

Comportamiento espacial de ojo de gallo *Mycena citricolor*, en cafetales del municipio de Sultepec; Estado de México

Esther Pino Miranda¹
José Francisco Ramírez Dávila²
Rodolfo Serrato Cuevas²
Jaime Mejía Carranza³

Introducción

El café es una de las bebidas más populares del mundo. Se dice que el café fue descubierto en Etiopía y llegó a México a finales del siglo XVI-II. El café durante muchos años fue considerado una bebida prohibida debido a su color, y el sabor tan fuerte que lo caracteriza, fue hasta que se supo de los beneficios del café que fue aceptado como bebida de consumo (SADER, 2015).

México es considerado como uno de los principales países productores de café orgánico del mundo, destinando 3.24% del total de la superficie cultivada de este producto, exporta 28,000 toneladas, además de tener 15 estados productores de café; al sur del país, Chiapas es el principal estado productor, aporta aproximadamente 41% del volumen nacional, seguido por Veracruz 24% y Puebla 15.3%. El país cuenta con un enorme potencial en la producción de café. De hecho, puede afirmarse que las condiciones ecológicas que se registran en las diferentes zonas productoras, le dan al país una vocación natural para el cultivo del aromático (SIAP, 2020). En el último par de años, el café mexiquense ha tenido un gran repunte, tanto en su producción como en su demanda. Actualmente, se registran cerca de 600 productores de café en la entidad, una superficie de alrededor de 531 hectáreas cultivadas Siendo los municipios de: San Simón de Guerrero, Tejupilco, Temascaltepec, Tlat-

¹ Estudiante del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. De la Universidad autónoma del Estado de México. Campus Experimental el Cerrillo. El Cerrillo Piedras Blancas s/n km 15 Carr. Toluca - Ixtlahuaca, entronque al Cerrillo, C.P. 50200; Toluca, Estado de México.

² Profesores e investigadores de la Facultad de Ciencias Agrícolas UAEMéx. Campus Experimental el Cerrillo. El Cerrillo Piedras Blancas s/n km 15 Carr. Toluca - Ixtlahuaca, entronque al Cerrillo, C.P. 50200; Toluca, Estado de México.

³ Profesor investigador del Centro Universitario UAEM Tenancingo. Carretera Tenancingo-Villa Guerrero. Km. 1.5. CP.5200.

laya, Sultepec, Amatepec y Tepetlixpa, donde más se produce puesto que son lugares con las características necesarias para una producción orgánica (SIAP, 2021).

A pesar de la relevancia del café, en México los productores generalmente enfrentan una serie de problemas que afectan directamente sus condiciones de vida, la productividad y la calidad del café que producen. Debido a la diversidad de condiciones de cultivo del café, existen problemas de plagas y enfermedades que afectan de manera diferente a los productores, según cada estado, región o municipio de que se trate (Ejecutivo, 2015). Una de las dificultades fitosanitarias de los cafetos es provocada por la enfermedad comúnmente conocida como Ojo de gallo, ocasionada por el hongo *Mycena citricolor*, observándose en plantaciones localizadas en rangos altitudinales entre los 900 a 1700 metros sobre el nivel del mar, condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre 20-22 °C, favorecen un acelerado incremento de la enfermedad; esta inicia paralelamente a las lluvias. El hongo sobrevive en lesiones que se observan sobre las hojas maduras, esporádicamente en frutos enfermos que quedan en la planta, dichas lesiones son de formato circular de color gris ceniza, de aspecto seco y aproximadamente de medio centímetro de diámetro (Anacafé, 2017). El mecanismo exacto del desarrollo de la infección de *Mycena citricolor* no está claro, sin embargo, se considera que la gema libera hacia la lámina foliar ácido oxálico que cambia el pH e induce la producción de enzimas que degradan las paredes celulares. Una vez establecido el hongo dentro de la planta, posiblemente utiliza el metabolismo de la misma para alimentarse, degradando la energía metabólica contenida en los carbohidratos de reserva, como sucede con otro tipo de hongos. Estudios preliminares de Vargas señalan que se requiere dos días desde la llegada de la gema a la lámina foliar hasta el desarrollo visual de la lesión, posteriormente entre 8 y 11 días para la formación de nuevas gemas con una temperatura diurna de 21.5°C y una nocturna de 18 °C con 90% de humedad relativa y luminosidad de 760 lux (SENASICA, 2014).

