera Noguez.

CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO" PIEDRAS BLANCAS,
TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO. 29 DE NOVIEMBRE 2021



ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
INDICE DE GRAFICAS	vi
RESUMEN	1
ABSTRAC	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen e historia del aguacate	5
2.2. Morfología y taxonomía	5
2.2.1. Sistema radicular	5
2.2.2. Hojas	5
2.2.3. Flores y floración	5
2.2.4. Frutos	7
2.3. Estados fenológicos del aguacate	8
2.4. Clasificación taxonómica	9
2.5. Requerimientos edafoclimáticos	9
2.6. Enfermedades y plagas asociadas al cultivo de aguacate	11
2.6.1. Enfermedades del aguacate	11
2.6.2. Plagas del aguacate	13
2.6.3. Escama armada (<i>Hemiberlesia lataniae</i> Signoret)	20
2.6.3.1. Daños	21
2.6.3.2. Biología	21
2.6.3.3. Morfología y taxonomía	22
2.6.3.4. Clasificación taxonómica	23
2.6.3.5. Hospederos	23
2.6.4. Alternativas de control	24
2.6.4.1. Monitoreo	24
2.6.4.2. Manejo cultural	24
2.6.4.3. Control biológico	24
2.6.4.4. Control químico	27
2.7. Geoestadística	27
2.7.1. Georreferenciación	28
2.7.2. Trabajos realizados	29
2.8. Desarrollo de aplicaciones móviles	31
2.8.1. Software	32
2.8.2. Proceso de desarrollo de software	32
2.8.3. Modelos de desarrollo de software	32
2.9. Metodología de desarrollo	32
2.9.1. Metodología RUP (Rational Unified Process)	33
2.9.2. Metodología XP (programación extrema)	35
2.10. Dispositivos móviles	36
2.11. Sistema operativo	37
2.11.1. Android	37
2.11.1.2. Versiones de Android	38

2.11.2. iOS	40
2.11.2.1. Versiones de iOS	41
2.12. Aplicaciones móviles	48
2.13. Lenguaje de programación	51
2.14. Aplicaciones para la agricultura	51
III. JUSTIFICACIÓN	54
IV. HIPÓTESIS	56
V. OBJETIVOS	57
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	58
6.1. Muestreo de <i>Hemiberlesia lataniae</i> (escama armada)	58
6.1.1. Zona de estudio	58
6.2. Desarrollo de aplicación móvil	61
6.2.1. Modelado de negocios	62
6.2.2. Requisitos	70
6.2.3. Análisis y diseño	70
6.2.4. Implementación	71
6.2.5. Pruebas	71
VII. RESULTADOS	72
7.1. Revista REMEXCA	72
7.1.1. Carta de recepción	72
7.1.2. Nota científica	73
7.1.3. Formato de registro de aplicación móvil	82
7.1.4. Certificado de registro de aplicación móvil	85
7.1.5. Manual de usuario sobre aplicación móvil	87
7.2. Revista Ingeniería Agrícola y Biosistemas	110
7.2.1. Portada de la revista	110
7.2.2. Características de la revista	110
7.2.3. Artículo científico: Spatial behaviour of <i>Hemiberlesia lataniae</i> (Signoret) on ‘Hass’ avocado in Estado de Mexico	113
7.4. Otros resultados	134
VIII. DISCUSIÓN GENERAL	154
IX. CONCLUSIONES	156
X. BIBLIOGRAFÍA	157

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema de la flor del aguacate en el que se observan las diferentes partes	7
Figura 2. Partes de un fruto de aguacate	8
Figura 3. Morfología de la flor de aguacate	8
Figura 4. Fases fenológicas del cultivo de aguacate (tomado y modificado de Cosmoagro, 2018).	9
Figura 5. Manual de manejo pre y postcosecha de aguacate (Cerdas <i>et al.</i> , 2006).	10
Figura 6. Daños por roña en el fruto de aguacate	12
Figura 7. Daños provocados por <i>Heilipus lauri</i> en el fruto de aguacate	14
Figura 8. Daños provocados por barrenador pequeño en el fruto de aguacate	15
Figura 9. Larva de <i>Copturus</i> al interior de la rama	16
Figura 10. Ciclo de vida de <i>Stenoma catenifer</i>	17
Figura 11. Estadios de desarrollo de araña cristalina	19
Figura 12. Escama armada presente en fruto, b) hoja y c) tallo	20
Figura 13. Escama presente en frutos de aguacate	23
Figura 14. Escama parasitada	26
Figura 15. Ciclo de vida RUP	34
Figura 16. Zona de estudio	58
Figura 17. Metodología RUP	62
Figura 18. Semivariograma acotado con una representación de los parámetros básicos (efecto pepita, meseta y rango)	65
Figura 19. Modelo esférico	66
Figura 20. Modelo exponencial	66
Figura 21. Modelo gaussiano	67
Figura 22. Método de interpolación de krigeado ordinario	69
Figura 23. Portada de la revista de Ingeniería Agrícola y Biosistemas	110
Figura 24. Semivariogramas de escama armada en Coatepec harinas	136
Figura 25. Semivariogramas de escama armada en Donato Guerra	140
Figura 26. Semivariogramas de escama armada en Ixtapan del Oro	144

Figura 27.	Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada de los muestreos correspondientes de agosto a diciembre de 2020 en Coatepec Harinas	148
Figura 28.	Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada de los muestreos correspondientes de agosto a diciembre de 2020 en Donato Guerra.	150
Figura 29.	Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada correspondientes de los muestreos de agosto a diciembre de 2020 en Ixtapan del Oro.	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Versiones de Android	38
Tabla 2.	Aplicaciones móviles disponibles para la agricultura	52

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1.	Media muestral y porcentaje de superficie infestada por muestreo en Coatepec Harinas	134
Grafica 2.	Media muestral y porcentaje de superficie infestada por muestreo en Donato Guerra	135
Grafica 3.	Media muestral y porcentaje de infestación por muestreo en Ixtapan del Oro	136

RESUMEN

El cultivo de aguacate es una fuente muy importante para México, genera fuentes de empleo tanto directos como indirectos en su cadena productiva. La creciente demanda del fruto de aguacate en el mundo ha sido un factor importante para que se incremente la superficie cultivada, por lo que se ha visto afectado por varias plagas y enfermedades como: barrenadores de hueso, barrenadores de rama, trips, escamas, antracnosis, roña, entre otras. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una aplicación móvil para el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate, quien determinara el comportamiento y distribución espacial de dichos problemas, mostrando los datos en mapas de infestación y semivariogramas. Con ello se podrá analizar, predecir y prevenir los patrones de distribución espacial y el comportamiento de plagas y enfermedades. La aplicación se podrá utilizar por los productores y/o técnicos, quienes la descargarán fácilmente en la tienda de aplicaciones de sus celulares y sin ningún costo. Se desarrolló para el sistema operativo Android y iOS. Así mismo, se realizó el muestreo de *Hemiberlesia lataniae* (escama armada) en Coatepec Harinas, Donato Guerra e Ixtapan del Oro. Los muestreos se realizaron de agosto a diciembre de 2019 y de enero a diciembre de 2020. Después de obtener nuestra base de datos se determinó la normalidad de los datos; se utilizó para tal hecho el coeficiente de asimetría y la prueba de curtosis. Así mismo, se determinó la distribución espacial y el comportamiento de la plaga en las zonas de estudio. Los resultados mostraron que en todos los casos la distribución de los datos era normal y los modelos del semivariograma se ajustaron al modelo esférico, exponencial y gaussiano. El porcentaje de superficie infestada en las zonas no alcanzó el 100 % y con un nivel de dependencia espacial alta. El conocer la distribución de la plaga permitirá tomar decisiones efectivas en un tiempo más rápido y tomar la decisión que consideren más adecuada, dirigiendo las medidas de control hacia las áreas específicas donde se presenta la infestación. Esto proporcionará ahorros económicos de gran importancia, ya que de esta manera el productor podría establecer estrategias de control mucho más precisas y oportunas.

Palabras clave: aplicación móvil, aguacate, problemas fitosanitarios, geoestadística, distribución espacial.

ABSTRACT

Avocado cultivation is a very important source for Mexico, it generates sources of employment both direct and indirect in its production chain. The growing demand for avocado fruit in the world has been an important factor in increasing the cultivated area, which is why it has been affected by several pests and diseases such as: bone borers, branch borers, thrips, scales, anthracnose, scab, among others. The objective of this work was to develop a mobile application for the management of phytosanitary problems in avocado cultivation, which will determine the behavior and spatial distribution of these problems, showing the data in infestation maps and semivariograms. With this, it will be possible to analyze, predict and prevent spatial distribution patterns and the behavior of pests and diseases. The application can be used by producers and / or technicians, who will easily download it in the application store of their cell phones and at no cost. It was developed for the Android and iOS operating system. Likewise, the sampling of *Hemiberlesia lataniae* (armed scale) was carried out in Coatepec Harinas, Donato Guerra and Ixtapan del Oro. The samplings were carried out from August to December 2019 and from January to December 2020. After obtaining our database the normality of the data was determined; The coefficient of skewness was used for this, and the kurtosis test was used. Likewise, the spatial distribution and behavior of the pest in the study areas was determined. The results showed that in all cases the data distribution was normal and the semivariogram models were adjusted to the spherical, exponential and Gaussian model. The percentage of infested surface in the zones did not reach 100% and with a high level of spatial dependence. Knowing the distribution of the pest will allow effective decisions to be made in a faster time and make the decision that they consider most appropriate, directing the control measures towards the specific areas where the infestation occurs. This will provide economic savings of great importance, since in this way the producer could establish much more precise and timely control strategies.

Keywords: mobile application, avocado, phytosanitary problems, geostatistics, spatial distribution.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de aguacate es una fuente económica muy importante para los países productores, es de consumo creciente debido a su incorporación en la dieta y genera fuentes de empleo directos e indirectos en su cadena productiva. Según datos por SIAP en el 2021, México ocupó el primer lugar en la producción de aguacate a nivel mundial (SIAP, 2021); cuyo principal estado productor destaca Michoacán.

La creciente demanda del fruto de aguacate en el mundo ha sido factor importante para que se incremente la superficie cultivada. El aguacate al igual que otros cultivos de interés comercial es afectado por varias enfermedades y plagas como: barrenador de la rama, barrenador de hueso, araña cristalina, trips, entre otras (Hernández, 2011). Las infestaciones en los huertos han sido más recurrente debido a una excesiva dependencia de control químico, el cual es usado de forma excesiva e indiscriminada. En consecuencia, ha generado resistencia de las plagas, mayores costos de producción (Park *et al.*, 2007), residuos de insecticidas en los frutos, contaminación ambiental, pérdida de biodiversidad y riesgos para la salud (Carbajal y Martos, 2019).

Por lo que, las exigencias de los mercados internacionales marcan una tendencia hacia la implementación de las buenas prácticas agrícolas y el manejo integrado de las plagas y enfermedades, buscando establecer nuevos estándares, con el fin de asegurar que los mismos cumplan con una serie de requisitos que garanticen su inocuidad desde el productor hasta el consumidor final. A dichos protocolos o normas, además se le incorporan especificaciones relativas al uso de los recursos naturales, preservar el ambiente y especificaciones vinculadas a la seguridad laboral de los trabajadores, involucrados en la producción de los alimentos.

Ante estas exigencias hace importante implementar estrategias y métodos sustentables en el manejo de dichos problemas fitosanitarios. Así mismo, es importante implementar el uso de herramientas y técnicas que permitan conocer la distribución y el comportamiento de plagas y enfermedades, con ello se identificarían las zonas en donde se presenta el problema. Mediante el uso de técnicas de geoestadística se podrán conocer los patrones de distribución, mediante la dependencia espacial de los procesos biológicos, dado que toma en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial y su visualización en los mapas de densidad (Jiménez *et al.*, 2014). Todo esto con la finalidad de tener nuevas bases de conocimiento en el manejo eficaz de plagas y enfermedades en campo, así mismo, lograr que se tenga un ahorro económico en la compra de pesticidas y disminuir la contaminación ambiental.

Por ende, el conocimiento de la distribución espacial de *Hemiberlesia lataniae* y de otras plagas es indispensable para la elaboración de programas de manejo integrado debido a la importancia de estas plagas. Por ello el objetivo del presente trabajo fue el desarrollo de una

aplicación móvil para el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate. Y así mismo se llevó a cabo el muestreo de *Hemiberlesia lataniae* (escama armada) en tres municipios productores de aguacate del Estado de México.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen e historia del aguacate

El aguacate (*Persea americana* Mill) es una especie originaria de México y centro de América. Este cultivo pertenece a la familia Lauraceae, la cual comprende alrededor de 2 200 especies. Esta familia abarca plantas leñosas productoras de esencias que crecen en regiones cálidas. El aguacate es originario de las regiones tropicales y subtropicales.

Las evidencias más antiguas muestran de una cueva en Coaxcatlan, Puebla, con una antigüedad de 7000 a 8000 años (Smith, 1996), la primera domesticación sucedió probablemente desde que el primer grupo de humanos comenzó a utilizar y a consumir el aguacate, más tarde las primeras culturas mesoamericanas como los Mokayos continuaron con el proceso de domesticación y posteriormente se transfirió el conocimiento a otras culturas como los Olmecas y los Mayas. Por otro lado, Galindo y colaboradores (2008) mencionan que la domesticación del aguacate se dio desde tiempos precolombinos en Mesoamérica.

Las primeras culturas americanas contaban con un buen conocimiento acerca del aguacate y sus variantes, siendo en el código florentino donde se mencionan tres tipos de aguacate (Barrientos y López, 2000). El cultivo encontró un fuerte auge en Centro y Sudamérica y se dice que después de la colonización salió del continente americano, siendo los españoles quienes lo llevaron a Europa en el siglo XVI.

Sin embargo, Galindo y Arzate (2010), indican que no está claro donde y cuando se originó el aguacate. El principal problema es que aún no se conoce el prototipo silvestre; ya que, durante su proceso de domesticación, ha sido profundamente modificado.

Se conocen tres razas de aguacate: a) mexicana; originaria de los valles y anti planos de México central, con clima subtropical a templado y alturas que van desde 1 500 hasta 2 000 msnm, se caracteriza por tener resistencia al frío, la semilla es de tamaño pequeño entre otras características (Barrientos, 2010; González-Olmos, 2012; Lavaire y Morazán, 2013). b) guatemalteca; originaria del Centro-Occidente de Guatemala, con alturas entre 1000 y 2000

msnm, la semilla o hueso es de gran tamaño y suele llenar toda la cavidad que la contiene, las hojas son de mayor tamaño y sin olor (Barrientos, 2010; González-Olmos, 2012; Lavaire y Morazán, 2013). C) Antillana; esta raza es originaria de la costa del Pacífico en Chiapas (México), Guatemala, el Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, se producen alturas menores de 1000 msnm, los frutos presentan formas entre ovaladas y periformes.

2.2. Morfología y taxonomía

Al aguacate pertenece a la familia Laurácea, se caracteriza por su gran variabilidad y por ser una de las familias del reino vegetal más numerosas, con alrededor de 92 géneros descritos y un número indeterminado de especies que varía de 2840 a 3340 que se distribuyen por todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. El árbol de aguacate es perennifolio y puede llegar a tener más de 20 m de altura, tiene una vida útil como cultivo comercial.

2.2.1. Sistema radicular

El aguacate presenta un sistema radicular pivotante, puede alcanzar una profundidad máxima de 150 cm. La mayoría de las raicillas alimentadoras blandas (secundarias y terciarias) se distribuyen superficialmente (Whiley *et al.*, 1988). Se debe de tener precaución porque es un cultivo susceptible al encharcamiento y al ataque de otros organismos fitopatógenos.

2.2.2. Hojas

Las hojas del aguacate son pecioladas, están dispuestas de forma alterna, su forma es diversa. El margen puede ser entero u ondulado con ápice agudo, pedunculadas muy brillantes de forma lanceolada y con base aguada. El haz de las hojas es verde rojizo cuando están jóvenes, cuando están maduras es verde poco brillante y el envés es verde opaco. El color de las hojas maduras es verde mate, el peciolo presenta estrías o surcos y el relieve de la venación por el haz es intermedio, usualmente levantado (Rodríguez, 1992).

2.2.3. Flores y floración

Las flores del aguacate son perfectas, posee órganos sexuales masculinos (estambres) y femeninos (pistilos); son trímeras, pequeñas, agrupadas en una panícula, pubescentes, con pedicelos cortos. Presentan un cáliz con tres sépalos y una corola tripétala, con 12 estambres, nueve funcionales y tres estaminoides; tienen un pistilo con un solo carpelo y el ovario con

un solo óvulo. La duración de las flores es de dos días, antes de ser fecundadas o caer (Avilán *et al.*, 1992).

Las flores del aguacate miden aproximadamente 10 mm de diámetro. Presentan simetría radial y se producen en grandes cantidades. La inflorescencia del aguacate ocurre en ramas de un año y en los brotes del mismo año. De ahí la importancia de realizar una poda adecuada.

Es una especie que presenta dicogamia y protoginia, esto es, que las flores abren dos veces, actuando primero como flores femeninas y posteriormente como masculinas (Gazit y Degani, 2007)

La floración del aguacate es un evento complicado, un árbol en plena floración puede producir miles de florecillas, pero finalmente cuajar solo unos cientos de frutos. Sus flores son perfectamente hermafroditas, pero no auto compatibles debido a que la apertura del estigma floral y la liberación de anteras no son coincidentes en el tiempo. Por lo que necesariamente se requiere la polinización cruzada con otra flor. La flor cuando abre generalmente es receptiva al estigma, pero las anteras aún no han madurado el polen, por lo que permanecen cerradas hasta después de que el estigma vuelve a cerrar, entonces las anteras empiezan a liberar el polen.

Debido a este comportamiento el porcentaje de cuajado de frutos fecundados es bajo, y encima se añaden deficiencias nutricionales como boro o nitrógeno, menos flores serán fecundadas y si el fruto cuaja sin semilla no crece, y posteriormente cae.

Según el modo de floración cada flor abre en dos momentos distintos (los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferente tiempo, lo que evita la autofecundación).

- Tipo A primera apertura (femenina): inicia en la mañana y termina antes del mediodía, la segunda apertura (masculina) ocurre en la tarde del siguiente día teniendo un ciclo de apertura de la flor que va de 30-36 horas.
- Tipo B es el patrón contrario: la apertura femenina ocurre en la tarde y la apertura masculina en la siguiente mañana su ciclo de apertura floral es de 20 a 24 horas (Gazit y Degani, 2007).

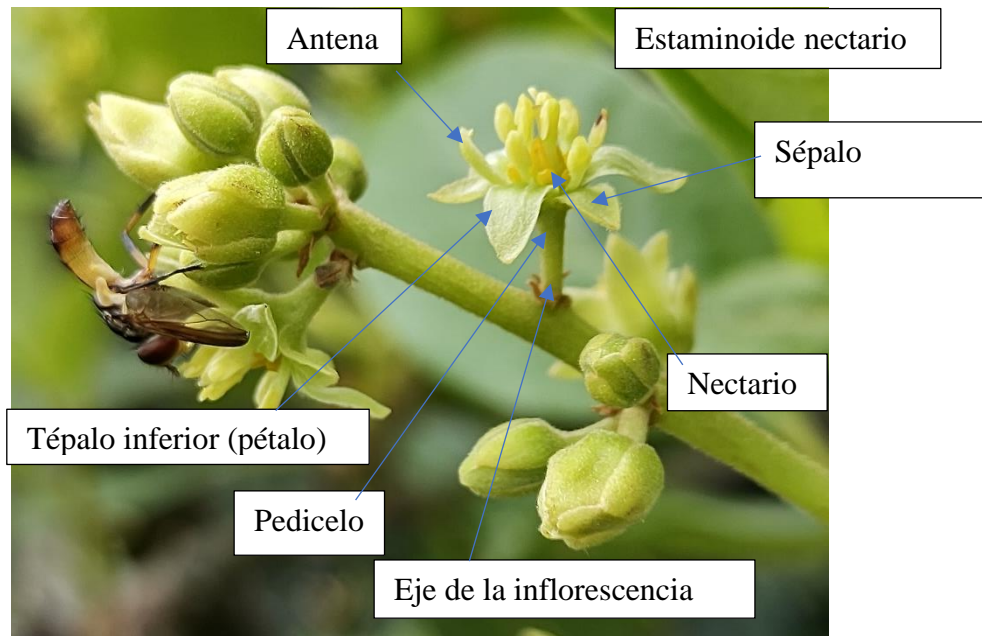


Figura 1. Esquema de la flor del aguacate en el que se observan las diferentes partes.

2.2.4. Frutos

El fruto es una baya que deriva de un gineceo unicarpelar y que contiene una sola semilla. El pericarpio consiste en tres capas: exocarpio(cascara), mesocarpio(pulpa) y endocarpio (cubierta delgada de la semilla) (figura 2). Es una semilla ovoide de 4 a 6 centímetros de largo (Guerreros, 2017), el aguacate permanece verde desde el cuajado hasta la madurez y tiene una alta densidad estomática. El aguacate es una fruta climatérica, lo que significa que su fruto empieza a madurar en el árbol, pero finaliza su maduración cuando los cortan. Una vez alcanzando el volumen natural del fruto, la etapa final del desarrollo consiste en una serie de transformaciones fisicoquímicas a partir de las cuales culmina el proceso previo a la cosecha del producto (Rodríguez, 1992).

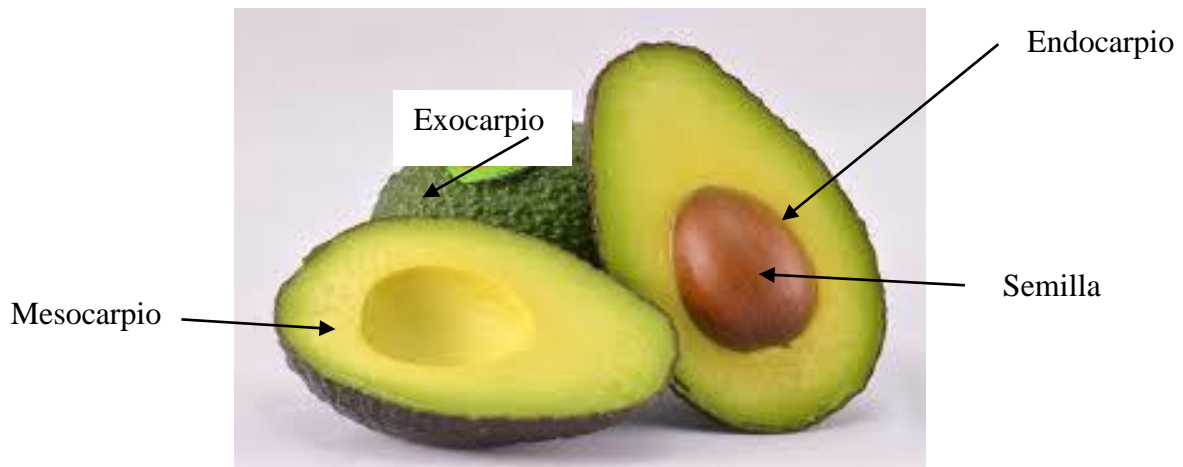


Figura 2. Partes de un fruto de aguacate.

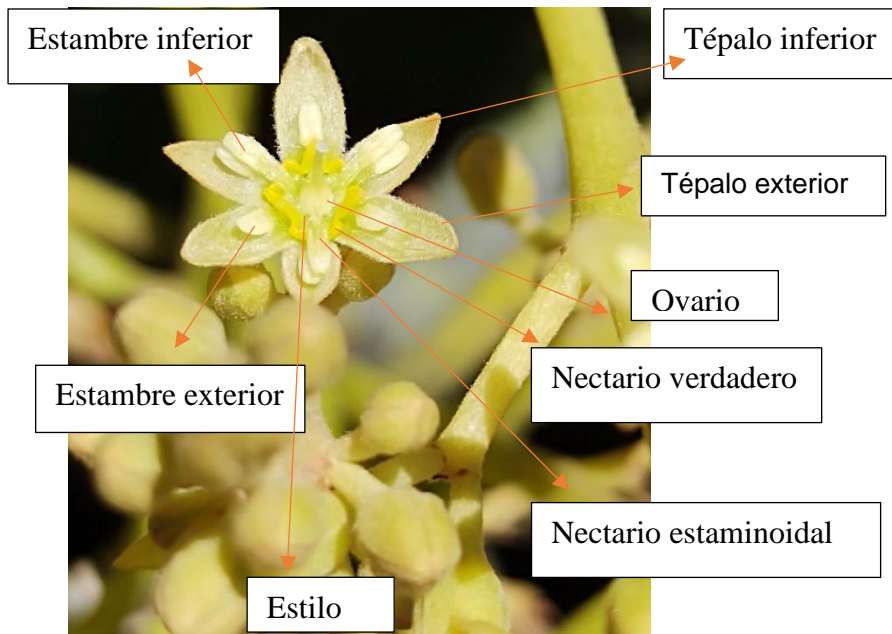


Figura 3. Morfología de la flor de aguacate.

2.3. Estados fenológicos del aguacate

El árbol de aguacate presenta diversas fases fenológicas conforme se presentan las estaciones del año. Entre las principales etapas fenológicas del cultivo de aguacate se encuentra el inicio y diferenciación de las flores, el crecimiento y madurez del fruto. Después del proceso de floración ya se ha producido la fecundación y las primeras divisiones celulares. El fruto pasa por tres fases distintas: a) multiplicación celular (duración de 10 a 15 días); b) engrosamiento celular y c) maduración.



Figura 4. Fases fenológicas del cultivo de aguacate (tomado y modificado de Cosmoagro, 2018)

2.4. Clasificación taxonómica (USDA, 2019)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Magnoliidae sensu Chase & Reveal

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *Persea americana* Mill

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

El aguacate es una planta que se puede adaptar a diferentes condiciones climáticas a pesar de su origen tropical. Esta característica se debe a que tiene gran diversidad genética, y esto se demuestra en sus tres grandes razas: a) La raza Antillana requiere un clima tropical o subtropical y alta humedad atmosférica; b) La raza Guatemalteca es más resistente, habiendo

crecido en las tierras altas subtropicales y c) La raza Mexicana es la más resistente y la fuente de la mayoría de las variedades, temperaturas de -4 °C casi no afectan estos árboles, aunque los vientos fuertes, al reducir la humedad, deshidrata las flores e interfiere con la polinización; también hace que se caigan los frutos de manera prematura (Lavaire y Morazán, 2013).

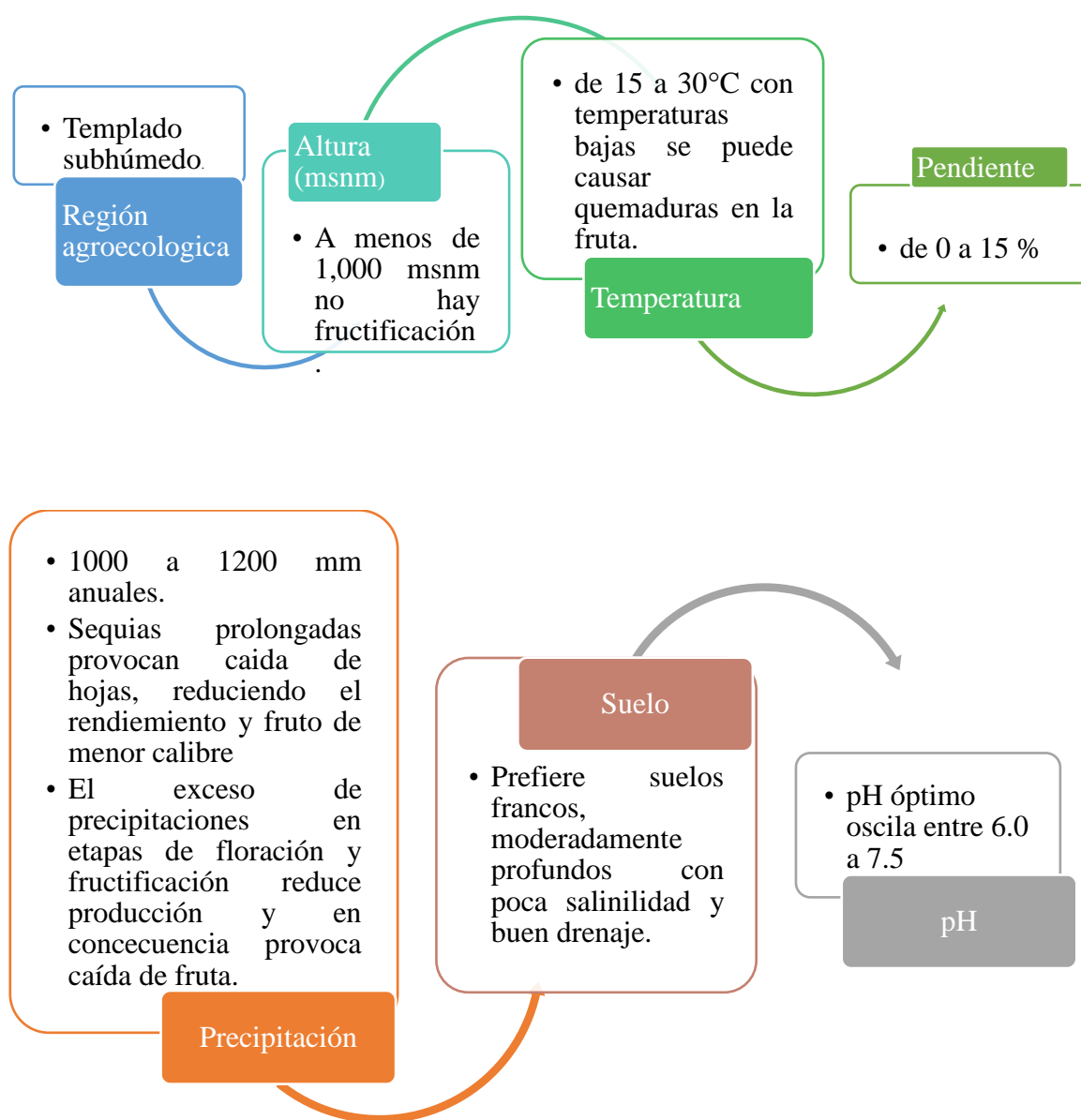


Figura 5. Fuente: Manual de Manejo Pre y Postcosecha de Aguacate (Cerdas *et al.*, 2006.)

2.6. Enfermedades y plagas asociadas al cultivo de aguacate

2.6.1. Enfermedades del aguacate

En los huertos se han determinado agentes que se manifiestan como enfermedad dependiendo del estado fisiológico de los árboles y de las condiciones particulares del lugar de producción y que tienen importancia económica para este frutal.

Para que una enfermedad se desarrolle, deben conjugarse principalmente tres factores: un agente patógeno (hongos, bacterias, virus), un hospedero susceptible al agente (árbol de aguacate) y un medio ambiente propicio (humedad relativa, temperatura, suelo, luz, agua). Además de un cuarto factor que es la intervención humana con prácticas inadecuadas.

Tristeza del aguacate (*Phytophthora cinnamomi*):

El agente causal de esta enfermedad es un habitante del suelo y sobrevive hasta por seis años en suelos húmedos, mediante oosporas, las cuales son esporas resistentes a factores ambientales adversos. Esta enfermedad se caracteriza porque los árboles presentan un menor desarrollo, mayor presencia de hojas pequeñas y de color verde más claro, las hojas se curvean, y lentamente comienzan a tornarse amarillas en consecuencia se produce la defoliación completa del árbol (Tamayo, 2005).

El hongo infecta principalmente las raíces de absorción las cuales se tornan negras y quebradizas. En etapas avanzadas de la enfermedad solo quedan restos del sistema radicular. Como consecuencia del estrés hídrico, los frutos se marchitan en el árbol y pueden desarrollar una lesión costrosa sobre el pedúnculo a pesar de una adecuada humedad en el suelo.

Antracnosis (*Colletotrichum sp.*):

La antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, es una enfermedad de amplia distribución e importancia económica en todas las zonas productoras de aguacate. Es un hongo de distribución cosmopolita con predominancia en zonas tropicales y subtropicales. Causa pudrición de fruto a nivel de campo y en post cosecha. Ataca brotes jóvenes, cogollos, ramas, flores y frutos.

En el fruto, la infección comienza en cualquier etapa de su desarrollo, provocando lesiones negras de 0.5 a 3 cm levemente hundidas sin bordes definidos. Las manchas avanzan en diámetro, se unen una a otra y cubren gran parte del fruto (Agrios, 2005). La enfermedad se ve favorecida por el ataque de otros hongos y condiciones de humedad. Ocasiona pudrición de frutos en campo y en postcosecha, y llega a generar pérdidas cercanas al 20 % (Tamayo, 2007; Rodríguez *et al.*, 2009).

Roña (*Sphaceloma persea*):

Este hongo causa daño en hojas, tallos y frutos. El fruto puede ser tacado por este hongo en cualquier etapa de desarrollo. Cuando el ataque se presenta en las hojas, estas se tornan café claro con bordes acucharados. En el fruto se presentan lesiones redondas o irregulares de color pardo o café claro, de apariencia corchosa (figura 6) con leves erupciones que pueden unirse y afectar gran parte del fruto o su totalidad. Las lesiones de la roña son superficiales y no afectan la calidad de la pulpa.



Figura 6. Daños por roña en fruto de aguacate.

Anillamiento del pedúnculo:

El anillamiento del pedúnculo en aguacate es una de las enfermedades que limita considerablemente los rendimientos del cultivo, ya que cada año los árboles experimentan una caída de fruta antes de llegar a la madurez comercial. En consecuencia, se disminuye los ingresos económicos derivados de dicha producción, esta enfermedad ataca preferentemente a la variedad Hass, siendo este un factor importante en la zona aguacatera. A este síntoma se han asociado bacterias, hongos, deficiencias nutricionales e hídricas. Por lo que, para su control se sugiere la integración de estrategias sobre los posibles agentes causales.

2.6.2. Plagas del aguacate

El desarrollo del cultivo de aguacate en México ha significado un incremento en la incidencia de plagas, las cuales actualmente causan pérdidas directas a través de la disminución de vigor, descarte de frutas dañadas y rechazo de frutas de exportación por la presencia de plagas cuarentenarias (Tamayo, 2007).

Barrenador grande del hueso (*Heilipus lauri* Boheman) (Coleoptera: Curculionidae):

La plaga ataca durante todo el ciclo de desarrollo del fruto, provocando el mayor número de caídas de frutos cuando promedian una longitud de 1 a 5 cm. El adulto realiza vuelos cortos para desplazarse de una huerta a otra. Las hembras inician la oviposición de 2 a 4 días después de la primera copula, los apareamientos se repiten durante el periodo de oviposición, el cual dura de 25 a 30 días.

La hembra perfora frutos con su rostrum para ovipositar un huevo por orificio, en el que empuja el huevo hasta el fondo con el rostrum, muy cerca de la semilla, en cada fruto se pueden encontrar de uno a tres sitios de oviposición. Una vez emergida la larva, esta comienza a barrenar el fruto del aguacate a través de la pulpa para dirigirse al cotiledón, donde se alimenta hasta terminar su desarrollo larvario. Las larvas se caracterizan por su canibalismo por lo cual es común encontrar una por semilla.

Cuando los frutos contienen larvas próximas a pupar, caen al suelo y la pulpa sirve de alimento a varias especies de animales, dejando al descubierto la semilla. Los adultos se alimentan de las partes tiernas de las ramas, flores y frutos del aguacate (Wysoki *et al.*, 2002).

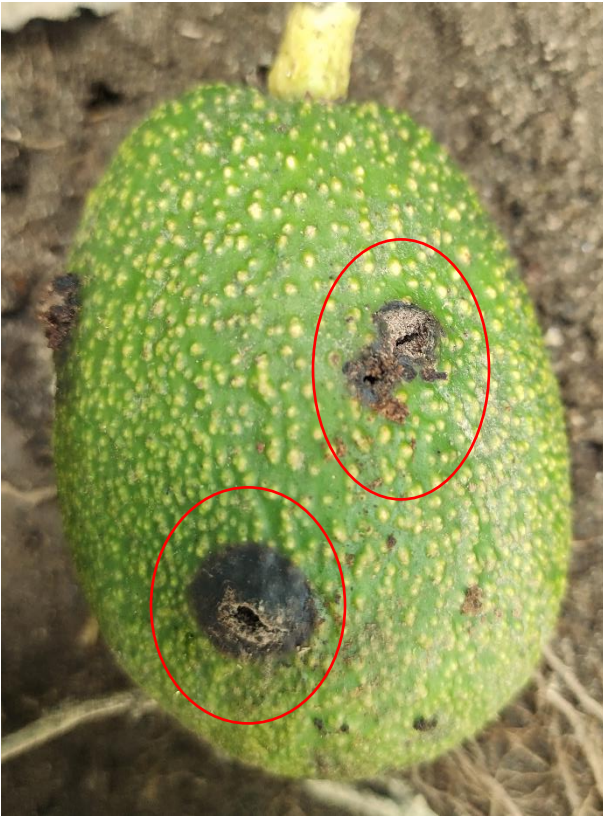


Figura 7. Daños provocados por *Heilipus lauri* en el fruto de aguacate.

Barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae* y *Conotrachelus aguacatae*):

Conotrachelus perseae y *C. aguacatae* presentan hábitos y biología muy similares. Los barrenadores pequeños del hueso del aguacate presentan metamorfosis completa, es decir, pasan por los estados biológicos: huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras hacen perforaciones con el rostrum en el fruto y ovipositan los huevos de manera individual o en conjuntos de tres a ocho por perforación.

Las perforaciones pueden ser en cualquier parte del fruto, aunque prefieren la mitad inferior del mismo. Sin embargo, pueden encontrarse frutos dañados a cualquier altura del árbol. La hembra oviposita durante su vida un mínimo de 101 huevos y un máximo de 204, con un 84 % de fertilidad (Castañeda *et al.*, 2015)

La larva de este insecto se introduce en el fruto cuando está en sus pequeñas etapas perforando la pupa y se van alimentando de la semilla (hueso), por esta razón puede llegar a afectar en la producción de fruta hasta en un 80 %.

Los frutos infestados caen al suelo y una vez que la larva completa su desarrollo sale de la semilla para pupar en cocones a una profundidad de 5 a 10 cm dependiendo de la humedad y textura del suelo, ahí se transforma en adulto, cuya emergencia se da en condiciones de humedad (Coria-Avalos, 1999).

Al emerger el adulto, se dirige a la parte aérea de la planta, ya sea caminando a través del tallo o mediante vuelos cortos hacia las ramas bajas del árbol. Su vuelo es poco activo, de habito nocturno y durante el día se encuentra en cualquier hueco del árbol o en la hojarasca. Los adultos pueden aparearse inmediatamente después de la emergencia y dañar frutos recién formados (Peña *et al.*, 2013).



Figura 8. Daños provocados por barrenador pequeño en el fruto de aguacate, hueso infestado y larva próxima a la pupación.

Barrenador de ramas (*Copturus aguacatae*):

El daño inicia con la oviposición, al remover la corteza de la rama o tronco para depositar los huevos en ella. La entrada de la perforación se caracteriza por puntos blancos de consistencia polvosa y posteriormente por la acumulación de aserrín y savia cristalizada que varía de color crema hasta café oscuro (Urías y Salazar, 2008). La larva se alimenta de madera de las ramas

más jóvenes hasta llegar a la medula, impidiendo la circulación de agua y nutrientes. Por lo que se ocasiona defoliación, aborto de flores y frutos. También las ramas afectadas pueden secarse o romperse por el peso del fruto (Equihua *et al.*, 2007).

La infestación depende de la época del año, se pueden observar galerías hasta con más de 20 larvas. Así mismo, se pueden encontrar de 2 a 18/barrenos/árbol. El nivel de daño está influenciado por la fertilización, es decir los árboles con escasa fertilización son más susceptibles al ataque (Urías y Salazar, 2008).

Los adultos son activos durante el día, se desplazan sobre las ramas, por su tamaño diminuto, color y movimiento rápido dificultan su observación. La hembra oviposita sobre ramas que reciben la luz solar, aunque puede ovipositar en ramas sombreadas (Coria *et al.*, 2007) en las ramas que coinciden con los puntos cardinales este y sur (Damián *et al.*, 2015).



Figura 9. Larva de *Copturus* al interior de la rama.

Palomilla barrenadora (*Stenoma catenifer* Walsingham) (Lepidoptera: Elachistidae):

Las hembras prefieren ovipositar en las ramas tiernas, y en menor proporción en los frutos. La larva al poco tiempo de emerger comienza a alimentarse de la epidermis del fruto, haciendo un orificio por el cual penetra al mismo y atraviesa la pulpa en un trayecto directo (Sermeño *et al.*, 2005). Después de la eclosión, las larvas de primer instar perforan la

epidermis del fruto de aguacate, penetran a través de la pulpa y se dirige hacia la semilla. En total la larva permanece alrededor de 20 días dentro del fruto, donde se desarrollan los cinco instares larvales (Acevedo-Jaramillo *et al.*, 1972).

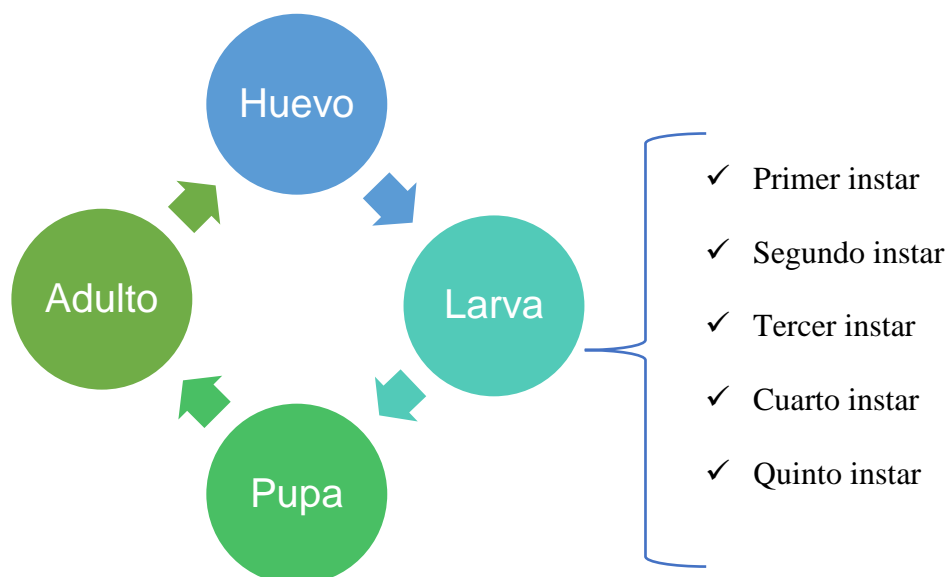


Figura 10. Ciclo de vida de *Stenoma catenifer*.

Wille (1952) reporta que *S. catenifer* provoca tres tipos de daño:

- La larva perfora y barrena los brotes terminales y laterales de los árboles de aguacate, realizando túneles de hasta 25 cm de largo, los brotes afectados se marchitan y mueren.
- La larva barrena y corta los pedúnculos y la base de los frutos pequeños, como resultado los frutos inmaduros caen al suelo.
- Las larvas del insecto también pueden atacar los frutos grandes y casi maduros, realizando numerosas galerías en la pulpa y le daña de tal forma que el fruto no puede ser usado para consumo.

Trips:

En el cultivo de aguacate las principales especies son *Frankliniella* y *Scirtothrips*. Una de sus características principales son dos pares de alas largas que pueden llegar a cubrir el abdomen. Poseen un aparato bucal picador chupador, la mayoría son fitófagos, aunque también existen especies depredadoras y parasitoides (Johansen *et al.*, 1997). El principal daño lo causa en

los brotes vegetativos tiernos, inflorescencias (pueden inhibir la fecundación) y frutos en sus etapas (cerillo) causando daños y disminuyendo la calidad por aparición de abultamientos y deformaciones de epidermis.

Estas especies pueden disminuir la calidad de la fruta hasta un 25 %. Las lesiones que causan estos insectos pueden ser una gran ventaja para la entrada de diversos patógenos. En plantaciones de aguacate las más altas poblaciones de los trips se presentan en temporada de sequía, posteriormente durante el periodo de lluvias la población baja, para empezar de nuevo a aumentar cuando las lluvias terminen. El pico poblacional de marzo a mayo corresponde al periodo de altas temperaturas (González *et al.*, 1997).

Las mayores incidencias coinciden con los periodos de apertura de las flores, formación y amarre de fruto, una vez pasada esta época el insecto habita sobre los brotes vegetativos tiernos. El insecto se alimenta succionando la sabia de brotes vegetativos tiernos e inflorescencias ocasionando malformaciones, inhibe la fecundación de flores al dañar los órganos sexuales, originando su caída. En frutos recién formados se ven afectados por la aparición de alteraciones irregulares en la cascara que persisten hasta la maduración de la fruta (Coria, 1993).

Araña cristalina:

Esta especie originaria de México y es conocida como araña cristalina o acaro del aguacate. Los adultos de esta araña poseen un cuerpo ovalado y abdomen terminado en punta. Son de color amarillo verdoso con varias manchas oscuras y los huevos son de forma esférica y color amarillo pálido. Esta especie posee cinco estadios de desarrollo que pueden ser encontrados simultáneamente en el mismo nido.

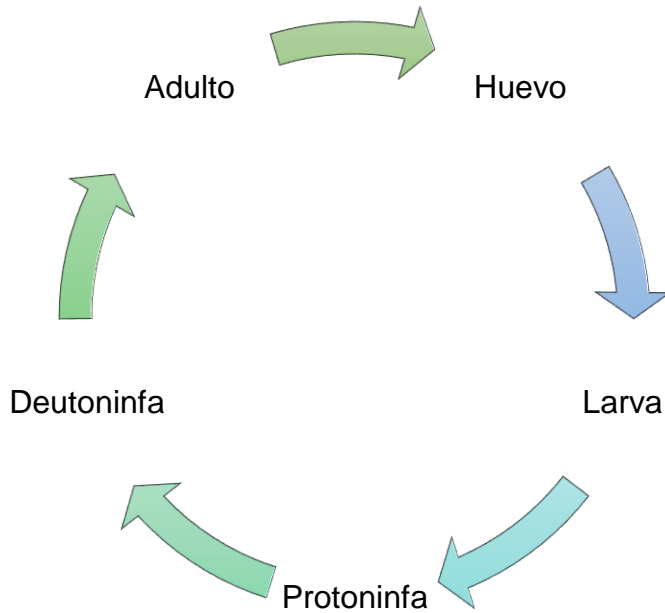


Figura 11. Estadios de desarrollo de araña cristalina.

Las arañas cristalinas comen en colonias protegidas bajo una densa tela de araña que se encuentra a lo largo del nervio central y de los nervios secundarios del envés de las hojas.

Como consecuencia de la alimentación de los ácaros, en estas colonias se producen decoloraciones pardas en el envés de las hojas y de forma circular, que, en función de la severidad del daño, puede apreciarse hasta en el haz.

Las altas poblaciones de este acaro puede provocar la caída de las hojas de los árboles de aguacate, dejando al descubierto sus frutos y aumentando el riesgo de ser dañados por golpe de sol.

Araña roja:

Es una plaga que se encuentra prácticamente en todas las zonas productoras de aguacate. El daño que ocasiona este acaro es succionar la savia de las hojas las cuales disminuyen su actividad fotosintética y las hojas presentan un color café-rojizo (bronceamiento), y en infestaciones graves puede ocasionar defoliación (Flores *et al.*, 2011).

Los ácaros fitófagos que pertenecen a la familia Tetranychidae presentan una amplia distribución a nivel mundial y construyen el grupo más numeroso del orden acarina.

Miembros de esta familia se caracterizan por poseer un cuerpo pequeño cuerpo globoso. La hembra es de forma redondeada y el macho es de menor tamaño, de forma alargada y de menor longitud, ambos con número y longitud de setas dorsales variable entre especies.

En México y específicamente en la zona productora de aguacate de Michoacán, los ácaros del género *Oligonychus* son uno de los principales problemas fitosanitarios sobre el cultivo.

2.6.3. Escama armada (*Hemiberlesia lataniae* Signoret)

Las escamas son insectos que pertenecen a la familia Diaspididae, ampliamente distribuida en todo el mundo, y constituye el grupo más numeroso de Coccoidea con alrededor de 400 géneros y 2 650 especies.

Hemiberlesia lataniae es una de las escamas blancas y es la especie que alcanza los mayores niveles de infestación en los cultivos que ataca. Es altamente polífaga, registrando un amplio número de hospederos, afectando a diversas especies especialmente frutales como: kiwi, durazno, manzana, pera, aguacate, maracuyá, níspero, olivo y vid (Lemus-Soriano, 2018; Larral *et al.*, 2018).

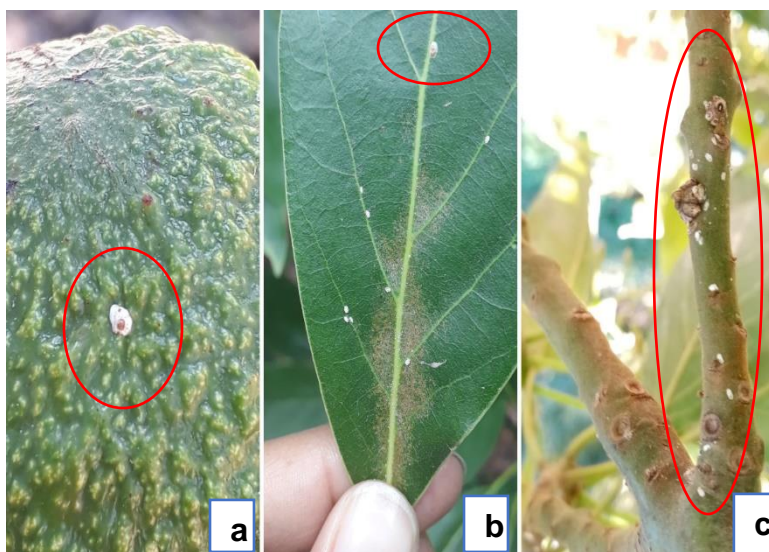


Figura 12. a) escama presente en fruto, b) en hoja y c) en tallo.