Se tienen pocos datos de las pérdidas causadas por esta enfermedad. En Puerto Rico se estimaron pérdidas del 75% en algunas áreas. Posteriormente, en Costa Rica se estimó que, de las 110,000 hectáreas de café sembradas, entre 10 y 15% están afectadas por ojo de gallo, lo que representó pérdidas por 10 millones de dólares a la caficultura nacional. En Guatemala, se reporta una incidencia de 49%, las pérdidas primarias (primer año de aparición de la enfermedad) (SAGARPA, 2014).

En México, algunos cafetales se encuentran infectados con *Mycena citricolor*, con una incidencia del 30%. Las precipitaciones altas se asocian con la aparición del ojo de gallo, principalmente entre marzo y mayo. La enfermedad es monitoreada desde 2017 por el Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria del Estado de México (SENASICA, 2017).

La geoestadística se refiere al conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para el estudio de variables numéricas distribuidas en el espacio. Para Journel y Huijbregts (1978), es simplemente la aplicación de la teoría de funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales. La geoestadística se ha convertido en una herramienta útil para explicar la variación de propiedades en el espacio y su uso se ha generalizado recientemente donde se analizan hechos geográficos, debido a la posibilidad de conocer, entre otros, el rango de influencia de la propiedad, estimar su valor en sitios donde no existe información y, por último, calcular el error de la estimación efectuada (González, 2007). El estudio tuvo como objetivo recolectar datos que permitieron comprender la distribución espacial y las densidades poblacionales de *Mycena citricolor*, en cultivos de café del Municipio de Sultepec; Estado de México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Sultepec, siendo uno de los principales productores de café ubicado al sur del Estado de México. El muestreo se conformó por 6 parcelas con un área de 5,000 m², que contenían cafetos de las variedades Typica y Caturra, un sombreado que varió entre el 30 y 60% de la superficie total, en la mayoría de las parcelas el manejo de podas tanto en árboles de sombra como en los cafetos no se llevó a cabo, el tipo de producción de todas las parcelas fue convencional. Para la toma de muestras, las parcelas se dividieron en cuadrantes de diez por diez metros, obteniendo un total de cincuenta cuadrantes, de los cuales se seleccionaron cuatro árboles al azar, dando un total de 200 árboles, los cuales fueron marcados y georreferenciado con el Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) modelo Trimble SPS361, para ubicar y muestrear las mismas plantas durante el levantamiento de datos. Para el muestreo de la enfermedad Ojo de gallo se seleccionó una rama por punto base y de cada rama se tomaron tres hojas, esto se hizo en los estratos inferior, medio y superior de la planta, se muestrearon 12 hojas por estrato, para un total de 36 hojas por cafeto. Posteriormente, se indicó el número de hojas que presentaron la enfer-

medad y los datos recopilados se ingresaron en una base de datos. Este proceso se realizó cada 14 días desde septiembre del 2020 hasta febrero del 2021.

Estadística clásica

En la investigación se utilizaron los dos métodos que generalmente establecen la distribución espacial de los individuos, binomial negativa y Poisson e índices de dispersión (de Dispersión y de Green). El modelo binomial negativo negativos son probablemente las distribuciones más utilizadas para modelar fenómenos de agrupamiento, es decir, poblaciones infecciosas o agrupadas (Espinoza *et al.*, 2019). Con los resultados obtenidos se obtuvo el tipo de distribución que presenta Ojo de gallo dentro de las parcelas. Posteriormente, los resultados obtenidos mediante estos métodos estadísticos clásicos se compararon con los obtenidos mediante estadística espacial.

Análisis Geoestadísticos

El análisis geoestadístico se conformó de los siguientes pasos: a) estimación de semivariograma; b) estimación de los parámetros de semivariograma; y c) estimación de la distribución espacial utilizando puntos a través de kriging (Esquivel y Jasso, 2014).

Estimación del semivariograma

Se llevó a cabo con los datos recopilados en los sitios de muestreo del Municipio. El valor experimental del semivariograma se calculó según la siguiente fórmula: (Isaaks y Srivastava, 1988).

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

donde: $y^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h . $N(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h ; $z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestreo x_i , y $z(x_i + h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral $x_i + h$ (Esquivel y Jasso, 2014). Estimación del semivariograma experimental de cada uno de los muestreos,

se empleó el programa Variowin 2.2 (software para análisis de datos espaciales en 2D. Spring Verlag, Nueva York; USA.). El semivariograma experimental se adecuó a algún semivariograma teórico. Los modelos teóricos comúnmente usados para adecuar los semivariogramas experimentales son: esférico, exponencial, gaussiano, logarítmico, efecto pepita puro, efecto agujero y el monómico (Rivera *et al.*, 2017).