2.6.3.1. Daños

Las escamas se distribuyen en todos los estratos en ramas, ramillas, hojas y frutos, preferentemente en zonas bajas e internas del árbol, donde existe mayor humedad y menor luminosidad. Causan daños directos al alimentarse del tejido parenquimático de la planta, insertando su aparato bucal, provocando manchas en las hojas y eventualmente su caída.

El principal daño económico es su presencia en el fruto, los que cambian ligeramente de color, se forma una depresión en el área de inserción de la escama y, en infestaciones intensas, caen prematuramente. Las escamas se establecen de preferencia en la zona adyacente al pedúnculo del fruto, lugar de difícil remoción durante el proceso de postcosecha. Lo que aumenta de manera significativa el costo del producto dado que obliga a su remoción manual (Faver y Phillips, 2003).

2.6.3.2. Biología

Las especies del género *Hemiberlesia* se reproducen por partenogénesis a diferencia de otras especies como la escama blanca de la hiedra, en que existe participación de machos en el proceso reproductivo. En condiciones de laboratorio la escama presenta un ciclo biológico de 168 días (r) y la presencia de dos mudas en todo su desarrollo. En campo presenta dos generaciones al año.

La escama adulta deposita los huevos bajo la cubierta protectora, y las ninfas migratorias único estado móvil de la plaga emergen por una apertura del extremo caudal de la escama madre. La ninfa migratoria se traslada de un árbol a otro, fijándose sobre ramas, ramillas, hojas y frutos y comienza a alimentarse. El desarrollo posterior se produce con la escama adherida al tejido de la planta.

La reproducción de las especies del género *Hemiberlesia* es partenogenética. Se ha observado su desarrollo en laboratorio, a través de infestaciones dirigidas y observaciones periódicas. El desarrollo se inicia con la eclosión de la ninfa 1 y seguido de los estados juveniles y posteriormente el adulto, el ciclo de vida tiene una duración de aproximadamente 168 días (26 ± 2 °C, 65 ± 5 % HR). Escama es una especie ovípara, que deposita los huevos bajo la cubierta protectora. A partir de su eclosión surgen ninfas migratorias o crawlers, único estado

móvil de la plaga, de color amarillo, de cuerpo ovalado y con ojos y patas bien desarrolladas (Vargas y Rodríguez, 2008).

Los estados ninfales pasan por una fase migratoria y una sésil, caracterizada por la presencia de caparazón o armadura dorsal. Las larvas permanecen bajo el caparazón de la hembra desde unas pocas horas hasta uno o dos días dependiendo de las condiciones ambientales, en particular de la temperatura, para posteriormente emerger por una apertura en el extremo de la escama madre. Las ninfas migratorias caminan buscando un lugar adecuado en el árbol para alimentarse, fijándose sobre ramas, ramillas, hojas y frutos. La migración puede ocurrir entre unas pocas horas a cuatro o cinco días de la emergencia, dispersándose incluso hasta arboles vecinos transportadas por el viento. Al establecerse en alguna parte del árbol comienzan a formar un caparazón ceroso de color blanco que protege el cuerpo del insecto.

2.6.3.3. Morfología y taxonomía

Una de las características más importantes de los diaspididos es la presencia de un caparazón circular blanquecino alojado principalmente en ramas, hojas y frutos. Esta estructura actúa como cubierta protectora contra las agresiones físicas y químicas del ambiente, cuya dureza e impermeabilidad constituye una barrera efectiva contra el control químico.

La hembra adulta de *Hemiberlesia* presenta este caparazón de forma circular, aplanado o levemente convexo, de coloración grisáceo, de 1.5 a 2.0 mm de diámetro, con un área apical redondeada de color anaranjado, generalmente subcentral, que contiene las mudas (exuvios). Bajo esta cubierta protectora se encuentra el cuerpo de la hembra, de color amarillo brillante, aplanado dorso-ventralmente y de apariencia periforme.

2.6.3.4. Clasificación taxonómica

Familia: Diaspididae

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Diaspididae

Género: Hemiberlesia

Especie: *Hemiberlesia lataniae* (Signoret, 1869)

2.6.3.5. Hospederos

H. lataniae se presenta sobre un gran número de plantas hospederas, afectando a diversas especies, especialmente frutales como: aguacate, kiwi, durazno, manzano, pera, maracuyá, níspero, olivo y vid. Entre las especies forestales infesta acacias, olivo, sauces, laurel de olor entre otros.



Figura 13. Escama presente en frutos de aguacate.

2.6.4. Alternativas de control

2.6.4.1. Monitoreo:

En condiciones de campo las poblaciones de escamas deben ser monitoreadas sistemáticamente para conocer su distribución, fenología, presencia y eficiencia de enemigos naturales, información que fundamenta las decisiones de manejo. Al conocer la fecha en que las ninfas migratorias comienzan la colonización del fruto hace más exitoso el manejo de la plaga. Ya que indica la oportunidad de control biológico o químico antes de su establecimiento en el fruto.

2.6.4.2. Manejo cultural:

- ✚ Poda de ramas y ramillas cercanas al suelo o en el interior del árbol, con el fin de eliminar la plaga e impedir que continúe multiplicándose sobre estas estructuras.
- ✚ Eliminar malezas reconocidas como hospederas de la plaga.
- ✚ Control biológico (enemigos naturales)
- ✚ Conocer la fenología de la plaga y presencia de enemigos naturales es fundamental para el control oportuno de la escama, esto es, antes de su establecimiento en el fruto.

2.6.4.3. Control biológico:

Parasitoides: Varias especies de microavistas parasitoides han sido usadas con éxito en el control biológico. El género *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) es uno de los más utilizados a nivel mundial por su alta especificidad para escama armada. Son avispa pequeñas muy diversas en su apariencia, biología y hospedantes, parasitando preferentemente estadios inmaduros de escama (Collier, 1995).

La mayoría de las especies de *Aphytis* en estado adulto requieren de néctar como alimento suplementario o bien se alimentan de la hemolinfa de su hospedero (host feeding), proceso en el que insertan el ovipositor en el cuerpo de la escama y consumen el fluido al salir de la herida, comportamiento en machos parasitoides himenópteros y que causa mortalidad de los hospederos casi tan elevada como la propia actividad de parasitismo (Van Driesche, 2007).

Esta avispa es un ectoparasitoide facultativo gregario que presenta una reproducción estrictamente partenogénica, asociado a varias especies de escama (Apostolos *et al.*, 2010).

La avispa fue estudiada en condiciones de laboratorio, observando que: a) se reproduce preferentemente sobre estadios inmaduros de la escama, sugiriendo que su liberación en campo debe de estar sincronizada con la presencia de este estadio de la plaga, b) Presenta una tasa de mortalidad de escamas cercana al 60 %, causada por la ovipostura del parasitoide, c) Se estima que sus hábitos de alimentación causan el 10 % de mortalidad y d) Una capacidad de multiplicación de su población significativamente superior a la de la plaga, verificando la potencia de control que ofrece el parasitoide en el contexto de manejo integrado de plagas. Por lo que, estudios realizados por Navea y Vargas (2012) determinaron que el parasitoide *Aphytis diaspidis* es eficaz al disminuir las poblaciones adultas de escama armada. al alimentarse de sus hospederos en estados inmaduros al no encontrar alimento (Collier, 1995; Navea y Vargas, 2012).

Estudios por Heraty *et al.* (2008) observaron que *E. citrina* tiene gran capacidad de adaptación, por lo que, se ha introducido en diversos países con fines de control biológico (Myaetseva y González-Hernández, 2008; Carbajal y Martos, 2019). Así mismo, el género *Aphytis* causan un alto grado de parasitismo y un alto grado de mortalidad.

Depredadores: Asociados a esta escama destacan los coleópteros *Coccidophilus citrícola* y *Rhizobius lophanthae*. Las larvas y adultos de depredadores se alimentan de adultos y estados inmaduros de las escamas. Se caracterizan por presentar una dependencia con la densidad poblacional de la plaga y por la diversidad de sus hábitos alimenticios.

✚ ***Rhizobius lophanthae*** (Blaisdell)0: El adulto mide aproximadamente 3 mm de largo, son de color negro aterciopelados y ojos negros prominentes. Sus élitros son de color negro, mientras que el tórax, la cabeza y patas son de color pardo anaranjado.

El cuerpo de las larvas es de color gris con protuberancias a los costados de su cuerpo. Presentan una mancha más clara sobre la parte dorsal y la cabeza es más oscura que el resto del cuerpo. Este género se especializa en escama como: Escama blanca de la hiedra (*Aspidiotus nerii*), Escama rapax (*Hemiberlesia rapax*), Escama del látano (*Hemiberlesia*

lataniae), Escama roja de los cítricos (*Aonidiella aurantii*), Escama morada de los cítricos (*Lepidosaphes beckii*) y escama de San José (*Diaspidiotus perniciosus*) (Gómez, 2002).

Modo de acción: Esta perfora el caparazón de la escama para alimentarse de su hemolinfa. Es posible observar una mordedura muy evidente en el borde o cercano al centro del caparazón de la escama atacada, por lo tanto, es muy fácil comprobar su efecto en campo. Consume todos los estados de desarrollo de la escama (Gómez, 2002; Ripa *et al.*, 2007; Vargas y Rodríguez, 2008).



Figura 14. Escama cuyo caparazón ha sido perforado por el parasitoide.

Ciclo de vida: De larva a adulto completa su ciclo en 22 días promedio con temperatura constante de 24 °C y 70 % de humedad relativa. La longevidad de la hembra adulta es de aproximadamente entre 63 y 162 días.

Capacidad de consumo: Adultos y larvas pueden consumir un promedio de 18 y 10 escamas/día respectivamente. Para completar su ciclo debe consumir entre 426 y 708 escamas. Las liberaciones en campo, en relación 1:10 ha logrado hasta un 98 % de inmortalidad de la escama (INIA de La Cruz).

✚ Una hembra de *Rhizobius* puede poner entre 22 y 1152 huevos.

- ✚ Son altamente efectivos sobre la mayoría de las escamas que afectan la producción de frutas.
- ✚ Poseen buena capacidad de vuelo para ubicar a su presa.

2.6.4.4. Control químico:

Entre los productos autorizados contra las escamas armadas se encuentran el metomilo, Imidacloprid, aceite mineral (Vargas y Rodríguez, 2008), Carbaril, Malation, Bifentrina, Ciflutrina y aceite mineral mezclado con jabón insecticida (*Dreistadt et al., 2007*). La aplicación se dirige a individuos de primer instar (Crawlers), que es el estado más susceptible y activo, en consecuencia, se logra un mayor efecto (Hanson y Miller, 1984; Hill *et al.*, 2008).

2.7. Geoestadística

La geoestadística comprende un conjunto de herramientas y técnicas que sirven para analizar y predecir los valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio. Asimismo, es una alternativa que permite describir los patrones de distribución espacial de plagas y enfermedades en los cultivos. A partir de muestreos realizados en el área de interés, empleando información acerca del valor que toma una variable. Además, de la ubicación espacial de los puntos de muestreo a fin de resumir la correlación entre los puntos (Liebhold *et al.*, 1991).

Debido a su aplicación orientada a los SIG, también puede definirse como la estadística relacionada con los datos geográficos, de ahí que se le conozca como estadística espacial. La geoestadística se emplea en innumerables campos de aplicación tales como: medio ambiente, hidrología, agricultura e incluso la pesca.

Fue creada en la década de los 60-70. Pero su máximo esplendor como ciencia aplicada se alcanzó a partir de los 90. En los últimos años la geoestadística ha probado su superioridad como método de estimación de los recursos de la mayoría de los tipos de minas.

Etapas de un análisis estadístico:

- ✚ **Análisis exploratorio de los datos:** Se estudian los datos muestrales sin tener en cuenta su distribución geográfica. Se comprueba la consistencia de los datos, eliminando los errores e identificándose las distribuciones de las que provienen.
- ✚ **Análisis estructural:** Busca cuantificar la correlación espacial de la variable, el cálculo del semivariograma experimental, el análisis e interpretación del semivariograma y ajuste del modelo teórico al experimental, que explique la variabilidad espacial.
- ✚ **Predicciones:** Estimación de la variable en los puntos no muestrales, considerando la estructura de correlación espacial seleccionada e integrando la información obtenida de forma directa en los puntos muestrales, así como las conseguida indirectamente en forma de tendencias conocidas.

2.7.1. Georreferenciación:

La georreferenciación se utiliza frecuentemente en los sistemas de información geográfica (SIG) para relacionar información vectorial e imágenes raster de las que se desconoce la proyección cartográfica, el sistema geodésimo de referencia o las distorsiones geométricas que afectan a la posición de los datos.

Dentro de la agricultura actualmente se tienen varios trabajos, tal es el caso de estudios de información edafológica, muestreo de insectos y enfermedades, todo por el medio del uso de sistemas de información geográfica, sistemas de posicionamiento global, sensores remotos, geoestadística e índices de distancia; las cuales permiten analizar la distribución espacial y temporal de cualquier insecto plaga (De Luigi *et al.*, 2011; Eisen, 2011; Bautista *et al.*, 2013).

El uso de estas herramientas contribuye al conocimiento y explicación del comportamiento de diversas especies en tiempo y espacio. Estos estudios se pueden realizar desde pequeñas parcelas hasta un área completa de una región (Cigliano y Torrusio, 2003)

El comportamiento de los insectos en tiempo y espacio no es un tema reciente, ya que hay diversos trabajos que se han interesado en el tema. Con ello han logrado transmitir sus conocimientos e implementar nuevas técnicas de muestreo y de monitoreo de especies.

La distribución espacial de los insectos puede variar de un punto a otro, esto se ve influenciado por factores medio ambientales como: humedad relativa, precipitación, pendiente, tipo de suelo e intensidad de luz. Los insectos son unas de las formas de vida con la más amplia diversidad sobre los ecosistemas terrestres, la dinámica de esta diversidad se ve influenciado por múltiples factores, los cuales se clasifican en dos grupos: los bióticos y abióticos (Montiel, 1981), ya que la capacidad de adaptación y sobrevivencia dependen de ciertos límites. La distribución espacial de insectos es entendida como el esquema que adopta la población de un área geográfica, es decir, la ubicación de cada individuo como respuesta a las condiciones ambientales optimas, puede estar determinada por tres componentes (Soberón, 2007).

Los estudios de la dispersión espacial de especies es un factor fundamental para determinar y comprender el efecto de sucesos pasados sobre el patrón de distribución actual, lo cual permite generar una hipótesis sobre los procesos biológicos o ambientales que estructuran el comportamiento de especies dentro de la agricultura. Sin embargo, Wiegand *et al.* (2007) indican que los patrones espaciales son el resultado de procesos diferentes que operan en distintas escalas y guardan relación con los síndromes de regeneración propios de las especies (modo de dispersión, tolerancia a la sombra, establecimiento, supervivencia y desarrollo) y con la heterogeneidad ambiental.

2.7.2. Trabajos realizados sobre distribución espacial

A continuación, se desarrollan algunos trabajos de investigación en los cuales se utilizaron herramientas geoestadísticas con la finalidad de determinar la distribución espacial de los insectos plaga.

Brandhorst-Hubbard *et al.* (2001), elaboraron mapas de distribución espacial de las poblaciones de invertebrados del suelo, muestreando por métodos acústicos y por conteo directo en excavaciones, para ello elaboraron semivariogramas para las especies de invertebrados del suelo y utilizaron la técnica de krigeado para obtener las estimaciones de la población de estos organismos, necesarias para la elaboración de los mapas de densidad correspondientes.

Ávila y colaboradores (2002), realizaron un trabajo sobre dinámica espacial y temporal de roña (*Sphaceloma perseae*), daño asociado a trips y antracnosis del aguacate en el estado de Michoacán, donde reportan que la antracnosis se presentó en las últimas etapas fenológicas del fruto utilizando estadística clásica para determinar la dinámica espacio-temporal.

Guzmán *et al.* (2004), realizaron un estudio para determinar la distribución espacial de la pudrición radial del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por *Fusarium solani* en el estado de Hidalgo, donde evaluaron la severidad del daño por el patógeno en la raíz principal y la severidad de pudriciones blandas en raíces laterales, crecimiento radial e intensidad de la nodulación.

Moral (2004), utilizó técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armígera* mediante trampas de feromonas sexuales en una plantación de tomate, a partir de 12 trampas con feromonas. Con el uso de estas técnicas se consiguió presentar diariamente las distribuciones espaciales de las capturas, lo que permitió analizar su evolución temporal. La modelización mediante semivariogramas teóricos de tipo esférico o exponencial, con un importante efecto pepita, denotaron las oscilaciones de las densidades de capturas de la parcela. Se realizaron estimaciones en una gran cantidad de puntos no muestrales, lo cual sirvió de base para la elaboración de mapas de distribución de las capturas de la parcela.

Tannure y Mazza (2004), caracterizaron la distribución espacial de larvas de *Alabama argillacea*, usando técnicas geoestadísticas y estimaron la densidad de insectos en puntos del lote no muestreados.

Ramírez y Porcayo (2010), realizaron un estudio utilizando técnicas geoestadísticas, en dicho trabajo se buscó establecer la existencia de una estabilidad espacial y temporal de las poblaciones del muérdago enano del nevado de Toluca.

Solares *et al.* (2011), realizaron un trabajo que tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en aguacate mediante el uso de técnicas geoestadísticas que condujeron a la elaboración de mapas por medio del método de krigeado. Los resultados demostraron que las poblaciones de trips presentan una distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad. Las infestaciones no se distribuyeron en el 100

% de la superficie de las dos parcelas experimentales. Se logro determinar estabilidad espacial y temporal a corto plazo de las poblaciones de trips.

Ramírez *et al.* (2011), realizaron un trabajo que tuvo por objetivo comparar la distribución espacial en campo, a través de la generación de mapas de los estadios preimaginales (huevos y ninfas) y adultos de *B. cockerelli* obtenidos en transectos y cuadrantes en un cultivo de papa utilizando herramientas geoestadísticas.

Higuera y Jasso (2011), realizaron un estudio sobre la distribución espacial del gusano soldado *Mythimna unipuncta*, asociado principalmente con el cultivo de maíz. Con ayuda de la geoestadística, se estimaron semivariogramas experimentales los cuales se ajustaron a un modelo teórico. Así mismo, para este estudio se realizaron los mapas de agregación de la plaga logrando determinar las zonas de mayor incidencia y el patrón espacial.

Ramírez *et al.* (2011) realizaron un estudio para determinar la estabilidad espacio temporal de la distribución espacial de la espiga del carbón de la espiga del maíz. los resultados arrojaron que con la geoestadística se logró establecer el tipo de la distribución espacial que presento dicha enfermedad a través de los mapas generados.

Quiñones *et al.* (2016), llevaron a cabo el estudio geoestadístico en gladiola, cultivo en el que se presentó roya. En donde esta enfermedad presento una distribución espacial de tipo agregada en las diferentes etapas fenológicas, ajustándose a modelos gaussiano u exponenciales.

Maldonado *et al.* (2016) utilizaron métodos geoestadísticos en su estudio de trips en el cultivo de aguacate, el estudio se realizó en el municipio de Coatepec Harinas. De ello reportaron que dichas poblaciones se distribuyen de manera agregada. Además de esto determinaron la superficie infestada por el insecto a través de los mapas de densidad.

2.8. Desarrollo de Aplicaciones móviles

Es una aplicación de software desarrollado específicamente para su uso en pequeños dispositivos informáticos, inalámbricos como: teléfonos inteligentes y tabletas, en lugar de los ordenadores de escritorio o portátiles (Pimienta, 2014). Su principal objetivo es facilitar

la vida al usuario. Las aplicaciones pueden ser fácilmente descargables desde las tiendas virtuales que se encuentran dentro de los dispositivos móviles (Mikkonen, 2007).

2.8.1. Software

Es un conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permite ejecutar diferentes tareas en un ordenador (Logroño, 2014). Dentro de las categorías de software se hace referencia a los sistemas operativos que son los encargados de proporcionar una plataforma de software sobre la cual otros programas denominados aplicaciones puedan trabajar.

2.8.2. Proceso de desarrollo de software

Es la descripción de una secuencia de actividades que pueden ser seguidas por un equipo de trabajadores para generar un conjunto coherente de productos. Cuyo objetivo se basa en hacer predecible el trabajo que se requiere como: predecir el costo, mantener un nivel de calidad, predecir el tiempo de desarrollo, generar la información adecuada a los diferentes responsables. De forma que ellos puedan realizar un seguimiento efectivo, además de proporcionar una guía de la ejecución del proyecto que defina para los técnicos la secuencia de tareas que se requieren y los productos que se van a generar (Jacobson *et al.*, 2000).

2.8.3. Modelos de desarrollo de software

Modelo en cascada: Modelo en el cual se ordena rigurosamente las etapas de desarrollo de software, dentro de estas etapas se encuentran las siguientes (Summerville, 2011):

- ✚ Definición de requisitos
- ✚ Diseño de sistemas y software
- ✚ Implementación y pruebas de unidad
- ✚ Integración y prueba de sistema
- ✚ Operación y mantenimiento

En este modelo el inicio de una etapa concluye hasta que la etapa anterior culmine y así poder pasar a la siguiente etapa.

Modelo de prototipos: También conocido como modelo evolutivo, en el cual el prototipo debe de ser construido rápidamente. Para ello el prototipo es construido para mostrárselo al cliente, con la finalidad de recibir críticas y retroalimentación. Con ello se obtendrán los requisitos específicos para la aplicación a partir del prototipo de interfaz gráfica.

Modelo espiral: Es un modelo incremental, ya que aplica un conjunto de fases similares a las plasmadas en el modelo de cascada, pero en ciclos. En cada uno se aumenta un conjunto de requisitos que se han de cubrir, donde las actividades se realizan conforme se van seleccionando, de acuerdo con el análisis de riesgo.

2.9. Metodología de desarrollo

Las metodologías de desarrollo son actividades, procedimientos, técnicas y herramientas que sirven de soporte en la estructuración, planificación y control requeridos para lograr la conversión de una necesidad o un conjunto de necesidades en un sistema de información de manera eficiente (Gacitúa, 2003). Al implementar metodologías se inicia un plan de gestión y control de proyecto de software. Para definir etapas, ingresos y salidas, restricciones, comunicaciones, tareas ordenadas y distribución de recursos tomando como base los modelos de proceso.

2.9.1. Metodología RUP (Rational Unified Process):

Este tipo de metodología es aplicable para una gran variedad de tipos de sistemas, diferentes áreas de aplicación, tipos de organizaciones y diferentes tamaños de proyectos. Esta metodología está basada en componentes a través de interfaces y a su vez es dirigido por casos de uso, siendo iterativo e incremental (Krutchen, 2003).

Esta metodología se desarrolla en cuatro fases dinámicas y seis disciplinas o flujos de trabajo, que son estáticos y no se limitan en una sola fase. Por lo que pueden usarse a lo largo del desarrollo para lograr las metas de cada fase (Sommerville, 2011). Durante el desarrollo del proyecto se lleva a cabo el uso del Lenguaje Unificado del Modelo (UML): siendo un lenguaje grafico para visualizar, especificar, construir y documentar los subproductos de software.

En la figura 15 se pueden observar las fases y flujos de trabajo:

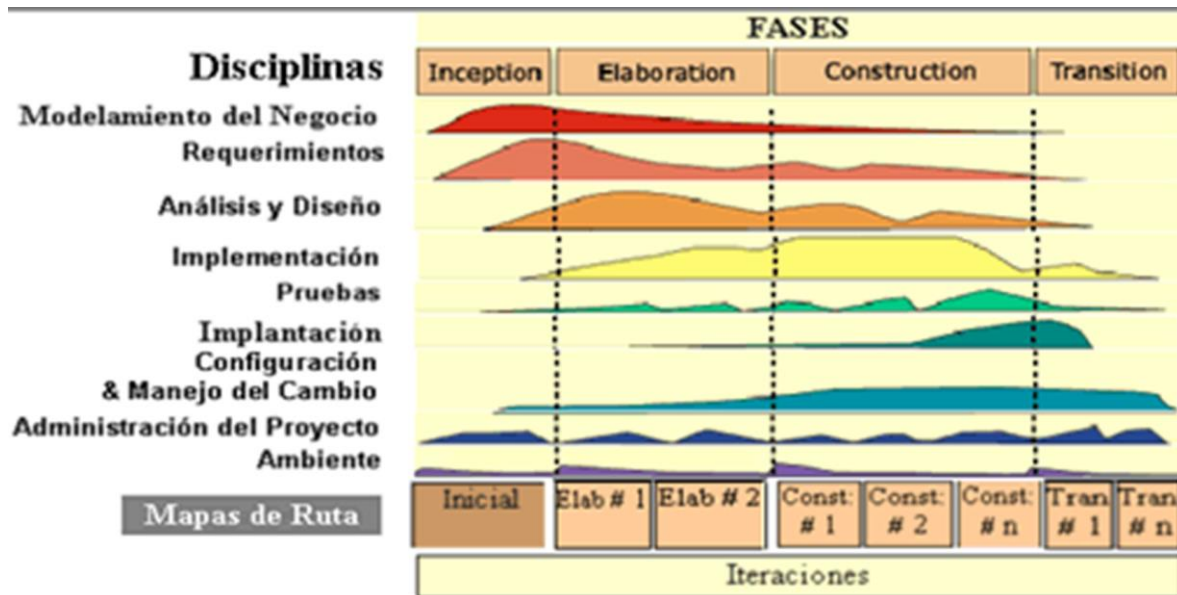


Figura 15. Ciclo de vida RUP. Fuente: Jacobson *et al.* (2000)

Fases:

- ✚ Factibilidad o concepción: En esta fase se identifican todas las entidades externas (personas y sistemas) que interactúan con el sistema y definirán dichas interacciones.
- ✚ Elaboración: Consiste en lograr la comprensión del problema de dominio y establecer un marco conceptual arquitectónico para el sistema. Así mismo, diseñar el plan del proyecto e identificar los riesgos clave de este. Al completar esta fase, se genera un modelo de requerimientos para el sistema, que podría ser una serie de casos de uso que se puedan plasmar en UML (lenguaje unificado del modelo).
- ✚ Construcción: Incluye el diseño, programación, interacción y pruebas del sistema. Al completar esta fase se debe de tener un sistema de software funcionando y la documentación relacionada lista para entregarse al usuario.
- ✚ Transición: es el cambio del sistema desde la comunidad de desarrollo hacia la comunidad de usuarios, así como, su funcionamiento en el ambiente real.

Flujos de trabajo:

- ✚ Modelado del negocio: Tiene la finalidad de documentar los procesos u organización en la que se estará inmerso el software, con la finalidad de acercar el mundo de los sistemas al mundo real (Celis *et al.*, 2013).
- ✚ Requerimientos: Se identifican los actores que interactuaran con el sistema y se desarrollan casos de uso para modelar los requerimientos del sistema, se documenta en diagramas UML de casos, así como en diagramas UML de actividades y estados.
- ✚ Análisis y diseño: Se crea y documenta el modelo de diseño utilizando modelos arquitectónicos (Creación de prototipos), de componentes, de objetos y de secuencias. Los productos en este flujo se plasman en diagramas UML de clases, componentes, secuencias y despliegue.
- ✚ Codificación o Implementación: En este flujo se implantan y estructuran los componentes del sistema en subsistemas de implementación. El producto es el código fuente, escrito en los lenguajes de programación correspondientes.
- ✚ Despliegue: Se crea la liberación de un producto, se distribuye a los usuarios y se instala en su lugar de trabajo. Se puede documentar en un diagrama UML de despliegue.
- ✚ Pruebas: es un proceso iterativo que se realiza en conjunto con la implementación.

2.9.2. Metodología XP (Programación extrema)

Es un método ágil más conocido y ampliamente utilizado. El nombre de XP fue acuñado por Beck (2000), debido a que el enfoque fue desarrollado utilizando las mejoras practicas del desarrollo iterativo y con la participación extrema del cliente. En este tipo de metodología los requerimientos se expresan como escenarios llamados historias de usuario, las cuales se implementan directamente como una serie de tareas. Los desarrolladores realizan pruebas para cada tarea antes de escribir el código. Todas las pruebas se deben de ejecutar satisfactoriamente cuando el código nuevo se integra al sistema. El desarrollo incremental se lleva a través de entregas pequeñas y frecuentes del sistema y por medio de un enfoque que sirve para la descripción de requerimientos basado en las historias del cliente o escenarios que puedan ser la base para el proceso de planificación.

2.10. Dispositivos móviles

Dispositivo móvil (mobile device) también conocido como computadora de bolsillo o computadora de mano (palmtop o handheld) es un tipo de computadora de tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento, con conexión a internet, con memoria diseñado específicamente para una función, pero que pueden llevarse a cabo otras funciones más generales.

Tipos de dispositivos móviles

- ✚ Teléfonos inteligentes
- ✚ Tabletas
- ✚ Relojes inteligentes
- ✚ Reproductores digitales
- ✚ Cámaras fotográficas digitales

Características de estos dispositivos:

- ✚ Son aparatos pequeños: la mayoría se pueden transportar en el bolsillo del propietario.
- ✚ Tiene capacidad de procesamiento.
- ✚ Tiene conexión permanente o intermitente a una red.
- ✚ Tiene memoria (RAM, tarjetas MicroSD, Flas, etc.).
- ✚ Se asocian al uso individual de una persona, tanto en operación como posesión, la cual puede adaptarlos a su gusto.
- ✚ Tiene una alta capacidad de interacción mediante la pantalla o el teclado.

Por lo tanto, en la mayoría de los casos, un dispositivo móvil puede definirse con cuatro características que lo diferencian de otros dispositivos, que, aunque pudieran parecer similares, carecen de algunas de las características de los verdaderos dispositivos móviles.

- ✚ **Movilidad:** Es la cualidad de un dispositivo para ser transportado o movido con frecuencia y facilidad.
- ✚ **Tamaño reducido:** Permite transportar el dispositivo cómodamente con una persona y es fácilmente con una o dos manos sin necesidad de ninguna ayuda o soporte externo.

- ✚ **Capacidad de comunicación inalámbrica:** Debe de tener la capacidad de enviar o recibir datos sin la necesidad de un enlace o cableado.
- ✚ **Capacidad de interacción con las personas:** Se entiende por interacción el proceso de uso que establece un usuario con un dispositivo.

2.11. Sistema operativo

Es un conjunto de programas que permite manejar la memoria, disco, medios de almacenamiento de información y los diferentes periféricos recursos de un dispositivo móvil, al igual que los PCs utilizan Windows o Linux entre otros (Gutiérrez, 2015). Sin embargo, los sistemas operativos móviles son mucho más simples y están más orientadas a la conectividad inalámbrica.

2.11.1. Android

Es un sistema operativo móvil basado en Linux que fue pensado en un principio para usarse con un teclado y un cursor que permitía navegar por las aplicaciones. En la actualidad, tras varias actualizaciones, está pensado para dispositivos móviles con pantalla táctil, ya sean smartphones o tabletas. Inicialmente fue creado por la compañía de software Android Inc., pero en el año 2005 Google compro la empresa y dos años después presento el sistema operativo. En el año 2006 lanzo el primer móvil que contaba con este sistema, el HTC Dream, que comenzó a venderse en 2008.

En la actualidad, más de mil millones de teléfonos y tabletas de todo el mundo lo utilizan por ser un sistema operativo personalizable, fácil de utilizar y que funciona adecuadamente con las aplicaciones de Google. El logotipo y casi mascota del sistema operativo es Andy, un androide verde.

2.11.1.2. Versiones de Android

A continuación, se describen las diferentes versiones de Android hasta la actualidad, con sus diferentes características y año de publicación.

Versión	Fecha	Características
Android 12 (12.0)	Agosto de 2021	<ul style="list-style-type: none"> ○ Puede cambiar el color de las aplicaciones de terceros compatibles ○ Crea un tema personalizado que coincide con un fondo de pantalla actual
Android 11 (11.0)	8 de septiembre de 2020	<ul style="list-style-type: none"> ○ Soporte para la autenticación de llamadas ○ Burbujas flotantes para notificaciones ○ Acceso al reproductor de música a través de los ajustes rápidos ○ El modo oscuro agrega una nueva opción ○ El modo bluetooth permanecerá encendido cuando se active el modo avión ○ Nuevos emojis ○ Rediseño de iconos de la interfaz ○ Mejoras de conectividad y experiencia en el uso de redes 5G ○ Soporte nativo de grabación de pantalla ○ Opción para aumentar sensibilidad táctil del dispositivo ○ Mejora para cámaras ○ Se podrá silenciar notificaciones
Android 10 (10.0)	3 de septiembre de 2019	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modo oscuro en todo el sistema ○ Soporte para operar con banda de redes 5G ○ Agrega opción “no molestar” ○ Introducción de una nueva función llamada Bubbles ○ Selección de colores en el tema ○ Soporte nativo de reconocimiento facial 3D ○ Gestión de permisos mejorada
Pie (9.0)	6 de agosto de 2018	<ul style="list-style-type: none"> ○ Incluye tecnología de inteligencia artificial para adaptarse al usuario ○ Soporte para cámaras externas USB/UVC ○ Batería adaptativa ○ Permite ver que aplicaciones enviaron notificaciones recientemente ○ Mejora el soporte para audio HD ○ Soporte para conectar hasta cinco dispositivos Bluetooth ○ Nueva forma de hacer capturas de pantalla ○ Nuevo botón de rotación de pantalla manual ○ Permisos restringidos al micrófono, cámara

Oreo (8.0-8.1)	21 de agosto de 2017	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cambio interfaz de usuario de la cámara ○ Volvió a Wi-Fi ○ Agrego notificaciones temáticas ○ Añadió una animación de la batería en configuración ○ Agrego fondo oscuro para la aplicación reloj
Nougat (7.0-7.1.2)	15 de junio de 2016	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad de mostrar múltiples aplicaciones en la pantalla a la vez en una vista de pantalla dividida ○ Modo de ahorro de energía Doze amplio
Marshmallow (6.0-6.0.1)	5 de octubre de 2015	<ul style="list-style-type: none"> ○ Implementación del uso de huella dactilar ○ Mejora el uso de memoria RAM ○ Mejor velocidad y estabilidad ○ Pantalla de bloqueo mejorada
lollipop	12 de noviembre de 2014	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mejora el ahorro de batería ○ Soporta CPU de 64 bits ○ Se añade más compatibilidad con más lenguajes del sistema ○ Se añade la aplicación de linterna compatible con el flash de la cámara
kitkat	31 de octubre de 2013	<ul style="list-style-type: none"> ○ Transparencia en la barra de estado y navegación ○ Posibilidad de impresión mediante wifi ○ Mejoras de interfaz
Jelly bean	9 de junio de 2012	<ul style="list-style-type: none"> ○ Locación de wifi en segundo plano ○ Mejoras en la seguridad del sistema ○ Mejora en la escritura ○ Cambios de usuario más rápido ○ Autocompletar en el marcado de llamadas
Ice cream Sandwich	18 de octubre de 2011	<ul style="list-style-type: none"> ○ Incorpora nuevo navegador web Chrome ○ Mejora integración de dictado por voz en tiempo real ○ Capacidad de cerrar aplicaciones en segundo plano ○ Editor de fotos integrado
Honeycomb	22 de febrero de 2011	<ul style="list-style-type: none"> ○ La versión optimizada para Tablet ○ Teclado rediseñado más rápido y eficiente ○ Acceso rápido a las características de la cámara ○ Mejoras en la navegación web
Gingerbread	6 de diciembre de 2010	<ul style="list-style-type: none"> ○ Soporte de tecnología NFC Mejoras en la administración de energía ○ Integra más sensores como giroscopio y barómetro
Froyo	20 de mayo de 2010	<ul style="list-style-type: none"> ○ Optimización de velocidad y rendimiento del dispositivo ○ Soporte para correos de Microsoft Exchange ○ Soporte para adobe flash ○ Se añade gesto de zoom en galería

Eclair	26 de octubre de 2009	<ul style="list-style-type: none"> ○ Soporte intercambio de correo ○ Nuevas características para la cámara ○ Mejora en la respuesta de texto en el táctil ○ Mejoras en agenda y calendario y optimizado en la velocidad del hardware
Donut (1.6)	15 de septiembre de 2009	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mejora la búsqueda pro-voz ○ Incorpora una mejor galería de imágenes ○ Da soporte para resoluciones de pantallas más grandes ○ Mejora en velocidad de búsquedas y aplicaciones de cámara
Cupcake (1.5)	27 de abril de 2009	<ul style="list-style-type: none"> ○ Soporte para widgets ○ Graba y reproduce archivos con formatos mp4. ○ Soporte para Bluetooth ○ Añade la opción de auto rotar pantalla ○ Habilitado para subir videos a You Tube
Banana Bread (1.1)	9 de febrero de 2009	<ul style="list-style-type: none"> ○ Incorpora primeras versiones de Mapas ○ Posibilidad de guardar archivos adjuntos en mensajes ○ Mejora de la interfaz de usuario
Apple Pie (1.0)	23 de septiembre de 2008	<ul style="list-style-type: none"> ○ Primera versión del sistema operativo Android ○ Android market incorporado. ○ Navegador web para visualizar paginas HTML ○ Soporte para cámara ○ Sincronización con Gmail

Tabla 1. Versiones de Android.

2.11.2. iOS

Es un sistema operativo lanzado y utilizado por Apple, su nombre proviene de iPhone OS. Es decir, iPhon Operative System (sistema operativo de iPhone). Se trata de un sistema cerrado que no se puede utilizar salvo en dispositivos de marca Apple. Se lanzo originalmente para el teléfono de la marca, aunque también se ha utilizado durante años en otros dispositivos de la compañía como en algunos de los reproductores de música iPod o en las tabletas iPad (hasta la llegada de iPadOS).

Al igual que otros sistemas operativos móviles, iOS permite instalar aplicaciones para añadir funciones a las que vienen por defecto en el smartphone.





2.11.2.1. Versiones de iOS:

iOS 1.0

En junio de 2007 llegó la primera versión de iPhone OS, antes de llamarse iOS, esta versión solo era compatible con la primera generación de los teléfonos de la marca y con el iPod Touch y no permitía descargas de aplicaciones, por lo que solo se podían utilizar las de serie o utilizar iTunes para escuchar música o comprarla.

Las aplicaciones preinstaladas incluían calendario, fotos, cámara, notas, safari, correo, teléfono e iPod (que más tardes se dividió en las aplicaciones Música y Videos).

Nuevas características de este modelo:

-  Correo de voz visual
-  Interfaz multitáctil
-  Navegador Safari
-  Aplicaciones de música

Actualizaciones: 1.0.1, 1.0.2, 1.1, 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4 y 1.1.5 (solo para iPod Touch).

iOS 2.0

Es el segundo lanzamiento importante del sistema operativo móvil desarrollado por Apple Inc. Fue la primera versión de iOS compatible con aplicaciones de terceros a través de la App Store, quien en sus inicios apenas contaba con 500 apps disponibles, aunque pronto se multiplicaron por miles y miles de aplicaciones.

El iOS 2.2.1 fue lanzado el 27 de enero de 2009 (entonces llamado iPhone OS 2.0), un año después de que el iPhone se convirtiera en un éxito más grande que casi cualquier persona podría tener.

Sus novedades fueron principalmente la App Store y su soporte para aplicaciones reales de terceros en lugar de aplicaciones web. Cientos de otras mejoras importantes también fueron añadidas como: Maps (ambos en la versión 2.2) que por fin hacía juego con el GPS. También la app Mail comenzó a recibir notificaciones push. Para los que tenían el iPod touch esta actualización costaba 10 dólares.




Actualizaciones: 2.0.1, 2.0.2, 2.1,2.2 y 2.2.1.

iOS 3.0

La versión inicial fue lanzada en junio de 2009 y la versión final (3.2.2) fue lanzada el 11 de agosto de 2010. Este lanzamiento acompañó el debut del iPhone 3GS, agregó características que incluían copiar y pegar, búsqueda spotlight, compatibilidad con MMS en la aplicación mensajes y además la capacidad de grabar videos con la aplicación cámara. Cabe destacar que esta versión fue la primera en admitir el iPad.

El iPad de 1era. Generación fue lanzado en 2010 y la versión 3.2 del software lo acompañó.

Novedades:

-  Búsqueda de spotlight
-  Grabación de videos
-  Función de cortar, pegar y copiar



Esta fue la última versión que su actualización hubo que pagarla.




iOS 4

La versión inicial fue lanzada en junio de 2010 y la final (4.3.5) fue lanzada en julio de 2011. Este modelo fue uno de los saltos más significativos, debido a que las características que ahora se utilizan ampliamente debutaron en varias actualizaciones de esta versión, incluyendo FaceTime, multitarea, iBooks, organización de aplicaciones en carpetas, punto de acceso personal, AirPlay y AirPrint. otro importante cambio introducido en esta versión fue el propio nombre iOS.

Esta fue la primera versión de iOS en eliminar la compatibilidad con cualquier dispositivo iOS. No era compatible con el iPhone original ni con el iPod touch de 1era generación.

Novedades:





-  Facetime
-  Ibooks
-  Multitareas

-  Airprint
-  Airplay
-  Fondo de pantalla en el menú inicio

iOS 5

Fue lanzado en octubre de 2011 y su versión final (5.1.1) fue lanzada en mayo de 2012. esta versión surge como respuesta a la creciente tendencia de la tecnología inalámbrica y la computación en la nube, por ello, introdujo nuevas características y plataformas esenciales, cuya función principal era Siri. Además, de otras las cuales estaban iCloud, la capacidad de activar un iPhone de forma inalámbrica, ya que anteriormente requería una conexión a un ordenador. La sincronización con iTunes a través de Wi-Fi y otras características que ahora son fundamentales para la experiencia de iOS. Con iOS 5, Apple dejó de ser compatible con el iPhone 3G, el iPad de 1ª generación y el iPod touch de 2ª y 3ª generación.

Novedades:

-  iCloud
-  iMessage
-  centro de notificaciones
-  sincronización y activación inalámbricas

iOS 6






La versión de iOS 6 fue lanzado en septiembre de 2012 y su versión final (6.1.6) saldría al mercado el 21 de febrero de 2014. Esta versión popularizó ante el mundo a Siri, que, a pesar de ser superada más tarde por los competidores, fue la tecnología verdaderamente revolucionaria, los problemas que presentaría también llevaron a realizar cambios importantes. Fue la creciente competencia de Apple con Google el motor impulsor de estos problemas, ya que Google había suministrado las aplicaciones de Mapas y YouTube preinstaladas con el iPhone desde 1.0 y con la llegada de iOS 6 eso cambió.

iOS 7

Esta versión fue lanzada en septiembre de 2013 y su versión final (4.1.2) fue lanzada en junio de 2014. esta versión fue recibida con una resistencia sustancial, la causa de la infelicidad

entre los usuarios no era que las cosas no funcionaran, sino que más bien fue porque las cosas habían cambiado. En esta versión de iOS, se inició una revisión importante de la interfaz del usuario, diseñada para hacerla más moderna.






Novedades:

-  Centro de control
-  Airdrop
-  Mejoras en la App de fotos
-  Radio
-  Apple car play

iOS 8

Fue lanzado en septiembre de 2014 y su versión final (8.4.1) salió en agosto de 2015. Con los cambios radicales de las dos últimas versiones, Apple una vez más se centraría en la entrega de nuevas características importantes. Entre estas figuraban su sistema de pago seguro y sin contrato Apple Pay y el servicio de suscripción a Apple Music. También hubo mejoras en la plataforma iCloud, con la adición de iCloud Drive, similar a Dropbox, la fototeca de iCloud y la biblioteca musical de iCloud. Sin embargo, con esta versión quedaría eliminado el soporte para iOS 4.

Novedades:

-  Apple music
-  Apple pay
-  iCloud Drive
-  HomeKit
-  Compartir en familia




iOS 9

Esta versión fue lanzada en septiembre de 2015 y su versión final (9.3.9) no saldría hasta julio 2019. Después de unos años de cambios importantes tanto en la interfaz como en la

base técnica del iOS muchos observadores comenzaron a decir que iOS ya no tenía un rendimiento estable, confiable y sólido como el que había tenido una vez.

En esta versión Apple se centró en apuntalar los cimientos del sistema operativo y posteriormente añadir nuevas características. Aunque añadió nuevas características, esta versión estaba generalmente dirigida a consolidar los cimientos del sistema operativo para el futuro. Se realizaron mejoras importantes en la velocidad, capacidad de respuesta, estabilidad y rendimiento que en dispositivos más antiguos.

Novedades:

-  Turno nocturno
-  Modo de baja potencia
-  Programa beta público

iOS 10

Esta versión fue lanzada en septiembre de 2016 y la versión actual (10.3.4) fue lanzada en julio de 2019. En esta versión las aplicaciones ahora podrían comunicarse directamente entre sí en un dispositivo, lo que permitía que una aplicación usara algunas características de otra sin necesidad de abrirla. También Siri estuvo disponible para aplicaciones de terceros de manera novedosa y había aplicaciones integradas en iMessage.

Para los usuarios ahora tenían nuevas formas de personalizar su experiencia, pudiendo eliminar aplicaciones integradas a nuevas animaciones y efectos para apuntar sus mensajes de texto. Esta versión eliminó el soporte para iPhone 4s, iPod touch de 5ª generación, iPad 2, iPad mini de 1ª generación.

iOS 11

Fue lanzado en septiembre de 2017 y su versión actual (11.4.1) fue lanzado en julio de 2018. Aunque iOS fue desarrollado originalmente para funcionar en el iPhone desde entonces se ha ampliado para admitir el iPod touch y el iPad y sus versiones incluso alimentan el Apple Watch y el Apple TV.

Su enfoque primordial es convertir los modelos de la serie iPad Pro en reemplazos legítimos de portátiles para algunos usuarios y esto se hizo a través de una serie de cambios diseñados para hacer que el iOS se ejecute en el iPad.

Novedades:

- 🚦 Soporte de arrastrar y soltar
- 🚦 Aplicaciones de pantalla dividida y múltiples espacios de trabajo
- 🚦 Una aplicación de explorador de archivos y soporte para notación y escritura a mano con el Apple Pencil
- 🚦 Realidad aumentada
- 🚦 AirPlay

iOS 12

Fue lanzado en septiembre de 2018 con una versión actual (12.4.8) lanzada en julio de 2020. Las nuevas características y mejoras añadidas no son tan extensas o revolucionarias como las anteriores. El iOS 13 se centró más en hacer refinamientos a las características de uso común.

Novedades:

- 🚦 Mejoras en Siri como Siri Shortcuts
- 🚦 Realidad aumentada mejorada con ARKit 2
- 🚦 Dar a los padres formas para supervisar y controlar el uso de su dispositivo con Screen Time.
- 🚦 Memoji, un tipo personalizado de Animoji

iOS 13

Salió al mercado en septiembre de 2019 y su versión final (13.7) en septiembre de 2020. Entre los cambios realizados con iOS 13 es que el sistema operativo ya no se ejecuta con el iPad y se debió al lanzamiento de iPadOS. Se trata de un nuevo sistema operativo dedicado a hacer del iPad un dispositivo más útil y un posible reemplazo de portátil.

Novedades:

- 🚦 Modo oscuro en todo el sistema
- 🚦 Inicia sesión con el sistema de cuentas de usuario de Apple
- 🚦 Nuevas opciones de privacidad y seguridad
- 🚦 Nuevas opciones de iluminación de retratos
- 🚦 Look Around, una función de Google Street View para Apple Maps
- 🚦 Nueva y mejorada voz de Siri
- 🚦 Aplicaciones de stock revisadas como recordatorios y notas

iOS 14

Fue lanzado en septiembre de 2020, sin cambios importantes, solo cambios medianos en la interfaz de usuario, características y facilidad de uso general que se suman a hacer que la experiencia sea mejor. Los cambios más notables son alrededor de la personalización, gracias a la adición de widgets de pantalla de inicio, la capacidad de elegir aplicaciones predeterminadas en algunos casos y controles de privacidad mejorados.

Novedades:

- 🚦 Widgets de pantalla de inicio para pantallas de inicio personalizadas y accesos directos
- 🚦 Smart Stacks que ofrecen diferentes widgets de pantalla de inicio en diferentes momentos del día en función de sus hábitos
- 🚦 Establezca aplicaciones de terceros como predeterminadas para las aplicaciones de correo electrónico y explorador web
- 🚦 Clips de aplicaciones
- 🚦 Imagen en modo imagen
- 🚦 Mejora de las funciones de privacidad para bloquear el seguimiento en línea
- 🚦 Traducción de idiomas integrada para 11 idiomas
- 🚦 El audio espacial para AirPods ofrece sonido envolvente, junto con otras mejoras en los AirPods
- 🚦 Los cambios de diseño permiten que las llamadas telefónicas y las llamadas FaceTime ocupen menos espacio en la pantalla y le permitan hacer otras cosas al mismo tiempo

- ✚ Numerosas mejoras para los textos de grupo en iMessage, incluidas las respuestas y menciones enhebradas.

2.12. Aplicaciones móviles

Una aplicación móvil, también llamada app móvil, es un tipo de aplicación diseñada para ejecutarse en un dispositivo móvil, que puede ser un teléfono inteligente o una tableta.

La tecnología móvil es una industria que se encuentra en crecimiento y atrayendo a empresas de diferentes rubros alrededor del mundo. Por lo que la creciente popularidad de los teléfonos inteligentes y las tabletas ha convertido el desarrollo de aplicaciones móviles en una tendencia cada vez más popular entre las empresas del mundo.