Validación del modelo teórico

En este punto se estimaron las diferencias entre valores experimentales y estimados con los estadísticos de validación cruzada (Hevesi *et al.*, 1992; Isaaks y Srivastava, 1989). Los parámetros a validar fueron (efecto pepita, meseta y rango) se modificaron con el procedimiento de ensayo y error hasta obtener estadísticos de validación cruzada adecuados.

Nivel de dependencia espacial

Se calculó con el fin de determinar la fuerza de la relación entre los datos obtenidos en los muestreos. El valor se consigue al dividir el efecto pepita entre la meseta, expresado en porcentaje: menor a 25% es alta, entre 26 y 75% es moderada y superior al 76% bajo (Lara *et al.*, 2018).

Elaboración de mapas

Se realizó mediante la interpolación de valores a través del “krigeado” ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados. Las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada parcela muestreada utilizando el programa Surfer 16.0 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA).

Superficie infectada

Para lograr esto, se utilizó el programa Surfer16.0. (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA). donde se obtuvo el porcentaje real y la superficie en la cual se encuentra la enfermedad dentro de los mapas elaborados.

Ahorro económico

Esta parte del ahorro económico se logró conociendo la superficie infectada por el hongo, realizando cálculos numéricos donde se elaboraron

tablas donde se muestra la proporción de aplicaciones de agroquímicos en virtud al porcentaje real de infección. Asimismo, se realizó una estimación para lograr ahorros ecológicos al reducir el uso de químicos.

Resultados y discusión

A los datos obtenidos en los diferentes muestreos se les aplico métodos estadísticos clásicos y geoestadísticos para determinar el tipo de comportamiento espacial que presenta *Mycena citricolor* dentro de cada una de las parcelas monitoreadas. Los resultados obtenidos por cada método se discuten en una sección específica.

Estadística clásica

El Cuadro 1 muestra el tipo de distribución espacial que presenta ojo de gallo en cada una de las parcelas muestreadas dentro del municipio de Sultepec; en el caso del apartado del índice de dispersión se observan valores superiores a uno en la mayoría de los muestreos realizados, de igual forma existen cifras menores a uno (coloreados en rojo), Ramírez y Figueroa (2013) indicaron en su estudio que se presenta una distribución agregada cuando se obtienen valores mayores a uno, pero al presentar valores inferiores indica una distribución espacial aleatoria. Para el índice de Green en las parcelas mostro valores mayores a cero (agregados) y valores igual a cero (aleatoriedad), los autores Malhado y Petreire (2004) señalaron que este es el índice discreto más adecuado, sin embargo, tiene una desventaja, que no cuenta con varianza, lo que impide el cálculo de límites de significancia, y por lo tanto no es factible la representación de puntos agregados.

Con los modelos de distribución de Poisson (aleatorio) y Binomial negativa (agregados), se obtuvieron algunos resultados (coloreados en rojo) significativos (S) para ambos modelos indicando que se presentan ambas distribuciones para el mismo muestreo y en algunos otros no se ajustó (NA) para ninguno de los modelos. En los resultados coloreados en negro fueron no significativos (NS) para Poisson, pero significativos (S) para Binomial negativa indicando una distribución agregada en aquellos muestreos. Silva *et al.* (2016) indica que el modelo binomial negativo es probablemente la distribución más utilizada para modelar fenómenos de agrupamiento (es decir, poblaciones infecciosas o agrupadas).

Cuadro 1. Tablas de los índices de dispersión y distribuciones estadísticas de *Mycena citricolor*; de las 6 parcelas del municipio de Sultepec. A) Parcela 1

Fecha	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	<i>k</i>
Sep-1	0.54ns	0.52	NS	S	7.25
Sept-2	2.64s	0	NA	NA	-
Oct-1	1.79s	0.15	NS	S	1.06
Oct-2	1.50s	0.68	NS	S	2.87
Nov-1	2.33s	0	NS	S	1.35
Nov-2	0.79ns	0.53	NS	S	4.70
Dic-1	1.94s	0	NS	S	8.39
Dic-2	2.07s	0.93	NS	S	3.06
Ene-1	1.28s	0.61	NS	S	8.44
Ene-2	1.16s	0.23	NA	NA	-
Feb-1	1.71s	0.48	NA	NA	-
Feb-2	0.37ns	0.66	NS	S	6.14