Aplicaciones nativas:

Son aquellas desarrolladas bajo un lenguaje y entorno específico, lo cual permite, que su funcionamiento sea muy fluido y estable para el sistema operativo para el cual fue desarrollada. En pocas palabras, no se puede instalar ni usar una aplicación de Android en iPhone y viceversa.

Características:

- ✚ Permiten sacar el mayor provecho de los recursos del dispositivo
- ✚ Se requiere un desarrollo para cada sistema operativo o plataforma
- ✚ Usa un lenguaje nativo u optimizado de acuerdo con el sistema operativo para el que se desarrolla
- ✚ Requiere una planeación más profunda
- ✚ Puede presentar problemas de compatibilidad con algunas versiones del sistema operativo
- ✚ Su desarrollo es más costoso

Cuando usarla: para videojuegos o aplicaciones que requieren controlar o usar las características avanzadas del dispositivo como: la cámara, GPS, brújula, Wi-Fi, Bluetooth, llamadas, micrófono, calendario, contactos, etc.

Aplicaciones Híbridas:

Este tipo de aplicaciones se desarrollan utilizando lenguajes de desarrollo web y un framework dedicado para la creación de aplicaciones híbridas, como, por ejemplo: phonegap, titanium app accelerator, steroids, aionic y Flutter entre otros.

Características:

- ✚ Requieren conexión eventual a internet
- ✚ Una parte de la aplicación consiste en un navegador web embebido
- ✚ Su desarrollo es más rápido que el de una aplicación nativa
- ✚ Puede trasladarse a diferentes sistemas operativos y dispositivos
- ✚ Se programa usando lenguajes que se compilan fácilmente para cada sistema operativo
- ✚ Puede ser rechazada su distribución en tiendas de apps
- ✚ Puede acceder a algunas características del dispositivo

Cuando usarla: Para proporcionar versiones móviles de redes sociales o plataformas web que requieran acceder a características del dispositivo como la cámara o el micrófono, y son constantemente actualizadas.

Aplicaciones Web:

Se denomina aplicaciones web a aquellas herramientas que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de internet mediante un navegador. Las aplicaciones web son populares debido a lo práctico del navegador web, así como la facilidad para actualizar y mantener aplicaciones web sin distribuir o instalar software a miles usuarios.

Es importante mencionar que puede contener elementos que permitan una comunicación activa entre el usuario y la información.

Características:

- ✚ Permiten sacar el mayor provecho de los recursos del dispositivo
- ✚ Se requiere un desarrollo por cada sistema operativo o plataforma

- ✚ Usa un lenguaje nativo u optimizado de acuerdo con el sistema operativo para el que se desarrolla
- ✚ Requiere una planeación más profunda
- ✚ Puede presentar problemas de compatibilidad con algunas versiones del sistema operativo
- ✚ Su desarrollo es más costoso

Cuando usarla: Para facilitar al usuario el acceso y la visualización del contenido de un sitio web específico desde cualquier dispositivo.

Tipos de aplicaciones móviles:

Aplicaciones de juegos: Esta es la categoría más popular de aplicaciones móviles. Las empresas invierten una cantidad de tiempo y recursos en la creación de juegos y versiones móviles de juegos fijos conocidos porque es un mercado muy rentable.

Aplicaciones empresariales o de productividad: estas aplicaciones ocupan una gran parte del mercado hoy en día, porque las personas son cada vez más propensas a usar sus teléfonos inteligentes y tabletas para realizar muchas tareas complejas sobre la marcha. Por ejemplo, las aplicaciones pueden ayudarlos a reservar boletos, enviar correos electrónicos o realizar un seguimiento de su progreso laboral.

Las aplicaciones comerciales: están diseñadas para aumentar la productividad y minimizar los gastos, ya que permiten a los usuarios completar una gama de tareas, desde comprar nuevos cartuchos para impresoras hasta contratar un nuevo gerente de oficina.

Aplicaciones educativas: esta categoría ayuda a los usuarios a adquirir nuevas habilidades y conocimientos. Muchas aplicaciones educativas también resultan ser populares entre los profesores, que las utilizan para organizar mejor su proceso de enseñanza o educarse más.

Aplicaciones de estilo de vida: esta categoría abarca compras, moda, probadores virtuales, entretenimiento, citas y aplicaciones de dieta. Estas aplicaciones se centran en varios aspectos del estilo de vida personal.

Aplicaciones de entretenimiento: Estas aplicaciones permiten a los usuarios transmitir contenido de video, buscar eventos, chatear o ver contenido en línea. Las aplicaciones de redes sociales como Facebook o Instagram o de transmisión de videos como Netflix o Amazon Prime Video, quienes se han vuelto increíblemente populares entre los usuarios del mundo.

Aplicaciones de utilidad: Estas aplicaciones suelen tener los tiempos de sesión de usuarios más cortos. Entre ellos se encuentran los lectores de códigos de barras, los rastreadores o las aplicaciones de atención médica.

Aplicaciones de viaje: La idea de estas aplicaciones es ayudar a los usuarios a viajar fácilmente y en todo lo que necesiten saber sobre el sitio que están visitando.

2.13. Lenguaje de programación

El lenguaje este compuesto por símbolos y reglas sintácticas y semánticas, expresadas en forma de instrucciones y relaciones lógicas mediante las cuales se construye el código fuente de una aplicación o pieza de software determinado. Comprende de un lenguaje formal que está diseñado para organizar algoritmos y procesos lógicos que serán luego llevados a cabo por un ordenador o sistema informático, permitiendo controlar así su comportamiento físico, lógico y su comunicación con el usuario humano.

2.14. Aplicaciones para agricultura: tecnología al servicio de la calidad

Las nuevas tecnologías han facilitado el desarrollo de aplicaciones móviles para cualquier sector, también para el de producción agrícola. Actualmente se cuenta con una enorme y variada oferta de aplicaciones móviles que representan un apoyo técnico importante dentro de los campos de cultivo. Estas aplicaciones en la agricultura facilitan que todos los trabajos en el área sean mucho más productivos, eficientes y también rentables en cuanto a la producción agrícola.

Algunas de las aplicaciones para agricultura que tienen como finalidad facilitar el trabajo diario de los profesionales de campo como a los productores son:

Nombre de la aplicación	Sistema operativo	Campo de aplicación	Descripción
Rain Alarm	Android	Clima en tiempo real	Permite obtener información en todo momento, envía alertas notificando cualquier cambio en el tiempo como si la lluvia o el viento se están aproximando. Los pronósticos son precisos y fiables, ya que son a corto plazo y están realizados con datos en tiempo real.
Farm Manager	Android	Organizador de siembras	Ayuda al productor a organizar sus siembras con el objetivo de obtener una mayor rentabilidad. Permite crear un historial sobre el uso de fertilizantes, añadiendo fecha de aplicación, tipo de producto. Permite gestionar el seguimiento del uso y mantenimiento de todas las maquinas.
Mide Maps	Android	Calcular distancias	Puede realizar medidas sobre Google Maps para poder calcular perímetros, distancias y superficies con gran exactitud. Permite exportar las medidas en cualquier formato, incluso como imagen o PDF.
Crop Nutrient Deficiencias	iOS/Android	Nutrición de cultivos	Permite identificar síntomas de deficiencias y toxicidades de los nutrientes en los cultivos.
Fertilizer removal	iOS/Android	Fertilización de suelos y nutrición de cultivos	Calcula la extracción de los nutrientes de los cultivos para una meta de rendimiento.
Plant Calc			
Nutrient Field Guide	iOS	Fertilización de suelos y nutrición de cultivos	Presenta información sobre extracción de nutrientes por los cultivos, características de fertilizantes, etc. Identificación de síntomas de deficiencia de nutrientes.
Field Guide	iOS/Android	Manejo integrado de plagas y malezas	Permite la identificación de plagas y malezas en los cultivos (descripción e imagen). Hace recomendaciones para el manejo y control.
PLM Agroquímicos	iOS/Android	Manejo fitosanitario	Presenta información de más de 2000 productos agroquímicos.

Modes of action	iOS/Android	Manejo fitosanitario	Permite elaborar programas de aplicación para el manejo fitosanitario de los cultivos. Muestra información de herbicidas, insecticidas y fungicidas (ingrediente activo, modo de acción, etc.).
BASF Maíz	iOS/Android	Manejo fitosanitario	Identifica las principales plagas, malezas y enfermedades que afectan los cultivos en campo y hace recomendaciones para el control químico.
Syngenta soluciones	iOS/Android	Paquetes tecnológicos	Contiene información sobre el manejo agronómico de diversos cultivos en campo.
Mi cultivo con Bayer	Android	Paquetes tecnológicos	Contiene información sobre el manejo agronómico de diversos cultivos en campo.
Agrobio Efectos secundarios	Android	Manejo fitosanitario	Manual de efectos secundarios para el uso integrado en horticultura de productos fitosanitarios y organismos de control biológico o polinizadores

Tabla 2. Aplicaciones móviles para el campo.

III. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de aguacate es de gran importancia a nivel mundial tanto económicamente como alimenticia. Es un fruto con propiedades con valor nutricional, ya que proporciona vitaminas, proteínas y minerales. Además, de los frutos en fresco se utiliza como fruta congelada, deshidratada, extracción de aceites para la industria y farmacéutica.

El cultivo de aguacate es de gran importancia para México, debido a la generación de divisas y empleos, tan sólo en el proceso productivo, genera más de mil jornales permanentes al año y otro tanto igual o mayor en trabajos indirectos en diversas actividades como cosecha, colección, empaque, entre otros.

Así mismo, el cultivo de aguacate se ha visto afectado por diversas plagas y enfermedades, las cuales limitan a gran escala su comercialización a mercados internacionales. Por ende, los agricultores se han visto afectados y han recurrido al uso excesivo de pesticidas. Lo cual ha generado contaminación ambiental, aumentos en los costos de producción, resistencia de las plagas y/o enfermedades, presencia alta de residuos en los frutos y pérdida de biodiversidad en las zonas de cultivo. Por lo que las exigencias de los mercados internacionales marcan una tendencia hacia la implementación de las buenas prácticas agrícolas y el manejo integrado de dichos problemas fitosanitarios, buscando establecer nuevos estándares con el fin de asegurar que los mismos cumplan con una serie de requisitos que garanticen su inocuidad, desde el productor hasta el consumidor final.

Ante la importancia de un cultivo tan rentable y la demanda de alimentos inocuos surge la necesidad de buscar estrategias que faciliten su manejo y permita a los productores tomar decisiones de forma oportuna. Con ello es importante implementar estrategias de manejo integrado que favorezcan al medio ambiente, el uso de los recursos naturales, su economía y la seguridad laboral de los trabajadores involucrados en la producción de alimentos.

Para ello, se desarrollará una aplicación móvil para el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate cuya función será determinar la distribución espacial y el comportamiento de plagas y/o enfermedades. Con esta aplicación móvil permitirá conocer en donde y de qué manera se están distribuyendo las plagas dentro de las parcelas o huertas. Al conocer esta distribución permitirá al productor implementar estrategias de manejo

integrado hacia las zonas en las que se esté presentando el problema y dejara de aplicar de forma homogénea, esto conlleva a disminuir en gasto en pesticidas ya que las medidas de control se realizaran de forma focalizada hacia los puntos o zonas de daño. Al implementar estas estrategias o métodos de control disminuirá considerablemente el impacto ambiental y reducirá el uso de recursos del sector productivo.

Además, con su implementación los productores demuestran su compromiso en: mantener la confianza del cliente en cuanto a calidad y seguridad de alimentos, minimizar el impacto ambiental, reducir el uso de pesticidas, asegurar una actividad responsable hacia la salud y bienestar de sus trabajadores.

IV. HIPÓTESIS

El desarrollo de la aplicación móvil ayudará a los técnicos y agricultores en la detección oportuna de problemas fitosanitarios y así mismo permitirá focalizar y reducir aplicaciones de agroquímicos, disminuyendo de esta manera los gastos económicos y el impacto ambiental.

V. OBJETIVOS

Desarrollar una aplicación móvil para el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate.

Objetivos específicos:

- ✚ Determinar la distribución espacial de problemas fitosanitarios del cultivo de aguacate
- ✚ Elaborar mapas de densidad e infestación de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate
- ✚ Determinar la superficie infestada por problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Muestreo de *Hemiberlesia lataniae* (escama armada)

6.1.1. Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres zonas comerciales de aguacate, los cuales son unos de los municipios más importantes en la producción de aguacate del Estado de México. Los municipios son: Coatepec Harinas (altitud media 2260 msnm), Donato Guerra (altitud media 2200 msnm) e Ixtapan del Oro (altitud media 1640 msnm). Estas zonas presentan las condiciones edafoclimáticas óptimas para el cultivo de aguacate.

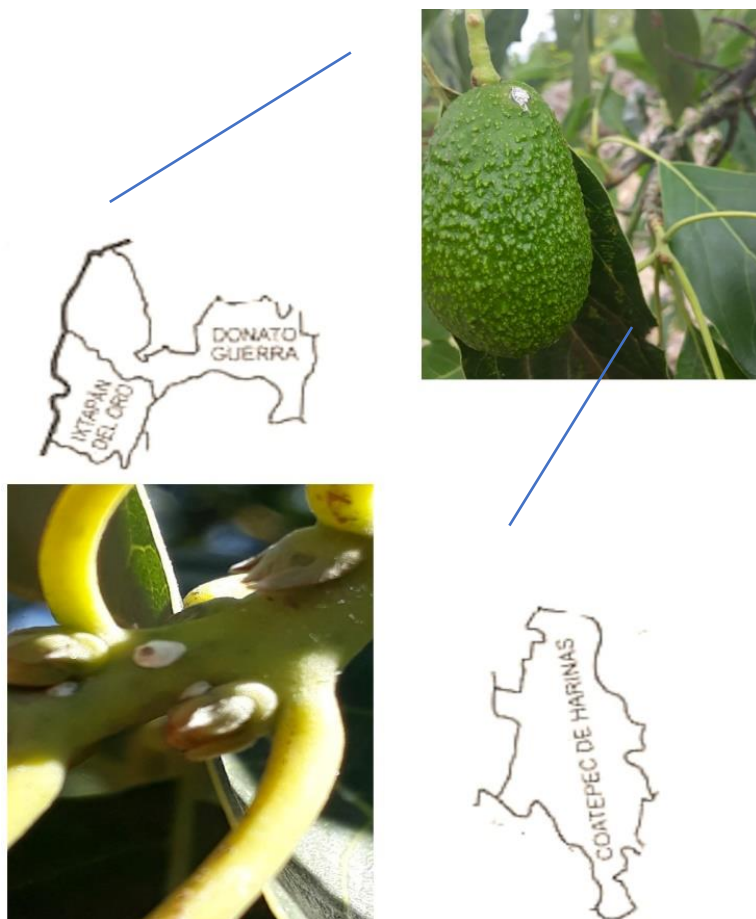


Figura 16. Zona de estudio

El experimento se estableció en una parcela (4 hectáreas) de aguacate de variedad Hass por municipio, cuya edad del cultivo oscila entre 8 y 10 años, y con presencia de *Hemiberlesia lataniae*. El muestreo se llevó a cabo mediante la metodología por cuadrantes, la cual consiste en dividir la parcela en 100 cuadrantes de 20x20 metros. Se tomaron 40 cuadrantes al azar por parcela, donde se seleccionaron 10 árboles, obteniendo un total de 400 árboles por municipio.

Cada árbol fue marcado con una banda plástica y georreferenciado con un sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS) Trimble® Normad™ 1050 LC para obtener sus coordenadas geográficas.

Se seleccionaron 12 ramillas por árbol divididas en tres estratos (alto, medio y bajo), por cada punto cardinal del árbol (Norte, Este, Sur y Oeste), de cada rama terminal se muestrearon 20 cm (tomado y modificado de Urías-López *et al.*, 2010).

Se realizaron dos muestreos por mes (14 días), de agosto a diciembre de 2019 y enero a diciembre de 2020. Se contabilizó el número de escamas armadas presentes por cada árbol muestreado, con una lente de aumento 20X. De los datos originales se realizó una exploración estadística para determinar la normalidad de estos, utilizando el coeficiente de asimetría y la prueba de curtosis. Con ello se determinó que en todos los casos los datos presentaban una distribución normal.

Análisis geoestadístico

La estimación del semivariograma experimental se realizó con los datos adquiridos en los diferentes muestreos de las poblaciones de escama armada en las tres zonas de estudio. El valor experimental se calculó por medio de la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts 1989; Isaaks & Srivastava, 1989):

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

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

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

$Z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i .

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

Para la realización del semivariograma experimental de cada muestreo de las parcelas experimentales se utilizó el programa Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York, USA).

Para ajustar los modelos experimentales a modelos teóricos (esférico, exponencial y gaussiano) en los cuales los parámetros de efecto pepita, meseta y rango se van ajustando a prueba y error hasta obtener estadísticos de validación cruzada que sean adecuados y permitan validar matemáticamente los modelos ajustados. Estos estadísticos son:

- ✚ Media de los errores de estimación (MEE): La MEE no debe ser significativamente distinta de cero (prueba de t).

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

Donde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i , $z(x_i)$ es el valor medido de la variable de interés en el punto x_i , y n es el número de puntos muestrales utilizados en la interpolación.

- ✚ Error cuadrático medio (ECM): Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla practica el valor del estadístico es cercano a cero (Hevesi *et al.*, 1992).

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

- ✚ Error cuadrático medio adimensional (ECMA): La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)$.

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

Donde: σ_k es la desviación estándar del error esperado en la estimación con el krigado.

- ✚ Otro estadístico para validar el ajuste del modelo consiste en que el valor de la varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

Nivel de dependencia espacial

La determinación del nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta, este resultado fue expresado en porcentaje. Si el resultado es menor de 25 %, el nivel de dependencia espacial se considera alto; 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).

Mapas de densidad y superficie infestada

Para la elaboración de mapas se realizó la interpolación de valores mediante el método de krigado ordinario, que permite la estimación insesgada de valores asociada a puntos que no fueron muestreados. Las estimaciones obtenidas fueron obtenidas en forma de mapa para cada muestreo mediante el uso del programa Surfer 16 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. Colorado, EE.UU). A través de los mapas elaborados se obtuvo el porcentaje de superficie infestada para cada muestreo (Samper y Carrera, 1996).

6.2. Desarrollo de la aplicación móvil

Para el desarrollo de la aplicación móvil se realizó con base a la metodología RUP (Rational Unified Process), y se trabajó con los flujos de trabajo o disciplinas, porque es un método que analiza que el sistema cumpla con los requisitos o que los requisitos sean lo más adecuados para el usuario, lo que implica evitar errores al finalizar y tener que realizar el trabajo desde el inicio, lo cual aumentaría los costos de desarrollo del proyecto.

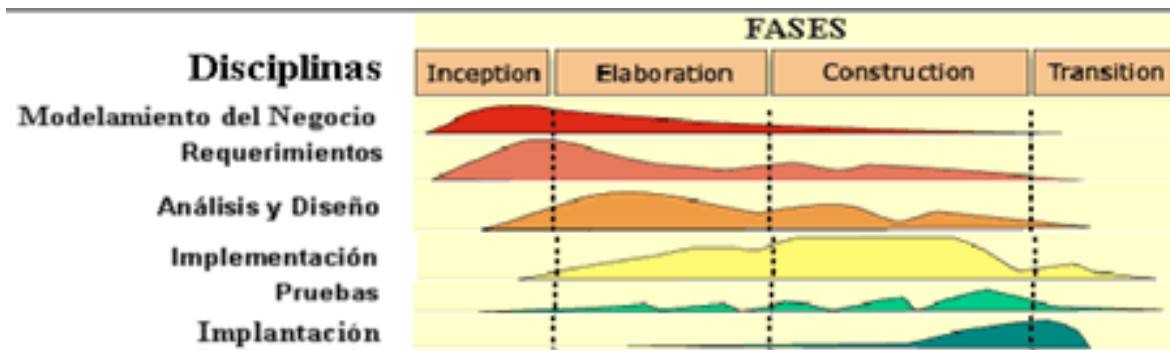


Figura 17. Metodología RUP

6.2.1. Modelado de negocios (disciplinas de metodología):

Esta etapa correspondió al apartado que forma parte de todo el proyecto, que como etapa de la metodología tiene que comprender materiales, en general todos los recursos involucrados en el proyecto.

En este apartado se hizo uso de la geoestadística, quien comprende un conjunto de herramientas y técnicas que sirven para analizar el comportamiento de la plaga o enfermedad y con ello poder realizar algún método de control.

1. GPS offline: Como primera característica se implementó el GPS, quien funciona sin estar conectado a alguna red de internet o datos del teléfono. Ya que en algunas zonas se presenta el problema de que no hay señal y por lo tanto no se puede acceder a los datos del teléfono.
2. Obtención de coordenadas geográficas de la unidad de muestreo en unidades UTM: la aplicación convierte coordenadas geográficas a unidades UTM.
3. El usuario introducirá datos como:
 - Nombre de la parcela
 - Superficie de la parcela en m²
 - Selecciona el nombre de la plaga que se esté muestreando
 - Registra humedad relativa
 - Registra temperatura °C
 - Dentro del huerto el usuario toma las coordenadas geográficas del árbol que este muestreando e incorpora la incidencia de la plaga.

4. Ajuste de datos para normalizarlos: después de que el usuario ingreso las coordenadas y la incidencia correspondiente a cada punto muestreado.
5. Para el desarrollo de la aplicación también se le incorporo la metodología de geoestadística. Método que sirve para analizar y predecir los valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio. Este método comprende de tres etapas:
 - Análisis exploratorio
 - Análisis estructural
 - Predicciones

Análisis exploratorio:

Se estudian los datos muestrales sin tener en cuenta su distribución geográfica. Se comprueba la consistencia de los datos, eliminando errores. Con ello, de los datos originales se realizó una exploración estadística para determinar la normalidad de estos, utilizando el coeficiente de asimetría y la prueba de curtosis.

Coefficiente de asimetría: Este coeficiente define de forma concisa como están distribuidos los datos respecto al eje de simetría. Se dice que la asimetría es positiva cuando la mayoría de los datos se encuentran por encima del valor de la media aritmética, la curva es simétrica cuando se distribuye aproximadamente la misma cantidad de valores en ambos lados de la media y se conoce como asimetría negativa cuando la mayor cantidad de datos se aglomeran en los valores menores que la media.

Para calcular el coeficiente de asimetría se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})^3}{s^3}$$

Donde \bar{x} es el promedio aritmético de los datos y s es la desviación estándar.

Si el valor del coeficiente de asimetría es igual a cero, la distribución es simétrica, es decir, existe la misma cantidad de valores a los dos lados de la media. Si el valor es mayor que cero, la curva es asimétricamente positiva por lo que los valores se tienden a reunir más en la parte izquierda que en la derecha de la media. Si el valor es menor que cero, la curva es

asimétricamente negativa por lo que los valores se tienden a reunir más en la parte derecha de la media.

Coefficiente de curtosis: Esta medida determina el grado de concentración que presentan los valores en la región central de distribución. Por medio del Coeficiente de Curtosis, se puede identificar si existe una gran concentración de valores (Leptocúrtica), una concentración normal (Mesocúrtica) o una baja concentración (Platicúrtica).

Para calcular el coeficiente de curtosis se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s^4} - 3$$

Donde:

Si el valor del coeficiente de curtosis es cercano a cero, la distribución es Mesocúrtica,

Si el valor es mayor a cero es la distribución es Leptocúrtica y si el valor es menor que cero, la distribución es Platicúrtica.

Análisis estructural:

Se busco cuantificar la correlación espacial de la variable, el cálculo del semivariograma experimental, el análisis e interpretación del semivariograma y ajuste dl modelo teórico al experimental que explique la variabilidad espacial de la plaga o enfermedad.

6. Obtención de semivariograma teórico: para la obtención del semivariograma teórico se tomó en cuenta la siguiente fórmula matemática:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2Np(h)} \sum_{i=1}^{Np(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

Donde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h , $Np(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h , $z(x_i)$ son los valores experimentales y x_i localizaciones donde son medidos los valores $z(x_i)$.

Así mismo, el semivariograma se compone de tres elementos básicos:

Efecto pepita: se denota por C_0 y presenta una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen. Se interpreta como un error en las mediciones en la variable o en la escala de esta, esto explica porque se sugiere que el valor de pepita no debe de representar más del 50 % de la meseta. En la figura 18, se representa este parámetro para el caso de uno de los modelos acotados (modelo exponencial).

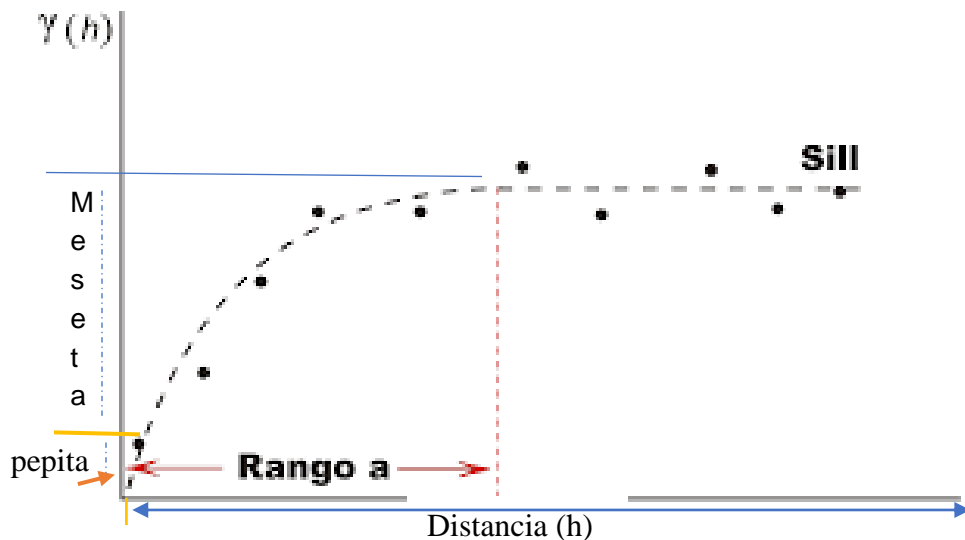


Figura 18. Semivariograma acotado con una representación de los parámetros básicos (efecto pepita, meseta y rango).

Meseta: Se define como el límite del semivariograma cuando la distancia h tiende a infinito. La meseta puede ser o no ser finita. La meseta se denota por C_1 o por (C_0+C_1) cuando la pepita es diferente de cero.

Rango o alcance: El rango se interpreta como la zona de influencia.

7. Ajuste de semivariograma teórico a uno experimental:

Existen diferentes modelos que se utilizan en geoestadística, siendo los más comúnmente usados el modelo esférico, modelo exponencial y modelo gaussiano.

Modelo esférico: Este modelo tiene un crecimiento rápido cerca al origen (figura 19), pero los incrementos marginales van decreciendo para grandes distancias, hasta que para distancias superiores al rango los incrementos son nulos. Su expresión matemática es la siguiente:

$$\gamma(h) = c_i \left(\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right)$$

Donde C es el valor de la meseta, a el rango y h la distancia.

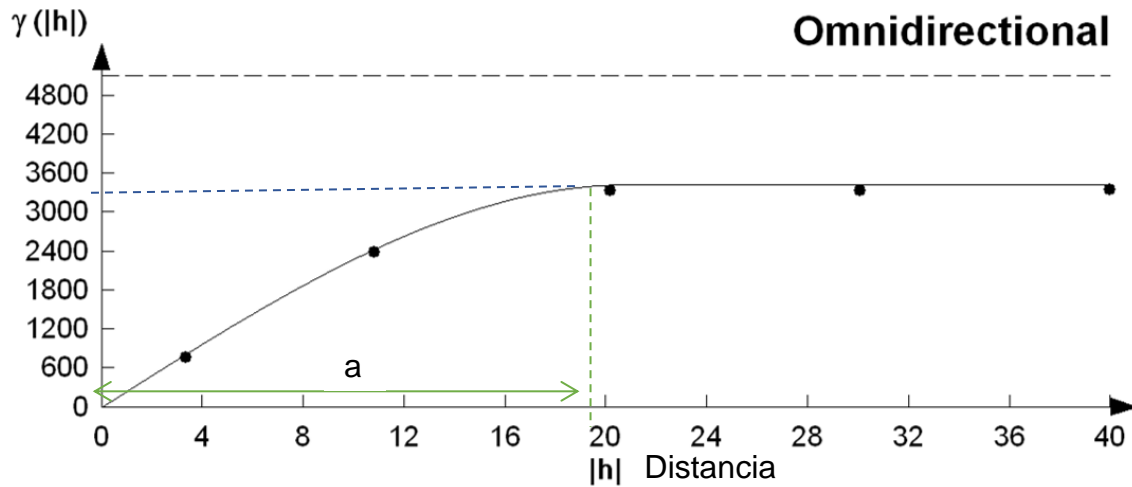


Figura 19. Modelo esférico.

Modelo exponencial: Este modelo a diferencia del esférico crece inicialmente más rápido y después se estabiliza de forma asintótica (figura 20). Se considera que el rango (a) es la distancia para la cual el valor del semivariograma es del 95 % de la meseta. Muestra un crecimiento lineal próximo al origen, sin embargo, crece de forma más rápida y luego se estabiliza más gradualmente.

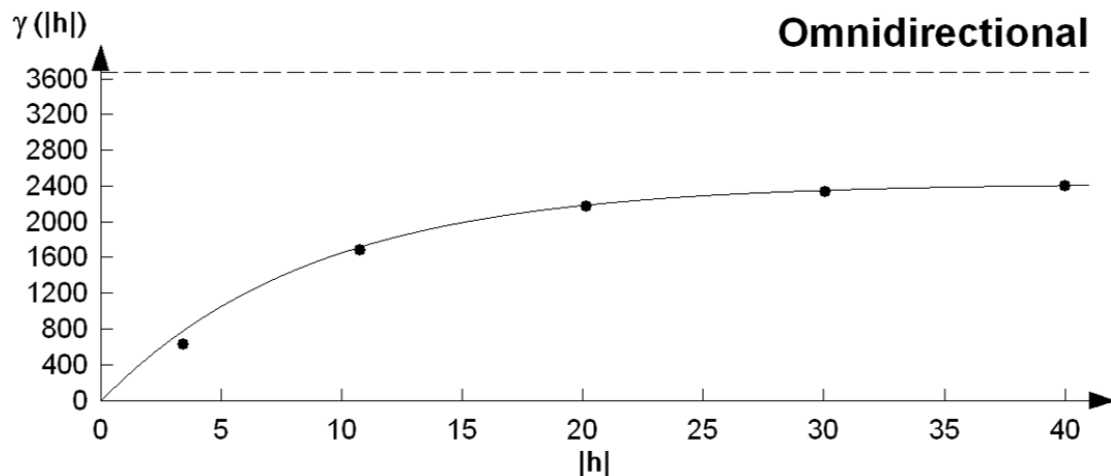


Figura 20. Modelo exponencial.

Modelo gaussiano: Este es un modelo continuo (figura 21), inicialmente presenta un comportamiento parabólico en el origen, después al igual que el modelo exponencial se alcanza la meseta de forma asintótica.

A continuación, se muestra la fórmula matemática

$$\gamma(h) = c_1 \left(1 - \exp\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right)$$

En la figura 21 se muestra el semivariograma quien se ajustó al modelo gaussiano.

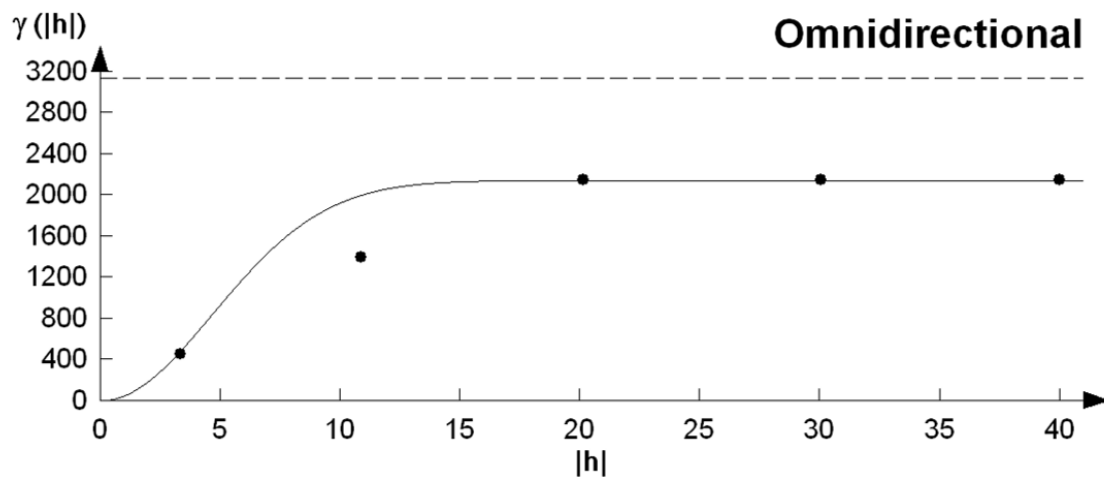


Figura 21. Modelo gaussiano.

8. Validación del modelo experimental: El ajuste de los modelos teóricos al semivariograma experimental se realiza de forma visual o interactiva, variando los valores C_0 (efecto pepita), $C+C_0$ (meseta) y a (alcance o rango), hasta coincidir con los parámetros que mejor se ajustan. Es necesario validar el modelo seleccionado y los parámetros escogidos.
9. Validación cruzada: Una vez que los semivariogramas experimentales fueron ajustados a alguno de los modelos descritos es necesario validarlo. La validación de los diferentes modelos se realizó con el procedimiento denominado validación cruzada (Isaaks & Srivastava, 1989).

Este método ha sido utilizado ampliamente para evaluar el grado de bondad de un modelo de semivariograma y reconocido como un método óptimo de estimación de sus parámetros. La operación de validar un semivariograma teórico ajustado a uno experimental se considera como el último de los pasos importantes del análisis de variabilidad. Debido a que una vez obtenido este resultado será utilizado en la estimación por el método de krigado en cualquiera de sus variantes.

Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados.

Estos estadísticos son los siguientes:

✚ Media de los errores de estimación

✚ Error cuadrático medio

✚ Error cuadrático medio adimensional

Además, se debe cumplir que la varianza de los errores de estimación debe ser igual que la varianza muestral (Samper y Carrera, 1996).

10. Calcular nivel de dependencia espacial: Es importante determinar el nivel de dependencia espacial (Cambardella *et al.*, 1994), esto con la finalidad de conocer el grado de relación entre los datos. El valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y el resultado se expresa en porcentaje. Por lo tanto, si el resultado es menor de 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 espacial es bajo.

$$\frac{\text{efecto pepita}}{\text{meseta}} = \%$$

Predicciones:

Se realizó la estimación de la variable en los puntos que no fueron muestreados, considerando la estructura de correlación espacial seleccionada e integrando la información obtenida de forma directa en los puntos muestrales, así como las conseguidas indirectamente en forma de tendencias conocidas. Dentro de este apartado se utiliza el método de kriging ordinario, quien es un estimador insesgado. El método de interpolación denominado kriging, consiste en determinar un dato desconocido a partir de otros conocidos, teniendo como premisa que los datos más cercanos tienen una mayor influencia sobre él (Londoño y Valdez, 2012).

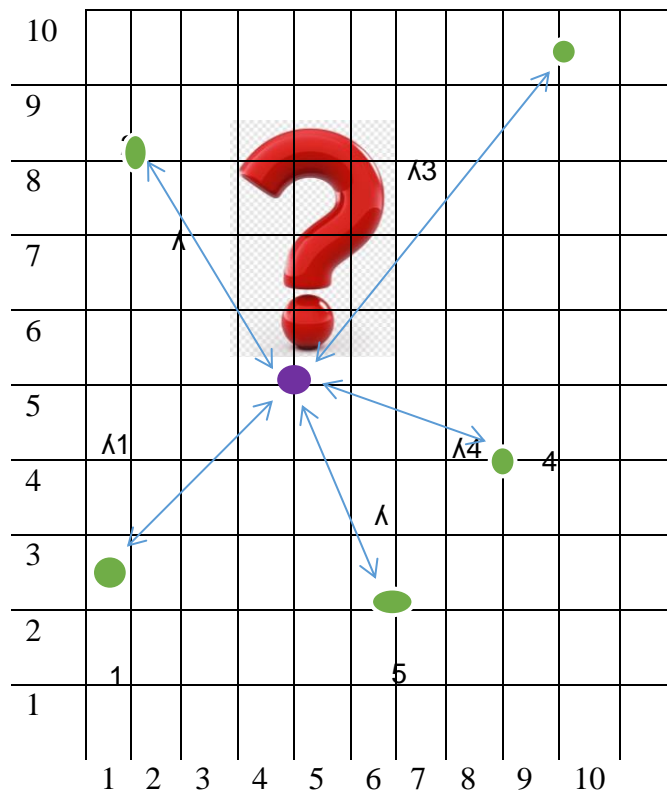


Figura 22. Método de interpolación de kriging ordinario.

11. Elaboración de mapas de densidad de las poblaciones de problemas fitosanitarios mediante el método de krigeado ordinario

$$Z^{\wedge}(So) = \sum_{i=1}^N \Lambda_i z(x_i)$$

12. Cálculo del porcentaje de superficie infestada

6.2.2. Requisitos

Después de realizar el análisis de los materiales y métodos aplicables se prosiguió a identificar y documentar los requisitos que debe de cumplir la aplicación móvil. Como producto de este flujo de trabajo se generó un modelo de requisitos conformado por los diagramas necesarios de casos de uso y la descripción de estos, que están acompañados por prototipos de interfaz de usuario.

De igual manera, durante este flujo de trabajo se realizó la definición de requerimientos no funcionales que sirvieron de guía para la elección de la plataforma tecnológica más adecuada, para construir la aplicación que resuelva adecuadamente los requerimientos plasmados. En este contexto fue necesario definir o delimitar el tipo de dispositivo mediante los cuales los usuarios finales realizaran el acopio de datos y la visualización de datos.

6.2.3. Análisis y diseño

Se analizaron los requerimientos plasmados en los casos de uso para definir la arquitectura definiendo los componentes, las clases, las funciones. También, se generaron los diagramas de clases que plasmen desde el punto de vista estático, todos los elementos que se desarrollan para la aplicación móvil. Así mismo, se incluyeron diagramas de secuencia para proporcionar el punto de vista dinámico en el que se reflejara la interacción entre los componentes para complementar el flujo de la información que dio respuesta a los requerimientos funcionales y adopte los métodos de proceso de datos para el análisis y construcción de los mapas de densidad, así como la interpretación de resultados para recomendar soluciones adecuadas a los productores o técnicos. En los diagramas de secuencia se plasmaron las acciones en cada

uno de los escenarios posibles de interacción de los componentes, siendo la base para la implementación y las pruebas.

Se aplicó la técnica de análisis de sustantivos para la identificación de clases, así como el diseño descendente para el diseño de funciones y métodos. Así mismo, se aplicaron los patrones de diseño llamados MVC (Modelo Vista Controlador), el patrón de capas, cadena de responsabilidad, bajo acoplamiento, *observer* entre otros.

6.2.4. Implementación

Durante este flujo se elaboró el código basado en el diseño realizado en el flujo de trabajo anterior centrado en la atención a los casos de uso definido en los requisitos. Sin embargo, este flujo de trabajo consumió más tiempo que los anteriores, debido a que fue propiamente la programación de la aplicación, esto implicó contar con conocimientos del lenguaje de programación que se aplicó en la construcción de la aplicación.

6.2.5. Pruebas

De acuerdo con la metodología utilizada, las pruebas se realizaron en cada uno de los flujos de trabajo.

Después de obtener la aplicación completa se realizaron pruebas de usabilidad, donde se compararon los datos obtenidos y mapas generados de forma tradicional con los datos generados con la aplicación móvil. Los datos que se compararon fueron obtenidos en el muestreo de escama armada, realizados en tres municipios productores de aguacate del Estado de México.

7. RESULTADOS

7.1 Revista REMEXCA: La siguiente Nota científica fue enviada a la revista REMEXCA, cuyo acuse de recepción se muestra a continuación. De igual manera, se incluye la nota científica.

7.1.1 CARTA DE RECEPCIÓN

CARTA DE ENVIÓ

ACUSE DE ENVIÓ DE NOTA CIENTÍFICA A REVISTA REMEXCA

De: Dra. Dora M. Sangerman-Jarquín <cienciasagricolas@inifap.gob.mx>

Enviado: lunes, 15 de noviembre de 2021 15:43

Para: Jose Francisco Ramirez Davila <jframirezd@uaemex.mx>

Asunto: [Remexca] Acuse de recibo del envío

José Francisco Ramírez Dávila:

Gracias por enviar el manuscrito "App Ahuacatl: Aplicación móvil para determinar la distribución espacial de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate: Desarrollo de una aplicación móvil" a Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Con el sistema de gestión de publicaciones en línea que utilizamos podrá seguir el progreso a través del proceso editorial tras iniciar sesión en el sitio web de la publicación:

URL del manuscrito: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/ingresar>

Nombre de usuario/a: jframirezd

Si tiene alguna duda puede ponerse en contacto conmigo. Gracias por elegir esta editorial para mostrar su trabajo.

Dra. Dora M. Sangerman-Jarquín

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/>

7.1.2. Nota científica: App Ahuacatl: Aplicación móvil para determinar la distribución espacial de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate.

**App Ahuacatl: Aplicación móvil para determinar la distribución espacial de problemas
fitosanitarios en el cultivo de aguacate**

Nancy Martínez Martínez¹
José Francisco Ramírez Dávila^{2&}
Jaime Mejía Carranza³
Sara Vera Noguez⁴
Jovanny Ramírez Chimal⁴

Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas, Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15, Campus “El Cerrillo” Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P.50200, México.

Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15, Campus “El Cerrillo” Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C.P. 50200, México.

Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería. Cerro de Coatepec paseo Universidad S/N Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México, C.P. 50100. México.

*Autor para correspondencia: jframirez@uaemex.com.mx

Resumen

El cultivo de aguacate se ha visto afectado por diversas plagas y enfermedades lo que ha limitado su comercialización. A causa de ello se ha generado el uso indiscriminado de productos químicos por parte de los productores, lo que ha provocado gran contaminación ambiental, aumento en los costos de producción y la presencia de residuos de pesticidas en los frutos. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una aplicación móvil para determinar la distribución espacial de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate. Para el desarrollo de la aplicación se basó en la metodología RUP (Rational Unified Process). Se incorporaron fórmulas para obtener el semivariograma y modelos matemáticos para ajustar el semivariograma. También se anexo la formula del método de krigado ordinario, con la finalidad de obtener mapas de densidad de las poblaciones de problemas

fitosanitarios del cultivo de aguacate. La aplicación App Ahuacatl se puede instalar en celulares móviles o tabletas con el sistema operativo Android como iOS. El usuario puede obtener su ubicación geográfica sin la necesidad de estar conectado a una red de internet o los datos móviles del celular.

Palabras clave: krigeado ordinario, mapas de densidad, semivariogramas,

El aguacate (*Persea americana* Mill) es uno de los principales cultivos a nivel mundial, en donde México destaca como principal exportador. Sin embargo, la producción de aguacate para exportación es limitada por plagas y enfermedades que limitan su comercialización a nivel mundial. Esto ha llevado a los productores a la aplicación excesiva e indiscriminada de agroquímicos, lo cual conduce a la presencia de residuos de pesticidas en los frutos, contaminación ambiental, pérdidas de biodiversidad, riesgos para la salud (Carbajal & Martos, 2019), resistencia de plagas y altos costos de producción.

En los últimos años, se ha incorporado de forma masiva tecnologías avanzadas a las prácticas agrícolas (Kamilaris et al., 2017). La tecnificación e implementación de herramientas en los campos agrícolas han transformado la estructura productiva de varios países. Con ello han logrado mejorar en calidad y cantidad sus productos, obteniendo una mayor productividad. La implementación de tecnología está asociada al desarrollo de una región (Eberhardt & Vollrath, 2016), mediante el aumento de los ajustes económicos y ambientales (Chen *et al.*, 2017). Actualmente existen una serie de aplicaciones móviles disponibles para el sector agrícola, que ha generado múltiples ventajas como: optimización del uso de recursos, mejores prácticas agronómicas, programación de tareas (Mbabazi *et al.*, 2017), calibración de equipos de fumigación, geoposicionamiento de muestras de suelo, entre otros. Estas tecnologías se han desarrollado y aplicado como estrategia para la gestión de cultivos y la toma de decisiones (Lokers *et al.*, 2016) de forma oportuna y eficaz.

Existen programas que ayudan a determinar el tipo de comportamiento y la distribución de problemas fitosanitarios en los cultivos. Sin embargo, estos programas son un poco desconocidas para agricultores o técnicos, ya que solo se encuentran en los centros de investigación. Entre ellos se

encuentra el programa Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D, Springer Verlag, New York) quien ayuda a conocer el tipo de comportamiento que presentan las plagas dentro de las parcelas. El programa Surfer 16, determina la ubicación de las plagas y las representa en forma de mapas de densidad. Estos programas son de gran ayuda para los productores y técnicos, pues les facilitaría el diagnóstico real de las plagas y enfermedades en los cultivos. Así esta nota de investigación tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil para facilitar el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate, mediante la elaboración de mapas de densidad, utilizando el método de interpolación llamado krigado ordinario.

Para el proceso de desarrollo de la aplicación se utilizó la metodología RUP (Rational Unified Process). Esta metodología toma como elemento central del desarrollo los requerimientos del usuario, es decir, cada paso en el proceso de desarrollo es para construir una aplicación que atienda las necesidades identificadas. Así mismo, incorpora pruebas continuamente, que permiten identificar posibles errores, corregirlos cuanto antes reduciendo el impacto y costo derivado de ellos (Jacobson, 2000).

La definición de los requisitos se realizó analizando el proceso que se sigue para incorporar un estudio geoestadístico en el diagnóstico de problemas fitosanitarios. De lo que deriva el requerimiento de poder coleccionar valores para la variable, asociados a datos de geolocalización. En este sentido la primera etapa es el análisis exploratorio de los datos para verificar la normalidad de los datos coleccionados en campo. Una vez integradas las bases de datos se lleva a cabo la creación del semivariograma experimental y su ajuste a modelos teóricos que permitan explicar la naturaleza del fenómeno o variable estudiada. El valor del semivariograma se puede calcular por medio de la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y Srivastav, 1978):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2Np(h)} \sum_{i=1}^{Np(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (1)$$

Donde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancias h ; $N(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h ; $Z(x_i)$ es el valor

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

El semivariograma experimental debe ser ajustado al semivariograma teórico, dado que es necesario ajustar una función para cuantificar el grado y escala de variación espacial. Existen modelos que se usan en geoestadística, siendo los más comúnmente utilizados el modelo esférico, el modelo exponencial, y el modelo gaussiano. Todos estos modelos tienen tres parámetros comunes que son efecto pepita, meseta y rango o alcance, parámetros que sirven para ajustar y validar al semivariograma.

Una vez que el semivariograma experimental fue ajustado a alguno de los modelos descritos fue necesario validarlos. La validación del modelo se realizó con el procedimiento denominado validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1978). Este método es utilizado para evaluar el grado de bondad entre los datos.

Después de realizar la validación cruzada se procede a determinar el nivel de dependencia espacial el cual consiste en dividir el efecto pepita entre la meseta y el resultado es expresado en porcentaje, con la finalidad de conocer el grado de relación entre los datos (Cambardella *et al.*, 1994). Si el resultado es menor de 25 % en nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75 % el nivel de dependencia es moderado y si es mayor del 76 % el nivel de dependencia espacial es bajo.

Una vez que el modelo del semivariograma se valida se utiliza el método de interpolación denominado krigeado ordinario, para la elaboración de mapas de densidad de las poblaciones de problemas fitosanitarios. Este método de interpolación permite la estima no sesgada de puntos en donde no se realizaron muestreos. Para atender este requerimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (2)$$

En donde: $Z(x_i)$ = valor medido en la ubicación, λ_i = un peso desconocido para el valor medido, S_0 = ubicación de la predicción, N = número de valores medidos.

Después del desarrollo de la aplicación móvil y la incorporación de las fórmulas, la aplicación puede generar semivariogramas, mapas de densidad y determinar el porcentaje de superficie infestada por

alguna plaga o enfermedad. Así mismo, puede obtener las coordenadas geográficas del usuario sin la necesidad de estar conectado a una red de internet o a los datos del celular. Sin embargo, esta aplicación sólo se desarrolló para el cultivo de aguacate. A continuación, se muestra un diagrama de flujo de la entrada y salida de datos de la aplicación App Ahuacatl (Figura 1).

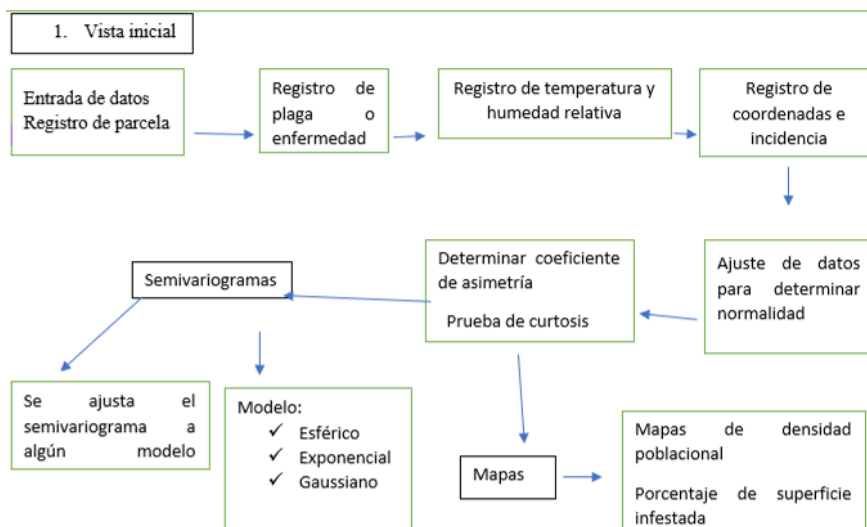
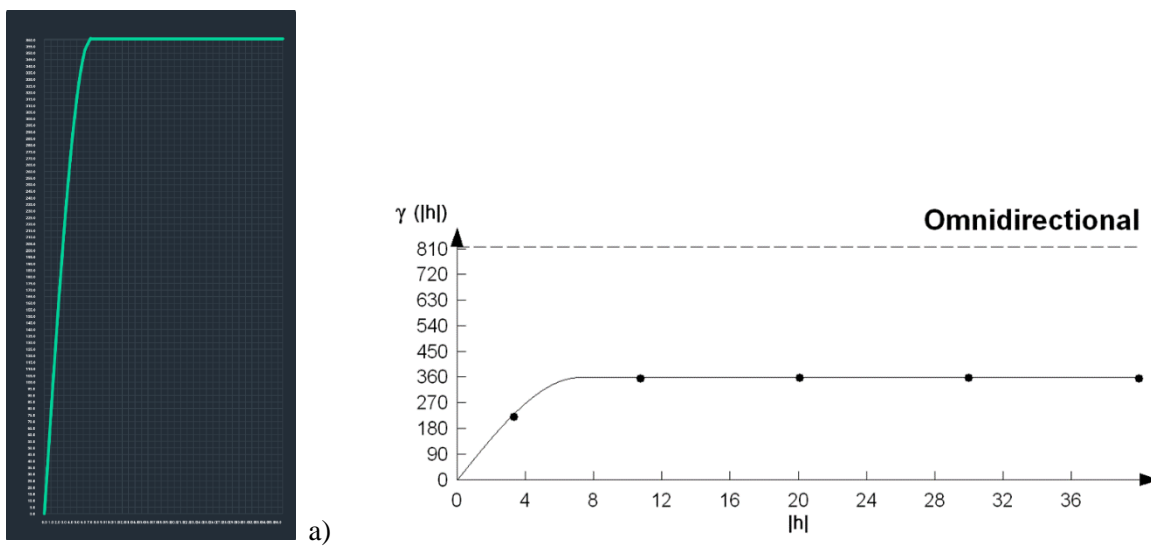


Figura 1. Diagrama de flujo de entrada y salida de datos de App Ahuacatl.

Para corroborar que la aplicación funcionaba correctamente y que los resultados que arrojaba eran correctos, se compararon datos obtenidos con los programas de escritorio (Variowin 2.2 y Surfer 16) y los obtenidos con la aplicación. Para ello se tomó uno de los muestreos de escama armada (*Hemiberlesia lataniae* Signoret). El muestreo se realizó en el municipio de Coatepec Harinas en un huerto de aguacate de 4 hectáreas. El cultivo presentaba una edad aproximada de 8 a 10 años, de la superficie del huerto se muestrearon 400 árboles de forma aleatoria.

Los datos obtenidos con la aplicación fueron similares a los obtenidos con los programas Variowin 2.2 y Surfer 16. Con el programa Variowin, el semivariograma se ajustó al modelo esférico, quien obtuvo un efecto pepita cero, meseta de 360.8 y un rango de 7.2 metros. La aplicación arrojó los mismos resultados.

En la figura 2, se puede observar a los dos semivariogramas ajustados al modelo de tipo esférico.



b)

Figura 2. Semivariogramas del muestreo de escama armada, a) semivariograma obtenido por la aplicación móvil, b) semivariograma obtenido por el programa Variowin.

Una vez ajustado el semivariograma en la aplicación se puede visualizar el mapa de densidad. En el mapa se presentan las zonas en donde se encuentran distribuidas las poblaciones del insecto. En la figura 3a, del lado izquierdo del mapa se pueden observar las coordenadas norte junto con el baremo o escala de colores y de la parte inferior aparecen las coordenadas este, y debajo de dichas coordenadas aparece el porcentaje de superficie infestada por la plaga. En el mapa aparecen los colores: blanco el cual indica ausencia o zona libre de infestación, el color rojo indica una incidencia alta de la plaga, el color verde presencia baja y el color amarillo presencia moderada. En la figura 3b, las coordenadas norte aparecen del lado izquierdo del mapa y las coordenadas este en la parte inferior del mapa. En este caso el baremo aparece del lado derecho del mapa con los mismos colores blanco, rojo, amarillo y verde. El valor máximo que aparece en el baremo determina el número máximo de incidencia del insecto en el muestreo.

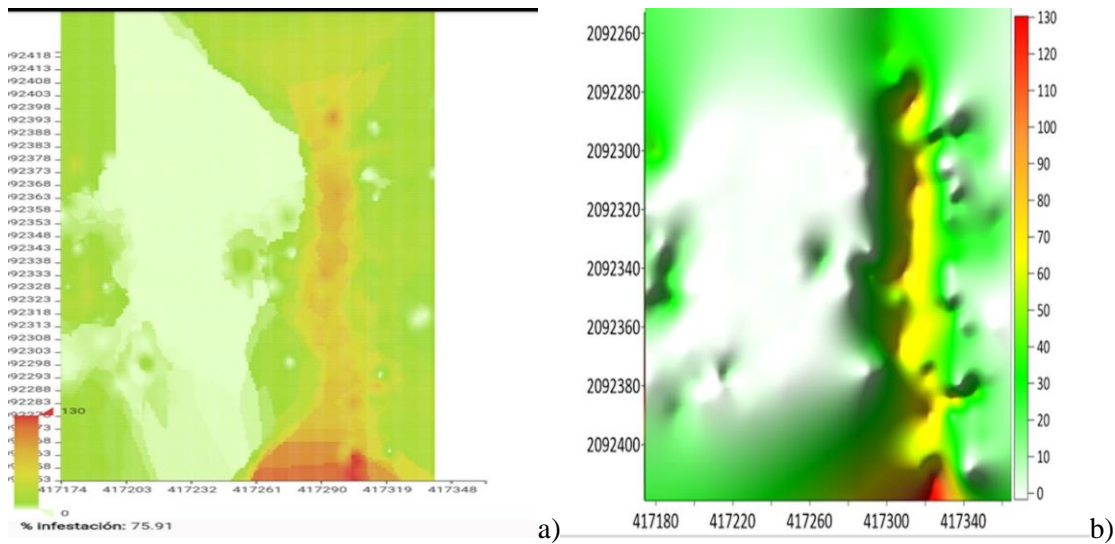


Figura 3. Mapas de densidad y porcentaje de superficie infestada, a) mapa elaborado con la aplicación móvil y b) mapa elaborado con el programa Surfer 16.

En cada muestreo aparecen datos como: nombre de la parcela, superficie de la parcela, nombre de la plaga o enfermedad que se está muestreando, fecha de muestreo, temperatura y humedad relativa. así mismo los datos del semivariograma: modelo, valores de efecto pepita, meseta, rango, nivel de dependencia espacial. La aplicación puede compartir los datos del muestreo con otro usuario ya sea por WhatsApp, correo, entre otros. El documento que se envía tiene un formato csv (valores separados por comas), dicho documento se puede observar tanto en la computadora como en el celular o tableta. Los datos que se comparten solo son las coordenadas geográficas y la incidencia. Al enviar el documento por correo electrónico se envía en el cuerpo del correo: número de estudio, fecha en la que se realizó el muestreo, humedad relativa, total de muestreos realizados, número de incidencias, varianza, desviación estándar y la media muestral.

La aplicación descrita en esta nota científica fue liberada con el nombre App Ahuacatl y fue desarrollada para el sistema operativo Android y IOS. La aplicación para teléfonos inteligentes se publicó en la plataforma Google Play y está disponible en <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.uaemex.ahuacatl>. Los resultados obtenidos del funcionamiento de la aplicación son conscientes con los obtenidos por software de laboratorio, sin

embargo, una delimitantes es que el desempeño se degrada conforme se aumenta la cantidad de datos para obtener los semivariogramas y los mapas de densidad. Al ser una aplicación para dispositivos móviles presenta características como portabilidad y apoyo para los productores como para los técnicos. Es una herramienta que ayudara a los productores a dirigir de forma focalizada los distintos métodos de control hacia las zonas en donde se encuentren las diversas plagas y enfermedades. Al implementar estrategias o métodos de control adecuados hacia las zonas que realmente presenten altas densidades poblacionales ayudaría al productor a disminuir pérdidas económicas. Al conocer las zonas en las que se encuentra dicha plaga se evitaría que la aplicación de productos químicos se realice de forma homogénea en toda la parcela. Con ello se reducirá el gasto en pesticidas, la contaminación ambiental y la presencia de residuos químicos en los frutos. La implementación de esta aplicación móvil en los celulares de los productores ayudara a el desarrollo económico de las zonas productoras de aguacate a obtener mejores cosechas en calidad y cantidad.

Literatura citada

- Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen., Turco, R. y Konopka, A. (1994). Field scale variability of soil properties in central iwa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1501-1511. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- Carbajal, A., & Martos, A. (2019). Parasitismo de Encarsia citrina (Signoret) sobre Hemiberlesia lataniae (Crawford) (Hemiptera: Diaspididae), en cultivo de “palto.” *Agroindustrial Science*, 10(1), 49–54. <https://doi.org/doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.07>
- Chen, X. rui, Jia, J. dun, Gao, W. lin, Ren, Y. zhao, & Tao, S. (2017). Selection of an index system for evaluating the application level of agricultural engineering technology. *Pattern Recognition Letters*, 109, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2017.09.028>
- Eberhardt, M., & Vollrath, D. (2016). The Effect of Agricultural Technology on the Speed of Development. *World Development*, 109, 483–496. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.017>

- Isaaks, E. y Srivastava, R. M. (1989). *An introduction to applied Geostatistics*. Oxford University Press.
https://www.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=273091&pid=S0065-1737201300030000700016&Ing=es
- Journel, A. y Huijbregts. (1978). *Mining Geostatistics*. 2nd ed. Academic Press.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0188-6266201800050002400012&Ing=en
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143(September), 23–37.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>
- Jacobson, I., Booch, G. & Rumbaugh, J. (2000). *El proceso unificado de Desarrollo de Software*. Addison-Wesley.
- Lokers, R., Knapen, R., Janssen, S., van Randen, Y., & Jansen, J. (2016). Analysis of Big Data technologies for use in agro-environmental science. *Environmental Modelling and Software*, 84, 494–504. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.07.017>
- Mbabazi, D., Migliaccio, K. W., Crane, J. H., Fraisse, C., Zotarelli, L., Morgan, K. T., & Kiggundu, N. (2017). An irrigation schedule testing model for optimization of the Smartirrigation avocado app. *Agricultural Water Management*, 179, 390–400.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.006>

FORMATO DE REGISTRO DE APLICACIÓN MÓVIL



Universidad Autónoma del Estado de México

CONTRATO DE OBRA POR ENCARGO QUE CELEBRAN POR UNA PARTE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, A TRAVÉS DE LA OFICINA DE LA ABOGADA GENERAL, EN LO SUCESIVO "LA OAG", REPRESENTADA POR SU TITULAR DOCTORA LUZ MARÍA CONSUELO JAIMES LEGORRETA, POR LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS REPRESENTADO POR SU TITULAR DOCTOR OMAR FRANCO MORA; Y POR OTRA PARTE, NANCY MARTÍNEZ MARTÍNEZ, JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ DÁVILA, SARA VERA NOGUEZ, JOVANNY RAMÍREZ CHIMAL Y JAIME MEJÍA CARRANZA, EN LO SUCESIVO "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO"; QUIENES ACTUANDO CONJUNTAMENTE SE DENOMINARÁN "LAS PARTES", LAS CUALES SE SUJETAN DE CONFORMIDAD AL TENOR DE LAS DECLARACIONES Y CLÁUSULAS SIGUIENTES:

DECLARACIONES

I. De "LA OAG":

- [Handwritten signature]*
- A. Que la Universidad Autónoma del Estado de México es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, dotado de plena autonomía en su régimen interior, de conformidad con lo que disponen los artículos 5º párrafo décimo tercero de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, y 1º de su Ley aprobada por Decreto número 62 de la LI Legislatura Local, publicada en la Gaceta del Gobierno del día 3 de marzo de 1992, en adelante "LA UAEM".
- B. Que con fundamento en el artículo 34 de la Ley de la Universidad Autónoma del Estado de México, así como, en los artículos 133 y 134 del Estatuto Universitario, para el cumplimiento de su objeto y fines, la Máxima Casa de Estudios cuenta con Dependencias Administrativas dentro de las cuales se encuentra la Oficina de la Abogada General.
- C. Que la Doctora Luz María Consuelo Jaimes Legorreta es la titular de la Oficina de la Abogada General, con las facultades y obligaciones establecidas en la legislación universitaria y en el Instrumento Notarial otorgado por el Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales Carlos Eduardo Barrera Díaz, Rector de la Universidad Autónoma del Estado de México, que consta en escritura número 2,600 (dos mil seiscientos), Volumen 71 (setenta y uno), de fecha veinticuatro de mayo de dos mil veintiuno, que la autoriza a suscribir el presente contrato, otorgada ante la fe del Lic. Armando Garduño Pérez, Notario Público 170 del Estado de México, con residencia en Metepec, Estado de México.
- D. Que señala como su domicilio el ubicado en Calle Leona Vicario 201, Barrio de Santa Clara, Código Postal 50090, Toluca, Estado de México.

II. De "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO":

- [Handwritten signature]*
- A. Que son personas físicas, de nacionalidad mexicana, con capacidad legal suficiente para celebrar el presente Contrato, misma, que se identifica con credencial para votar con fotografía, copias que se adjuntan al cuerpo del presente instrumento como **ANEXO UNO**.
- B. Que manifiesta bajo protesta de decir verdad, que, dentro de su experiencia profesional, se encuentra la realización de programa de cómputo.
- C. Que es su libre voluntad celebrar el presente Contrato con "LA OAG".
- D. Que señala como domicilio legal el ubicado en San Lorenzo Toxico, Ixtlahuaca México, C.P. 50780, mismo que señalan para los usos y efectos legales que se deriven del presente Contrato.
- [Handwritten signature]*
- [Handwritten signature]*



Universidad Autónoma del Estado de México

De conformidad con las Declaraciones que anteceden, "LAS PARTES" acuerdan en sujetarse a lo estipulado en las siguientes:

CLÁUSULAS

PRIMERA.- "LA UAEM" a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas encomienda a "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO" la realización de una obra de tipo programa de cómputo denominada "App Ahuacatl", aplicación móvil para el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate, en adelante "LA OBRA".

SEGUNDA.- "LAS PARTES" acuerdan que "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO", se obligan a realizar "LA OBRA" de acuerdo con los términos y características específicas que le establezca "LA UAEM" a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

TERCERA.- "LA UAEM" se compromete a entregar a "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO", a través Facultad de Ciencias Agrícolas por concepto de regalías el pago del 5% de las utilidades que se generen, dividido en igualdad de condiciones entre los participantes.

CUARTA.- "LAS PARTES" convienen en que "LA UAEM" efectuará los trámites necesarios ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor para el registro correspondiente de "LA OBRA", conforme a la Ley Federal del Derecho de Autor y su reglamento, vigentes.

QUINTA.- "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO" se obligan a no divulgar, reproducir o transmitir por ningún medio "LA OBRA", so pena de responder por los daños y perjuicios que por su incumplimiento pudiera ocasionar a "LA UAEM".

SEXTA.- "LAS PARTES" convienen en que los derechos patrimoniales de "LA OBRA" quedan bajo la titularidad de la Universidad Autónoma del Estado de México, y ésta se compromete únicamente a reconocer los derechos morales de "LOS PRESTADORES DE SERVICIO", en su calidad de autores, así como de todas y cada una de las personas autoras que intervengan en la realización de "LA OBRA".

SÉPTIMA.- "LAS PARTES" acuerdan que "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO" se obligan en este acto a guardar la más absoluta confidencialidad en tiempo indefinido, de toda la información que derivada del presente instrumento legal pueda concederse y/o divulgarse, en particular aquella relativa a "LA OBRA", información que en este acto adquiere el carácter de secreto industrial, por lo cual se obliga a tomar todas las medidas que necesarias, para preservar su confidencialidad y resguardo, so pena de responder por los daños y perjuicios que por incumplimiento pudieran ocasionar a "LA UAEM", con independencia de las penas y/o sanciones aplicables de conformidad con la Ley de la materia.

OCTAVA.- se obligan a responder de la autoría y originalidad de la obra de mérito y del ejercicio pacífico de los derechos que se transmiten en este acto, manifestando que no existe ninguna otra persona física o moral a la que le pertenezcan, y en su caso, cuentan con todos los permisos sobre obras de terceros (textos y/o imágenes) y los reconocen mediante el derecho de cita; asimismo, que no se han contraído ni contraerán cargas o gravámenes de ninguna especie, por lo cual liberan de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma del Estado de México, así como de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la obra mencionada, asumiendo todas las consecuencias legales y económicas a que hubiera lugar.

NOVENA.- "LAS PARTES" acuerdan que "LA UAEM", por sí o por terceros, podrá editar, divulgar, publicar, comunicar públicamente, ejecutar, distribuir, representar, reproducir y comercializar "LA OBRA", por cualquier medio y en cualquier forma, presente o futuro, incluyendo su incorporación a plataformas y/o



Universidad Autónoma del Estado de México

repositorios digitales, además de que se ponga a disposición mediante licencias Creative Commons o similares.

"LAS PARTES" acuerdan que la vigencia para la realización de "LA OBRA" por parte de "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO" será a partir de la fecha de suscripción del presente instrumento y hasta la entrega final de "LA OBRA"

Por lo que hace a la vigencia del presente contrato, será a partir de la firma del presente instrumento y concluirá conforme a la Ley en la Materia.


DÉCIMA.- "LOS PRESTADOR/A/ES DEL SERVICIO" se obliga a responder ante "LA UAEM" por todos los daños y perjuicios que le ocasionen derivados del presente contrato o por el incumplimiento a las obligaciones a su cargo estipuladas en el mismo.

DÉCIMA PRIMERA.- el presente contrato es producto de la buena fe de los suscribientes; por lo que realizarán todas las acciones posibles para su debido cumplimiento. En caso de presentarse alguna discrepancia sobre la interpretación o cumplimiento, ambas partes convienen en que la resolverán de común acuerdo. En caso de subsistir alguna controversia, "LAS PARTES" se someten a las autoridades competentes jurisdiccional y/o administrativas, según corresponda.

UNA VEZ LEÍDO EL INSTRUMENTO LEGAL POR AMBAS PARTES Y ENTERADAS DEL CONTENIDO JURÍDICO LEGAL, LO FIRMAN POR DUPLICADO AL CALCE Y AL MARGEN DE CONFORMIDAD, EN LA CIUDAD DE TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO A LOS ONCE DÍAS DEL MES DE JUNIO DEL AÑO DOS MIL DIECINUEVE.

POR "LA OAG"

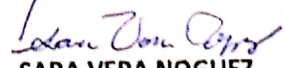

DOCTORA LUZ MARÍA CONSUELO JAIMES LEGORRETA;
ABOGADA GENERAL


DOCTOR OMAR FRANCO MORA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

POR "LOS PRESTADORES DEL SERVICIO"


NANCY MARTÍNEZ MARTÍNEZ


JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ DÁVILA


SARA VERA NOGUEZ


JOVANNY RAMÍREZ CHIMAL


JAIME MEJÍA CARRANZA

CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTORES: MARTINEZ MARTINEZ NANCY
MEJIA CARRANZA JAIME
RAMIREZ CHIMAL JOVANNY
RAMIREZ DAVILA JOSE FRANCISCO
VERA NOGUEZ SARA

TÍTULO: APP AHUACATL

RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULAR: UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO (CON FUNDAMENTO EN EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

Con fundamento en lo establecido por el artículo 103 de la Ley Federal del Derecho de Autor, salvo pacto en contrario, los derechos patrimoniales sobre un programa de computación y su documentación, cuando hayan sido creados por uno o varios empleados en el ejercicio de sus funciones o siguiendo las instrucciones del empleador, corresponden a éste.

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.


Con fundamento en los artículos 2, 208, 209 fracción III y 211 de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 64, 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; y artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I y 9 del Reglamento Interior de Instituto Nacional del Derecho de Autor, se expide el presente certificado.

Número de Registro: 03-2021-101311230600-01

Ciudad de México, a 18 de octubre de 2021

LA SUBDIRECTORA DE REGISTRO DE OBRAS Y CONTRATOS


VERÓNICA MEDINA CASTRO

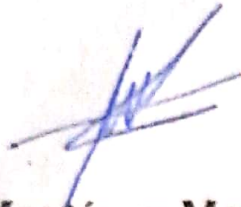

SECRETARÍA DE CULTURA
INSTITUTO NACIONAL DEL
DERECHO DE AUTOR
DIRECCIÓN DE REGISTRO
PÚBLICO DEL DERECHO DE
AUTOR



CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA

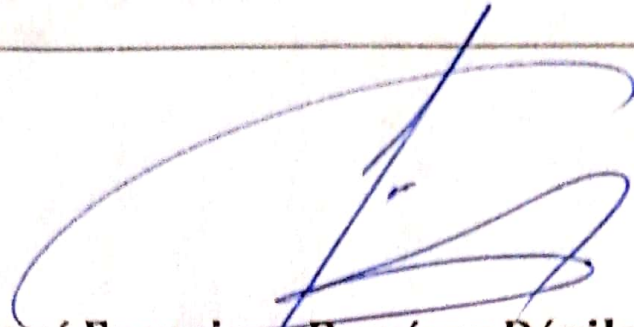


INDAUTOR
INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR



Nancy Martínez Martínez

NOMBRE Y FIRMA



José Francisco Ramírez Dávila

NOMBRE Y FIRMA

NO. DE REGISTRO: 03-2021-101311230600-01

TÍTULO: APP AHUACATL

TIPO DE TRÁMITE: OBRAS

PRESENTACIÓN: CD ROM



Jaime Mejía Carranza

NOMBRE Y FIRMA

7.1.5. Manual de usuario

A continuación, se incluye un manual de usuario sobre la aplicación móvil

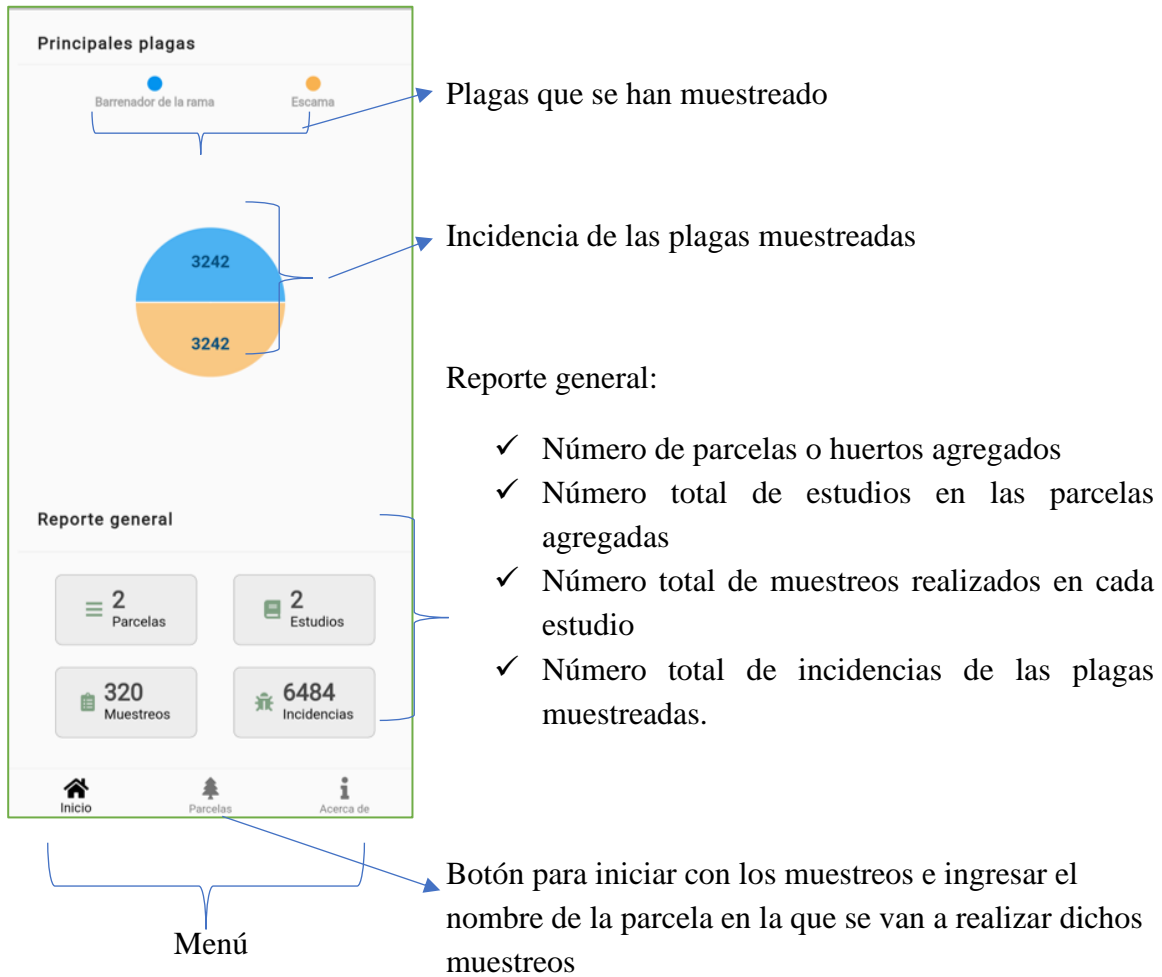


Imagen que representara a la aplicación móvil.

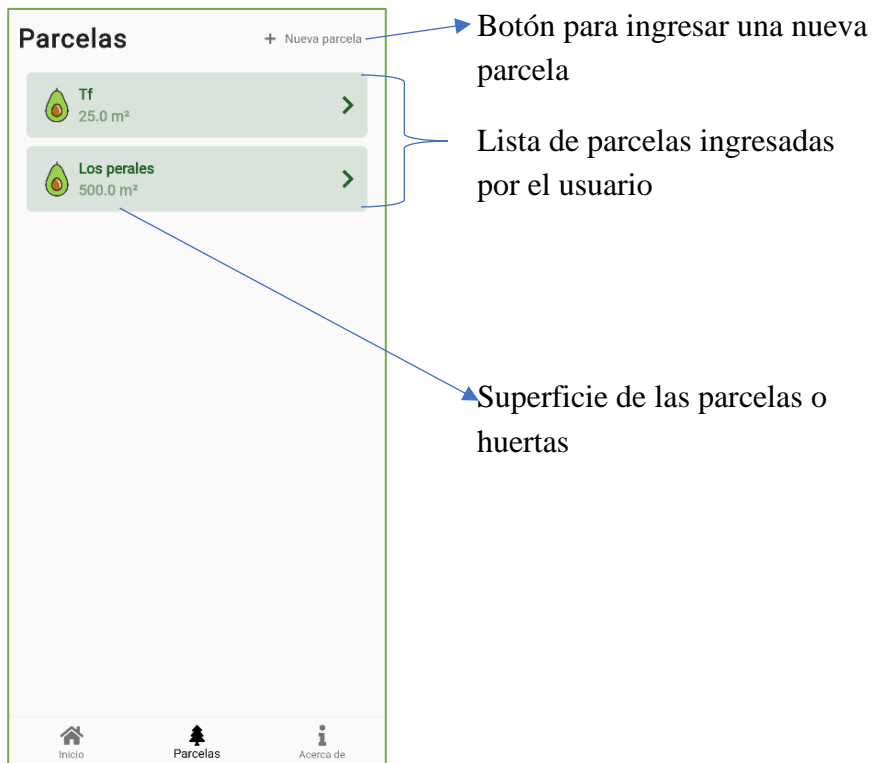
Pantallas de la aplicación móvil

En la pantalla principal de la aplicación aparecerán de forma general los datos como: se muestra una gráfica con las plagas que se han estado muestreando,

Pantalla principal



Pantalla para el ingreso de parcelas



Pantalla para ingresar una nueva parcela

The screenshot shows a mobile application interface for adding a new parcel. The screen is titled "Agregar parcela" with a close button (X) in the top left corner. Below the title, there are two input fields: "Escriba el nombre de la parcela" and "Superficie en m²". At the bottom of the form, there are two buttons: "Agregar" (highlighted in green) and "Cancelar". A keyboard is visible at the bottom of the screen. Three blue arrows point from text labels to the input fields and buttons.

Nombre de la parcela

Superficie de la parcela de estudio en metros cuadrados

Botones para agregar o cancelar el registro.

Pantalla creada sin ingresar datos

Nombre de la parcela

En este apartado aparecerán los datos que el usuario ingreso

- ✓ Superficie de la parcela
- ✓ Plaga o enfermedad que va a muestrear
- ✓ Fecha en la que se realizó el estudio o muestreo
- ✓ Número de estudios realizados en la parcela o huerto

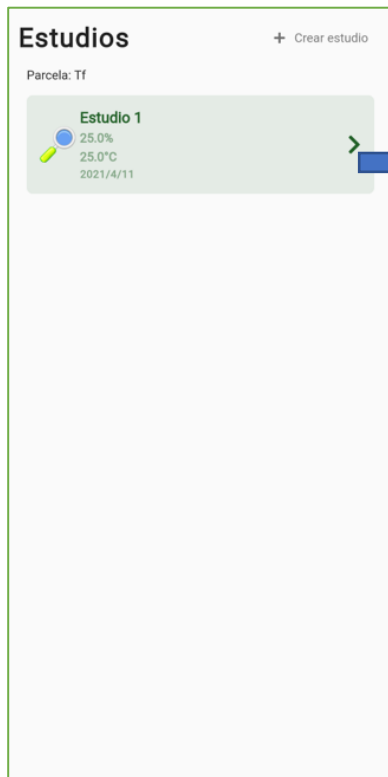
Menú

Estudios en donde se ingresarán los datos

- ✓ Número de estudios (muestreos) realizados en esa parcela

El usuario puede incorporar fotos sobre la plaga o enfermedad a muestrear.

Después de crear el nuevo estudio aparecerá la siguiente pantalla



En esta pantalla aparecerán los siguientes datos ingresados por el usuario:

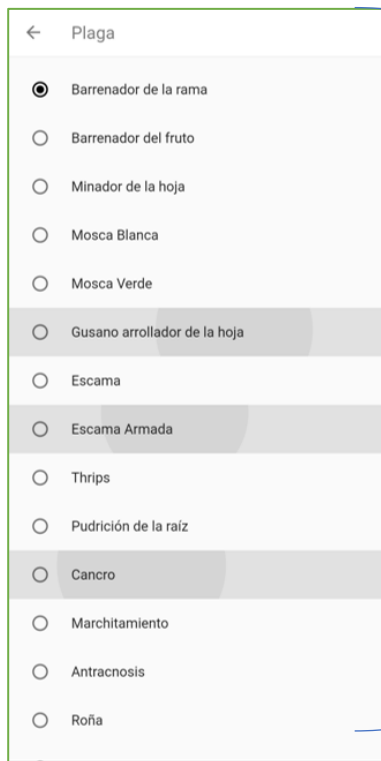
- Porcentaje de humedad relativa
- Temperatura
- Fecha en la que se está realizando el muestreo

En esta pantalla el usuario podrá crear un nuevo estudio ingresando datos como: el nombre de la plaga o enfermedad que desea muestrear. Dichas plagas y enfermedades se encuentran disponibles en la pantalla, sólo el usuario tiene que seleccionar.

The image shows a mobile application screen titled "Crear estudio" (Create study). The form contains the following elements:

- A dropdown menu labeled "Plaga" with a "Barrenador de..." (dropdown arrow) icon. An annotation points to this menu with the text "Lista de plagas y enfermedades" and "Lista desplegable para seleccionar".
- An input field labeled "Ingresa la humedad" (Enter humidity) with a sub-label "En una escala del 0% al 100%" (On a scale from 0% to 100%). An annotation points to this field with the text "% Humedad relativa" (Relative humidity %).
- An input field labeled "Ingresa la temperatura" (Enter temperature) with a sub-label "En C°" (In C°). An annotation points to this field with the text "Temperatura °C" (Temperature °C).
- Two buttons at the bottom: a green "Crear" (Create) button and a "Cancelar" (Cancel) button. An annotation points to these buttons with the text "Botones para crear o cancelar el estudio" (Buttons to create or cancel the study).

La siguiente pantalla, en este apartado el usuario puede seleccionar la plaga o enfermedad que desee muestrear. Al seleccionar la lista desplegable aparece la siguiente pantalla.



Lista de plagas y enfermedades más comunes en los huertos de aguacate.

Pantalla de muestreo sin ningún dato ingresado, en ella aparecerán el número de estudio, plaga que se está muestreando y la temperatura y humedad relativa que son datos ingresados por el usuario.

Número de estudio realizado

- ✓ Nombre de la plaga o enfermedad que se está muestreando
- ✓ Temperatura
- ✓ Humedad relativa

Botón para acceder al mapa de densidad de las poblaciones de la plaga o enfermedad que se está muestreando.

Menú

Botón para acceder al semivariograma.

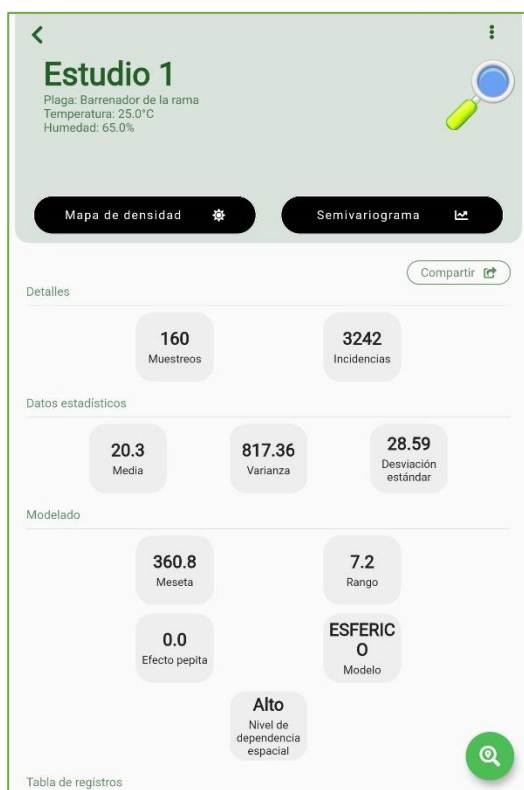
Botón para compartir datos del muestreo.

En este estudio aún no se introducen datos por lo que los datos aparecen en cero.

Botón para obtener la ubicación del usuario e introducir el número de incidencia.

Pantalla con datos ingresados y ajustados

En esta pantalla ya se agregaron los datos correspondientes, mismos que ya fueron ajustados por el usuario.



En esta pantalla aparecen:

Numero de estudio

Problema fitosanitario que se está muestreando

Condiciones climáticas como:

- Temperatura
- Humedad relativa

Botones:

- Mapa de densidad
- Semivariograma

Una vez ingresados los muestreos correspondientes se puede acceder a semivariograma para ajustarlo a algún modelo ya sea esférico, exponencial o gaussiano.

En esta pantalla, el usuario puede visualizar sus datos de la siguiente forma:

Se muestran datos:

- ✓ Número de muestreos realizados en dicho estudio
- ✓ Número de Incidencias

Se muestran resultados del semivariograma ajustado:

- ✓ Valor de la meseta
- ✓ Rango
- ✓ Efecto pepita
- ✓ Tipo de modelo
- ✓ Nivel de dependencia espacial



Se muestran datos estadísticos como:

- ✓ Media
- ✓ Desviación estándar
- ✓ Varianza

Tabla de registros de datos:

- ✓ Coordenadas norte y este
- ✓ Incidencias

Para iniciar con el muestreo, el usuario se va a la parte inferior derecha y selecciona el botón verde con una lupa en el centro. Al tocar este botón la aplicación obtiene las coordenadas (Norte y Este) del usuario y las transforma a unidades UTM, posterior a ello el usuario ingresa el número de incidencia que se presentó en el árbol muestreado.

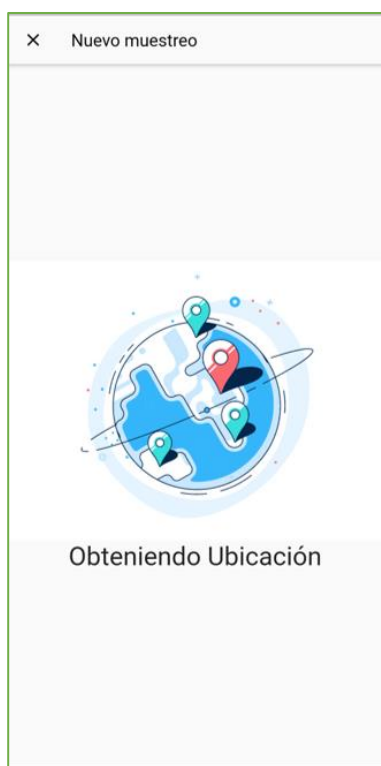


Datos que fueron agregados anteriormente por el usuario.

Pantalla sin datos

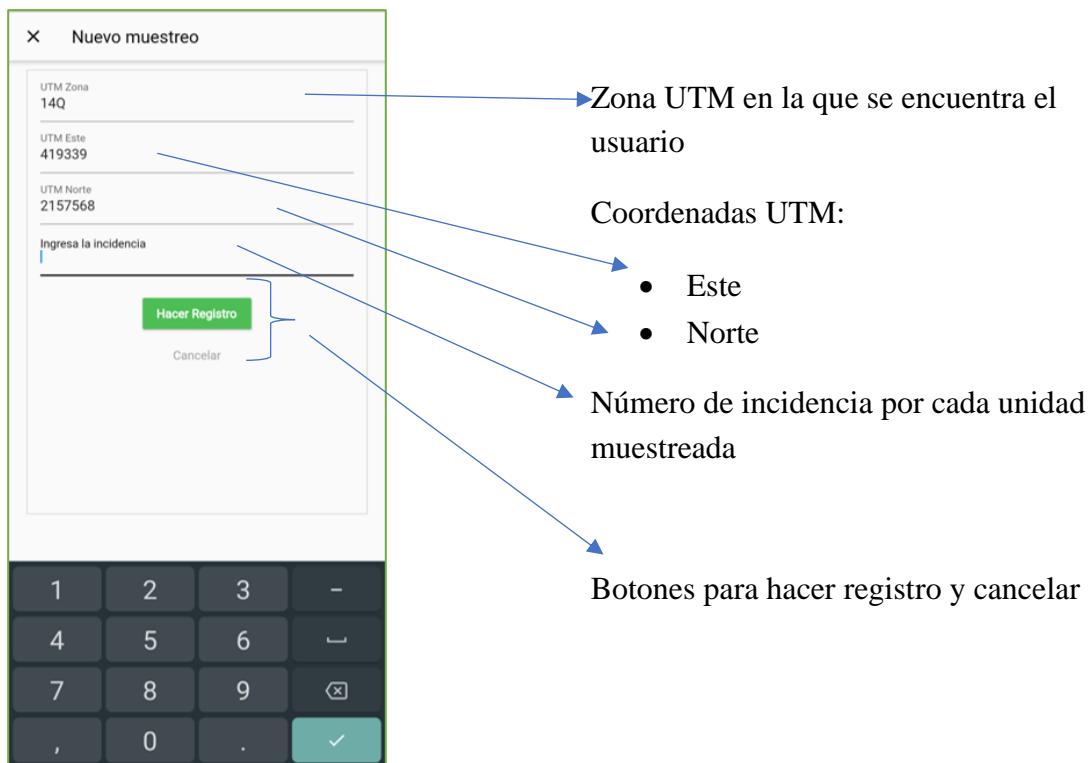
Botón para iniciar con el muestreo, con este botón se obtienen las coordenadas geográficas del usuario.

Al seleccionar el botón verde de la pantalla anterior aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación.



En esta pantalla la aplicación está obteniendo las coordenadas geográficas del árbol o unidad de estudio. Dichas coordenadas son obtenidas sin tener acceso a una red de internet o a los datos móviles del celular.

Después de obtener las coordenadas geográficas de la unidad de estudio (árbol), en la siguiente pantalla aparecen las coordenadas UTM este y norte, y el usuario deberá de ingresar el número de incidencia obtenido en su unidad de estudio.



Después de realizar los muestreos correspondientes, en la pantalla siguiente se debe de seleccionar el botón que dice semivariograma. En este apartado se podrá ajustar el semivariograma, así mismo, el efecto pepita, meseta y rango. después de ajustar el semivariograma aparecerán:



Después de ingresar todos los muestreos se accede al botón de semivariograma.

Botón para acceder al semivariograma y ajustarlo. Al seleccionar este botón se ajustará a algún modelo
Al seleccionar el botón aparecerá la siguiente pantalla:





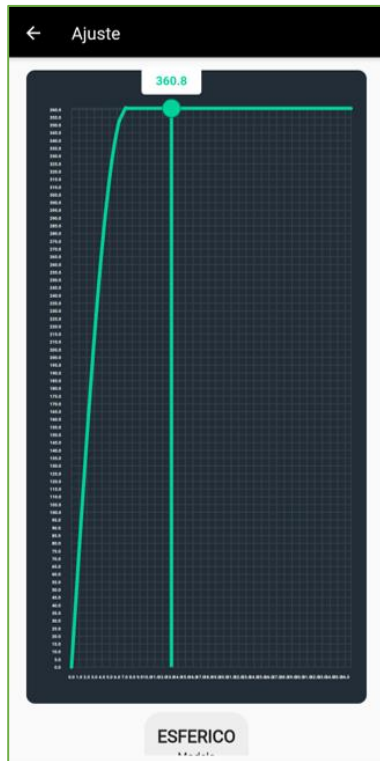
Antes de ajustar al semivariograma aparecerán unos datos que ya fueron ajustados, esto con la finalidad de determinar la normalidad de los datos:

- Coeficiente de Curtosis
- Coeficiente de variación
- Coeficiente de asimetría

También se incluyó:

- Covarianza
- Mediana
- Moda
- 1er cuartil
- 3er cuartil
- Valor máximo
- Valor mínimo

Ajuste del semivariograma:



En esta pantalla aparecen los datos ya ajustados a algún modelo (esférico, exponencial o gaussiano).

Y los valores de efecto pepita, rango y meseta.

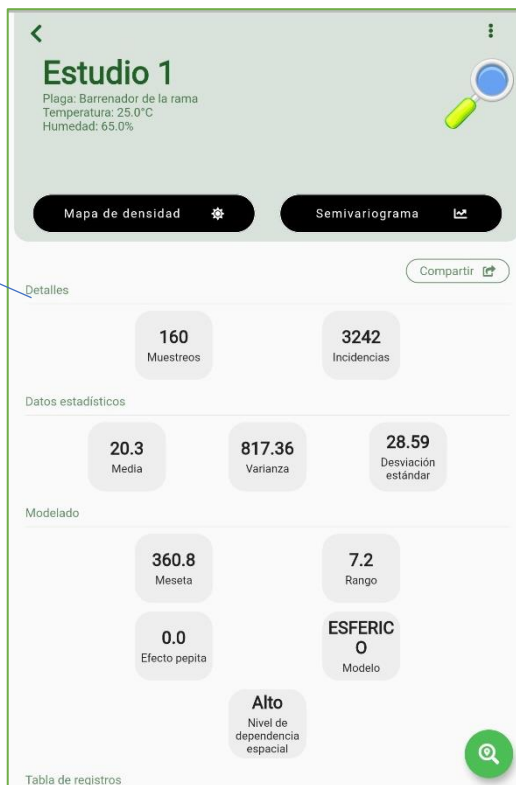
Después de ajustar el semivariograma nos regresamos a la pantalla que tiene los datos generales del muestreo que se está realizando, para posteriormente ir a la pantalla de mapa de densidad:

Pantalla con todos los datos obtenidos del muestreo.

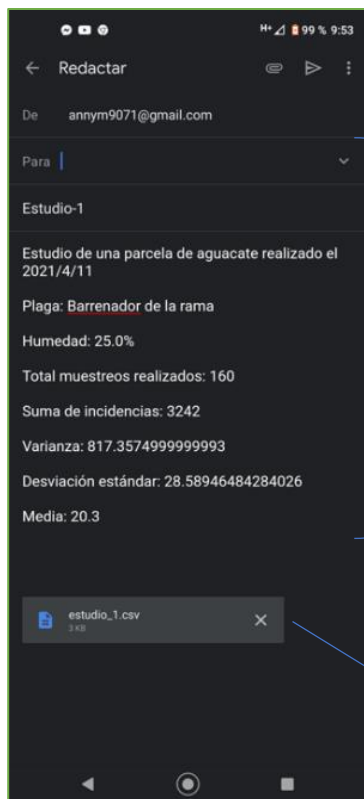
Botón para acceder a mapas de densidad

Después de ajustar el semivariograma se podrá acceder a los mapas de densidad, con estos mapas nos mostrará la ubicación de la plaga.

Mapa que aparece a continuación:



El usuario puede compartir datos como coordenadas geográficas y número de incidencia. Dichos datos se pueden compartir mediante Bluetooth, email y WhatsApp. A continuación, se muestra que el usuario está compartiendo sus datos por correo.



En el cuerpo del mensaje aparece:

Número de estudio.

Plaga o enfermedad que se está muestreando.

Porcentaje de humedad relativa.

Total de muestreos realizados.

Número total de incidencias obtenidas en este muestreo.

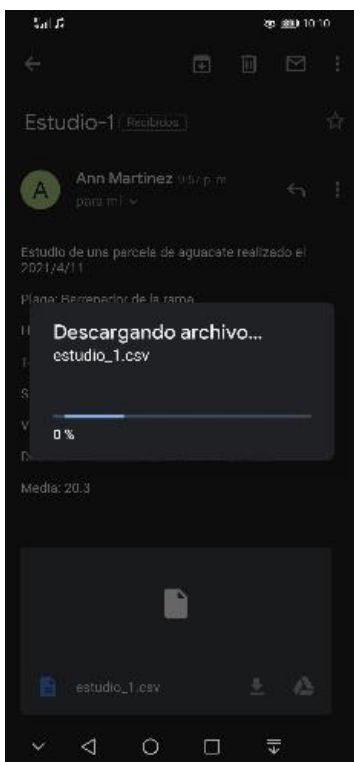
Varianza.

Desviación estándar.

Media muestral.

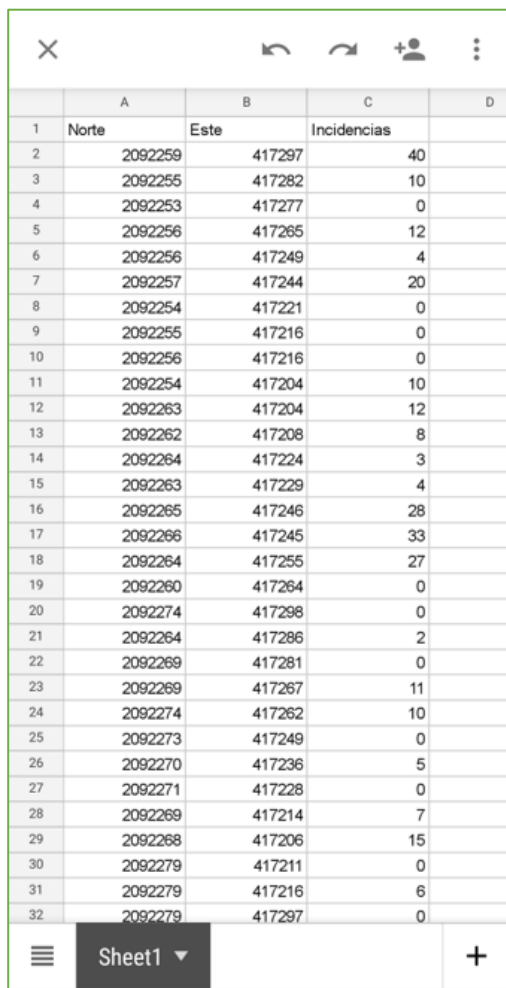
Documento que va a ser enviado.

El remitente puede descargar en cualquier dispositivo el archivo.



Al recibir el archivo por correo electrónico y se requiera descargar, este se podrá visualizar en el teléfono o tableta como una hoja de Excel con los datos correspondientes. Así mismo, en el cuerpo del correo habrá otros datos como se mencionaron anteriormente.

Documento con las coordenadas del muestreo

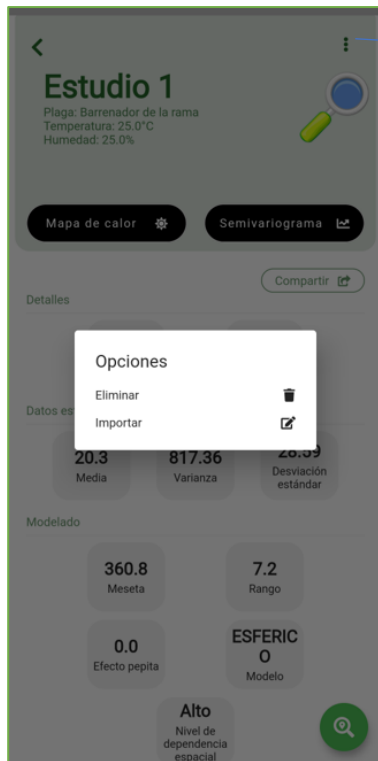


The image shows a screenshot of a spreadsheet application. The spreadsheet has four columns: A, B, C, and D. Column A is labeled 'Norte', column B is labeled 'Este', and column C is labeled 'Incidencias'. Column D is empty. The data is organized into 32 rows, numbered 1 to 32. Each row contains a unique ID in column A, an East coordinate in column B, and a frequency value in column C. The interface includes a close button (X) at the top left, navigation arrows, a user icon, and a menu icon at the top right. At the bottom, there is a sheet tab labeled 'Sheet1' and a plus sign for adding new sheets.