S = Significativa; NS = No Significativa; nivel de significación al 5%; NA = No Ajustada. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 1. Continuación. B) Parcela 2

Fecha	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	<i>k</i>
Sep-1	1.62s	0.31	NS	S	3.24
Sept-2	1.94s	0	NA	NA	-
Oct-1	1.26s	0.95	NS	S	6.65
Oct-2	1.09s	0.63	NS	S	2.90
Nov-1	1.53s	0	S	S	33.61
Nov-2	2.75s	0.32	S	S	41.07
Dic-1	0.83ns	0.64	NS	S	8.12
Dic-2	1.48s	0.82	NS	S	10.77
Ene-1	0.65ns	0.80	NA	NA	-
Ene-2	2.39s	0.47	NS	S	6.40
Feb-1	1.76s	0.24	NS	S	3.17
Feb-2	2.97s	0.15	NS	S	9.03

S = Significativa; NS = No Significativa; nivel de significación al 5%; NA = No Ajustada. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 1. Continuación. C) Parcela 3

Fecha	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	k
Sep-1	1.66s	0.21	NS	S	4.05
Sep-2	2.79s	0.64	NS	S	1.11
Oct-1	0.67s	0.76	S	S	29.57
Oct-2	2.14s	0.44	NS	S	3.74
Nov-1	2.73s	0.19	NS	S	2.03
Nov-2	0.22s	0	NS	S	8.47
Dic-1	1.44s	0.94	S	S	38.17
Dic-2	1.82s	0.52	NS	S	6.18
Ene-1	2.79s	0	NS	S	10.31
Ene-2	2.33s	0.61	NS	S	2.55
Feb-1	1.69s	0.18	NS	S	3.84
Feb-2	0.58s	0.85	NS	S	7.26

S = Significativa; NS = No Significativa; nivel de significación al 5%; NA = No Ajustada. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 1. Continuación. D) Parcela 4

Fecha	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	k
Sep-1	2.34s	0.92	S	S	40.16
Sep-2	2.16s	0.35	NS	S	5.45
Oct-1	2.11s	0	NS	S	1.26
Oct-2	1.68s	0.49	NS	S	6.89
Nov-1	1.41s	0.12	NS	S	2.41
Nov-2	1.77s	0	NS	S	5.02
Dic-1	2.68s	0	NA	NA	-
Dic-2	0.53s	0.37	NS	S	7.14
Ene-1	1.80s	0.59	NS	S	8.15
Ene-2	1.57s	0	NA	NA	-
Feb-1	0.49s	0.25	NS	S	3.13
Feb-2	1.84s	0.40	NS	S	1.07

S = Significativa; NS = No Significativa; nivel de significación al 5%; NA = No Ajustada. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 1. Continuación. E) Parcela 5

Fecha	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	<i>k</i>
Sep-1	1.58s	0.84	S	S	28.51
Sep-2	1.82s	0.21	NS	S	10.05
Oct-1	1.90s	0.36	S	S	38.58
Oct-2	2.44s	0.49	NS	S	7.23
Nov-1	0.66ns	0.77	NS	S	4.11
Nov-2	1.27s	0	NS	S	2.87
Dic-1	2.13s	0.35	NS	S	1.43
Dic-2	0.79ns	0.72	NA	NA	-
Ene-1	2.78s	0.96	NS	S	2.07
Ene-2	1.59s	0	NS	S	1.76
Feb-1	2.52s	0.75	NS	S	0.58
Feb-2	0.25ns	0.52	NS	S	1.33

S = Significativa; NS = No Significativa; nivel de significación al 5%; NA = No Ajustada. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 1. Continuación. F) Parcela 6

Fecha	Índice de dispersión	Índice de Green	Poisson	Binomial negativa	<i>k</i>
Sep-1	1.25s	0	NS	S	2.19
Sep-2	1.79s	0.51	NS	S	0.46
Oct-1	1.34s	0.88	NA	NA	-
Oct-2	0.67ns	0	NS	S	1.76
Nov-1	2.78s	0.62	NA	NA	-
Nov-2	0.52ns	0.57	NS	S	3.44
Dic-1	2.91s	0.21	NS	S	6.01
Dic-2	2.55s	0.94	NS	S	5.42
Ene-1	0.31ns	0.68	NS	S	2.85
Ene-2	1.30s	0.73	NS	S	1.08
Feb-1	2.11s	0.65	S	S	28.32
Feb-2	1.44s	0.81	NS	S	0.87

S = Significativa; NS = No Significativa; nivel de significación al 5%; NA = No Ajustada. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

En el último índice k se observan valores que van desde 0.46 a 41.07, de acuerdo a Ramírez y Figueroa (2013) mencionan que el factor k es un indicador de agregación débil cuando los valores son elevados.