	A	B	C	D
1	Norte	Este	Incidencias	
2	2092259	417297	40	
3	2092255	417282	10	
4	2092253	417277	0	
5	2092256	417265	12	
6	2092256	417249	4	
7	2092257	417244	20	
8	2092254	417221	0	
9	2092255	417216	0	
10	2092256	417216	0	
11	2092254	417204	10	
12	2092263	417204	12	
13	2092262	417208	8	
14	2092264	417224	3	
15	2092263	417229	4	
16	2092265	417246	28	
17	2092266	417245	33	
18	2092264	417255	27	
19	2092260	417264	0	
20	2092274	417298	0	
21	2092264	417286	2	
22	2092269	417281	0	
23	2092269	417267	11	
24	2092274	417262	10	
25	2092273	417249	0	
26	2092270	417236	5	
27	2092271	417228	0	
28	2092269	417214	7	
29	2092268	417206	15	
30	2092279	417211	0	
31	2092279	417216	6	
32	2092279	417297	0	

En este documento sólo aparecen las coordenadas Norte, Este e Incidencias.

El usuario puede ver el documento en la computadora, tableta y teléfono móvil.



Al seleccionar los tres puntitos aparecerá la opción de eliminar o importar los datos tomados de cada muestreo realizado.

En esta opción el usuario puede eliminar sus muestreos cuando desee.

7.2. Revista Ingeniería Agrícola y Biosistemas: Comportamiento espacial de *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) en aguacate “Hass” en el Estado de México

7.2.1. Portada de la revista en la que se publicó el artículo científico

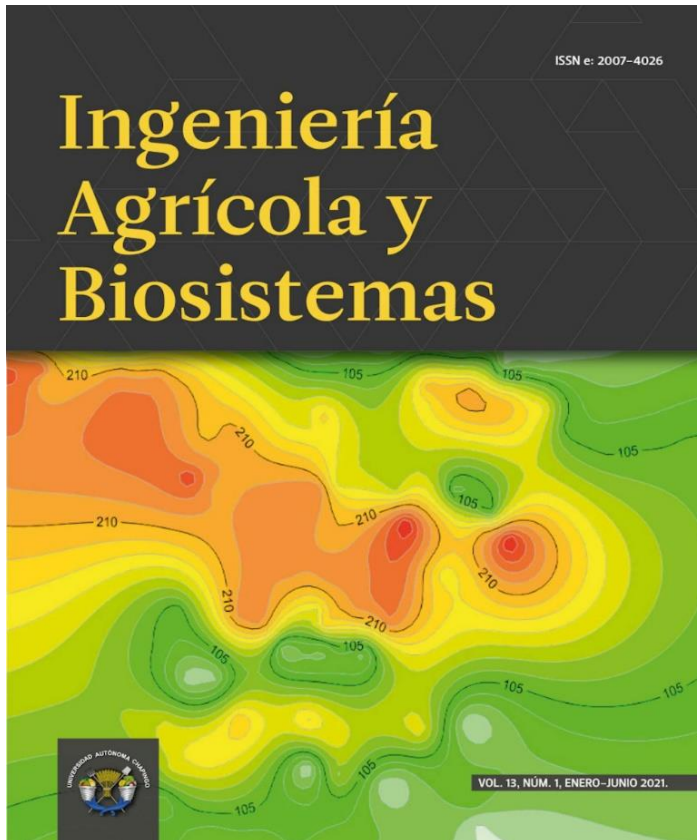


Figura 23. Portada de la revista Ingeniería Agrícola y Biosistemas, el artículo fue publicado en junio de 2021, volumen 13, número (1). 13-52.

7.2.2. Características de la revista:

Título	Ingeniería agrícola y biosistemas (En línea)
Título Abreviado	Ing. agric. biosist. (en línea)
País	México
Situación	Vigente
Año de inicio	2013
Año de Terminación	9999

Frecuencia	Semestral
Tipo de publicación	Publicación periódica
Soporte	En línea
Idioma	Español, inglés
ISSN	2007-4026
ISSN-L	2007-3925
Título propio	Ingeniería agrícola y biosistemas
Temas	Ciencias Agrícolas, Ciencias Exactas y Naturales
Subtemas	Biotechnología, ciencias de la tierra, agronomía, edafología
Clasificación	580
Dewey	
Editorial	Universidad Autónoma Chapingo
Naturaleza de la publicación	Revista de investigación científica
Naturaleza de la organización	Institución educativa
Notas	Ofrece el sistema de liberación avanzada de artículos
Revista arbitrada	Si

• DATOS DE CONTACTO ▼

Responsables	Efrén Fitz Rodríguez (Ed. en jefe)
Calle y Número	km 38.5 Carretera México-Texcoco Oficina 114 Edif. Efraím Hernández
Ciudad	Chapingo
Estado / Provincia / Departamento	Estado de México
Teléfono	(52 595) 952 1500 Ext. 1569, (52 595) 5133 1108 Ext. 1569
E-mail	inagbi@gmail.com

• ÍNDICES Y RESÚMENES ▼

CAB Abstracts

Latindex-Catálogo

Latindex-Directorio

MIAR

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

• DISTRIBUCIÓN ▼

Distribución (Vías)	WWW
Distribución Geográfica	Internacional

• DATOS DE REGISTRO ▼

Folio	23950
Folio Único	8937
Centro de Acopio	México
Fecha de Alta	2014-11-11
Fecha de Modificación	2020-06-11

7.2.3. A continuación, se presenta el manuscrito original enviado y aceptado a la Revista Ingeniería Agrícola y Biosistemas, los resultados que se incluyeron en este artículo pertenecen a los muestreos de escama armada en aguacate en el Estado de México durante los meses de agosto- diciembre de 2019 a enero- julio de 2020.

Spatial behaviour of *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) on 'Hass' avocado in Estado de Mexico

Comportamiento espacial de *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) en aguacate 'Hass' en el Estado de México

Nancy Martínez-Martínez¹; José Francisco Ramírez-Dávila^{1*}; Jaime Mejía-Carranza²; Sara Vera-Noguez³

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Campus "El Cerrillo". Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15, Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C. P. 50200, MÉXICO.

²Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Tenancingo. Carretera Tenancingo-Villa Guerrero km 1.5, Tenancingo, Estado de México, C. P. 52400, MÉXICO.

³Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec paseo Universidad s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México, C. P. 50100, MÉXICO.

*Corresponding author: jframirez@uaemex.mx, tel. 722 19 52 195.

Abstract

Introduction: Avocado exports have been affected by the presence of *Hemiberlesia lataniae*, the main damage is aesthetic and undermines fruit quality.

Objective: To determine the spatial distribution of *Hemiberlesia lataniae* in a 'Hass' avocado crop in Estado de Mexico.

Methodology: The experiment was developed in three avocado growing areas (Coatepec Harinas, Donato Guerra and Ixtapan del Oro). Sampling was carried out using the quadrat methodology, a total of 400 trees were sampled per zone from August 2019 to July 2020. The trees were divided into three strata (high, medium and low), and a terminal branch from each cardinal point was marked. Each tree was marked and georeferenced with a differential GPS.

Results: A total of 24 samples per zone were generated, and all cases had an aggregated spatial behavior of *Hemiberlesia lataniae*. Semivariograms were fitted to spherical, exponential, and Gaussian models.

Limitation of the study: Geostatistics is the only method that provides the exact location of the pest and the sample in density maps.

Originality: The present study proposes to implement integrated management strategies to reduce ecological damage, due to indiscriminate use of insecticides, and presence of residues in fruits.

Conclusions: The following study allowed us to know the spatial distribution of *Hemiberlesia lataniae* by means of density maps in three 'Hass' avocado producing areas in Estado de Mexico, where an aggregated spatial distribution was observed.

Keywords: aggregated, spatial distribution, armed scale, geostatistics, kriging.

Resumen

Introducción: La exportación de aguacate se ha visto afectada por la presencia de *Hemiberlesia lataniae*, cuyo principal daño es estético y le resta calidad al fruto.

Objetivo: Determinar la distribución espacial de *Hemiberlesia lataniae* en el cultivo de aguacate 'Hass' en el Estado de México.

Metodología: El experimento se estableció en tres zonas productoras de aguacate (Coatepec Harinas, Donato Guerra e Ixtapan del Oro). El muestreo se realizó con la metodología de cuadrantes, en donde se muestrearon 400 árboles por zona de agosto de 2019 a julio de 2020. Los árboles se dividieron en tres estratos (alto, medio y bajo), y se marcó una rama terminal de cada punto cardinal. Cada árbol se marcó y georreferenció con un GPS diferencial.

Resultados: En total se generaron 24 muestreos por zona, y en todos los casos se observó un comportamiento espacial agregado de *Hemiberlesia lataniae*. Los semivariogramas se ajustaron a modelos esférico, exponencial y gaussiano.

Limitación del estudio: La geoestadística es el único método que proporciona la ubicación exacta de la plaga y la muestra en mapas de densidad.

Originalidad: El trabajo propone implementar estrategias de manejo integrado que permitan reducir los daños ecológicos, por el uso indiscriminado de insecticidas, y la presencia de residuos en los frutos.

Conclusiones: El presente estudio permitió conocer la distribución espacial de *Hemiberlesia lataniae* mediante mapas de densidad en tres zonas productoras de aguacate 'Hass' en el Estado de México, en donde se observó una distribución espacial agregada.

Palabras clave: magregados, distribución espacial, escama armada, geoestadística, krigeado.

Introduction

Avocado (*Persea americana* Mill) is one of Mexico's most important agri-food export products. The production of this fruit shows an upward trend, with Mexico being the main producer and exporter worldwide. In 2020, the national production of avocado increased 5.6 % with respect to that obtained in 2019, where Michoacán stood out as the national leader in production and export (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

Avocado production for export is affected by pests such as seed and branch borers, thrips, mites, and several species of scales. Thrips and scales, which develop mainly on the fruit (Rugman-Jones et al., 2009), cause aesthetic damage and reduce the quality of the fruit to be sold in the market. In addition, these pests increase production costs by approximately 3 %, because they are very small insects that are difficult to remove on the packing line (Olivares, 2017; Ripa et al., 2007a; Stocks & Evans, 2017).

In recent years, *Hemiberlesia lataniae* (Signoret), known as armored scale, has become an economically important pest due to poor control (Evans et al., 2009; Navea & Vargas, 2012). *H. lataniae* is present in several economically important hosts such as fruit trees, ornamentals, and forest hosts (Apostolos et al., 2010). This pest infests branches, twigs, leaves and fruit, mainly in low and internal areas of the tree, where there is greater humidity and lower solar radiation. In high infestations, this species can weaken and even kill the attacked structures. In the case of fruits, these change slightly in color, develop depressions on their surface and may even fall from the tree (Lemus-Soriano, 2018).

Infestation in orchards has been more recurrent due to climate change and over-reliance on chemical control, which is used excessively and indiscriminately. This has led to pest resistance, higher production costs (Park et al., 2007), insecticide residues in consumer products, environmental pollution, loss of biodiversity and damage to health (Carbajal & Martos, 2019).

In response to the growing demand for safe food and the demand for greater production (quality and quantity), at low cost and with less environmental impact, it is necessary to implement sustainable pest management strategies and methods. Furthermore, tools and techniques are required to know the distribution and behavior of phytosanitary problems; that is, to identify infestation areas. This will allow the grower to direct the different control measures more precisely, avoiding their spread to other production orchards or other crops. In this sense, geostatistics includes a set of tools used to analyze, prevent, and predict the spatial

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill) es uno de los productos agroalimentarios de exportación más importante para México. La producción de este fruto presenta un comportamiento alcista, siendo México el principal productor y exportador a nivel mundial. En 2020, la producción nacional de aguacate incrementó 5.6 % con respecto a la obtenida en 2019, donde Michoacán destacó como líder nacional en producción y exportación (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

La producción de aguacate para exportación es afectada por plagas como barrenadores de hueso y rama, trips, ácaros y varias especies de escamas. Los trips y las escamas, que se desarrollan principalmente en el fruto (Rugman-Jones et al., 2009), causan daño estético y le restan calidad para su venta en el mercado. Además, estas plagas aumentan los costos de producción en aproximadamente 3 %, ya que al ser insectos muy pequeños se dificulta su remoción en la línea de empaque (Olivares, 2017; Ripa et al., 2007a; Stocks & Evans, 2017).

En los últimos años, *Hemiberlesia lataniae* (Signoret), conocida como escama armada, se ha transformado en una plaga de importancia económica debido al escaso control que existe (Evans et al., 2009; Navea & Vargas, 2012). *H. lataniae* se encuentra presente en diversos hospederos de importancia económica como frutales, ornamentales y forestales (Apostolos et al., 2010). Esta plaga infesta ramas, ramillas, hojas y frutos, principalmente en zonas bajas e internas del árbol, que es donde existe mayor humedad y menor radiación solar. En infestaciones altas, dicha especie puede debilitar y llegar a producir la muerte de las estructuras atacadas. En el caso de los frutos, éstos cambian ligeramente de color, presentan depresiones en su superficie e incluso pueden caer del árbol (Lemus-Soriano, 2018).

La infestación en huertos ha sido más recurrente debido al cambio climático y a la excesiva dependencia del control químico, el cual se usa de manera excesiva e indiscriminada. Esto ha generado resistencia de las plagas, mayores costos de producción (Park et al., 2007), residuos de insecticidas en los productos de consumo, contaminación ambiental, pérdida de la biodiversidad y daños para la salud (Carbajal & Martos, 2019).

Ante la creciente demanda de alimentos inocuos y la exigencia de una mayor producción (de calidad y cantidad), a bajo costo y con menor impacto ambiental, se hace necesario implementar estrategias y métodos sustentables en el manejo de plagas. Asimismo, se requieren herramientas y técnicas que permitan conocer la distribución y el comportamiento de los

distribution patterns and behavior of a pest by means of infestation maps and semivariograms (Ramírez-Dávila, & Figueroa-Figueroa, 2013).

Understanding the distribution of the armored scale is essential to develop integrated management programs; therefore, the objective of this study was to determine the spatial distribution of *H. lataniae* populations in the 'Hass' avocado crop in Estado de México.

Materials and methods

The study was carried out in three 'Hass' avocado growing areas in Estado de México: Coatepec Harinas (18° 55' 25" N and 99° 43' 7" W, at 2260 m a. s. l., mean annual temperature of 24 °C and relative humidity of 62 %), Donato Guerra (19° 24' N and 100° 18' W, at 2200 m a. s. l., mean annual temperature of 21 °C and relative humidity of 60 %), and Ixtapan del Oro (19° 16' 18" north latitude and 100° 16' 5" west longitude, at 1640 m a. s. l., mean annual temperature of 21 °C and relative humidity of 60 %), mean annual temperature of 21 °C and relative humidity of 60 %) and Ixtapan del Oro (19° 16' 18" N and 100° 16' 5" W, at 1640 m a. s. l., mean annual temperature of 18 °C and relative humidity of 65 %).

The experiment was established in one plot (4 ha) of 8 to 10 years old 'Hass' avocado per municipality with presence of *H. lataniae*. Sampling was carried out according to the quadrat methodology, which consists of dividing the plot into 100 quadrats of 20 x 20 m, 40 quadrats were taken at random per plot and 10 trees were selected, giving a total of 400 trees. Each tree was marked with a plastic band and georeferenced with a differential global positioning system (DGPS; Nomad™ 1050 Lc, Trimble®).

The sampling methodology used to estimate armed scale infection was that described by Urías-López et al. (2010), which consists of dividing the tree into three strata (high, medium, and low). From each stratum, a terminal branch oriented to each cardinal point (north, south, east and west) was marked and 20 cm were sampled. Samplings were performed twice a month from August 2019 to July 2020. The number of scales was quantified using a 20x magnifying glass. The insect was identified at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. To determine the normality of the data, a statistical exploration of the original data of the armored scale populations in each sample was carried out. The skewness coefficient and the kurtosis test were used for this purpose.

The most used methods to determine the type of spatial distribution of populations of biological organisms are: 1) classical statistics (dispersion index, Green's index, among others) and 2) spatial statistics

problemas fitosanitarios; es decir, que permitan identificar las zonas de infestación. Esto permitirá al productor dirigir de forma más precisa las diferentes medidas de control, evitando así su dispersión a otros huertos de producción u otros cultivos. En este sentido, la geoestadística comprende un conjunto de herramientas que sirven para analizar, prevenir y predecir los patrones de distribución espacial y el comportamiento de una plaga mediante mapas de infestación y semivariogramas (Ramírez-Dávila, & Figueroa-Figueroa, 2013).

El conocimiento de la distribución de la escama armada es indispensable para elaborar programas de manejo integrado; por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución espacial de las poblaciones de *H. lataniae* en el cultivo de aguacate 'Hass' en el Estado de México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en tres zonas productoras de aguacate 'Hass' en el Estado de México: Coatepec Harinas (18° 55' 25" latitud norte y 99° 43' 7" longitud oeste, a 2260 m s. n. m., temperatura media anual de 24 °C y humedad relativa de 62 %), Donato Guerra (19° 24' latitud norte y 100° 18' longitud oeste, a 2200 m s. n. m., temperatura media anual de 21 °C y humedad relativa de 60 %) e Ixtapan del Oro (19° 16' 18" latitud norte y 100° 16' 5" longitud oeste, a 1640 m s. n. m., temperatura media anual de 18 °C y humedad relativa de 65 %).

El experimento se estableció en una parcela (4 ha) de aguacate 'Hass' de 8 a 10 años de edad por municipio con presencia de *H. lataniae*. El muestreo se realizó de acuerdo con la metodología de cuadrantes, la cual consiste en dividir la parcela en 100 cuadrantes de 20 x 20 m, se toman 40 cuadrantes al azar por parcela y se seleccionaron 10 árboles, lo que da un total de 400 árboles. Cada árbol se marcó con una banda plástica y se georreferenció con un sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS; Nomad™ 1050 Lc, Trimble®).

La metodología de muestreo utilizada para estimar la infección por escama armada fue la descrita por Urías-López et al. (2010), la cual consiste en dividir al árbol en tres estratos (alto, medio y bajo). De cada estrato se marcó una rama terminal orientada a cada punto cardinal (norte, sur, este y oeste) y se muestrearon 20 cm. Los muestreos se realizaron dos veces al mes de agosto a diciembre de 2019 y de enero a julio de 2020. El número de escamas se cuantificó con ayuda de una lupa 20x. El insecto se identificó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Con el fin de determinar la normalidad de los datos, se llevó a cabo una exploración estadística de los datos originales de las poblaciones de escama armada en cada muestreo. Para ello, se utilizó el coeficiente de asimetría y la prueba de curtosis.

(geostatistics and SADIE). The methodology of classical statistics does not consider the spatial location of the sample; consequently, it is not possible to observe the distribution of the population in the plot. On the contrary, geostatistics allows identifying the areas where infestations are present in crops, which facilitates the management and control of these problems in a timely and relevant manner. In fact, with the data obtained it is possible to elaborate spatial distribution maps and use traditional statistical indexes (Ramírez-Dávila & Porcayo-Camargo, 2009); therefore, the spatial statistical method was used in this study.

Geostatistical analysis

The estimation of the experimental semivariogram was carried out with the data acquired in the different samples of the armed scale population in the three study areas, using the Variowin 2.2 program (Pannatier, 1996) and the following formula (Isaaks & Srivastav, 1989; Journel & Huijbregts, 1978):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2Np(h)} \sum_{i=1}^{Np(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (1)$$

where $\gamma^*(h)$ is the experimental value of the semivariogram for the distance interval h , $Np(h)$ is the number of pairs of sample points separated by the distance interval h , $Z(X_i)$ is the value of the variable of interest at sample point X_i and $Z(X_i + h)$ is the value of the variable of interest at sample point $X_i + h$.

The theoretical semivariogram model was validated by interactively changing the values of sill, nugget effect and range; then, the four cross-validation statistical parameters were used (Samper-Calvete, 1996). The level of spatial dependence was also calculated, which determines the degree of relationship, in percentage, between the data (Cambardella et al., 1994) and is obtained by dividing the nugget effect by the sill. Subsequently, density maps were prepared for each zone by interpolating values using the kriging method. This method allows the unbiased estimation of values associated with points that were not sampled and aims to find the best possible estimate from the available information. This study used the ordinary kriging because the constant mean value is unknown. From the estimates shown in the form of a map for each study area, on the different sampling dates using the Surfer 16 program (Surface Mapping System, Golden Software, USA), the percentage of infested and non-infested area was calculated (Gallardo, 2006; Ramírez-Dávila et al., 2013).

Results and discussion

An aggregate spatial behavior of the insect was observed in the 24 samples. It should be noted that the concepts of isotropy and omnidirectionality were considered in each semivariogram, because the insect

Los métodos más utilizados para determinar el tipo de distribución espacial de las poblaciones de organismos biológicos son: 1) estadística clásica (índice de dispersión, índice de Green, entre otros) y 2) estadística espacial (geoestadística y SADIE). La metodología de la estadística clásica no considera la localización espacial de la muestra; en consecuencia, no se puede observar la distribución de la población en la parcela. Por el contrario, la geoestadística permite identificar las zonas donde se encuentran presentes las infestaciones en los cultivos, lo cual facilita el manejo y control de estos problemas de forma puntual y pertinente. Además, con los datos obtenidos es posible elaborar mapas de distribución espacial y emplear índices estadísticos tradicionales (Ramírez-Dávila & Porcayo-Camargo, 2009); por ello, en este trabajo se utilizó el método de estadística espacial.

Análisis geoestadístico

La estimación del semivariograma experimental se realizó con los datos adquiridos en los diferentes muestreos de la población de escama armada en las tres zonas de estudio, para lo cual se utilizó el programa Variowin 2.2 (Pannatier, 1996) y la siguiente formula (Isaaks & Srivastav, 1989; Journel & Huijbregts, 1978):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2Np(h)} \sum_{i=1}^{Np(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (1)$$

donde $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h , $Np(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h , $Z(X_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral X_i y $Z(X_i + h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestra $X_i + h$.

El modelo de semivariograma teórico se validó cambiando de forma interactiva los valores de meseta, efecto pepita y rango; después, se emplearon los cuatro parámetros estadísticos de validación cruzada (Samper-Calvete, 1996). También se calculó el nivel de dependencia espacial, el cual determina el grado de relación, en porcentaje, que existe entre los datos (Cambardella et al., 1994) y se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta. Posteriormente, se elaboraron los mapas de densidad para cada zona mediante la interpolación de valores a través del método de krigeado. Este método permite la estimación, no sesgada, de valores asociados con puntos que no fueron muestreados, y tiene como objetivo encontrar la mejor estimación posible a partir de la información disponible. En este trabajo se utilizó el krigeado ordinario porque el valor medio constante es desconocido. De las estimaciones que se presentaron en forma de mapa para cada zona de estudio, en las diferentes fechas de muestreo mediante el programa Surfer 16 (Surface Mapping System, Golden Software, EUA), se calculó el porcentaje de superficie infestada y no infestada (Gallardo, 2006; Ramírez-Dávila et al., 2013).

studied does not prefer any specific direction or area within the study plots (Ramírez-Dávila & Porcayo-Camargo, 2009).

With respect to Coatepec Harinas, most of the samples were adjusted to the spherical model (Table 1). In this type of model, infestation centers are located at specific points and randomly with respect to the rest of the points sampled in the plot (Ramírez-Dávila & Figueroa-Figueroa, 2013). The spherical model allows us to assume the existence of microclimates that benefit the development of the armored scale within the plot. On the other hand, the exponential model was only present in six samples. This model refers to an aggregate distribution of irregular boundaries within the plot, which presents an accelerated growth that then stabilizes.

Table 1 shows the values of the parameters analyzed. In Coatepec Harinas, sill values were obtained from 1520 to 3780, and from 14.76 to 30.34 m in range, this value was the maximum distance at which there is a relationship between the data of each sample. The nugget effect values were, in all cases, zero; this means the sampling error is minimal and the sampling scale is correct (Rosii et al., 1992).

The level of spatial dependence was high in all samples, which suggests that the populations of this pest are dependent on each other and have a high level of aggregation. A variable is considered to have a strong spatial dependence if the value is lower than 25 %, moderate if the value is between 25 and 75 %, and weak if it is greater than 75 %. Such results are similar to those observed by Acosta-Guadarrama et al. (2017) and Rivera-Martínez et al. (2017), who point out that thrips populations have a high level of spatial dependence with strong aggregates, which were observed in the incidence maps of both studies.

Having strong aggregates in one sample indicates that the distribution pattern will continue to be present in subsequent samples (Figure 1). Strong aggregates are high densities of *H. lataniae* populations in specific areas within plots, and where the data is closely related.

The semivariograms obtained with the Donato Guerra data were adjusted to Spherical, exponential and Gaussian models, although sample 11, corresponding to the first sample in January and it was the only one that was adjusted to the Gaussian model. In this model, the aggregation centers are continuously present in the plot, which allows us to assume the existence of various environmental factors that favor their dispersion and development in the plot. The values of sill, in this municipality, were found between 6.07 and 477.4, while the values of range varied between 8.84 and 19.76 m. As already mentioned, a nugget effect of zero and a

Resultados y discusión

En los 24 muestreos se observó un comportamiento espacial agregado del insecto. Cabe resaltar que se consideraron los conceptos de isotropía y omnidireccionalidad en cada semivariograma, esto debido a que el insecto estudiado no tiene preferencia por alguna dirección específica o área dentro de las parcelas de estudio (Ramírez-Dávila & Porcayo-Camargo, 2009).

Con respecto a Coatepec Harinas, la mayoría de los muestreos se ajustaron al modelo esférico (Cuadro 1). En este tipo de modelos los focos de infestación están localizados en puntos específicos y de forma aleatoria respecto al resto de los puntos muestreados en la parcela (Ramírez-Dávila & Figueroa-Figueroa, 2013). El modelo esférico observado permite suponer la existencia de microclimas que benefician el desarrollo de la escama armada dentro de la parcela. Por su parte, el modelo exponencial sólo se presentó en seis muestreos. Este modelo hace referencia a una distribución agregada de límites irregulares dentro de la parcela, y que presenta un crecimiento acelerado que después se estabiliza.

El Cuadro 1 presenta los valores de los parámetros analizados. En Coatepec Harinas se obtuvieron valores de meseta de 1520 a 3780, y de 14.76 a 30.34 m en rango, siendo este valor la distancia máxima en la cual existe relación entre los datos de cada muestreo. Los valores de efecto pepita fueron, en todos los casos, cero; esto significa que el error de muestreo es mínimo y la escala de muestreo es correcta (Rosii et al., 1992).

El nivel de dependencia espacial fue alto en todos los muestreos, lo cual permite suponer que las poblaciones de dicha plaga son dependientes entre sí y que presentan un nivel de agregación alto. Se considera que una variable tiene una fuerte dependencia espacial si el valor es menor a 25 %, moderada si el valor está entre 25 y 75 %, y débil si es mayor a 75 %. Dichos resultados son similares a los observados por Acosta-Guadarrama et al. (2017) y Rivera-Martínez et al. (2017), quienes señalan que las poblaciones de trips presentan un alto nivel de dependencia espacial con fuertes agregados, los cuales se observaron en los mapas de incidencia de ambos estudios.

Tener agregados fuertes en un muestreo indica que el patrón de distribución se seguirá presentando en los siguientes muestreos (Figura 1). Los agregados fuertes son densidades altas de poblaciones de *H. lataniae* en zonas específicas dentro de las parcelas, y donde los datos están estrechamente relacionados.

Los semivariogramas obtenidos con los datos de Donato Guerra se ajustaron a modelos esférico, exponencial y

Table 1. Nugget effect, sill, and range parameters of fitted models of armored scale populations and percentage of infested area.**Cuadro 1. Parámetros efecto pepita, meseta y rango de los modelos ajustados de las poblaciones de escama armada y porcentaje de superficie infestada.**

SN/ NM	Mean/ Media	Variance / Varianza	Model/Modelo	Nugget/ Pepita	Sill/ Meseta	Range/ Rango	Nugget/ sill / Pepita/ meseta	SDL/ NDE	IA (%) / SI (%)
Coatepec Harinas									
1	52.12	1899.19	Spherical/Esférico	0	1520	17.63	0	High/Alta	81
2	40.16	1267.30	Spherical/Esférico	0	2059	14.76	0	High/Alta	77
3	69.74	2583.26	Exponential/Exponencial	0	2442	26.64	0	High/Alta	89
4	78.84	2856.67	Spherical/Esférico	0	2574	19.27	0	High/Alta	91
5	86.00	2972.17	Spherical/Esférico	0	2640	17.22	0	High/Alta	99
6	93.55	3331.61	Exponential/Exponencial	0	2948	26.24	0	High/Alta	95
7	98.76	3406.11	Spherical/Esférico	0	3196	22.55	0	High/Alta	96
8	103.49	3470.86	Spherical/Esférico	0	3060	21.32	0	High/Alta	88
9	112.68	3897.76	Spherical/Esférico	0	3380	20.4	0	High/Alta	91
10	119.13	4006.30	Spherical/Esférico	0	3710	20.8	0	High/Alta	93
11	122.90	4007.51	Spherical/Esférico	0	3780	20.8	0	High/Alta	95
12	119.99	3982.66	Spherical/Esférico	0	3672	19.6	0	High/Alta	96
13	116.87	3926.33	Spherical/Esférico	0	3510	18.45	0	High/Alta	90
14	113.92	3843.25	Exponential/Exponencial	0	3391.82	30.34	0	High/Alta	89
15	111.88	3859.89	Exponential/Exponencial	0	3402	23.2	0	High/Alta	93
16	103.55	3565.96	Spherical/Esférico	0	3136	20.5	0	High/Alta	92
17	102.02	3537.35	Spherical/Esférico	0	3430	22.4	0	High/Alta	92
18	100.59	3501.43	Spherical/Esférico	0	3528	21.6	0	High/Alta	91
19	98.81	3470.38	Spherical/Esférico	0	3312	22.14	0	High/Alta	89
20	87.29	2047.72	Exponential/Exponencial	0	1856	21.6	0	High/Alta	93
21	48.79	2009.36	Exponential/Exponencial	0	1938	25.99	0	High/Alta	85
22	45.89	1873.04	Spherical/Esférico	0	1980	19.6	0	High/Alta	83
23	42.68	1792	Spherical/Esférico	0	2176	22.55	0	High/Alta	89
24	39.46	1699.76	Spherical/Esférico	0	1770	20.09	0	High/Alta	87
Donato Guerra									
1	2.96	5.00	Exponential/Exponencial	0	7.38	17.68	0	High/Alta	88
2	2.51	5.91	Exponential/Exponencial	0	7.29	16.64	0	High/Alta	80
3	5.80	12.55	Exponential/Exponencial	0	43.66	18.2	0	High/Alta	90
4	9.19	21.33	Exponential/Exponencial	0	22.91	17.16	0	High/Alta	92
5	11.82	31.54	Spherical/Esférico	0	77.4	16.47	0	High/Alta	92
6	14.76	39.88	Spherical/Esférico	0	94.59	18.35	0	High/Alta	96
7	18.99	49.81	Spherical/Esférico	0	113.1	16.47	0	High/Alta	91
8	24.10	45.83	Exponential/Exponencial	0	100.1	20.8	0	High/Alta	94
9	27.78	65.43	Exponential/Exponencial	0	139.2	18.2	0	High/Alta	91
10	33.16	105.62	Spherical/Esférico	0	199.2	9.36	0	High/Alta	89
11	37.88	165.24	Gaussiano	0	266.4	10.92	0	High/Alta	92
12	43.23	194.16	Spherical/Esférico	0	306.6	14.56	0	High/Alta	91

SN = sample number; SDL = spatial dependence level; IA = infested area.

NM = número de muestreo; NDE = nivel de dependencia espacial; SI = superficie infestada.

Table 1. Nugget effect, sill, and range parameters of fitted models of armored scale populations and percentage of infested area. (cont.)**Cuadro 1. Parámetros efecto pepita, meseta y rango de los modelos ajustados de las poblaciones de escama armada y porcentaje de superficie infestada. (cont.)**

SN/ NM	Mean/ Media	Variance/ Varianza	Model/Modelo	Nugget/ Pepita	Sill/ Meseta	Range/ Rango	Nugget/ sill/ Pepita/ meseta	SDL/ NDE	IA (%)/ SI (%)
Donato Guerra									
13	49.32	238.23	Exponential/Exponencial	0	372.3	19.76	0	High/Alta	93
14	55.88	289.42	Spherical/Esférico	0	477.4	16.64	0	High/Alta	90
15	36.73	175.60	Spherical/Esférico	0	210	9.88	0	High/Alta	92
16	30.51	121	Spherical/Esférico	0	283.5	14.04	0	High/Alta	90
17	23.30	80.73	Exponential/Exponencial	0	134.3	16.64	0	High/Alta	91
18	17.45	48.08	Exponential/Exponencial	0	96	18.2	0	High/Alta	90
19	10.67	26.58	Spherical/Esférico	0	59.64	8.84	0	High/Alta	91
20	7.71	26.26	Spherical/Esférico	0	41.33	13.52	0	High/Alta	93
21	6.28	17.83	Spherical/Esférico	0	17.16	14.56	0	High/Alta	88
22	4.67	9.44	Spherical/Esférico	0	29.23	13.52	0	High/Alta	90
23	3.17	4.77	Exponential/Exponencial	0	9.47	18.2	0	High/Alta	88
24	1.93	2.70	Spherical/Esférico	0	6.07	11.96	0	High/Alta	77
Ixtapan del Oro									
1	3.56	12.94	Spherical/Esférico	0	36.08	15.2	0	High/Alta	75
2	3.41	18	Spherical/Esférico	0	51.2	18.48	0	High/Alta	77
3	5.14	20.60	Exponential/Exponencial	0	64.38	15.2	0	High/Alta	80
4	7.72	21.69	Exponential/Exponencial	0	74.7	15.2	0	High/Alta	89
5	10.56	29.76	Spherical/Esférico	0	98.4	19	0	High/Alta	93
6	12.91	39.82	Exponential/Exponencial	0	79.54	19.2	0	High/Alta	91
7	15.39	43.63	Exponential/Exponencial	0	127.4	16.8	0	High/Alta	89
8	17.82	55.51	Spherical/Esférico	0	147.89	15.99	0	High/Alta	87
9	19.94	62.99	Exponential/Exponencial	0	167.2	8.2	0	High/Alta	94
10	22.95	85.19	Spherical/Esférico	0	195.5	11.07	0	High/Alta	92
11	15.27	29.54	Spherical/Esférico	0	69.72	15.2	0	High/Alta	93
12	17.97	37.30	Spherical/Esférico	0	100.8	17.6	0	High/Alta	94
13	20.91	51.36	Spherical/Esférico	0	128.1	11.48	0	High/Alta	92
14	23.73	73.23	Exponential/Exponencial	0	134.4	11.2	0	High/Alta	91
15	13.56	24.60	Exponential/Exponencial	0	55.2	13.6	0	High/Alta	87
16	11.55	18.01	Spherical/Esférico	0	35.52	22.4	0	High/Alta	85
17	9.24	12.80	Spherical/Esférico	0	24	19.2	0	High/Alta	84
18	7.17	8.01	Exponential/Exponencial	0	14.25	24.8	0	High/Alta	90
19	5.29	4.69	Exponential/Exponencial	0	7.92	13.6	0	High/Alta	86
20	5.04	4.89	Exponential/Exponencial	0	6.6	16	0	High/Alta	88
21	4.84	4.67	Spherical/Esférico	0	6.24	16	0	High/Alta	94
22	4.61	4.94	Spherical/Esférico	0	5.92	10.66	0	High/Alta	92
23	4.15	5.61	Spherical/Esférico	0	5.85	11.48	0	High/Alta	91
24	3.64	6.10	Spherical/Esférico	0	6.36	17.6	0	High/Alta	84

SN = sample number; SDL = spatial dependence level; IA = infested area.

NM = número de muestreo; NDE = nivel de dependencia espacial; SI = superficie infestada.

high level of spatial dependence were present in all samples. These values coincide with those reported by Ramírez-Dávila et al. (2013) and Maldonado-Zamora et al. (2017), who found that thrips populations in avocado are distributed in an aggregated manner at specific points in the plot.

In the case of Ixtapan del Oro, the theoretical semivariograms were mostly adjusted to the spherical model; only 10 samples were adjusted to the exponential model (Table 1). The range values were between 8.2 and 24.8 m. Similarly, the nugget effect was zero and a high level of spatial dependence was obtained (Figure 3). These results agree with those reported by Lara-Vázquez et al. (2018), whose study presented a high degree of spatial dependence in red spider mite sampling in avocado crop.

In the three municipalities studied, it was determined that the ranges of the semivariograms are sufficiently high. The above indicates that the adjusted models obtained represent, mathematically, the spatial behavior of the scale throughout the study area (Maldonado-Zamora et al., 2017). The cross-validation geostatistical parameters (Table 2) allowed validation of the experimental semivariograms of the three study areas at the different sampling dates.

In Coatepec Harinas, the highest densities of armed scale were found from September to May, where the first sample in January had a sample mean of 122.90 insects per tree. The months with the lowest densities were August, September, June, and July. The second sample in July had the lowest density (39.46) (Table 1 and Figure 1). It should be noted that the highest percentage of infestation was 99 % in sample five, corresponding to the first sample in October, and the lowest percentage was the second sample in August (77 %) (Table 1).

Density maps (Figure 1, 2 and 3) show the different aggregation centers. Each map shows geographic coordinates; at the bottom are the east coordinates and on the left side are the north coordinates. Figure 1 shows the largest infestation centers in the central and northern parts of the country. The months with the lowest density are distributed in the northern part, with a slight tendency towards the west side of the map, except for sample 22, which has an aggregation center in the southern part. An infestation percentage higher than 90 % was observed in most of the samples, which coincides with that reported by Lara-Vázquez et al. (2018) in the study on spider mites.

Donato Guerra reported the highest densities from November to April, with a mean of 55.88 insects per tree in sample 14. The months with the lowest density

gaussiano, aunque el muestreo 11, correspondiente al primer muestreo de enero, fue el único que se ajustó al modelo gaussiano. En este modelo, los centros de agregación se presentan de forma continua en la parcela, lo que permite suponer la existencia de diversos factores ambientales que favorecen su dispersión y desarrollo en la parcela. Los valores de meseta, en este municipio, se encontraron entre 6.07 y 477.4, mientras que los valores de rango fluctuaron entre 8.84 y 19.76 m. Como ya se mencionó, en todos los muestreos se presentó un efecto pepita de cero y un nivel de dependencia espacial alto. Estos valores coinciden con lo reportado por Ramírez-Dávila et al. (2013) y Maldonado-Zamora et al. (2017), quienes encontraron que las poblaciones de trips en aguacate se distribuyen de forma agregada en puntos específicos en la parcela.

En el caso de Ixtapan del Oro, los semivariogramas teóricos se ajustaron, en su mayoría, al modelo esférico; únicamente 10 muestreos se ajustaron al modelo exponencial (Cuadro 1). Los valores de rango estuvieron entre 8.2 y 24.8 m. De igual manera, el efecto pepita fue de cero y se obtuvo un alto nivel de dependencia espacial (Figura 3). Estos resultados concuerdan con los reportados por Lara-Vázquez et al. (2018), cuyo estudio presentó un grado de dependencia espacial alto en los muestreos de araña roja en el cultivo de aguacate.

En los tres municipios estudiados, se determinó que los rangos de los semivariogramas son suficientemente altos. Lo anterior indica que los modelos ajustados obtenidos representan, matemáticamente, el comportamiento espacial de la escama en toda la zona de estudio (Maldonado-Zamora et al., 2017). Los parámetros geostatísticos de validación cruzada (Cuadro 2) permitieron validar los semivariogramas experimentales de las tres zonas de estudio en las diferentes fechas de muestreo.

En Coatepec Harinas, las mayores densidades de escama armada se presentaron de septiembre a mayo, en donde el primer muestreo de enero tuvo una media muestral de 122.90 insectos por árbol. Los meses de menor densidad fueron agosto, septiembre, junio y julio, siendo el segundo muestreo de julio el de menor densidad (39.46) (Cuadro 1 y Figura 1). Cabe resaltar que el mayor porcentaje de infestación fue de 99 % en el muestreo cinco, correspondiente al primer muestreo de octubre, y el de menor porcentaje fue el segundo muestreo de agosto (77 %) (Cuadro 1).

En los mapas de densidad (Figura 1, 2 y 3) se pueden observar los diferentes centros de agregación. Cada mapa presenta coordenadas geográficas; en la parte inferior se encuentran las coordenadas este y del lado izquierdo las coordenadas norte. En la Figura 1, los mayores focos

Table 2. Cross-validation statistics for semivariograms

Cuadro 2. Estadísticos de validación cruzada de los semivariogramas.

SN/ NM	Sampling date/ Fecha de muestreo	Sampling variance/ Varianza muestral	MEE	Error variance/ Varianza de los errores	RMSE/ ECM	DMSE/ ECMA
----- Coatepec Harinas -----						
1	August 2019/ Agosto 2019	1899.19	0.13 ^{ns}	1123.16	0.10	1.07
2	Agosto 2019	1267.30	0.10 ^{ns}	1056.28	0.07	1.11
3	September 2019/ Septiembre 2019	2583.26	0.12 ^{ns}	1780.21	0.11	1.14
4	Septiembre 2019	2856.67	0.08 ^{ns}	1944.20	0.14	1.10
5	October 2019/ Octubre 2019	2972.17	0.13 ^{ns}	1844.25	0.11	1.12
6	Octubre 2019	3331.61	0.11 ^{ns}	2015.62	0.12	1.10
7	November 2019/ Noviembre 2019	3406.11	0.10 ^{ns}	2188.02	0.11	1.13
8	Noviembre 2019	3470.86	0.07 ^{ns}	2721.36	0.08	1.11
9	December/ Diciembre 2019	3897.76	0.12 ^{ns}	2590.47	0.11	1.10
10	Diciembre 2019	4006.30	0.14 ^{ns}	3127.57	0.14	1.09
11	January 2020/ Enero 2020	4007.51	0.11 ^{ns}	3169.30	0.12	1.13
12	Enero 2020	3982.66	0.10 ^{ns}	2841.50	0.09	1.07
13	February 2020/ Febrero 2020	3926.33	0.13 ^{ns}	2839.05	0.11	1.10
14	Febrero 2020	3843.25	0.08 ^{ns}	2418.64	0.10	1.12
15	March 2020/ Marzo 2020	3859.89	0.12 ^{ns}	2907.88	0.13	1.11
16	Marzo 2020	3565.96	0.14 ^{ns}	2907.51	0.11	1.07
17	April 2020/ Abril 2020	3537.35	0.10 ^{ns}	2611.29	0.07	1.14
18	Abril 2020	3501.43	0.07 ^{ns}	2756.02	0.12	1.11
19	May 2020/ Mayo 2020	3470.38	0.11 ^{ns}	2855.18	0.13	1.12
20	Mayo 2020	2047.72	0.13 ^{ns}	1527.22	0.11	1.10
21	June 2020/ Junio 2020	2009.36	0.10 ^{ns}	1392.16	0.12	1.09
22	Junio 2020	1873.04	0.12 ^{ns}	1057.90	0.10	1.11
23	July 2020/ Julio 2020	1792	0.11 ^{ns}	1183.41	0.08	1.10
24	Julio 2020	1699.76	0.09 ^{ns}	1255.71	0.13	1.12
----- Donato Guerra -----						
1	August 2019/ Agosto 2019	5.00	0.10 ^{ns}	2.15	0.11	1.09
2	Agosto 2019	5.91	0.12 ^{ns}	3.22	0.10	1.14
3	September 2019/ Septiembre 2019	12.55	0.14 ^{ns}	9.68	0.09	1.11
4	Septiembre 2019	21.33	0.13 ^{ns}	18.42	0.12	1.10
5	October 2019/ Octubre 2019	31.54	0.10 ^{ns}	20.19	0.11	1.12
6	Octubre 2019	39.88	0.13 ^{ns}	27.06	0.09	1.10
7	November 2019/ Noviembre 2019	49.81	0.08 ^{ns}	27.17	0.10	1.11
8	Noviembre 2019	45.83	0.14 ^{ns}	38.10	0.13	1.12
9	December/ Diciembre 2019	65.43	0.12 ^{ns}	47.24	0.10	1.07
10	Diciembre 2019	105.62	0.11 ^{ns}	59.05	0.08	1.12
11	January 2020/ Enero 2020	165.24	0.07 ^{ns}	121.09	0.11	1.10
12	Enero 2020	194.16	0.14 ^{ns}	110.36	0.12	1.11

SN = sample number; MEE = mean estimation errors; RMSE = root mean square error; DMSE = dimensionless mean square error; ns = non-significant.

NM = número de muestreo; MEE = media de los errores de estimación; ECM = error cuadrático medio; ECMA = error cuadrático medio adimensional; ns = no significativo.

Table 2. Cross-validation statistics for semivariograms. (cont.)

Cuadro 2. Estadísticos de validación cruzada de los semivariogramas. (cont.)

SN/ NM	Sampling date/ Fecha de muestreo	Sampling variance/ Varianza muestral	MEE	Error variance/ Varianza de los errores	RMSE/ ECM	DMSE/ ECMA
Donato Guerra						
13	February 2020/ Febrero 2020	238.23	0.11 ^{ns}	174.29	0.10	1.13
14		289.42	0.10 ^{ns}	175.04	0.09	1.11
15	March 2020/ Marzo 2020	175.60	0.12 ^{ns}	125.88	0.11	1.14
16		121	0.13 ^{ns}	97.31	0.10	1.09
17	April 2020/ Abril 2020	80.73	0.09 ^{ns}	67.25	0.14	1.11
18		48.08	0.10 ^{ns}	21.92	0.12	1.13
19	May 2020/ Mayo 2020	26.58	0.12 ^{ns}	17.66	0.11	1.14
20		26.26	0.14 ^{ns}	18.41	0.10	1.11
21	June 2020/ Junio 2020	17.83	0.08 ^{ns}	11.59	0.13	1.12
22		9.44	0.11 ^{ns}	5.62	0.10	1.08
23	July2020/ Julio 2020	4.77	0.13 ^{ns}	2.07	0.12	1.14
24		2.70	0.10 ^{ns}	1.62	0.11	1.13
Ixtapan del Oro						
1	August 2019/ Agosto 2019	12.94	0.11 ^{ns}	10.28	0.08	1.12
2		18	0.13 ^{ns}	11.57	0.11	1.14
3	September 2019/ Septiembre 2019	20.60	0.10 ^{ns}	12.90	0.12	1.06
4		21.69	0.09 ^{ns}	16.03	0.10	1.11
5	October 2019/ Octubre 2019	29.76	0.14 ^{ns}	20.16	0.12	1.13
6		39.82	0.11 ^{ns}	23.61	0.10	1.13
7	November 2019/ Noviembre 2019	43.63	0.10 ^{ns}	31.84	0.14	1.12
8		55.51	0.12 ^{ns}	31.98	0.10	1.11
9	December/ Diciembre 2019	62.99	0.07 ^{ns}	41.05	0.12	1.09
10		85.19	0.10 ^{ns}	52.36	0.11	1.13
11	January 2020/ Enero 2020	29.54	0.12 ^{ns}	19.22	0.09	1.14
12		37.30	0.11 ^{ns}	25.11	0.13	1.10
13	February 2020/ Febrero 2020	51.36	0.13 ^{ns}	27.42	0.10	1.11
14		73.23	0.08 ^{ns}	49.33	0.12	1.14
15	March 2020/ Marzo 2020	24.60	0.11 ^{ns}	18.71	0.07	1.12
16		18.01	0.14 ^{ns}	12.39	0.11	1.08
17	April 2020/ Abril 2020	12.80	0.08 ^{ns}	9.36	0.12	1.13
18		8.01	0.11 ^{ns}	5.01	0.14	1.12
19	May 2020/ Mayo 2020	4.69	0.12 ^{ns}	2.62	0.13	1.07
20		4.89	0.10 ^{ns}	2.99	0.14	1.11
21	June 2020/ Junio 2020	4.67	0.14 ^{ns}	2.81	0.10	1.12
22		4.61	0.12 ^{ns}	4.94	0.11	1.10
23	July2020/ Julio 2020	4.15	0.10 ^{ns}	5.61	0.13	1.14
24		3.64	0.11 ^{ns}	6.10	0.8	1.09

SN = sample number; MEE = mean estimation errors; RMSE = root mean square error; DMSE = dimensionless mean square error; ns = non-significant.

NM = número de muestreo; MEE = media de los errores de estimación; ECM = error cuadrático medio; ECMA = error cuadrático medio adimensional; ns = no significativo.