La estadística clásica muestra limitaciones debido a que algunos de los datos obtenidos no son claros y en algunos casos los mismos muestreos presentan ambos tipos de distribuciones (aleatoria y agrupada) o no se ajustan a ningún tipo de distribución (Espinoza *et al.*; 2019).

Estadística espacial

Se realizaron 72 modelos de semivariogramas que abarcaron cada uno de los muestreos realizados de septiembre 2020 a febrero 2021. En el Cuadro 2 se muestran las seis parcelas de estudio, se observa que para la parcela 1 la mayoría de los muestreos se ajustó a un modelo esférico excepto para los muestreos de Septiembre 1 y Noviembre 2 que se adaptaron al modelo gaussiano; para el caso de la parcela 2 solo el muestreo de Febrero 2 presentó un modelo gaussiano y para la otra totalidad fue esférico; en la parcela 3 gran parte de los muestreos se adecuaron al tipo esférico, solo Noviembre 2 y Diciembre 2 fueron gaussianos; la parcela 4 en Noviembre 2 y Diciembre 1 presentaron ajustes gaussianos y la otra parte presentaron modelos esféricos; por último la totalidad de los muestreos de las parcelas 5 y 6 se adaptaron a modelos esféricos. Ramírez *et al.* (2011) explican que los modelos esféricos y gaussianos muestran que la enfermedad se propaga desde una fuente primaria de inóculo, que se representa espacialmente en un patrón agregado. Los agregados obtenidos indican áreas dentro de la parcela donde la enfermedad provocada por *Mycena citricolor* se manifiesta con mayor intensidad en comparación con el resto de los puntos muestreados. Tapia *et al.* (2020) mencionan en su estudio de antracnosis en cultivo de aguacate, que los modelos de tipo gaussiano permiten explicar la variabilidad y la capacidad de diseminación de las enfermedades, es decir, que la aparición de la enfermedad en un árbol llevó a la infección de los árboles aledaños. En cuanto a los parámetros de ajuste que permiten la validación del modelo, es conveniente mencionar la importancia del rango, ya que explica el grado de correlación entre los datos muestreados, el efecto pepita que simboliza el origen del semivariograma, y la meseta es el mayor punto de intersección entre los datos; el grado de dependencia espacial se obtiene dividiendo el efecto pepita por la meseta, y el resultado es representado en porcentaje (Tapia *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Tablas de los Parámetros del semivariograma de los muestreos por parcela de *Mycena citricolor* de septiembre 2020 a febrero 2021 del municipio de Sultepec. Parcela 1

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta	Dependencia espacial
Sep-1	10.72	43.2980904523	Gaussiano	0	34.16	10.24	0	Alta
Sep-2	10.25	37.0125628141	Esférico	0	34.04	13.44	0	Alta
Oct-1	9.635	32.293241206	Esférico	0	29.37	12.8	0	Alta
Oct-2	9.36	29.2868341709	Esférico	0	27	12.8	0	Alta
Nov-1	8.845	25.1869095477	Esférico	0	22.2803	13.44	0	Alta
Nov-2	8.56	22.9009045226	Gaussiano	0	20.9292	10.24	0	Alta
Dic-1	8.02	19.4066331658	Esférico	0	17.6	14.912	0	Alta
Dic-2	7.885	18.1123366834	Esférico	0	16.6472	12.8	0	Alta
Ene-1	7.42	16.3654271357	Esférico	0	17.6	12.8	0	Alta
Ene-2	7.3	15.1859296482	Esférico	0	13.92	13.44	0	Alta
Feb-1	6.92	12.7473366834	Esférico	0	11.7	14.08	0	Alta
Feb-2	6.715	11.3203768844	Esférico	0	10.56	12.6	0	Alta

S= Significativa; NS= No Significativa; nivel de significación al 5%; NA= No Ajustada.
-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo.

Cuadro 2. Continuación. Parcela 2

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta	Dependencia espacial
Sep-1	4.94	25.0215075377	Esférico	0	24	13.666	0	Alta
Sept-2	4.89	23.947638191	Esférico	0	22.08	13.664	0	Alta
Oct-1	4.695	20.8160552764	Esférico	0	19.1583	13.23	0	Alta
Oct-2	4.64	19.5883417085	Esférico	0	17.8	13.86	0	Alta
Nov-1	4.45	17.1532663317	Esférico	0	15.84	15.071	0	Alta
Nov-2	4.335	15.7113316583	Esférico	0	14.4	13.326	0	Alta
Dic-1	4.215	14.3304271357	Esférico	0	13.65	10.71	0	Alta
Dic-2	4.15	13.5954773869	Esférico	0	13.02	10.613	0	Alta
Ene-1	4.02	12.2508542714	Esférico	0	12.09	10.951	0	Alta
Ene-2	3.975	11.8737437186	Esférico	0	11.64	13.666	0	Alta
Feb-1	3.785	10.4409798995	Esférico	0	9.504	9.6411	0	Alta
Feb-2	3.74	10.1833165829	Gaussiano	0	9.6	8.19	0	Alta

S=Significativa; NS= No Significativa; nivel de significación al 5%; NA= No Ajustada.
-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo.

Cuadro 2. Continuación. Parcela 3

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta	Dependencia espacial
Sep-1	11.325	48.9038944724	Esférico	0	43.12	14.08	0	Alta
Sept-2	11.14	45.0054271357	Esférico	0	40.5	14.72	0	Alta
Oct-1	10.71	40.1265326633	Esférico	0	38	13.981	0	Alta
Oct-2	10.49	36.1808040201	Esférico	0	34.2	13.44	0	Alta
Nov-1	9.905	29.7044974874	Esférico	0	27	10.88	0	Alta
Nov-2	9.62	25.6940703518	Gaussiano	0	24.44	10.24	0	Alta
Dic-1	9.145	21.732638191	Esférico	0	19.14	14.72	0	Alta
Dic-2	8.89	18.9526633166	Gaussiano	0	16.72	10.877	0	Alta
Ene-1	8.15	13.4748743719	Esférico	0	12.18	14.08	0	Alta
Ene-2	7.6	9.00502512563	Esférico	0	12.18	14.08	0	Alta
Feb-1	7.285	7.36057788945	Esférico	0	6.586	14.030	0	Alta
Feb-2	7.12	6.5583919598	Esférico	0	5.87378	14.08	0	Alta

S=Significativa; NS= No Significativa; nivel de significación al 5%; NA= No Ajustada.

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo.

Cuadro 2. Continuación. Parcela 4

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta	Dependencia espacial
Sep-1	5.515	25.0248994975	Esférico	0	22.25	14.08	0	Alta
Sept-2	5.545	21.4753517588	Esférico	0	18.48	15.36	0	Alta
Oct-1	5.285	18.8279145729	Esférico	0	17.2317	13.44	0	Alta
Oct-2	5.14	17.3471356784	Esférico	0	15.12	12.8	0	Alta
Nov-1	4.855	14.8180653266	Esférico	0	13.35	14.72	0	Alta
Nov-2	4.74	13.8516582915	Gaussiano	0	13.02	14.72	0	Alta
Dic-1	4.54	12.279798995	Gaussiano	0	11.31	14.72	0	Alta
Dic-2	4.41	11.2883417085	Esférico	0	10.44	14.72	0	Alta
Ene-1	4.17	10.0011055276	Esférico	0	9.2	12.8	0	Alta
Ene-2	4.06	9.22251256281	Esférico	0	9.016	13.44	0	Alta
Feb-1	3.825	8.08479899497	Esférico	0	8.019	10.24	0	Alta
Feb-2	3.655	7.21203517588	Esférico	0	7.056	9.4528	0	Alta

S=Significativa; NS= No Significativa; nivel de significación al 5%; NA= No Ajustada.
-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo.