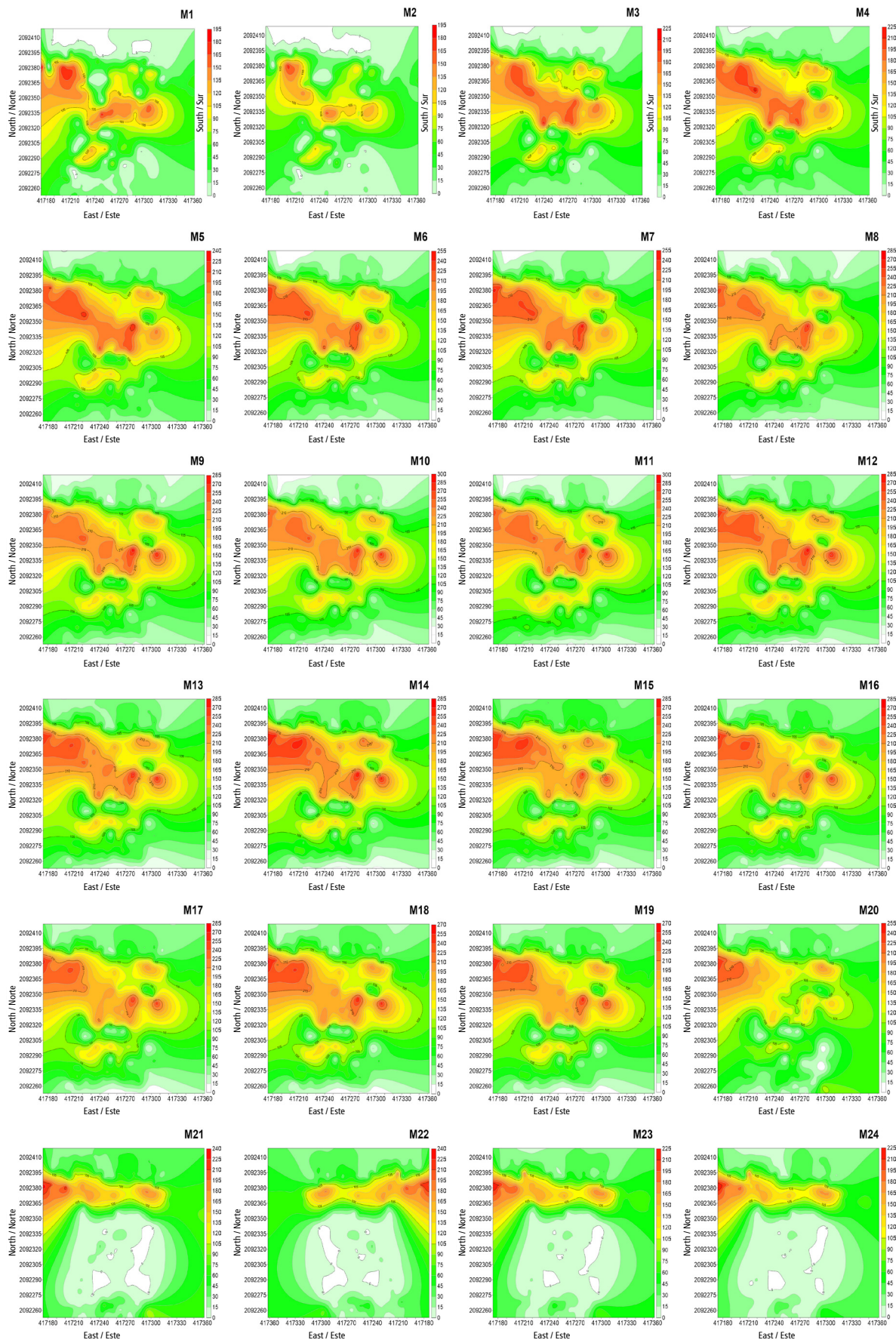


Figure 1. Density maps of armored scale populations in Coatepec Harinas.

Figura 1. Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada en Coatepec Harinas.

recorded a mean of 1.93 insects per tree, corresponding to the second sample in July. The highest percentage of infested area was recorded in sample 6 (96 %), and the lowest in sample 24 (77 %) (Table 1). Aggregation foci in August are located in the northwestern part of the map, and in September the foci tend to the central and southern part of the map. Aggregation foci in the months with higher density are scattered over almost the entire plot; however, aggregation centers tend to be in the center, west, and south of the map. Sample 22 has only two aggregation centers, one located on the west side and the other on the east side of the map. In the last two samples, only one aggregation center is observed on the east side of the map (Figure 2).

In Ixtapan del Oro, the sample mean was 3.41 insects per tree for sample 2, and 23.73 insects per tree for sample 14 (Table 1). The highest densities were found from December to February, where the centers of aggregation were located in the southeastern and northwestern part of the map (Figure 3). In the months from March to July, the aggregation centers were also located in the southeastern part of the map, but with lower intensity. The highest percentage of infested area was obtained in samples 9, 12 and 21 (94 %), and the lowest percentage in the first sample in August (75 %).

McClure (1990) indicates that humidity and temperature play an important role in scales populations; because, at low temperatures, birth, distribution, and establishment of migratory nymphs decreases. On the contrary, with high temperatures and no rainfall, populations tend to be more abundant in their hosts (Balderas-Palacios et al., 2017). Ponsonby and Copland (2000) reported that temperatures of 20 to 28 °C, and relative humidity of 55 to 65 %, are favorable for the development of *Abgrallaspis cyanophylli*. This suggests that climate plays an important role in the development of pests. Furthermore, climate can act as a natural mortality agent by regulating these populations.

Mean annual temperature and relative humidity records obtained from each study area were different. Coatepec Harinas reports rainfall from June to October, July was the month with highest rainfall (221 mm). Mean annual temperature was 24 °C, with mean relative humidity of 62 %. However, in the data collected, the lowest incidences were obtained from June to August, with distribution on the north side of the map.

In Donato Guerra, the mean annual temperature was 21 °C and relative humidity was 60 %. In this municipality, the highest rainfall was observed in July (140 mm), a month that had only one infestation center on the east side of the plot. In this case, the months

de infestación se encuentran en la parte centro y norte. Por su parte, los meses con menor densidad aparecen distribuidos en la parte norte, con una ligera tendencia hacia el lado oeste del mapa, a excepción del muestreo 22, el cual presenta un centro de agregación en la parte sur. En la mayoría de los muestreos, se presentó un porcentaje de infestación mayor a 90 %, lo cual coincide con lo reportado por Lara-Vázquez et al. (2018) en su estudio sobre araña roja.

Donato Guerra presentó las mayores densidades de noviembre a abril, con una media de 55.88 insectos por árbol en el muestreo 14. En los meses de menor densidad, se registró una media de 1.93 insectos por árbol, correspondiente al segundo muestreo de julio. El porcentaje de superficie infestada más alto se observó en el muestreo 6 (96 %), y el más bajo, en el muestreo 24 (77 %) (Cuadro 1). Los focos de agregación de agosto se encuentran en la parte noroeste del mapa, y en septiembre los focos tienden a la parte centro y sur. Los focos de agregación en los meses con mayor densidad se encuentran dispersos en casi toda la parcela; sin embargo, los centros de agregación tienden a estar en el centro, oeste y sur del mapa. En el muestreo 22, sólo se observan dos centros de agregación, uno ubicado en el lado oeste y el otro en el lado este del mapa. En los dos últimos muestreos, únicamente se presenta un foco de agregación en el lado este (Figura 2).

En Ixtapan del Oro, la media muestral fue de 3.41 insectos por árbol en el muestreo 2, y de 23.73 insectos por árbol en el muestreo 14 (Cuadro 1). Las mayores densidades se presentaron de diciembre a febrero, en donde los centros de agregación se ubicaron en la parte sureste y noroeste del mapa (Figura 3). En los meses de marzo a julio, los focos de agregación también se establecen en la parte sureste del mapa, pero con menor intensidad. El porcentaje más alto de superficie infestada se obtuvo en los muestreos 9, 12 y 21 (94 %), y el porcentaje más bajo en el primer muestreo de agosto (75 %).

McClure (1990) señala que la humedad y la temperatura tienen un rol importante en las poblaciones de escama; esto debido a que, en temperaturas bajas, el nacimiento, distribución y establecimiento de ninfas migratorias disminuye. Por el contrario, con temperaturas altas y sin lluvias, las poblaciones suelen ser más abundantes en sus hospederos (Balderas-Palacios et al., 2017). Ponsonby y Copland (2000) reportaron que temperaturas de 20 a 28 °C, y humedad relativa de 55 a 65 %, son favorables para el desarrollo de *Abgrallaspis cyanophylli*. Lo anterior permite suponer que el clima juega un papel importante en el desarrollo de plagas. Asimismo, el clima puede actuar como agente de mortalidad natural al regular dichas poblaciones.

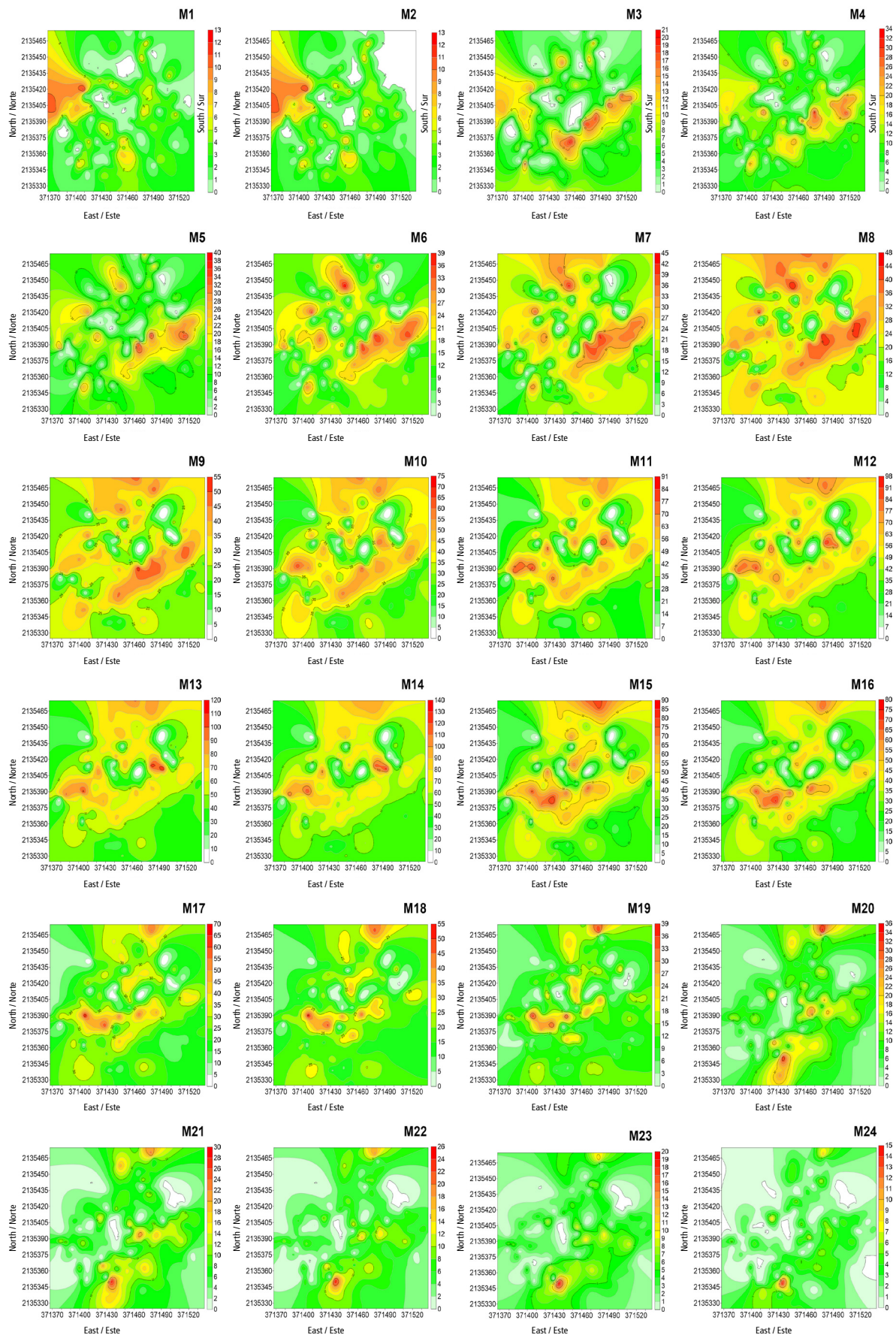


Figure 2. Density maps of the armored scale populations in Donato Guerra.
Figura 2. Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada en Donato Guerra.

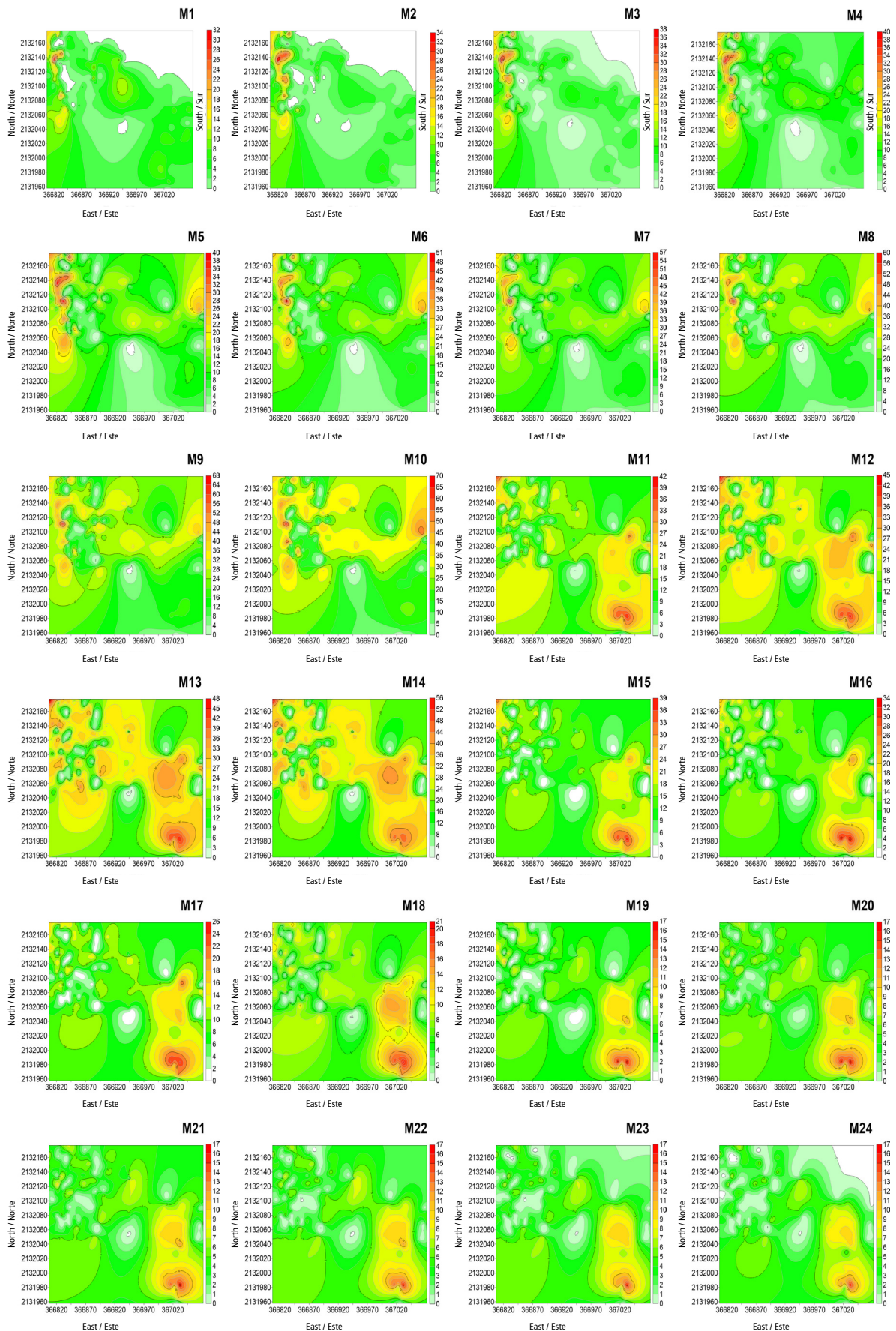


Figure 3. Density maps of armored scale populations in Ixtapan del Oro.

Figura 3. Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada en Ixtapan del Oro.

with higher density had infestation in almost the entire plot, possibly due to favorable climatic conditions to develop. Records of Ixtapan del Oro show rainfall of 231 mm in July, mean annual temperature of 18 °C and relative humidity of 65 %. The maps show that in January and February the infestation centers go from south to north, possibly due to the winds that go in this direction. However, infestation centers in the samples from March to July are stable, which could indicate that in this area scale found favorable microclimatic conditions to develop.

In the three study areas, the armored scale had an aggregate behavior, results were verified by cross-validation of the semivariograms (Table 2). Density maps (Figures 1, 2 and 3) show the different aggregation centers, and it was evident that the armored scale infests specific points of the plots. The above coincides with that reported by Duarte et al. (2015), who indicate that insect and mite populations are heterogeneously distributed in the zones, and generally have infestation centers in areas with high and low density. Larral et al. (2018) and Sánchez-Castro et al. (2016) determined an aggregate pattern of thrips in avocado and *Empoasca* spp. in beans. Also, several studies on spatial distribution have been carried out, such as the one reported by Valencia-Arias et al. (2019) of Melolonthidae in avocado crop, they had similar results to those obtained in this study.

In the present study, the insect was present on branches, leaves and fruits, which complicates its control. However, only distribution and behavior of the scales on twigs was determined because they are permanently present on branches, and on fruits and leaves the pest appears as progressive and differentiated infestations during the year (Faber & Phillips, 2003).

The presence of *H. lataniae* on branches and fruit induces the accumulation of phenolic compounds. These compounds increase the rigidity of the cell walls of the affected part, and even decrease fruit quality and increase production costs by eliminating damage manually in the packing line (Hernández-Rivero et al., 2013; Sepúlveda-Jiménez et al., 2004; Ripa et al., 2007a).

Pest management should be based on a correct identification of the pest and natural enemies, as well as on the choice of measures that cause the least disturbance to the environment and the area. In the case of the armored scale, the crucial moment for its management is the stage of migrant production, the only mobile stage of the pest and of greater susceptibility to insecticides. At this stage, scales look for a suitable place on the tree to feed and can even disperse to other hosts with the help of the wind (Vargas & Rodríguez, 2008). Therefore, their movement towards the fruit should be avoided to preserve its quality.

Los registros de temperatura media anual y humedad relativa obtenidos de cada zona de estudio fueron diferentes. En Coatepec Harinas se reportan precipitaciones de junio a octubre, siendo julio el de mayor precipitación (221 mm). La temperatura media anual fue de 24 °C, con humedad relativa media de 62 %. Sin embargo, en los datos colectados, las incidencias más bajas se obtuvieron de junio a agosto, con distribución al lado norte del mapa.

En Donato Guerra, la temperatura media anual fue de 21 °C y la humedad relativa de 60 %. En este municipio, la precipitación más alta se observó en julio (140 mm), mes que presentó un sólo foco de infestación en el lado este de la parcela. En este caso, los meses de mayor densidad presentan una infestación en casi toda la parcela, posiblemente debido a condiciones climáticas favorables para su desarrollo. En los registros de Ixtapan del Oro, se encontró una precipitación de 231 mm en julio, temperatura media anual de 18 °C y humedad relativa de 65 %. En los mapas se observa que en enero y febrero los focos de infestación van de sur a norte, posiblemente debido a los vientos que van en esta dirección. No obstante, los focos de infestación en los muestreos de marzo a julio se observan estables, lo que podría indicar que en esta zona la escama encontró condiciones microclimáticas favorables para su desarrollo.

En las tres zonas de estudio, la escama armada presentó un comportamiento agregado, cuyos resultados se comprobaron con la validación cruzada de los semivariogramas (Cuadro 2). En los mapas de densidad (Figura 1, 2 y 3) se observaron los diferentes focos de agregación, y se evidenció que la escama armada infesta puntos específicos de las parcelas. Lo anterior coincide con lo reportado por Duarte et al. (2015), quienes indican que las poblaciones de insectos y ácaros se distribuyen de forma heterogénea en las zonas, y generalmente presentan focos de infestación en áreas con alta y baja densidad. Larral et al. (2018) y Sánchez-Castro et al. (2016) determinaron un patrón agregado de trips en aguacate y de *Empoasca* spp. en frijol. También, se han realizado diferentes estudios sobre distribución espacial, como el reportado por Valencia-Arias et al. (2019) de Melolonthidae en el cultivo de aguacate, en donde observaron resultados similares a los de este trabajo.

En este estudio, el insecto estuvo presente en ramas, hojas y frutos, lo que complica más su control. Sin embargo, solo se determinó la distribución y comportamiento de las escamas en ramillas, ya que en las ramas están de forma permanente, y en frutos y hojas la plaga se presenta como infestaciones progresivas y diferenciadas en el año (Faber & Phillips, 2003).

El establecimiento de *H. lataniae* en ramas y frutos induce la acumulación de compuestos fenólicos. Estos compuestos aumentan la rigidez de las paredes

Integrated pest management is an economically viable method, and a sustainable alternative that combines several control methods to reduce and avoid phytosanitary problems, thus reducing adverse effects on human health and the environment. This method considers the use of agrochemicals as a last resort, and aims to protect biodiversity and the environment, while increasing crop yields. This helps to minimize economic losses due to pests and to maintain crop profitability (Ripa et al., 2007b). In this context, some preventive measures, such as pruning, should be considered when developing and establishing an integrated management of scale. This is done, together with weeding (hosts), with the aim of creating unfavorable conditions for the development of the pest and favorable conditions for the development of the crop. In the case of scales (whose infestation occurs in the lower part of the tree, in hidden twigs and near the ground [Olivares, 2017; Vargas & Rodríguez, 2008]), this strategy benefits the entry of light and air circulation to the interior of the tree; consequently, it increases the mortality of pest stages, which limits their dispersal to other trees in the plot or crops near them.

Subsequently, monthly monitoring of twigs, leaves and fruits is recommended to estimate abundance, distribution, phenology, presence and efficiency of natural enemies of the armored scale (Vargas & Rodríguez, 2008). Monitoring allows growers to obtain information that will help them make decisions and apply management and control methods in a timely and targeted manner.

Biological control is a strategy to keep orchards in balance by introducing natural enemies (parasitoids, predators) of a pest. However, in avocado-growing areas, these control agents are scarce due to excessive application of insecticides. It has been observed that the armored scale, being a cosmopolitan species, is regulated by its natural enemies (Peña, 2008). In some avocado-growing areas, parasitoids and predators have been found that regulate scale populations in both the nymphal and adult stages. In Mexico, the parasitoids *Encarsia citrina* and *Aphytus* sp. and the predator *Chilocorus cacti* have been found (Lázaro-Castellanos et al., 2012). The parasitoid *Aphytis diaspidis* was observed in adult populations of armored scales (Navea & Vargas, 2012); however, as they do not find food, they cause mortality, since they feed on their hosts in immature stages (Collier, 1995; Navea & Vargas, 2012).

Heraty et al. (2008) noted that *E. citrina* has great adaptability, so it has been introduced in several countries for biological control purposes (Carbajal & Martos, 2019; Myartseva & González-Hernández, 2008). The predators *Rhizobius lophanthae* and *Coccidophilus citricola* are efficient because they pierce the protective cover of the scale to feed on its hemolymph (Ripa et

celulares de la parte afectada, e incluso disminuyen la calidad del fruto y aumentan los costos de producción al eliminar los daños de forma manual en la línea de empaque (Hernández-Rivero et al., 2013; Sepúlveda-Jiménez et al., 2004; Ripa et al., 2007a).

El manejo de plagas debe estar basado en una correcta identificación de la plaga y de sus enemigos naturales, así como en la elección de las medidas que causen menos perturbaciones en el ambiente y la zona. En el caso de la escama armada, el momento crucial para su manejo es la etapa de producción de migrantes, único estado móvil de la plaga y de mayor susceptibilidad a insecticidas. En esta etapa, las escamas buscan un lugar adecuado en el árbol para alimentarse, e incluso se pueden dispersar hacia otros hospederos con ayuda del viento (Vargas & Rodríguez, 2008). Por ello, se debe evitar su desplazamiento hacia el fruto para preservar su calidad.

El manejo integrado de plagas es un método económicamente viable, así como una alternativa sustentable que combina varios métodos de control con la finalidad de disminuir y evitar problemas fitosanitarios, lo que reduce los efectos adversos a la salud humana y al ambiente. Dicho método considera como último recurso el uso de agroquímicos, y tiene por objetivo proteger la biodiversidad y el ambiente, mientras se incrementan los rendimientos de la superficie cultivable. Lo anterior ayuda a minimizar las pérdidas económicas debido a la acción de plagas y a mantener la rentabilidad del cultivo (Ripa et al., 2007b). En este contexto, al elaborar y establecer un manejo integrado de la escama se deben considerar algunas medidas preventivas, como la poda. Esto se realiza, junto con la eliminación de malezas (hospedantes), con la finalidad de crear condiciones desfavorables para el desarrollo de la plaga y favorables para el desarrollo del cultivo. En el caso de la escama (cuya infestación ocurre en la parte inferior del árbol, en ramillas ocultas y cerca del suelo [Olivares, 2017; Vargas & Rodríguez, 2008]), esta estrategia beneficia la entrada de luz y la circulación de aire al interior del árbol; en consecuencia, aumenta la mortandad de estadios de plagas, lo que limita su dispersión hacia otros árboles de la parcela o cultivos cercanos a ella.

Posteriormente, se recomienda un monitoreo mensual de ramillas, hojas y frutos, esto con el objetivo de estimar la abundancia, distribución, fenología, presencia y eficiencia de enemigos naturales de la escama armada (Vargas & Rodríguez, 2008). El monitoreo permite al productor obtener información que le ayude a tomar decisiones, así como a aplicar los métodos de manejo y control de forma oportuna y dirigida.

El control biológico es una estrategia que permite mantener los huertos en equilibrio al introducir

al., 2007b; Vargas & Rodríguez, 2008). Many of these natural enemies have been manipulated and are currently used as ready-to-apply formulations, as is the case of *R. lophanthae* (Gómez-Vives, 2002).

Therefore, knowing the spatial distribution of the armored scale in municipalities with high avocado production in Estado de México, and the elaboration of density maps, can help to direct control measures, whether chemical, biological or cultural. To implement strategies in areas with high pest densities will help producers reduce economic losses. Moreover, to target these control measures will prevent the pest from moving to other areas within the field.

Strategies should be proposed that change the paradigm of the current management of armed scale and the rest of the phytosanitary problems that avocado have. This will reduce natural and cross-resistance in avocado pest management. Furthermore, it could raise awareness among producers and technicians about respect for the environment, since agricultural activity generates a very important percentage of environmental pollution. The results of this study can contribute to the restructuring and improvement of the control of the armed scale based on the use of geotechnologies that allow us to make the work in the field more efficient.

Conclusions

Geostatistics is an effective tool to determine the behavior and spatial distribution of armed scale in avocado crop in the municipalities of Coatepec Harinas, Donato Guerra and Ixtapan del Oro. Population density maps allow us to know the fluctuations, as well as the position of the pests within the plot. This is of great help in proposing and implementing integrated management strategies to reduce the presence of insecticides in the fruit, and ecological and environmental damage due to their indiscriminate use.

Acknowledgments

The authors thank the *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT) for the scholarship granted to study for a Master's degree in Agricultural Sciences and Natural Resources. To Dr. Carlos from Colegio de Postgraduados for his support in the identification of armored scales. To the owners of the selected avocado orchards, to Engineer Armida and her work team (Ing. Julia, Ing. Alberto and Ing. Héctor) of the different local Plant Health Boards of Estado de México for their help in the identification of plots with the presence of scales.

End of English version

enemigos naturales (parasitoides, depredadores) de una plaga. Sin embargo, en las zonas aguacateras, estos agentes de control son escasos debido a la aplicación excesiva de insecticidas. Se ha observado que la escama armada, al ser una especie cosmopolita, es regulada por sus enemigos naturales (Peña, 2008). En algunas zonas aguacateras se han encontrado parasitoides y depredadores que regulan las poblaciones de escama tanto en estado ninfal como adulto. En México, se han encontrado los parasitoides *Encarsia citrina* y *Aphytus* sp., y el depredador *Chilocorus cacti* (Lázaro-Castellanos et al., 2012). El parasitoide *Aphytis diaspidis* se observó en poblaciones adultas de escama armada (Navea & Vargas, 2012); sin embargo, al no encontrar alimento, causan mortalidad, ya que se alimentan de sus hospederos en estados inmaduros (Collier, 1995; Navea & Vargas, 2012).

Heraty et al. (2008) observaron que *E. citrina* tiene gran capacidad de adaptación, por lo que se ha introducido en diversos países con fines de control biológico (Carbajal & Martos, 2019; Myartseva & González-Hernández, 2008). Los depredadores *Rhizobius lophanthae* y *Coccidophilus citricola* son eficientes debido a que perforan la cubierta protectora de la escama para alimentarse de su hemolinfa (Ripa et al., 2007b; Vargas & Rodríguez, 2008). Muchos de estos enemigos naturales se han manipulado, y en la actualidad se usan como formulados listos para ser aplicados, tal es el caso de *R. lophanthae* (Gómez-Vives, 2002).

Por lo anterior, conocer la distribución espacial de la escama armada en municipios de alta producción de aguacate en el Estado de México, así como la elaboración de mapas de densidad, puede ayudar a dirigir las medidas de control, ya sean químicas, biológicas o culturales. Implementar estrategias en zonas que presentan altas densidades de la plaga ayudará al productor a disminuir pérdidas económicas. Además, dirigir estas medidas de control evitará que la plaga se desplace a otras zonas dentro la parcela.

Se deben proponer estrategias que cambien el paradigma del manejo actual de la escama armada y del resto de los problemas fitosanitarios que presenta el aguacate. Esto reducirá sustancialmente la resistencia natural y cruzada que se presenta en el manejo de plagas en el cultivo de aguacate. Asimismo, podría concientizar a los productores y técnicos sobre el respeto al medio ambiente, ya que la actividad agrícola genera un porcentaje muy importante de contaminación ambiental. Los resultados de este trabajo pueden contribuir en la reestructuración y mejora del control de la escama armada basándonos en el uso de geotecnologías que permitan eficientizar el trabajo en el campo.

References / Referencias

- Acosta-Guadarrama, A. D., Ramírez-Dávila, J. F., Rivera-Martínez, R., Figueroa-Figueroa, D. K., Lara-Díaz, A. V., Maldonado-Zamora, F. I., & Tapia-Rodríguez, A. (2017). Distribución espacial de *Trips* spp. (Thysanoptera) y evaluación de su control mediante el depredador *Amblyseius swirskii* en el cultivo de aguacate en México. *Bio One*, 42(2), 435-446. <https://doi.org/10.3958/059.042.0214>
- Apostolos, P., Aguilar, A., Tena, A., & García-Marí, F. (2010). Influence of host size on parasitism by *Aphytis chrysomphali* and *A. melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) in Mediterranean populations of California red scale *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae). *Biological Control*, 5(2), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.07.010>
- Balderas-Palacios, G. F., Urías-López, M. A., González-Carrillo, J. A., González-Acuña, I. J., & Álvarez-Bravo, A. (2017). Distribución temporal y espacial de la escama blanca del mango en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(19), 4023-4034. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.670>
- Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R., & Konopka, A. (1994). Field scale variability of soil properties in central iwa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1501-1511. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- Carbajal, A., & Martos, A. (2019). Parasitismo de *Encarsia citrina* (Signoret) sobre *Hemiberlesia lataniae* (Crawford) (Hemiptera: Diaspididae), en cultivo de "palto". *Agroindustrial Science*, 10(1), 49-54. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.07>
- Collier, T. R. (1995). Host feeding, egg maturation, resorption, and longevity in the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(2), 206-214. <https://doi.org/10.1093/aesa/88.2.206>
- Duarte, F., Calvo, M. V., Borges, A., & Scatoni, I. B. (2015). Geostatics applied to the study of the spatial distribution of insects and its use in integrated pest management. *Revista Agronómica del Noreste Argentina*, 35(2), 9-20. <https://www.semanticscholar.org/paper/Geostatistics-applied-to-the-study-of-the-spatial-Duarte-Calvo/685d6530feea1fc03bd115b98dab87ee0fbb65?p2df>
- Evans, G. A., Watson, G. W., & Miller, D. R. (2009). A new species of armored scale (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) found on avocado fruit from Mexico and a key to the species of armored scales found on avocado worldwide. *Zootaxa*, 1991(1), 57-68. <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.1991.1.5/47986>
- Faber, B. A., & Phillips, P. A. (2003). *Avocado armored scale. UC IPM management guidelines: avocado*. UC ANR Publication 3436. <https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/avocado/Soft-scales/>
- Gallardo, A. (2006). Geoestadística. *Ecosistemas*, 15(3), 48-58. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/161>

Conclusiones

La geoestadística constituye una herramienta eficaz al determinar el comportamiento y distribución espacial de escama armada en el cultivo de aguacate en los municipios de Coatepec Harinas, Donato Guerra e Ixtapan del Oro. Los mapas de densidad de poblaciones permiten conocer las fluctuaciones, así como la posición de las plagas dentro de la parcela. Esto es de gran ayuda para proponer e implementar estrategias de manejo integrado que permitan reducir la presencia de insecticidas en los frutos, así como daños ecológicos y ambientales por su uso indiscriminado.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar los estudios de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Al Dr. Carlos del Colegio de Postgraduados por el apoyo en la identificación de escama armada. A los dueños de las huertas de aguacate seleccionadas, a la Ingeniera Armida y a su equipo de trabajo (Ing. Julia, Ing. Alberto e Ing. Héctor) de las diferentes juntas locales de Sanidad Vegetal del Estado de México por las facilidades brindadas en la identificación de las parcelas con presencia de escamas.

Fin de la versión en español

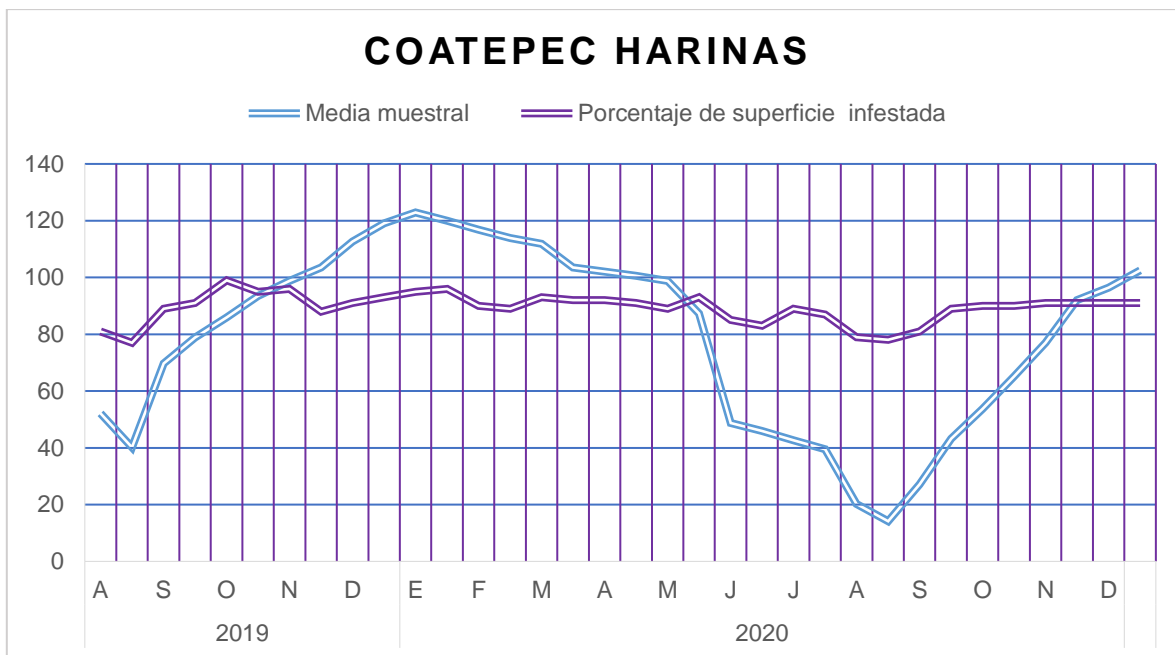
- Gómez-Vives, S. (2002). Cría masiva de *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae) depredador de la cochinilla roja de las palmeras (*Phoenicoccus marlatti* Cockerell). *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, 28, 167-176. <https://www.semanticscholar.org/paper/Cr%C3%ADa-masiva-de-%22Rhyzobius-lophantae%22-Blaisdell-de-Vives/cc73bfa408f2b90739068a2ce31e1dc191125e3c>
- Heraty, J. M., Polaszek, A., & Schauff, M. (2008). Systematic and biology of *Encarsia*. In: Gould, J., Hoelmer, K., & Goolsby, J. (Eds). *Classical Biological Control of Bemisia Tabaci in the United States* (pp. 71-87). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6740-2_4
- Hernández-Rivero, R., Arévalo-Galarza, M. L., Valdovinos-Ponce, G., González-Hernández, H., Valdez-Carrasco, J., & Ramírez-Guzmán, M. E. (2013). Histología del daño en fruto y rama de aguacate 'Hass' por escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 739-752. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_aetext&pid=S2007-09342013000500007&Ing=es&tIng=es
- Isaaks, E., & Srivastav, R. M. (1989). *An introduction to applied Geostatistics*. Oxford University Press.
- Journel, A., & Huijbregts. (1978). *Mining geostatistics*. Academic Press.
- Lara-Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Morales-Rosales, E., Figueroa-Figueroa, D. K., Acosta-

- Guadarrama, A. D., & Rivera-Martínez, R. (2018). Distribución espacial de araña roja *Oligonychus punicae* Hirst en el cultivo del aguacate, en dos municipios del Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 43(3), 743-759. <https://doi.org/10.3958/059.043.0320>
- Larral, P., Ripa, R., Funderburk, J., & López, E. (2018). Population abundance, phenology, spatial distribution and a binomial sampling plan for *Heliothrips haemorrhoidalis* (Thysanoptera:Thripidae) in avocado. *Florida Entomologist*, 101(2), 166-171. <https://doi.org/10.1653/024.101.0203>
- Lázaro-Castellanos, C., González, H., Lomelí, J. R., Myartseva, S. N., Ortega, L. D., & Ochoa, S. (2012). Enemigos naturales de escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae) en aguacate Hass en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(1), 6-13. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v38n1/v38n1a02.pdf>
- Lemus-Soriano, B. A. (2018). *Insectos chupadores (Hemiptera) del aguacate*. Artículos Técnicos del Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. México. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/insectos-chupadores-hemiptera-del-aguacate>.
- Maldonado-Zamora, F. I., Ramírez-Dávila, J. F., Lara-Díaz, A. V., Rivera-Martínez, R., Acosta-Guadarrama, A. D., Figueroa-Figueroa, D. K., Rubí-Arriaga, M., & 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. <https://doi.org/10.3958/059.042.0215>
- McClure, M. S. (1990). Influence of environmental factors. In: Rosen, D. (Ed). *Armored scale insects their biology, natural enemies and control* (pp. 319-330). Elsevier Science Publisher B. V. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/416999>
- Myartseva, S. N., & González-Hernández, A. (2008). Descripción de dos especies nuevas de *Encarsia Förster* (Hymenoptera: Aphelinidae) y nuevos registros de especies de este género para Chiapas y Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(2), 101-114. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57524207>
- Navea, D., & Vargas, R. (2012). Parasitoidism rate and life table parameters of *Aphytis diaspidis* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) (Hemiptera: Diaspididae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(3), 338-344. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000300006>
- Olivares, N. (2017). *Escama blanca del palto*. *Entomología - Plagas en frutales*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/66954>
- Pannatier, Y. (1996). *Variowin: Software for spatial data analysis in 2D*. Springer-Verlag New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2392-4>
- Park, Y. L., Krell, R. K., & Carroll, M. (2007). Theory, technology and practice of sites-specific insect pest management. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 10(2), 89-101. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60337-4](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60337-4)
- Peña, J. (2008). Plagas de palto en Florida. In: Ripa, R., & Larral, P. (Eds), *Manejo de plagas en Paltos y Cítricos* (pp. 310-316). Gobierno de Chile, Ministerio de agricultura. http://www.avocadosource.com/books/ripa2008/Ripa_Chapter_11c.pdf
- Ponsonby, D. J., & Copland, M. (2000). Environmental effects on the development and survival of the scale insect *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret) (Homoptera:Diaspididae) with reference to its suitability for use as a host for rearing biological control agents. *Biocontrol Science and Technology*, 10(5), 583-594. <https://doi.org/10.1080/095831500750016389>
- Ramírez-Dávila, 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 de SADIE. *Revista Madera y Bosques*, 15(2), 93-111. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=61712399006&cid=82318>
- Ramírez-Dávila, J. F., & Figueroa-Figueroa, D. K. (2013). Modelización y mapeo de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en papa en el Estado de México. *Revista Centro Agrícola*, 40(3), 57-70. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837655026.pdf>
- Ramírez-Dávila, 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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57529246007>
- Ripa, R., Larral, P., & Rodríguez, S. (2007a). Manejo integrado de plagas (MIP). In: Ripa, R., & Larral, P. (Eds), *Manejo de plagas en paltos y Cítricos* (pp. 41-50). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/cit-16-manejo-de-plagas-en-paltos-y-cc3adtricos.pdf>
- Ripa, R., Vargas, R., Larral, P., & Rodríguez, S. (2007b). Manejo de las principales plagas del Palto. *Revista Tierra Adentro*, 73, 29-33. http://www.avocadosource.com/journals/TierraAdentro_2007_73_29-33.pdf
- Rivera-Martínez, R., Ramírez-Dávila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Domínguez-López, A., Acosta-Guadarrama, A. D., & Figueroa-Figueroa, D. K. (2017). Modelización espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana*). *Revista Colombiana de Entomología*, 43(2), 131-140. <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i2.5933>
- Rosii, R., Mulla, J., Journel, G., & Franz, H. (1992). Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62(2), 277-314. <https://doi.org/10.2307/2937096>
- Rugman-Jones, P. F., Morse, J. G., & Sthoutamer, R. (2009). Rapid molecular identification of armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) on Mexican "Hass" avocado. *Journal of Economic Entomology*, 102(5), 1948-1953. <https://doi.org/10.1603/029.102.0527>
- Samper-Calvete, F. J. (1996). *Geoestadística: aplicaciones a la hidrología subterránea*. Centro Internacional de Métodos de Ingeniería.
- Sánchez-Castro, A., Miranda-Cabrera, I., & Fernández-Argudín, B. M. (2016). Distribución espacial y temporal de *Empoasca* spp. (Typhlocybinae) en un campo de frijol

- (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 31(3), 159-164. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522016000300002
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). *Estadísticas de producción agrícola*. <https://www.gob.mx/siap>
- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., & Rocha-Sosa, M. (2004). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221317>
- Stocks, I. C., & Evans, G. A. (2017). Armored scales (Hemiptera: Diaspididae) infesting Hass avocado intercepted in Florida and new parasitoid-host association for *Davidsonaspis aguacatae*. *Florida Entomologist*, 100(2), 491-494. <https://doi.org/10.1653/024.100.0244>
- Urías-López, M. A., Osuna-García, J. A., Vázquez-Valdivia, V., & Pérez-Barraza, M. H. (2010). Fluctuación poblacional y distribución de la escama blanca del mango (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) en Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(2), 77-82. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.16.009>
- Valencia-Arias, C., Martínez-Osorio, A., Morales-Osorio, J. G., & Ramírez-Gil, J. G. (2019). Spatial analysis of presence, injury, and economic impact of the Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) complex in avocado crops. *Neotropical Entomology*, 48(4), 583-593. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00685-6>
- Vargas, R., & Rodríguez, S. (2008). Escama latania. In: Ripa, R., & Larral, P. (Eds), *Manejo de plagas en Paltos y Cítricos* (pp. 163-170). Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura. http://www.avocadosource.com/books/ripa2008/ripa_chapter_08f.pdf

7.4. Otros resultados

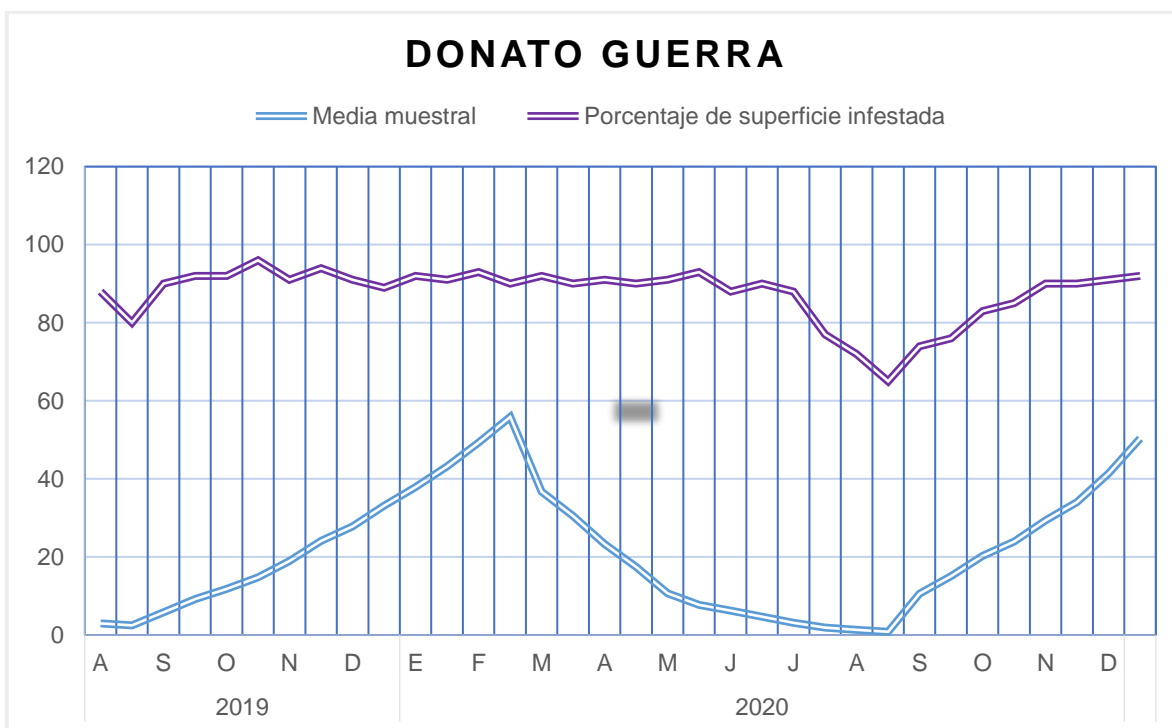
En esta investigación se realizaron muestreos cada 14 días, con la finalidad de conocer la distribución espacial de *H. lataniae* durante agosto a diciembre de 2019 y de enero a diciembre de 2020. A continuación, se muestran los resultados obtenidos durante toda la investigación. Se incluyen graficas con los datos de media muestral y porcentaje de superficie infestada de las tres zonas de estudio (Coatepec Harinas, Donato Guerra e Ixtapan del Oro). En el caso de Coatepec Harinas en los meses de junio a agosto de 2020 la media muestral permaneció baja, sin embargo, el porcentaje de superficie infestada se mantuvo casi lineal en las fechas de muestreo. El porcentaje de superficie infestada nunca alcanzo el 100 % de las parcelas (grafica 1).



Grafica 1. Media muestral y porcentaje de superficie infestada por muestreo en Coatepec Harinas.

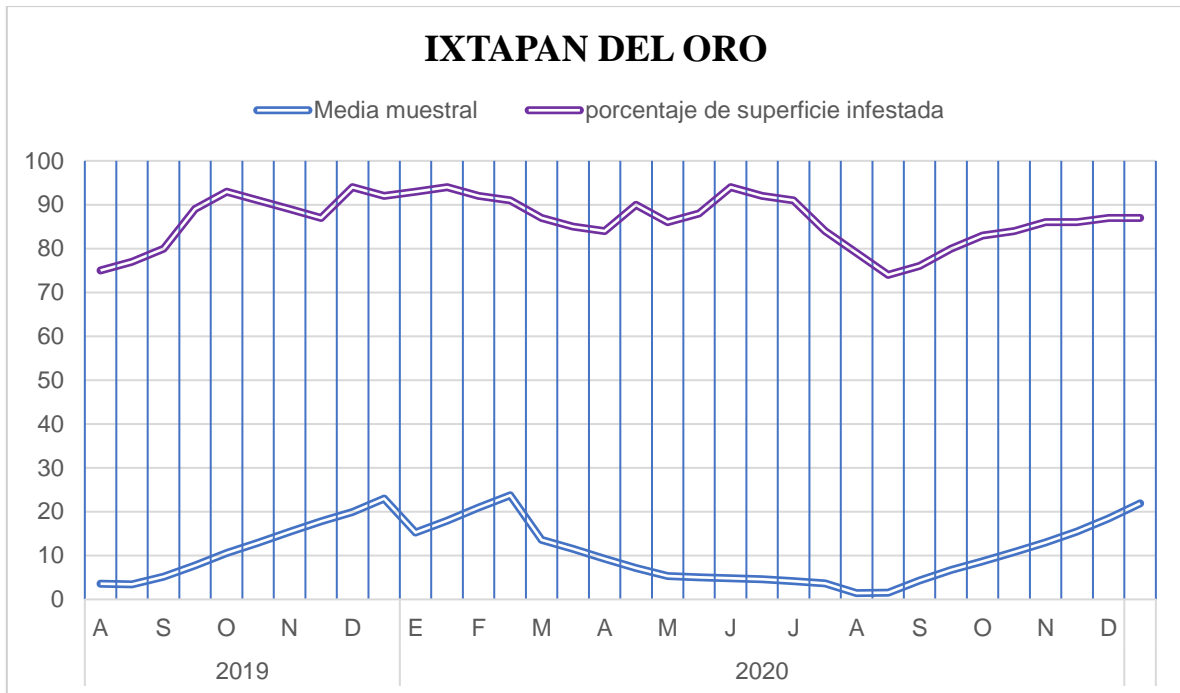
Para Donato Guerra el porcentaje de superficie infestada no alcanzo el 100 % en la parcela de estudio. Por lo que se puede incorporar algún método de control sólo en las zonas en las que realmente se este presentando el problema. Con ello, las aplicaciones de pesticidas ya no se realizarían de forma homogénea en la parcela como se realizan comúnmente. Lo que reducirá el gasto en agroquímicos, por ende, disminuirá el impacto al ambiente. Además, en la grafica 2, se muestra que en los meses de baja prevalencia disminuye el porcentaje de

superficie infestada, lo que permite suponer que las temperaturas bajas reducen el nivel de desarrollo de las escamas. Sin embargo, en el mes de febrero se obtuvo una media muestral mas alta pero los datos de porcentaje de superficie infestada se mantuvieron lineales.



Grafica 2. Media muestral y porcentaje de superficie infestada por muestreo en Donato Guerra.

En Ixtapan del Oro el comportamiento fue diferente a las otras dos zonas de estudio, ya que se puede observar que la media muestral y el porcentaje de superficie infestada presentan una relación fuerte entre los datos (grafica 3).



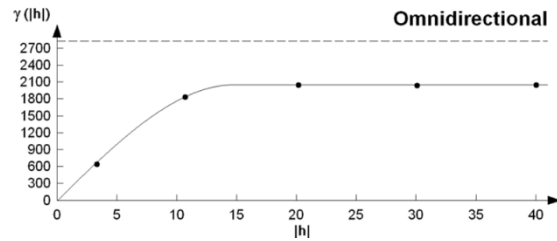
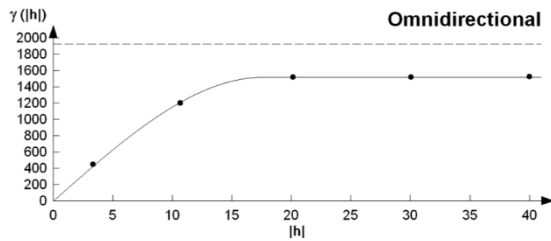
Grafica 3. Media muestral y porcentaje de superficie infestada por muestreo en Ixtapan del Oro.

Análisis geoestadístico (semivariogramas)

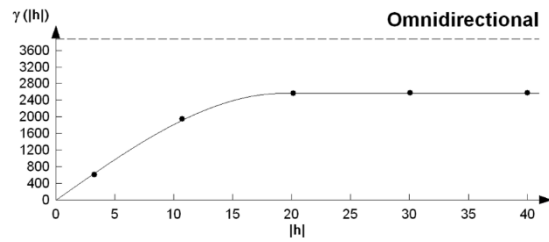
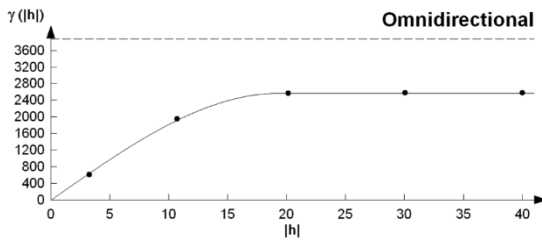
En este trabajo se elaboraron un total de 102 semivariogramas con el programa variowin 2.2, programa exacto para el ajuste de modelos teóricos. Se obtuvo un semivariograma por cada muestreo. Los semivariogramas se ajustaron a modelos esféricos, exponenciales y gaussianos. A continuación, se presentan los semivariogramas obtenidos de agosto a diciembre de 2019 y de enero a diciembre 2020 en las tres zonas de estudio. En las tres zonas de estudio escama armada presento un comportamiento agregado cuyos resultados se comprobaron con los datos generados de la validación cruzada de los semivariogramas.

Semivariogramas de escama armada en aguacate en Coatepec Harinas de agosto-diciembre de 2019 a enero-diciembre de 2020.

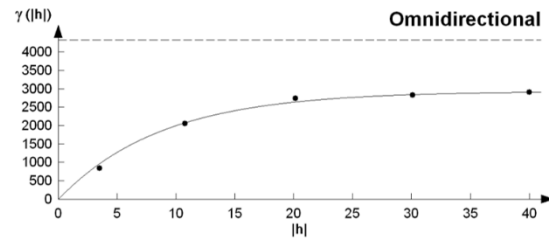
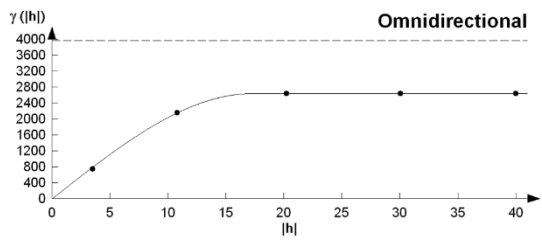
2019
Agosto



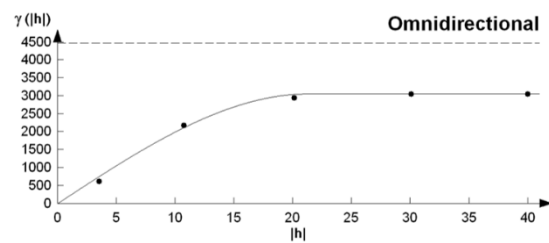
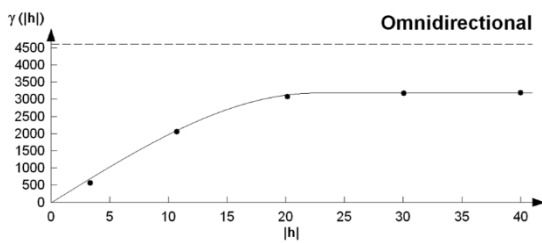
Septiembre



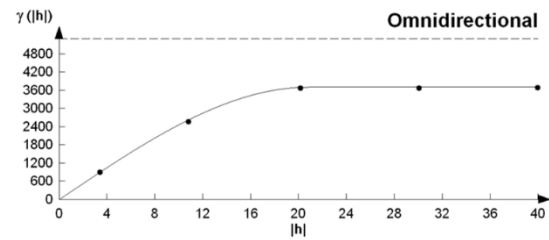
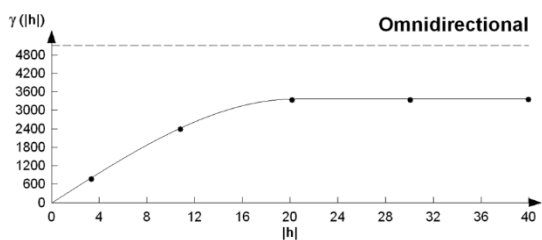
Octubre



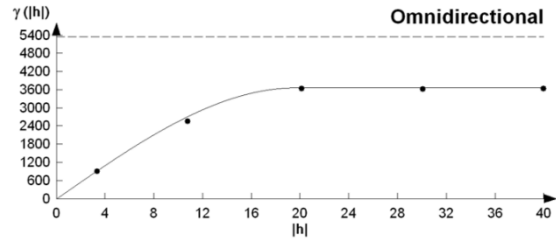
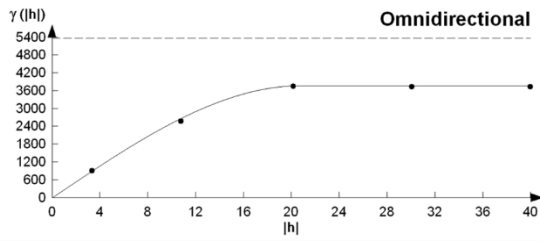
Noviembre



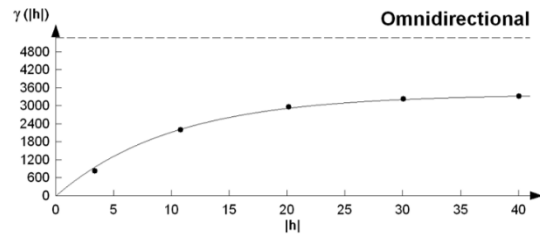
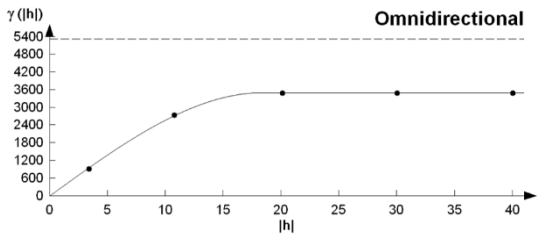
Diciembre



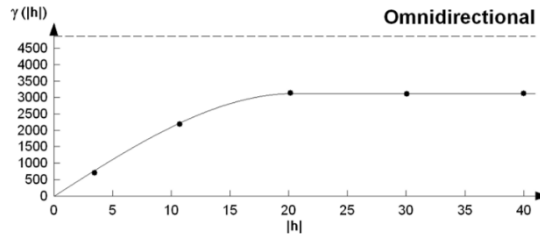
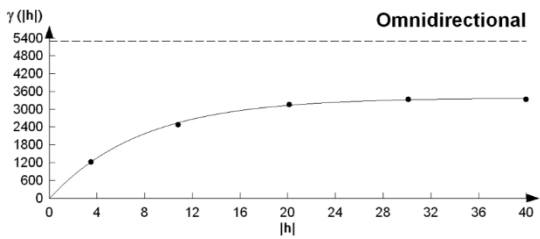
2020
Enero



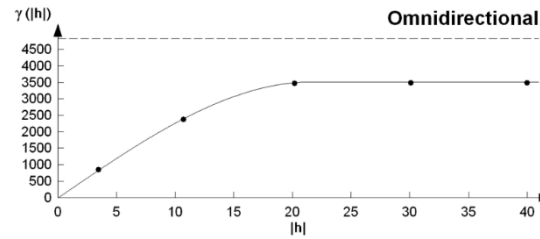
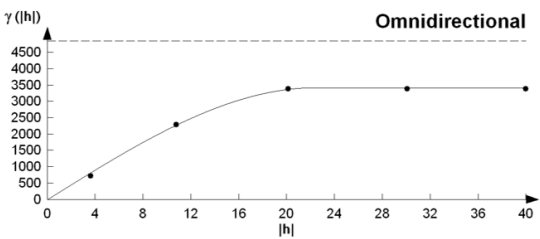
Febrero



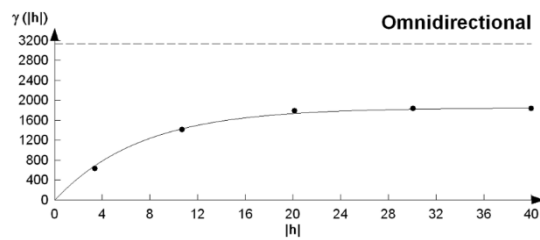
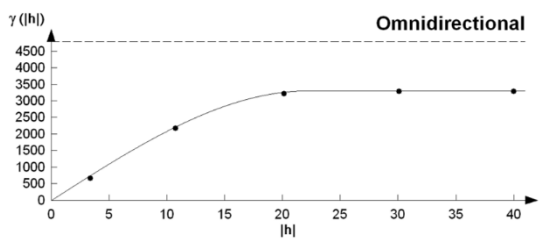
Marzo



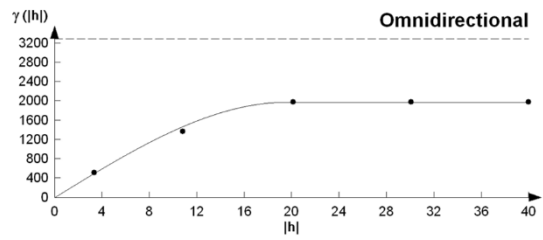
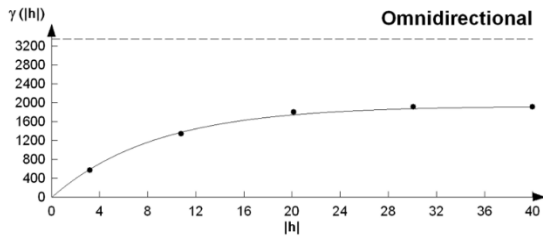
Abril



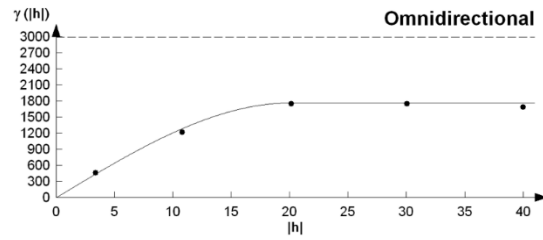
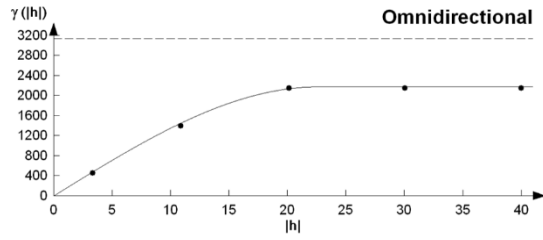
Mayo



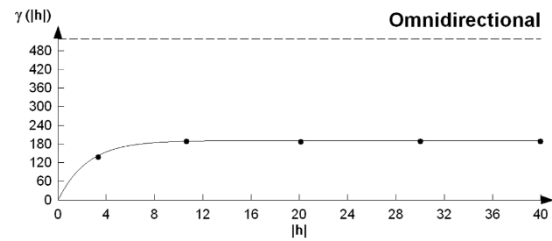
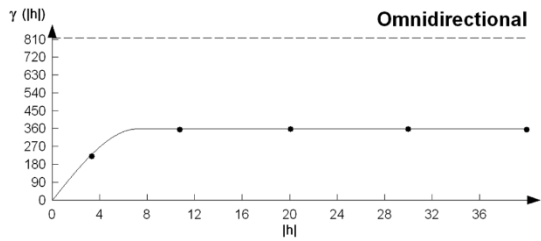
Junio



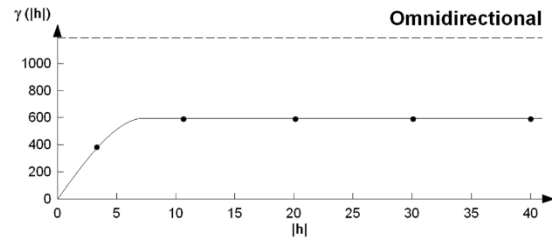
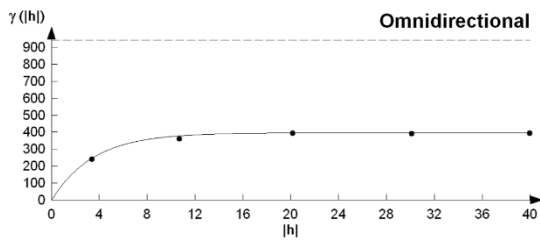
Julio



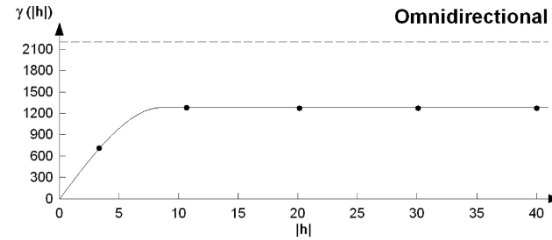
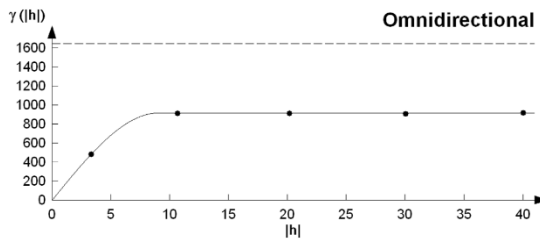
Agosto



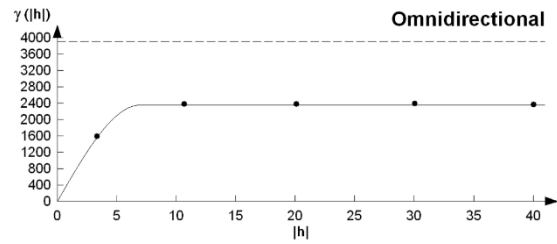
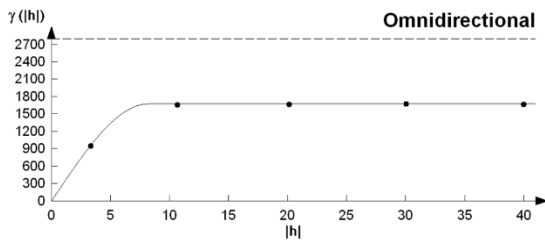
Septiembre



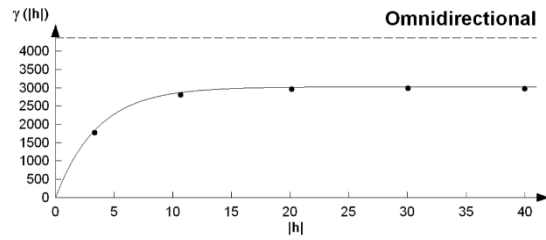
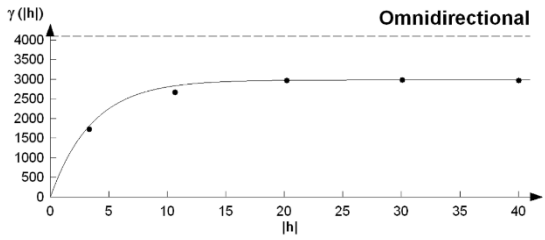
Octubre



Noviembre



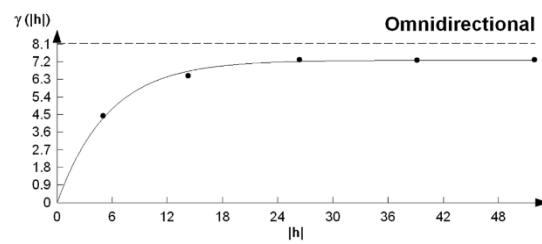
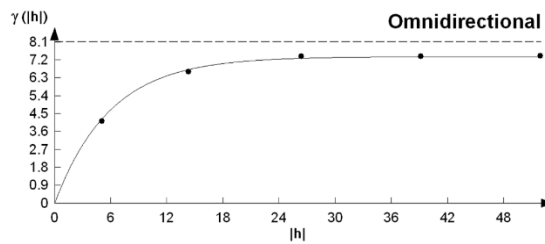
Diciembre



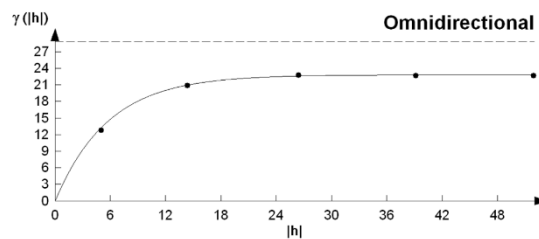
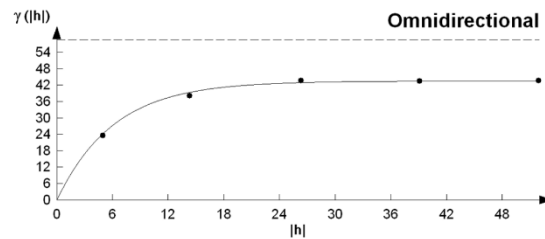
Semivariogramas de escama armada en aguacate en Donato Guerra de agosto-diciembre de 2019 a enero-diciembre de 2020.

2019

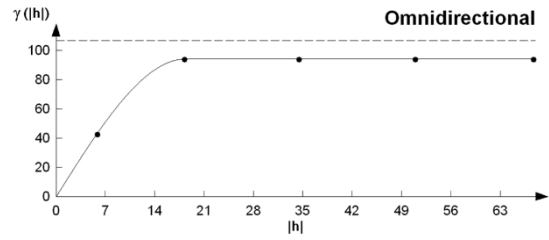
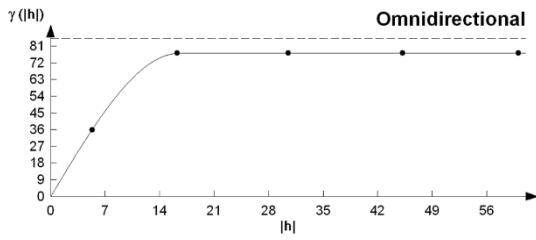
Agosto



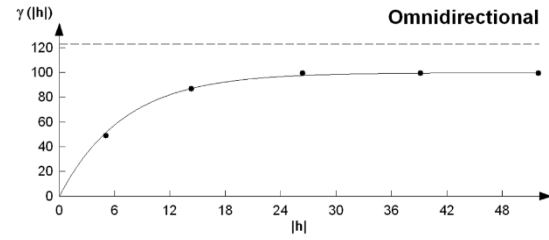
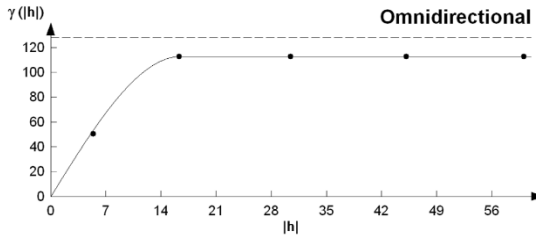
Septiembre



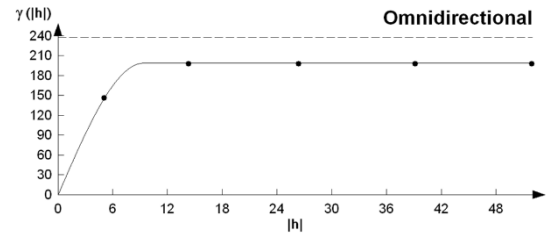
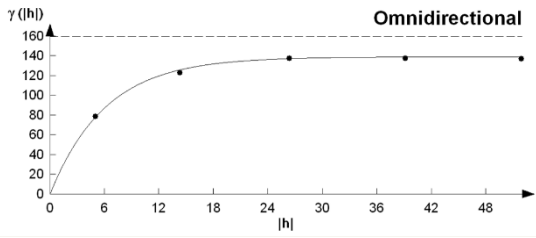
Octubre



Noviembre

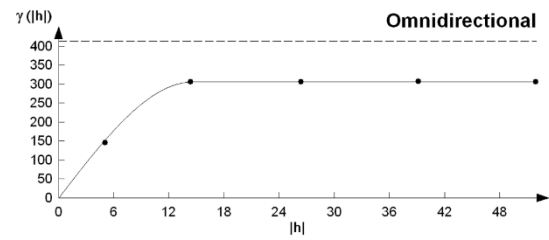
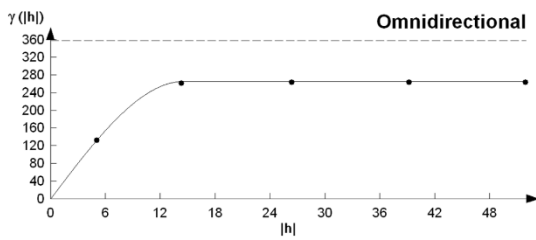


Diciembre

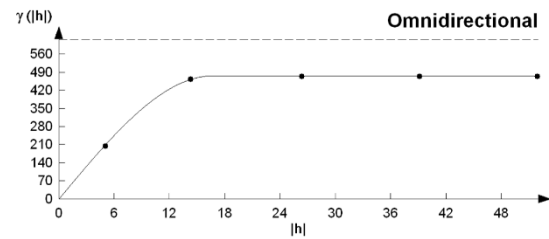
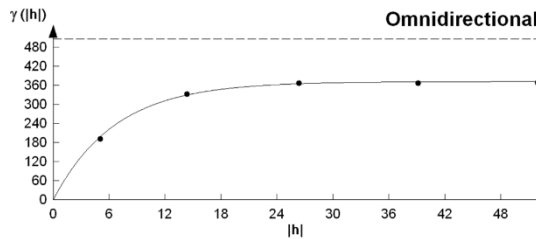


2020

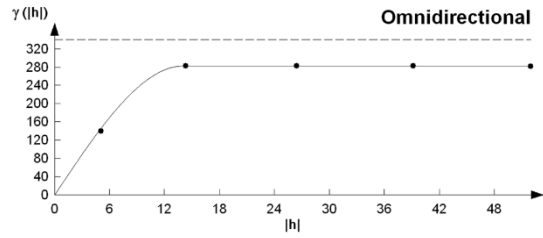
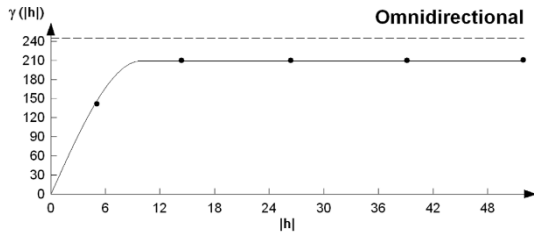
Enero



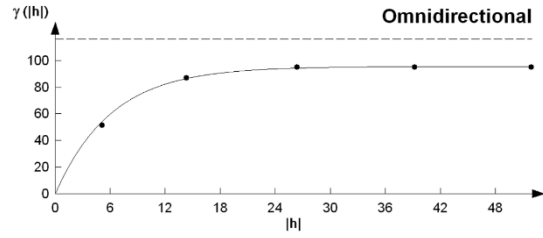
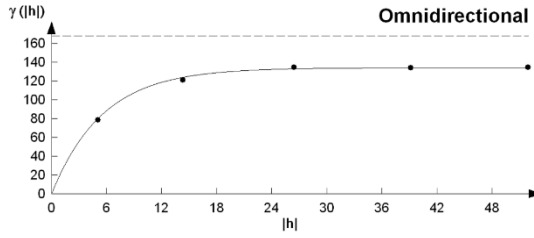
Febrero



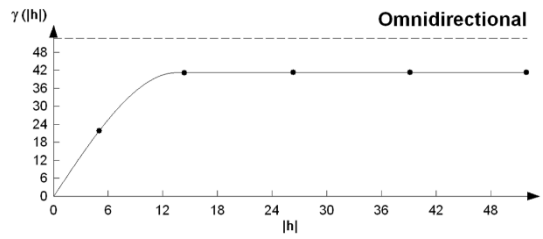
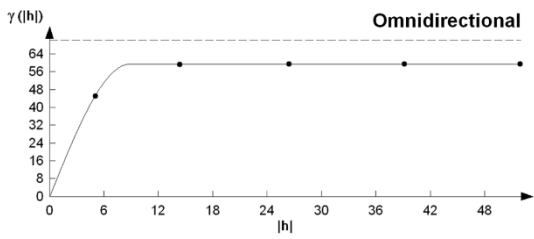
Marzo



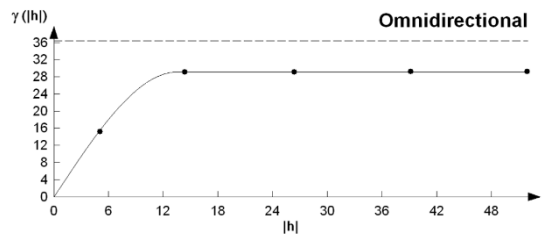
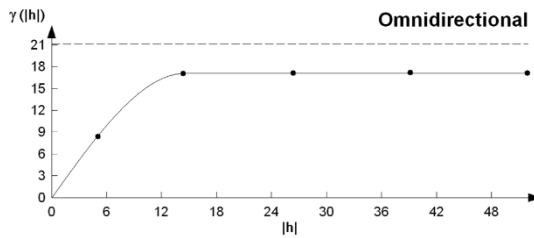
Abril



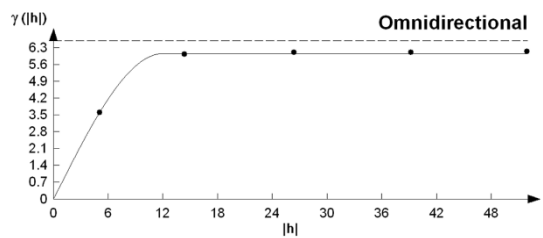
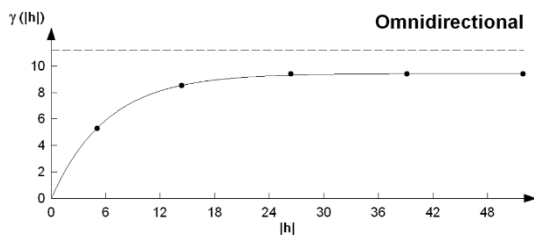
Mayo



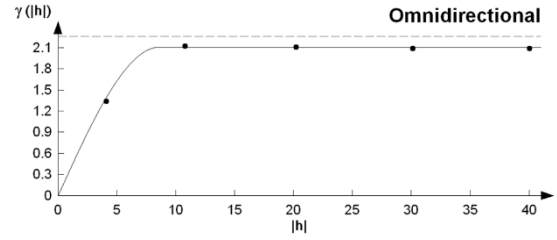
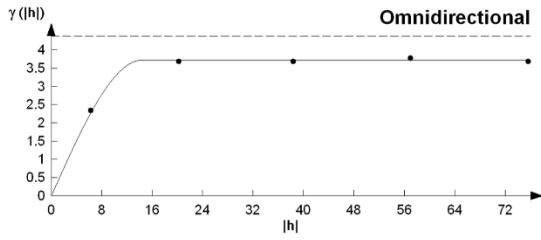
Junio



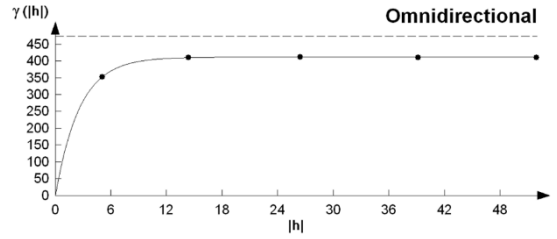
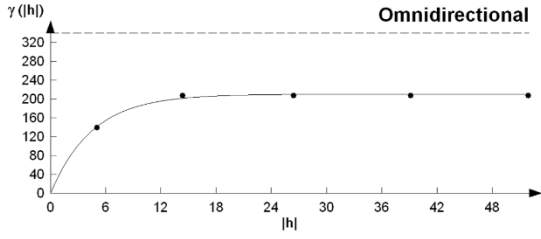
Julio



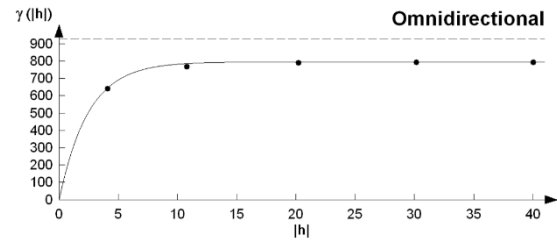
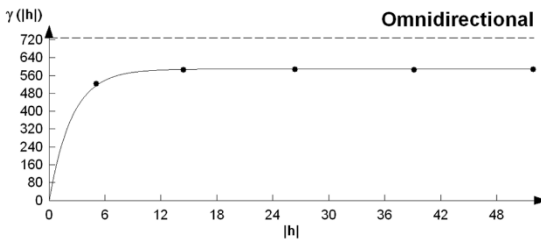
Agosto



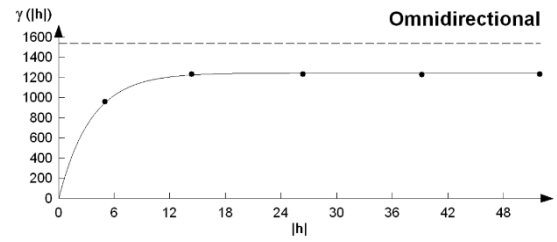
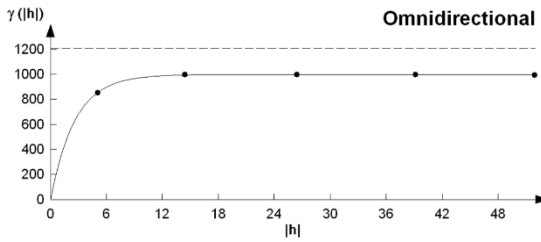
Septiembre



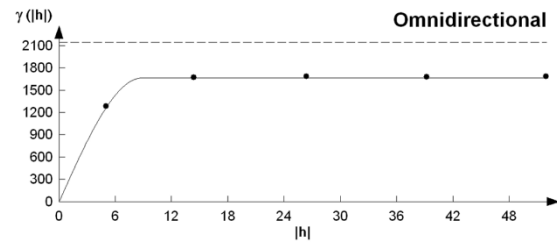
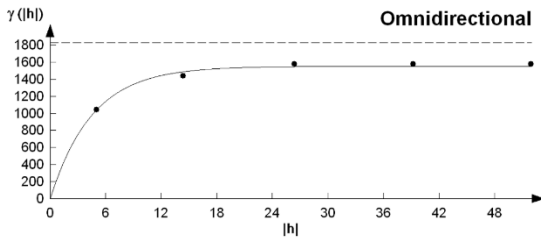
Octubre



Noviembre



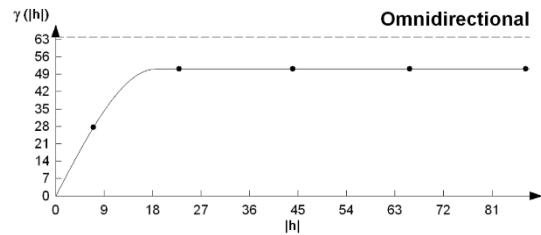
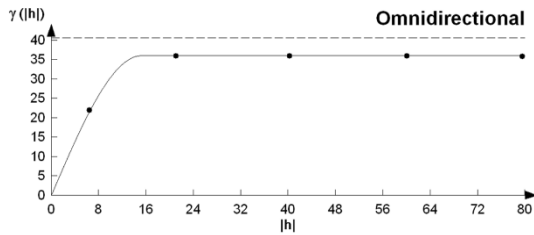
Diciembre



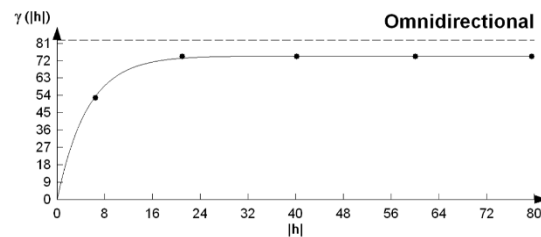
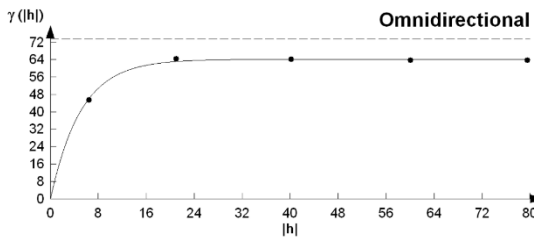
Semivariogramas de escama armada en aguacate en Ixtapan del Oro de agosto-diciembre de 2019 y de enero-diciembre de 2020.

2019

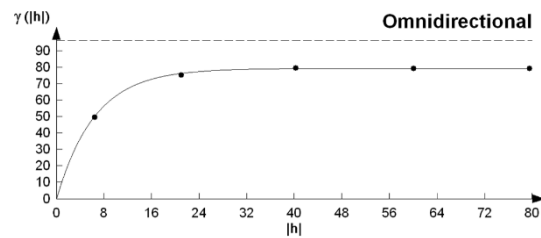
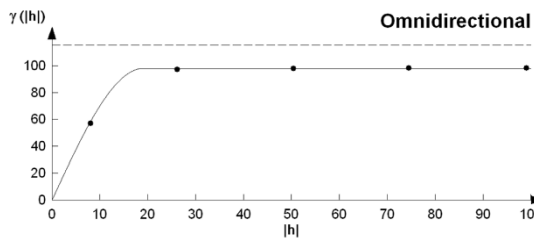
Agosto



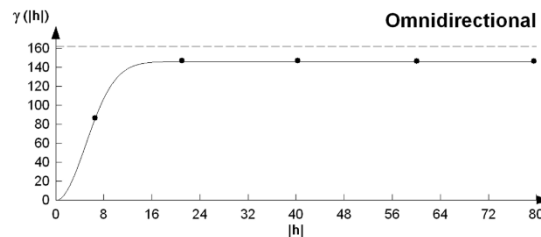
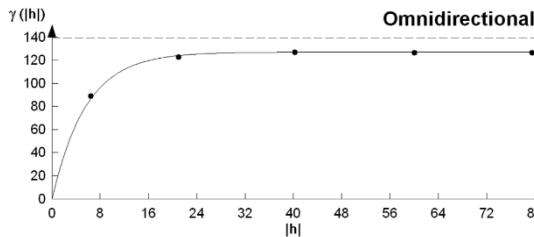
Septiembre



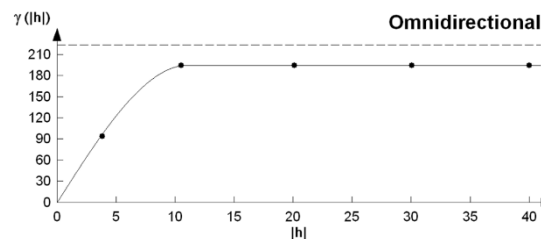
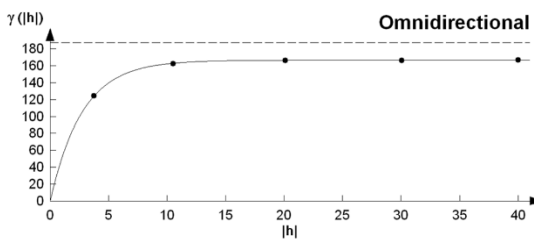
Octubre



Noviembre

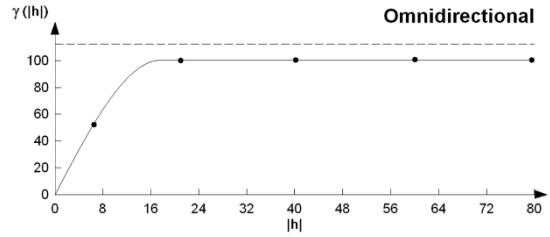
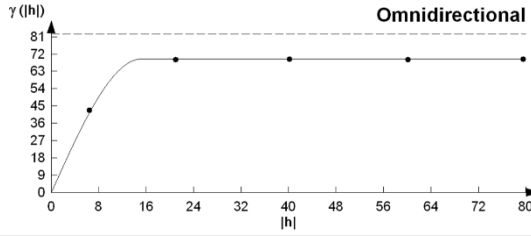


Diciembre

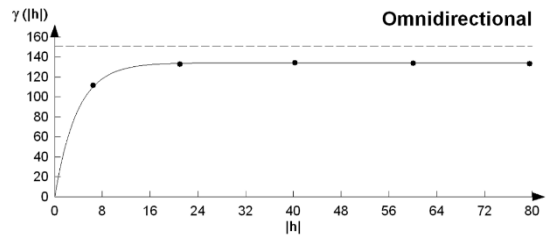
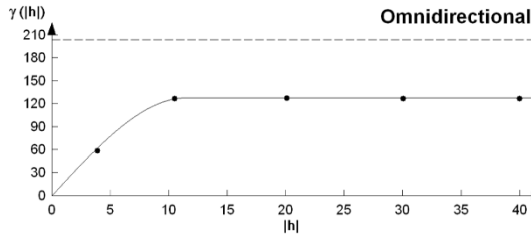


2020

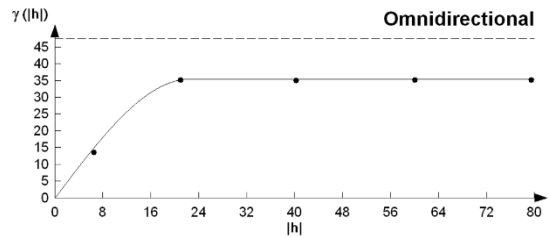
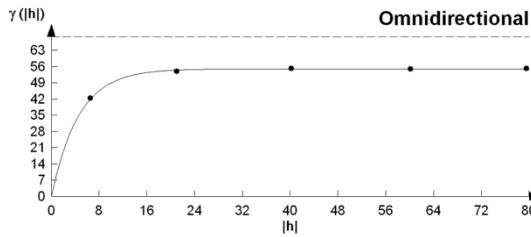
Enero



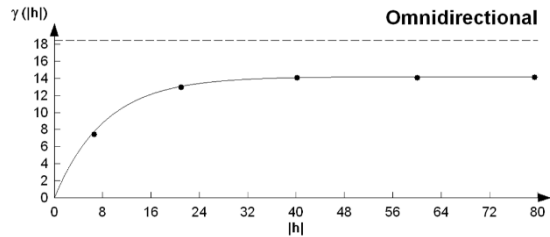
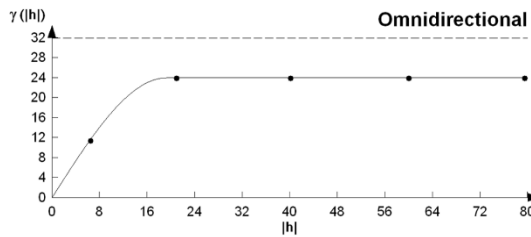
Febrero



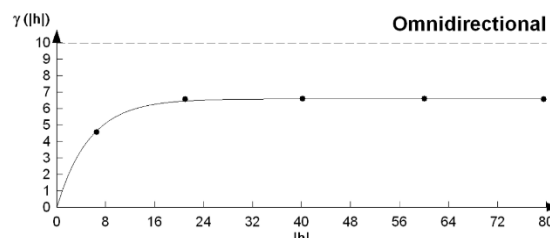
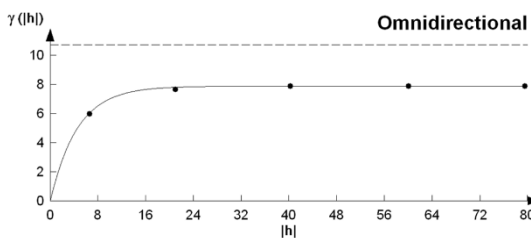
Marzo



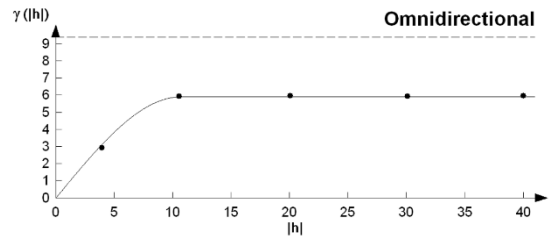
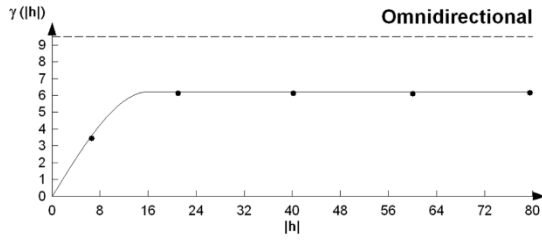
Abril



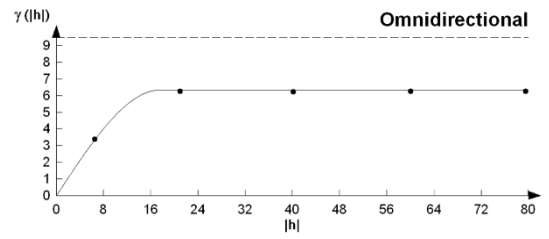
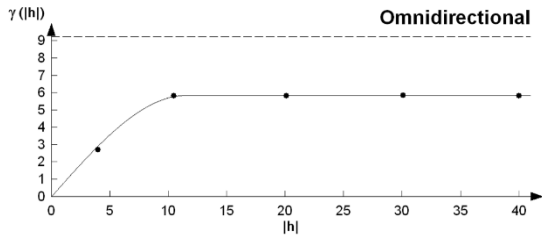
Mayo



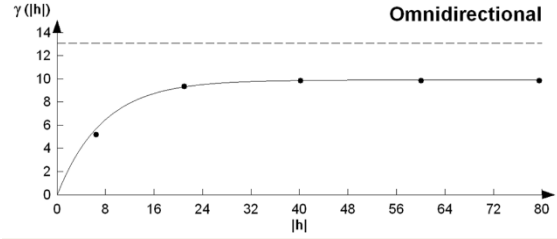
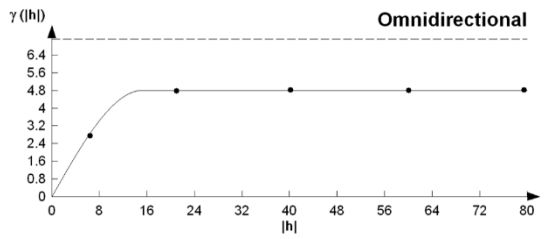
Junio



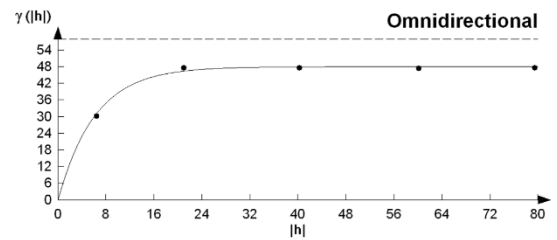
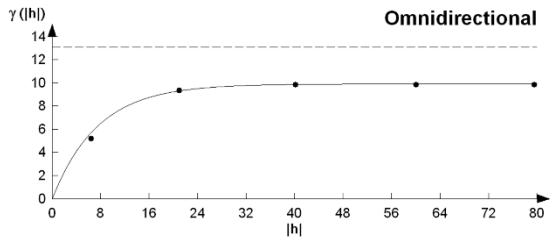
Julio



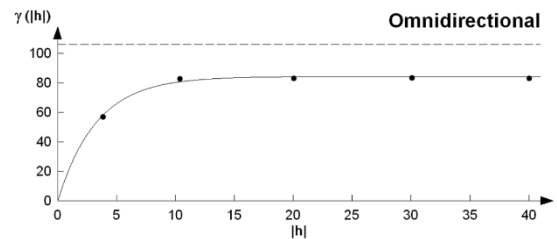
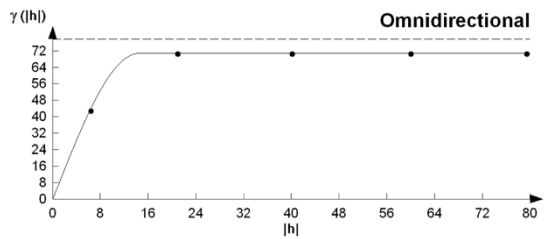
Agosto



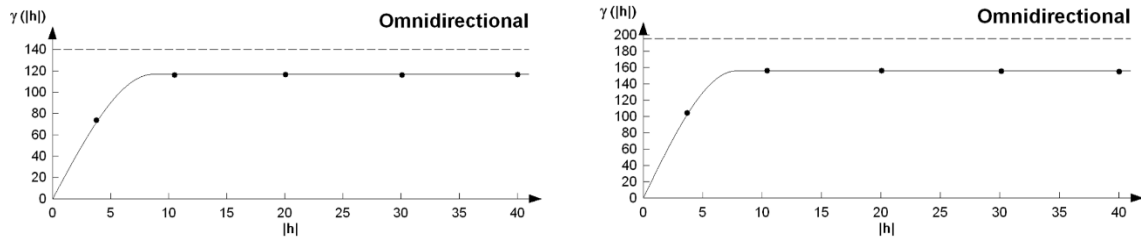
Septiembre



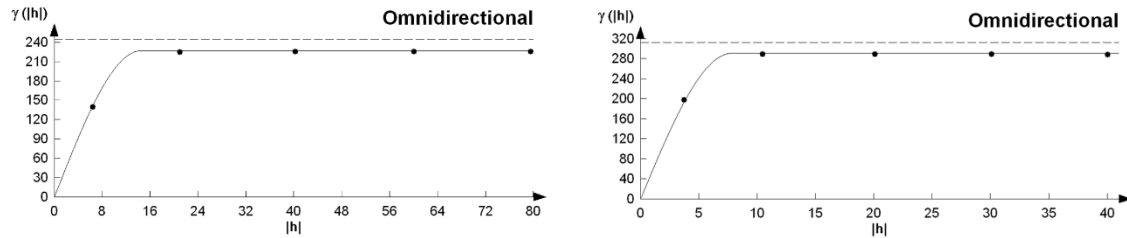
Octubre



Noviembre



Diciembre



Así mismo, se obtuvieron mapas de densidad de las poblaciones de *H. lataniae* con ayuda del programa Surfer 16. Gracias a este programa se pudo observar como se encuentra distribuida la plaga dentro de las parcelas de estudio. A continuación, se agregan solo los mapas de agosto a diciembre de 2020, ya que son datos que aún no han sido publicados en revistas científicas.

En los mapas de densidad realizados en cada muestreo se observan los diferentes focos de agregación. Es decir, la plaga se distribuye en ciertos puntos de la parcela. Esto concuerda con resultados de Duarte *et al.* (2015) donde indica que las poblaciones de insectos y ácaros se distribuyen de forma heterogénea en las zonas y generalmente presentan focos de infestación en áreas con alta y baja densidad.

Así mismo, con lo hallado por Larral *et al.* (2018) y Sánchez *et al.* (2016) quienes determinaron un patrón agregado en su estudio de trips en aguacate y de *Empoasca* spp. en frijol. Se han realizado diferentes estudios sobre distribución espacial en los que destacan investigaciones de Valencia *et al.* (2019), en *Melolonthidae* en el cultivo de aguacate, hallándose resultados similares a este trabajo.

En estos mapas se puede observar que la escama presenta una distribución agregada en todas las zonas de estudio. En ellos se observa que la plaga no está distribuida en toda la parcela, lo que ayudaría a dirigir alguna medida de control. Y evitar que se distribuya a huertos vecinos.

En la mayoría de los muestreos se presentó un porcentaje de infestación mayor al 90 %, resultados similares fueron reportados por Lara-Vázquez *et al.* (2018) en su estudio sobre araña roja.

Estudios realizados por McClure (1990) enfatiza que la humedad y la temperatura tienen un rol importante en las poblaciones de *H. lataniae*. Debido a que durante temperaturas bajas el nacimiento, distribución y establecimiento de ninfas migratorias disminuye. Por el contrario, con temperaturas altas y sin lluvias las poblaciones suelen ser más abundantes en sus hospederos (Balderas-Palacios *et al.*, 2017). Así mismo, Ponsonby y Copland (2000) en su estudio de *Abgrallaspis cyanophylli* reportaron que temperaturas de 20 a 28 °C y con humedad relativa entre 55 y 65 %, son favorables para su desarrollo.

Esto permite entender que el clima juega un importante papel sobre los procesos vitales de las poblaciones de plagas, estableciendo el marco en el que se desarrollaran las poblaciones ya que cada especie tiene rangos climáticos. El clima (lluvias, temperatura) actúa como agentes de mortalidad natural regulando dichas poblaciones.