Cuadro 2. Continuación. Parcela 5

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta	Dependencia espacial
Sep-1	10.275	32.1702261307	Esférico	0	30.69	13.44	0	Alta
Sept-2	10.01	29.236080402	Esférico	0	27.6	12.8	0	Alta
Oct-1	9.44	25.1421105528	Esférico	0	23.8403	12.8	0	Alta
Oct-2	9.125	22.5420854271	Esférico	0	16.2414	14.08	0	Alta
Nov-1	8.555	19.2029899497	Esférico	0	18.0307	14.08	0	Alta
Nov-2	8.28	17.0870351759	Esférico	0	16.2	14.72	0	Alta
Dic-1	7.775	14.3662060302	Esférico	0	13.5	14.08	0	Alta
Dic-2	7.55	12.8819095477	Esférico	0	12.22	13.44	0	Alta
Ene-1	7.08	10.9583919598	Esférico	0	10.2894	12.8	0	Alta
Ene-2	6.855	9.73263819095	Esférico	0	9.07338	13.44	0	Alta
Feb-1	6.515	8.51233668342	Esférico	0	7.69227	10.24	0	Alta
Feb-2	6.33	7.95085427136	Esférico	0	7.69227	10.24	0	Alta

S=Significativa; NS= No Significativa; nivel de significación al 5%; NA= No Ajustada.

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo.

Cuadro 2. Continuación. Parcela 6

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ meseta	Dependencia espacial
Sep-1	9.87	36.6664321608	Esférico	0	34.78	12.16	0	Alta
Sep-2	9.825	31.300879397	Esférico	0	29.5136	12.8	0	Alta
Oct-1	9.15	29.243718593	Esférico	0	27.115	12.8	0	Alta
Oct-2	8.925	26.8737437186	Esférico	0	25.11	12.16	0	Alta
Nov-1	8.4	23.0653266332	Esférico	0	21.39	11.52	0	Alta
Nov-2	8.21	21.0310552764	Esférico	0	19.95	12.16	0	Alta
Dic-1	7.63	17.6815075377	Esférico	0	16.34	13.44	0	Alta
Dic-2	7.35	15.4547738693	Esférico	0	14.72	13.44	0	Alta
Ene-1	6.955	12.9376633166	Esférico	0	12.22	12.8	0	Alta
Ene-2	6.585	11.2389698492	Esférico	0	10.68	13.44	0	Alta
Feb-1	6.235	9.61786432161	Esférico	0	8.97984	12.16	0	Alta
Feb-2	6.075	8.70288944724	Esférico	0	8.31198	19.2	0	Alta

S=Significativa; NS= No Significativa; nivel de significación al 5%; NA= No Ajustada.

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo.

El efecto pepita para cada uno de los muestreos fue de cero, que, de acuerdo a Venegas *et al.* (2021) indica que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue de 0. El rango osciló entre los 8.19 como mínimo y 19.2 como máximo. Finalmente, la dependencia espacial de todas las muestras dentro de la parcela de estudio es alta, lo que indica que ojo de gallo tiene una fuerte dependencia espacial; se considera que una variable tiene una fuerte correlación espacial si su valor es menor al 25%; si los valores se encuentran entre 25 y 75% se considera que la variable tiene correlación espacial moderada, en caso contrario la variable tiene correlación espacial débil (Espinoza *et al.*, 2019).

Mapas de densidad

Los 72 mapas obtenidos de la superficie infectada se generaron a través del Krigeado, para estimar los porcentajes de superficie infectada y los valores asociados a puntos no muestreados. En los mapas obtenidos se puede observar la superficie infectada por *Mycena citricolor* en las distintas parcelas estudiadas (Figura 1); señalando que la población de ojo de gallo está repartida en puntos céntricos de agregación, los cuales se conservaron en el tiempo que perduraron los muestreos, señalando que la enfermedad se encuentra en la zona de forma persistente y que está latente esperando las condiciones climáticas apropiadas para multiplicarse (Carvajal 1939, Ramírez 1994, Avelino *et al.*, 1999). En las parcelas el color rojo y azul indica mayor presencia de la enfermedad en los cafetos y el blanco señala la ausencia, mostrando que no existe una infección del cien por ciento de ojo de gallo dentro del cultivo. Los puntos de agregación se observan con mayor vista en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, disminuyendo en los siguientes meses debido al inicio de la temporada de sequías en el municipio. Tapia *et al.* (2020) menciona que los parches de infección presentes en los mapas, son los principales focos de infección de donde surge la enfermedad y desde donde se distribuye a toda la zona muestreada. Ramírez y Porcayo (2010), Tapia *et al.* (2020); concluyen en cada uno de sus estudios respectivamente sobre distribución espacial, que los mapas geoestadísticos obtenidos muestran ser adecuados y eficientes para el estudio del comportamiento espacial.