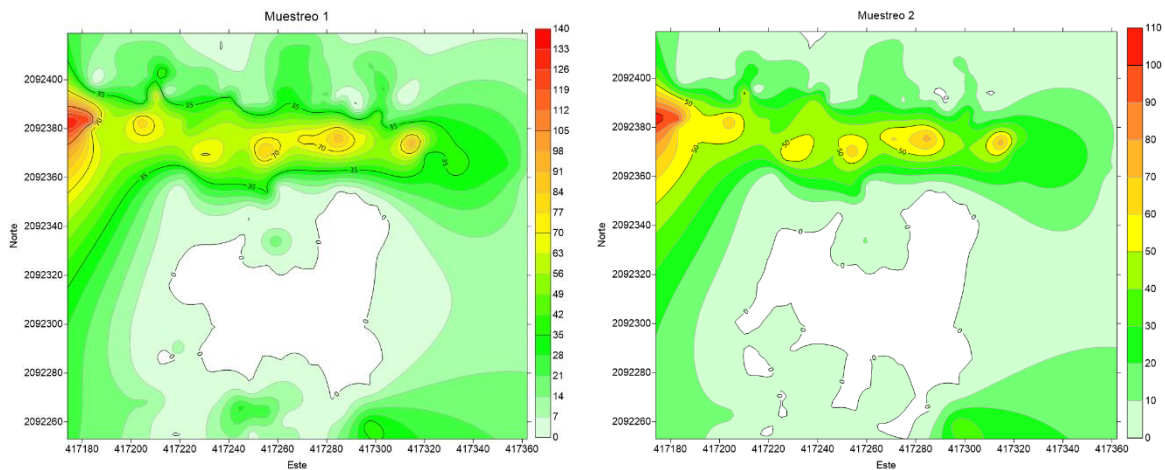
Los registros de temperatura anual media y humedad relativa obtenidos de cada zona de estudio fueron diferentes.

En este estudio el insecto plaga se observó presente en ramas, hojas y frutos, lo que complica más su control. Sin embargo, solo se determinó la distribución y comportamiento de las escamas en ramillas, ya que en las ramas están de forma permanente, sin embargo, en frutos y hojas la infestación se presenta como infestaciones progresivas y diferenciadas en el año.

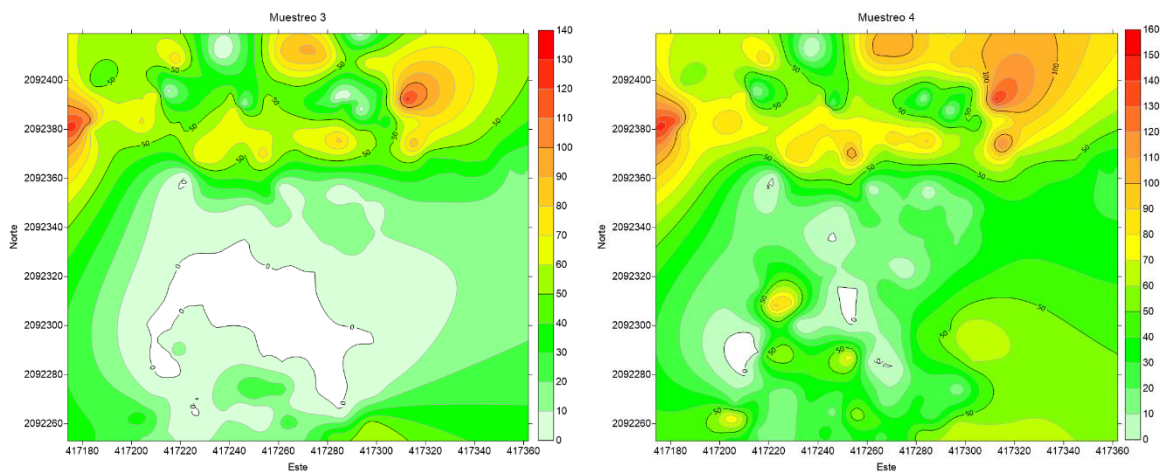
Mapas de densidad de las poblaciones de escama armada de las tres zonas de estudio, obtenidos de agosto a diciembre de 2020.

2020

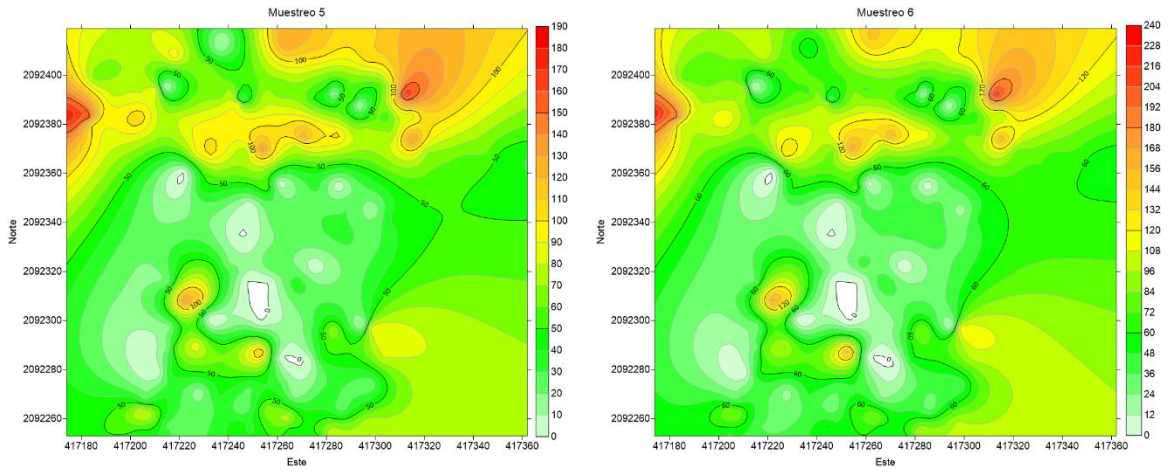
Agosto



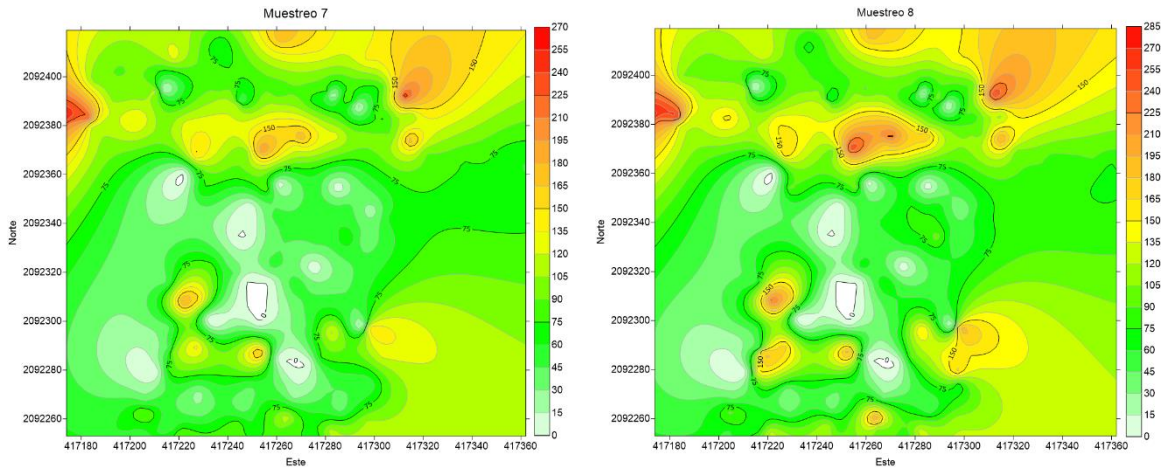
Septiembre



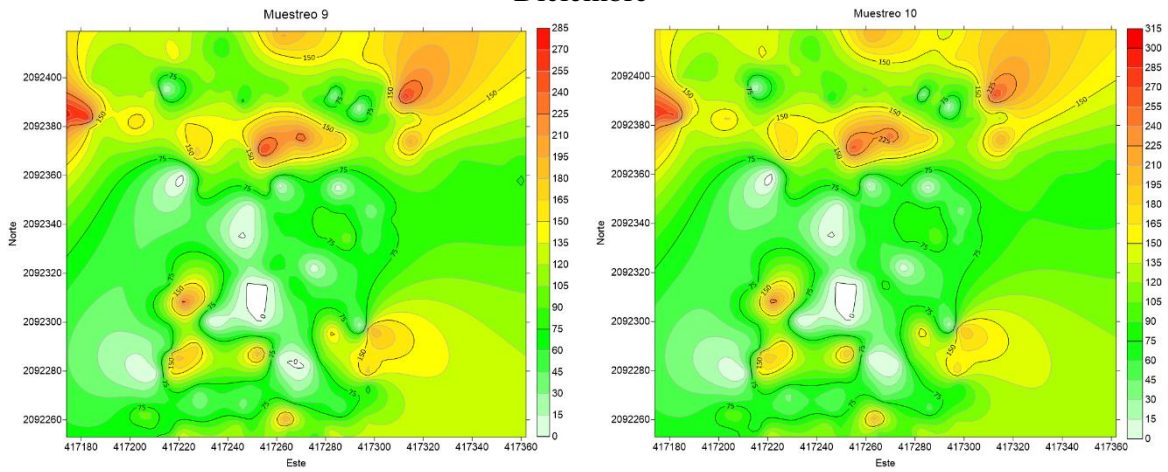
Octubre



Noviembre



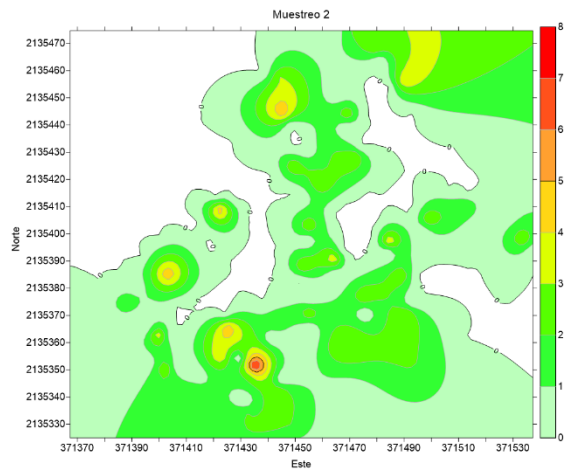
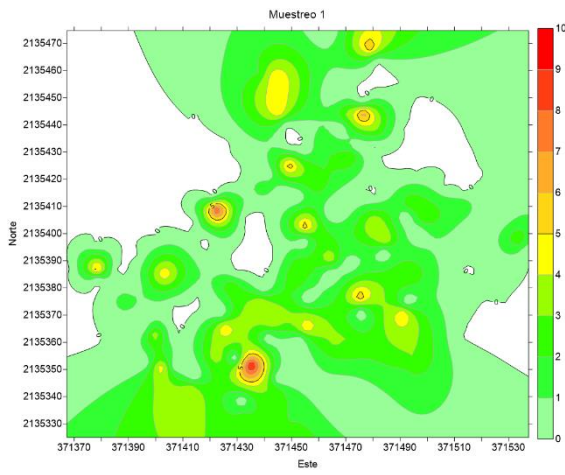
Diciembre



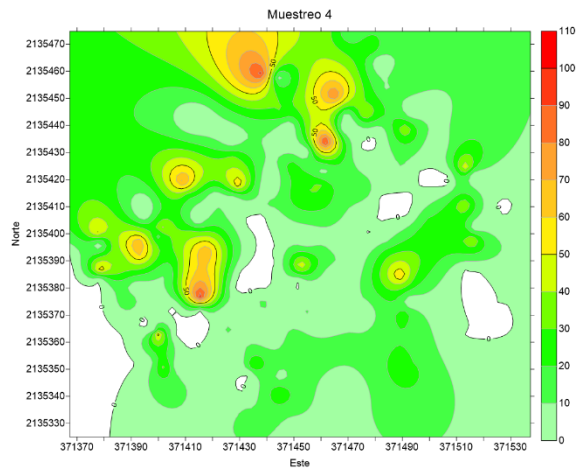
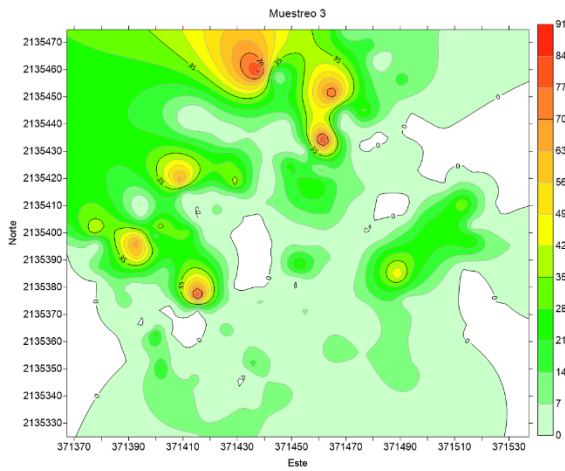
Muestreros correspondientes a Coatepec Harinas

2020

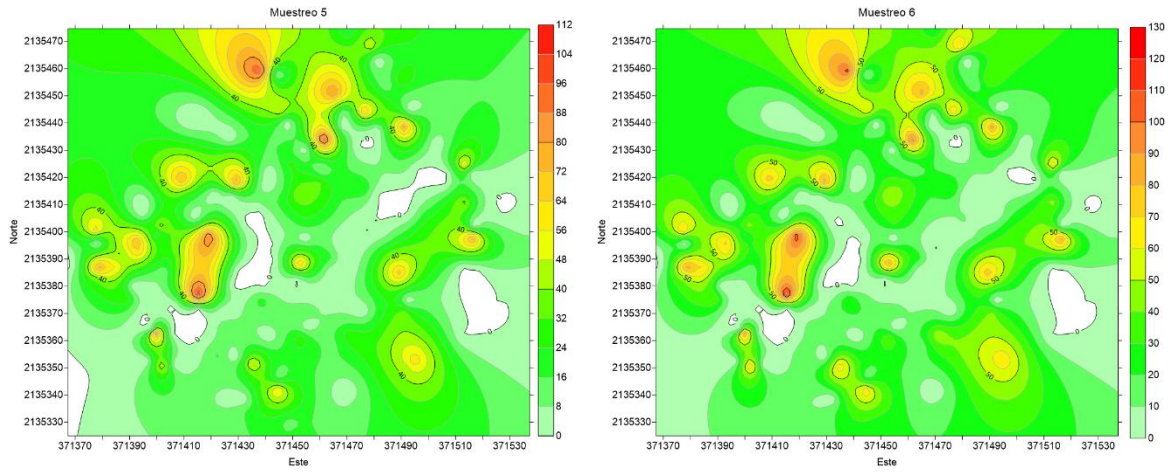
Agosto



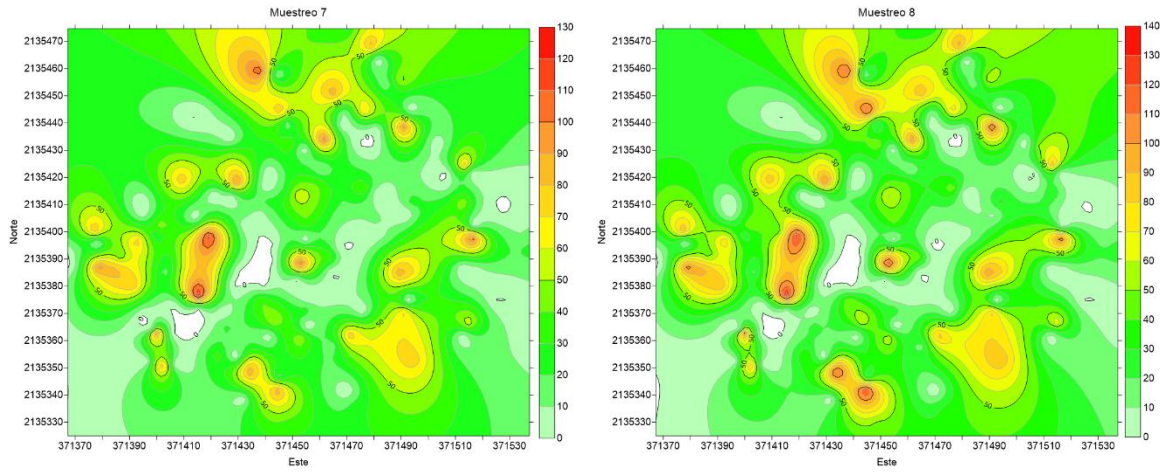
Septiembre



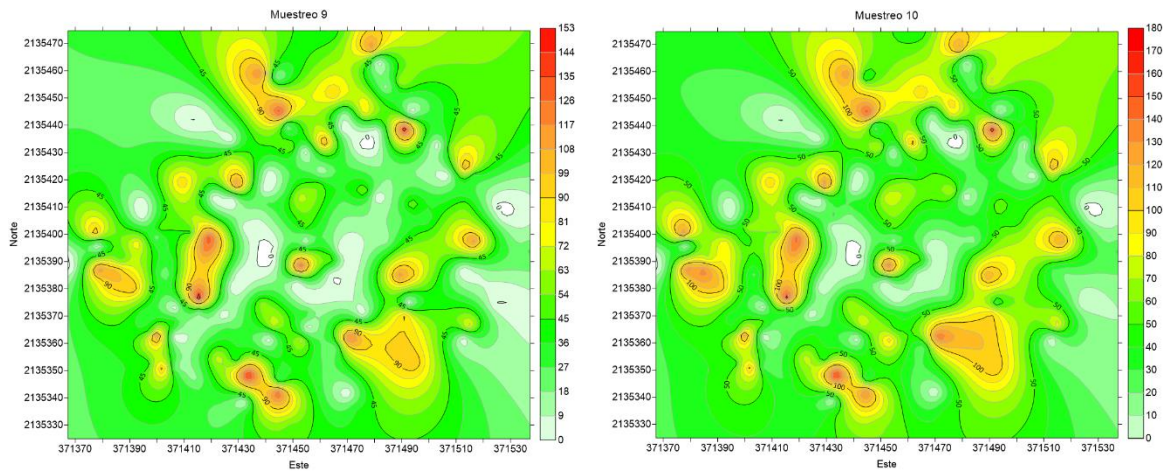
Octubre



Noviembre



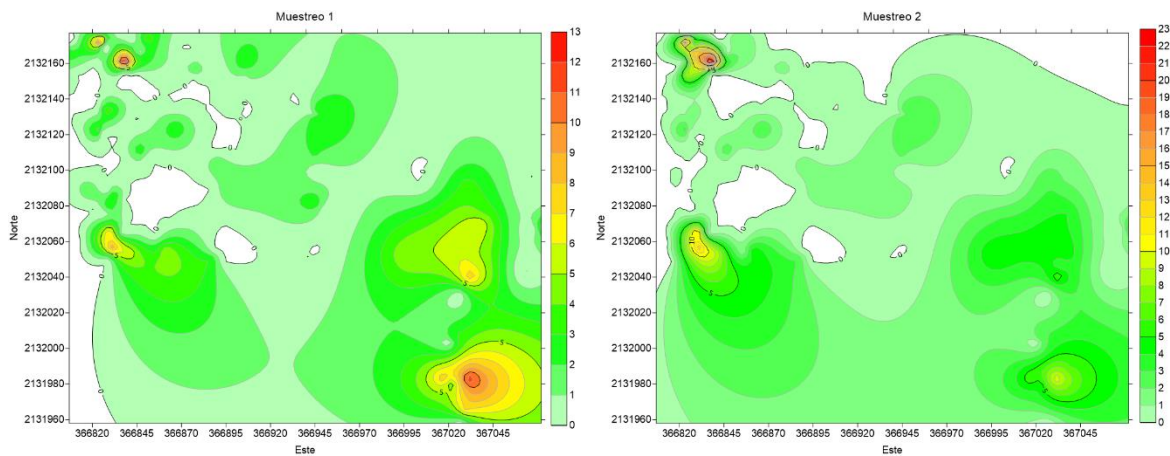
Diciembre



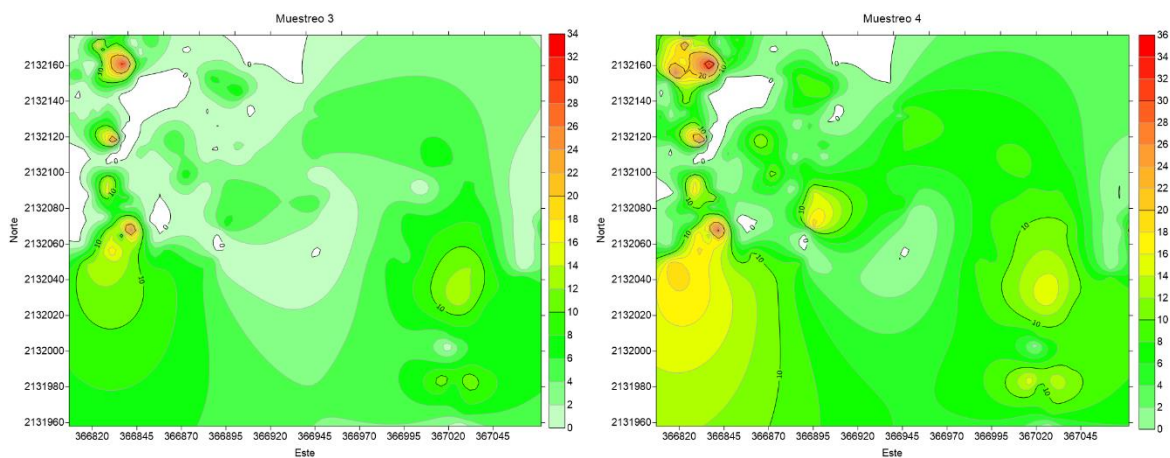
Muestros correspondientes a Donato Guerra

2020

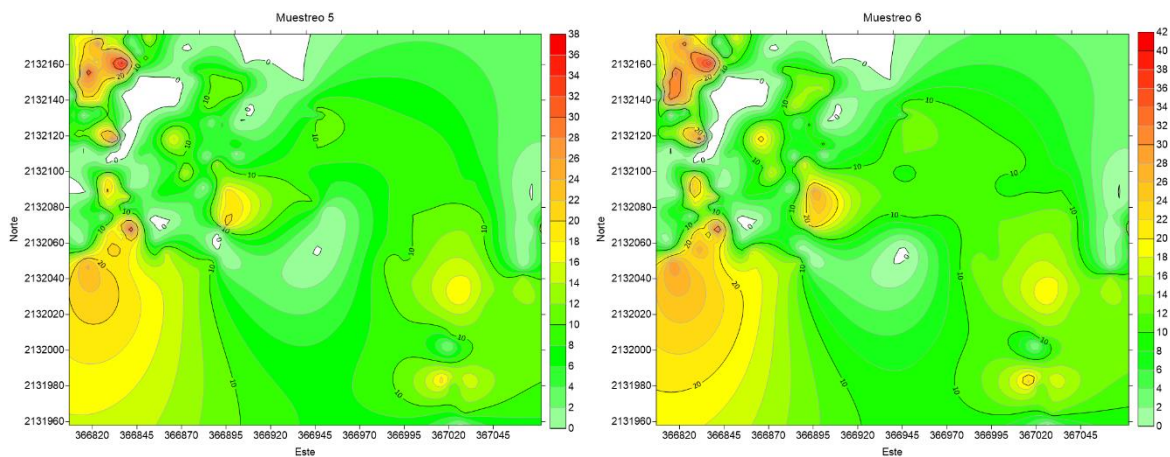
Agosto



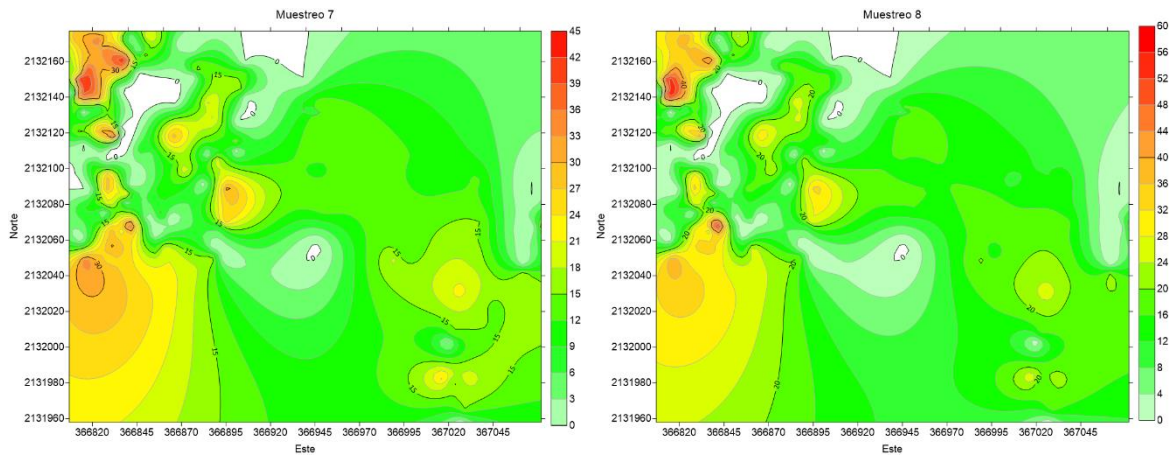
Septiembre



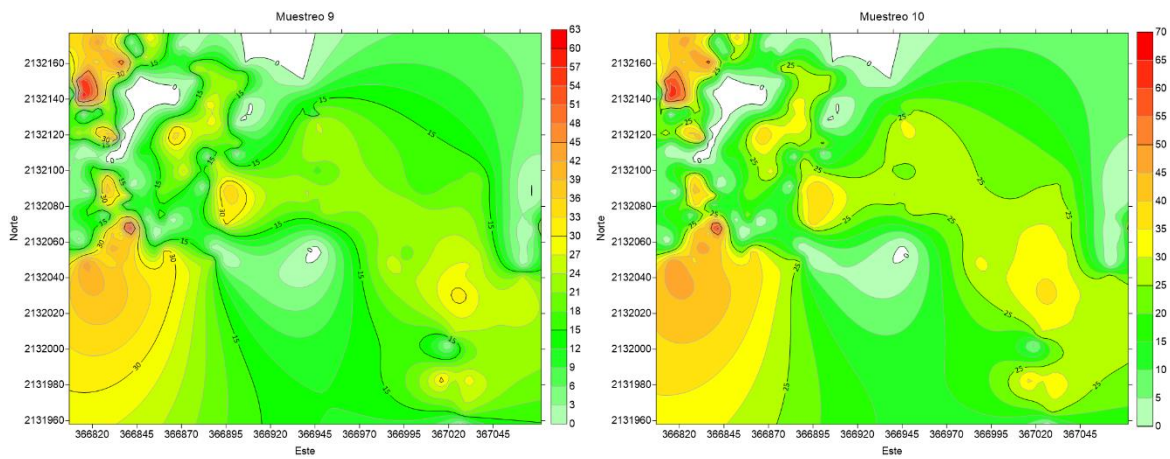
Octubre



Noviembre



Diciembre



Muestras correspondientes a Ixtapan del Oro

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

La agricultura representa una de las actividades económicas más significativas para el mundo. En donde México, se ha posicionado como el principal exportador a nivel mundial, en el que el estado de Michoacán es el líder en cuanto a producción y exportación. Después de México se encuentra República Dominicana, Perú, Colombia, Indonesia, Brasil, Kenia, Estados Unidos y Chile. (SIAP, 2021).

Por lo que tomando en cuenta la importancia del cultivo, es que ha surgido la necesidad de implementar estrategias para su manejo adecuado, y también donde nace la relevancia de este trabajo de investigación, el cual se destaca el valor del cultivo y la relevancia de *Hemiberlesia* como plaga de importancia económica, cuyos daños provocan pérdidas económicas para los productores.

Por lo anterior se considera que el desarrollo de la aplicación móvil permitirá conocer la distribución espacial de escama armada como de otros problemas fitosanitarios que afectan al cultivo de aguacate y la elaboración de mapas de densidad pueden ayudar a dirigir las medidas de control ya sean químicas, biológicas o culturales hacia las zonas que realmente presenten altas densidades de la plaga y donde pueda estar sobrepasando su umbral económico.

La aplicación se desarrolló para el sistema operativo Android y iOS, puede ser instalada en dispositivos móviles como: teléfonos inteligentes y tabletas. El usuario (productor/técnico) podrá realizar muestreos en su parcela o huerto de aguacate y cada árbol muestreado será georreferenciado. Para ello, la aplicación obtendrá la ubicación de cada árbol muestreado. Para iniciar con un nuevo muestreo, el usuario ingresa datos a la aplicación como: nombre de la parcela o huerto, superficie de la parcela, plaga o enfermedad que se va a muestrear, temperatura y humedad relativa. Después de ingresar los datos anteriormente mencionados, el usuario inicia con el muestreo correspondiente.

Al iniciar el muestreo la aplicación obtiene las coordenadas geográficas (Norte y Este) de los árboles muestreados por el usuario. Las coordenadas que se obtienen se presentan en unidades UTM, dichas coordenadas se guardan en el sistema y el usuario ingresa el número de incidencias de su unidad de estudio que se muestreo. Para obtener las coordenadas

geográficas la aplicación las obtiene sin la necesidad de que el teléfono esté conectado a una red de internet o con los datos móviles del teléfono.

Después de ingresar el número de incidencias de la plaga o enfermedad de cada árbol muestreado, el usuario obtiene el modelo de semivariograma teórico. Dicho modelo proporcionara información acerca de los datos ingresados. Este modelo nos dirá como se está comportando la plaga y que tan relacionados están estos datos. Así mismo, podrá generar mapas de densidad y presentar el porcentaje de superficie infestada por algún problema fitosanitario. Estos mapas muestran las zonas infestadas por dichos problemas. Esto con ayuda del método de krigeado ordinario.

La aplicación cubre las necesidades para las que fue creada y podrá ser una herramienta de gran utilidad para los productores para que en tiempo real en el campo puedan realizar sus muestreos, establecer el modelo respectivo del problema que quieran estudiar y crear los mapas de densidad que permitan tomar decisiones efectivas en un tiempo más rápido y tomar la decisión que considere más adecuada, dirigiendo las medidas de control hacia las áreas específicas donde se presenta la infestación.

Esto proporcionara ahorros económicos de gran importancia, ya que de esta manera el productor podría establecer estrategias de control mucho más precisas y oportunas. Con ello se pretende cambiar el paradigma del manejo actual de *H. lataniae* y del resto de los problemas fitosanitarios que presenta el cultivo de aguacate. Este cambio reducirá sustancialmente la problemática de resistencia natural y cruzada que se presentan con mayor frecuencia en el manejo de insectos plaga y podría contribuir a concientizar a los productores y técnicos el respeto al medio ambiente.

Con todo lo anterior, la modelización espacial con geoestadística y con la creación de la aplicación móvil y el uso de esta, se va a poder reducir significativamente la aplicación de productos químicos. Por lo tanto, habrá una reducción en la contaminación del medio ambiente. Con la implementación de estas metodologías y la aplicación móvil se pretende que a mediano y largo plazo el aguacate logre ser un producto más inocuo. Y a largo plazo se podría lograr tener una región aguacatera más sustentable, y posteriormente, podría tender hacia la sustentabilidad.

Así mismo, se asegurará una actividad responsable hacia la salud y bienestar de los trabajadores y consumidores. De esta manera se mantendrá la confianza del cliente en cuanto a calidad y seguridad de alimentos.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se logró desarrollar una aplicación móvil para el manejo de problemas fitosanitarios en el cultivo de aguacate, aplicación que se encuentra disponible en la tienda de aplicaciones Play Store: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.uaemex.ahuacatl>. La aplicación es gratuita y se puede instalar en los dispositivos móviles como: celulares inteligentes o tabletas. La aplicación está diseñada sólo para el cultivo de aguacate y comprende las plagas y enfermedades más comunes en dicho cultivo.

Con la aplicación se puede determinar la distribución y comportamiento espacial de los problemas fitosanitarios que atacan al cultivo de aguacate en tiempo real, mostrando los datos en semivariogramas y mapas de densidad.

El GPS funciona sin la necesidad de conectarse a una red de internet o con los datos móviles del celular. Por lo que, el usuario podrá tomar las coordenadas geográficas de sus sitios de estudio. Esto le permitirá realizar sus muestreos en tiempo real y así decidir de manera oportuna que método o estrategia implementar en las zonas que están siendo afectadas por algún problema fitosanitario.

Al conocer cómo se encuentra distribuida una plaga permite actuar de manera oportuna, dirigiendo de esta manera algún método de control en las zonas que están siendo afectadas. De esta manera, las aplicaciones de pesticidas ya no serán dirigidas en toda la parcela, por lo que se generará un ahorro económico.

Así mismo, se logró determinar la distribución espacial de *Hemiberlesia lataniae* en tres municipios productores de aguacate Hass en el Estado de México. Para conocer el patrón espacial de *H. lataniae*, se elaboraron mapas de densidad para las tres zonas de estudio. Con ello se logró estimar la superficie infestada por este insecto y la distribución de este dentro de las parcelas. Los resultados mostraron que *H. lataniae* se distribuye de forma agregada en

todos los huertos de estudio y con los semivariogramas obtenidos permitió conocer el comportamiento de la plaga. Los semivariogramas se ajustaron a modelos esférico, exponencial y gaussiano.

La dependencia espacial en todos los casos fue alta, lo que indica que existe una relación fuerte entre los datos muestreados.

El uso de estas herramientas contribuye al conocimiento y explicación del comportamiento de diversas especies en tiempo y espacio.

Este tipo de estudios y la creación de la aplicación móvil conllevan a importantes ahorros económicos a los productores, además, de representar un menor impacto ambiental al disminuir los pesticidas empleados en diversas plagas o enfermedades.

Estas técnicas permiten fortalecer los programas de control dentro del cultivo. Ya que la distribución de los insectos puede variar de un punto a otro, esto se ve influenciado por factores bióticos y abióticos.

Así mismo, el patrón espacial que siguen las plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas a través del tiempo es un aspecto importante que debe considerarse dentro del manejo de los cultivos. Ya que el control químico a través del uso de insecticidas en un huerto tiene como consecuencia directa en el aumento de los costos de producción, contaminación potencial del entorno y de cursos de aguas superficiales y subterráneas.

Además, del mayor riesgo de los aplicadores a la exposición de los químicos y así mismo, el efecto sobre la macro y microflora y fauna del huerto. Por otra parte, genera resistencia de las plagas y el nivel de residuos de insecticidas en productos de consumo es alto, lo que ha provocado enfermedades graves en los consumidores.

X. Bibliografía

Acosta, A. D., Ramírez, J. F., Rivera, R., Figueroa, D. K., Lara, A. V., Maldonado, F. I. y Tapia, A. (2017). Distribución espacial de *Trips* spp. (Thysanoptera) y Evaluación de

su control mediante el depredador *Amblyseius swirskii* en el cultivo de aguacate en México. *Bio One*, 42(2): 435-446. <https://doi.org/10.3958/059.042.0214>

Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. 5th Edition. Academic Press, USA.

Apostolos, P. A., Aguilar, A. T. y García-Marí, F. (2010). Influence of host size on parasitism by *Aphytis chrysomphali* and *A. melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) in Mediterranean populations of California red scale *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae). *Biological Control*, 5(2): 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.07.010>

Barrientos-Priego, A. F. y López-López, L. (2000). El aguacate y su manejo integrado. 2ª (Ed.) Ediciones Mundi-Prensa. DF México. pp. 22-62.

Ben-Dov, Y. y Miller, D. (2011). ScaleNet Web Site. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.html>.

Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T. Karlen, D., Turco, R. y Konopka, A. (1994). Field scale variability of soil properties in central iwa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1501-1511. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>

Carbajal, A. y Martos, A. (2019). Parasitismo de *Encarsia citrina* (Signoret) sobre *Hemiberlesia lataniae* (Crawford) (Hemiptera: Diaspididae), en cultivo de “palto”. *Agroindustrial Science*, 10(1): 49-54. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.07>

Castañeda, V. A., Espíndola, B. M.C., Equihua, M.A. y Valdez, C. J. (2015). Insectos barrenadores de frutos, ramas y tallos del aguacate. Gobierno del Estado de México, ICAMEX, Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. México, 72 pp.

Cerdas, A. M., Del M, M., Calderón, M., y Diaz C, M. E. (2006). Manejo Pre y Pos cosecha de Aguacate (*Persea americana*). San José, Costa Rica: C.R.: MAG. Obtenido de Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/aguacate-2006.pdf

- Cigliano, M. M., y Torrusio, S. (2003). Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en Entomología: Aplicación en tucuras y langostas (Orthoptera: Acridoidea). *Revista Sociedad Entomológica Argentina*, 62, 1-14.
- Collier, T. R. (1995). Host feeding, egg maturation, resorption, and longevity in the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera:Aphelinidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(2): 206-214. <https://doi.org/10.1093/aesa/88.2.206>
- Coria, A. V. (1993). Principales Plagas del Aguacate en Michoacán. INIFAP, SARH. Uruapan: CIPAC.
- Coria-Ávalos, V. M. (1999). Ciclo de vida, fluctuación poblacional y control del barrenador de la semilla del aguacate (*Conotrachelus perseae* Barber, *C. aguacatae* B.) (Coleoptera: Curculionidae) en Ziracuaretiro, Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 313-318.
- Coria, V. M., Pescador, A., López, E., Lezama, R., Salgado, R., López, M. Muñoz, J. (2007). Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate). Autoecología del barrenador de ramas *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) del aguacate en Michoacán, México. Viña Del Mar, Chile. 12-16. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Cosmoagro, (2018). Sitio web: <https://www.cosmoagro.com/web/>. (Consulta: 17 de julio 2021).
- Damián, N. A., Hernández, C. E., Sotelo, N. H., Villegas, T., Díaz, V. G., y Palemón, A. F. (2015). Dinámica poblacional del barrenador de ramas *Copturus aguacatae*.
- De Luigi, V., Furlan, L., Palmieri, S., Vettorazzo M, Zanini, G., Edwards, C. R., y Burgio, G. (2011). Result of WCR monitoring plans and evaluation of an eradication programme using GIS and Indicator Kriging. *Journal of Applied Entomology* (135), 38-46.
- Duarte, F., Calvo, M. V., Borges, A. y Scatoni, I. B. (2015). Geostatics applied to the study of the spatial distribution of insects and its use in integrated pest management. *Revista*

Agronómica del Noreste Argentina, 35(2): 9-20.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Geostatistics-applied-to-the-study-of-the-spatial-Duarte-Calvo/685d6530feea1fc03bd115b98dab87ee0fbb65?p2df>.

Eisen, L., y Eisen, R. J. (2011). Using geographic information systems and decision support systems for the prediction, prevention, and control of vector-borne diseases. *Annual review of entomology*, 56, 41-61.

Equihua, M. A., Estrada, V. G., y González, H. H. (2007). Plagas del aguacate. En el cultivo de aguacate y su manejo integrado. México D.F: Mundiprensa S.A de C.V.

Evans, G. A., Watson, G. W. y Miller, D. R. (2009). A new species of armored scale (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) found on avocado fruit from Mexico and a key to the species of armored scales found on avocado worldwide. *Zootaxa*, 1991(1):57-68. <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.1991.1.5/47986>

Faber, B. A. y Phillips, P. A. (2003). Avocado armored scale. UC IPM management guidelines: avocado. UC ANR Publication 3436. 5 p.
<https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/avocado/Soft-scales/>

Flores, R., Isiordia, N., Robles, A., Ortega, O., Pérez, R., y Ramos, A. (2011). Ácaros fitófagos asociados a frutales en la zona centro de Nayarit. *Fuente*, 2(7), 25-33.

Gallardo, A. (2006). Geoestadística. *Ecosistemas* 15(3): 48-58.

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/161>

Galindo, M. E., y Arzate, A. M. (2010a). Consideraciones sobre el origen y primeras dispersiones del aguacate (*Persea americana*, Lauraceae). *Cuadernos de Biodiversidad*, 33, 11-15.

Galindo-Tovar, M. E., Ogata-Aguilar, N., y Arzate-Fernández, A. M. (2008). Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genet. Resour. Genet. Resour. Crop. Evol*, 55, 441-150.

- Gazit, S., y Degani, C. (2007). Biología reproductiva. En: Whiley A, Schaffer B Wolstenholme B, editores. El palto, botánica, producción y usos. Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso, Chile.
- Guerreros- Espinoza, M. (2017). Tesis Quitosano y almidón como recubrimiento biodegradable para prolongar la vida útil en palta (*Persea americana* Mill.) cultivar fuerte”. UNAS- Arequipa.
- Gómez, S. (2002). Cría masiva de *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae) depredador de la cochinilla roja de las palmeras (*Phoenicococcus marlatti* Cockerell). Boletín Sanidad Vegetal Plagas, 28: 167-176. <https://www.semanticscholar.org/paper/Cr%C3%ADa-masiva-de-%22Rhyzobius-lophantae%22-Blaisdell-de-Vives/cc73bfa408f2b90739068a2ce31e1dc191125e3c>
- González-Olmos E, 2012. Estudio Geoestadístico de la distribución espacial de adultos de araña roja (*Oligonychus punicae* Hirst) y su daño sobre el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la zona oriente del Estado de Michoacán, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMex. 117 pp.
- Heraty, J. M., Polaszek, A. y Schauff, M. (2008). Systematic and biology of *Encarsia*. In: Gould, J., Hoelmer, K. y Goolsby, J. (Eds). Classical Biological Control of *Bemisia Tabaci* in the United States (pp. 71-87). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6740-2_4
- Hevesi, J., Istok, J., y Flint, A. (1992). Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis. *J. Appl. Meteorol*, 31, 661-676.
- Hernández A. 2011. Respuesta del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) a la fertilización en Nuevo San Juan Parangaricutiro. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis profesional. 60 P.
- Isaaks, E. y Srivastava, R. M. (1989). *An introduction to applied Geostatics*. Oxford University Press.

https://www.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=273091&pid=S0065-1737201300030000700016&Ing=es

Jiménez, R., Ramírez R, Sánchez, J., Salgado M, y Laguna A. 2014. Modelización espacial de huevos de Thrips (Thysanoptera: *Frankliniella occidentalis*) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 46 (1): 29-44.

Johansen, R., Mojica, G., y Ascensión, B. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos tisanópteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). *Revista Chapingo Serie. Horticultura* 5 (Núm. Esp.): 279-285.

Journel, A. y Huijbregts. (1978). *Mining Geostatistics*. 2nd ed. Academic Press. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0188-6266201800050002400012&Ing=en

Lara-Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Morales-Rosales, E., Figueroa-Figueroa, D. K., Acosta-Guadarrama, A. D. y Rivera-Martinez, R. (2018). Distribución Espacial de Araña Roja *Oligonychus punicae* Hirst en el Cultivo del Aguacate, en dos Municipios del Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 43(3):743-759. <https://doi.org/10.3958/059.043.0320>

Larral, P., Ripa, R., Funderburk, J., López, E. (2018). Population abundance, phenology, spatial distribution and a binomial sampling plan for *Heliothrips haemorrhoidalis* (Thysanoptera: Thripidae) in avocado. *Revista Florida Entomologist*, 101(2):166-171. <https://doi.org/10.1653/024.101.0203>

Lavaire, E., & Morazán, F. 2013. Manual Técnico del Cultivo de Aguacate en Honduras. Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario de la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG), 17-20.

Lemus-Soriano, B. A. (2018). Insectos Chupadores (Hemiptera) del aguacate. Serie Frutales, 43. Artículos Técnicos del Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura.

- México. 4 p. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/insectos-chupadores-hemiptera-del-aguacate>.
- Liebhold, M., Rossi, E. y Kemp, P. 1993. Geostatistics and Geographic Information Systems in applied Insect Ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 303-327.
- Maldonado, F. I., Ramírez, J. F., Rubí, M., Nemiga, A. y Lara, A. V. (2016). Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4): 845-856. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i4.259>
- Moral, F. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Revista científica y de ecología y medio ambiente ecosistemas*, 13(1), 78-86. Obtenido de <http://www.ecosistemas.net/articulo.asp?Id=167>
- Myartseva, S. N. y González-Hernández, A. 2008. Descripción de dos especies nuevas de *Encarsia Förster* (Hymenoptera: Aphelinidae) y nuevos registros de especies de este género para Chiapas y Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(2):101-114. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0065-17372008000200007&Ing=es&tlng=es
- Navea, D. y Vargas, R. 2012. Parasitoidism rate and life table parameters of *Aphytis diaspidis* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) (Hemiptera: Diaspididae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(3): 338-344. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000300006>
- Olivares, N. (2017). Escama blanca del palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Entomología- Plagas en Frutales. Ficha Técnica 18. <https://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/FichasT/NR42081.pdf>
- Park, Y. L., Krell, R. K. y Carroll, M. (2007). Theory, technology and practice of sites-specific insect pest management. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 10: 89-101. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60337-4](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60337-4)

- Peña, J. (2008). Plagas de palto en Florida. pp. 310-313. En: R. Ripa; P. Larral. (Eds). Manejo de plagas en Paltos y Cítricos (pp. 310-316). Gobierno de Chile, Ministerio de agricultura, Colección libros INIA, N° 23. http://www.avocadosource.com/books/ripa2008/Ripa_Chapter_11c.pdf
- Ponsonby, D.J. y Copland, M. (2000). Environmental effects on the development and survival of the scale insect *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret) (Homoptera:Diaspididae) with reference to its suitability for use as a host for rearing biological control agents. *Biocontrol Science and Technology*, 10:583-594. <https://doi.org/10.1080/095831500750016389>
- Quiñones, R., Sánchez J.R., Pedraza-Esquivel, A.K., Castañeda A., Franco O. 2016. Distribución espacial de la roya transversal (*Uromyces transversalis*) del gladiolo durante el ciclo primavera-verano en la región sureste del estado de México. *Rev. FCA UNCUYO*. 48: 209-220.
- Ramírez J.F., Sánchez 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. *Revista Mexicana de Fitopatología*; 29:1-14
- Rodríguez, L., E.S., González, P., J.M. Y Mayek, P., N. 2009. La Infección de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. en Aguacatero (*Persea americana* Mill.): Aspectos Bioquímicos y Genéticos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 27:53-63.
- Ripa, R., Larral, P., Rodríguez, S. (2007a). Manejo integrado de plagas (MIP) Ripa, R., Larral, P. (eds). Manejo de plagas en paltos y Cítricos (pp. 41-50). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/cit-16-manejo-de-plagas-en-paltos-y-cc3adtricos.pdf>
- Ripa, R., Vargas, R., Larral, P. y Rodríguez, S. (2007b). Manejo de las principales plagas del Palto. *Revista Tierra Adentro*, 73:29-33. http://www.avocadosource.com/journals/TierraAdentro_2007_73_29-33.pdf

- Rivera, R., Ramírez, J.F., Rubí, M., Domínguez, A., Acosta, A.D. y Figueroa, D.K. (2017). Modelización espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana*). *Revista Colombiana de Entomología*, 43(2): 131-140. <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i2.5933>
- Rodríguez, S. (1992). El Aguacate. (S.A., Ed.) México. D.F: AGT.
- Rosii, R., Mulla, J., Journel, G. y Franz, H. (1992). Geostatistical Tools for Modeling and Interpreting Ecological Spatial Dependence. *Ecological Monographs*, 62(2): 277-314. <https://doi.org/10.2307/2937096>
- Rugman-Jones, P. F., Morse, J. G. y Sthoutamer, R. (2009). Rapid molecular identification of armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) on Mexican “Hass” avocado. *Journal of Economic Entomology*. 102(5):1948-1953. <https://doi.org/10.1603/029.102.0527>
- Samper, F. y Carrera, J. (1996). Geoestadística: aplicaciones a la hidrología subterránea. 2ª ed. Centro internacional de Métodos de Ingeniería. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=273123&pid=S0065-1737201300030000700032&Ing=es
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). Estadísticas de Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap>
- Smith, C. E. (1966). Archaeological evidence for selection in avocado. *Econ.Bot.*, 20, 169-175.
- Stocks, I. C. y Evans, G. A. (2017). Armored scales (Hemiptera: Diaspididae) infesting Hass avocado intercepted in Florida and new parasitoid-host association for *Davidsonaspis aguacatae*. *Florida Entomologist*, 100(2): 491-494. <https://doi.org/10.1653/024.100.0244>
- Tamayo P, J. (2005). Enfermedades del Aguacate. Ponencia, México.

- Tamayo, P. J. (2008). Tecnología para el cultivo del aguacate: enfermedades y desórdenes abióticos. Corpoica. Promedios.
- Urías-López, M. A., Osuna-García, J. A., Vázquez-Valdivia, V. y Pérez-Barraza, M. H. (2010). Fluctuación poblacional y distribución de la escama blanca del mango (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) en Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(2): 77-82. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S1027-152X2010000200002&Ing=es&tIng=es>
- Urías, M. A., y Salazar, G. S. (2008). Poblaciones de gusano telarañero y barrenador de ramas en huertos de aguacate ‘hass’ de Nayarit, México. *Agricultura Técnica en México*, 34(4), 431-441.
- USDA. 2019. Natural Resource Conservation Service. Consultado 3 de agosto 2021. <https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=PEAM3&display=31>
- Vargas, R. y Rodríguez, S. (2008). Escama latania. En Ripa, R., Larral, P. (Eds). Manejo de plagas en Paltos y Cítricos (pp. 163-170). Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, Colección libros INIA, N° 23. 400 p. http://www.avocadosource.com/books/ripa2008/ripa_chapter_08f.pdf
- Whiley, A., Schaffer, B., Wolstenholme B. 2002. The avocado. Botany Production and uses. CABI. United Kingdom. 416 pp.
- Wysoki, M., Van der Berg M. A., Ish-Am G, Gazit S., Peña J. E., Waite G. 2002. Pests and pollinators of avocado, p.223-294. In Peña J E, Sharp J L, Wysoki M (eds) Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control. United Kingdom, CABI Publishing, 448p.