Figura 1. Mapas de infección de ojo de gallo en cafetales del municipio de Sultepec. A) Parcela 1

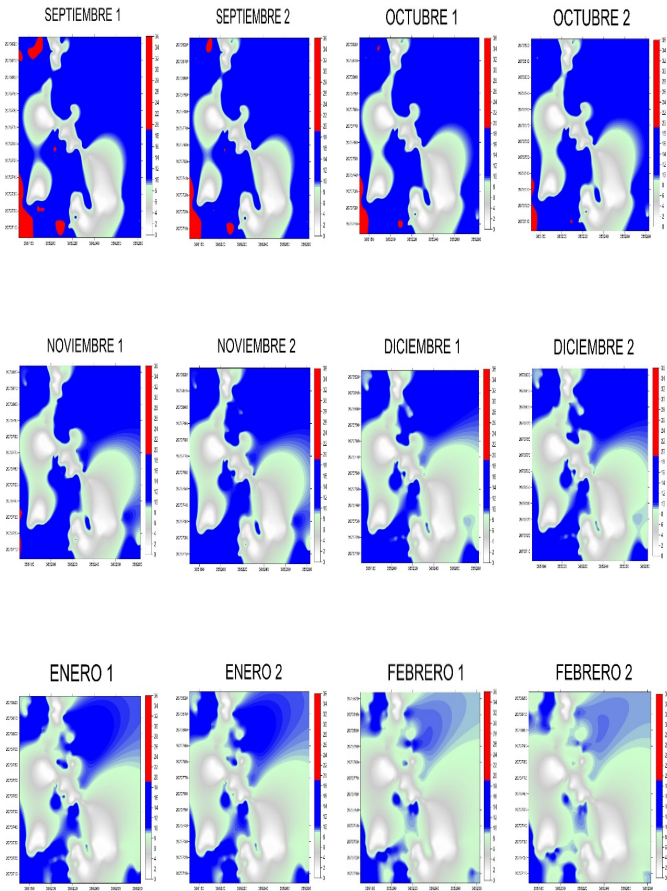


Figura 1. Continuación. Municipio de Sultepec. B) Parcela 2

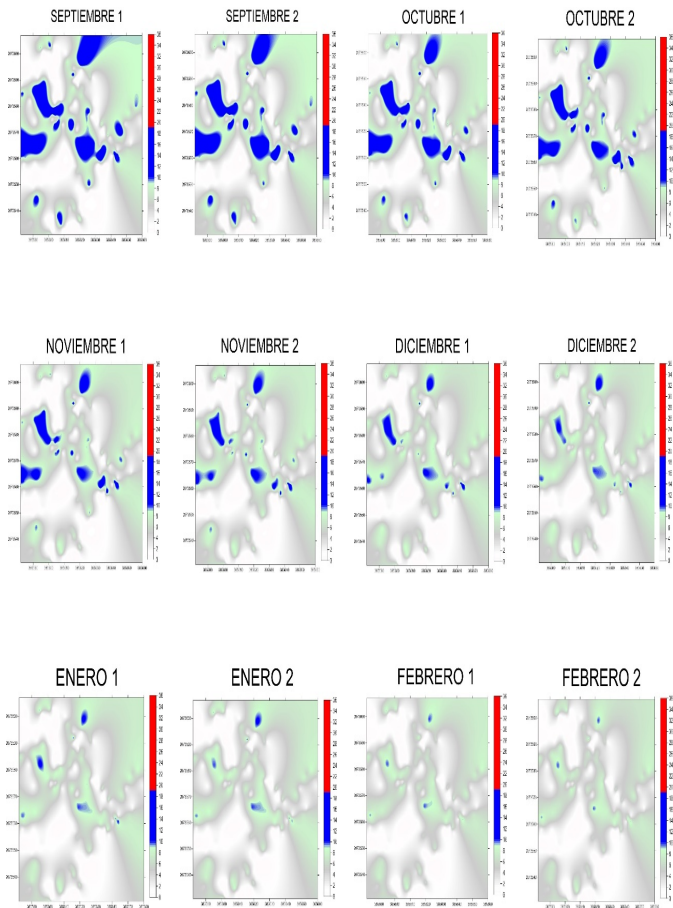


Figura 1. Continuación. Municipio de Sultepec. C) Parcela 3

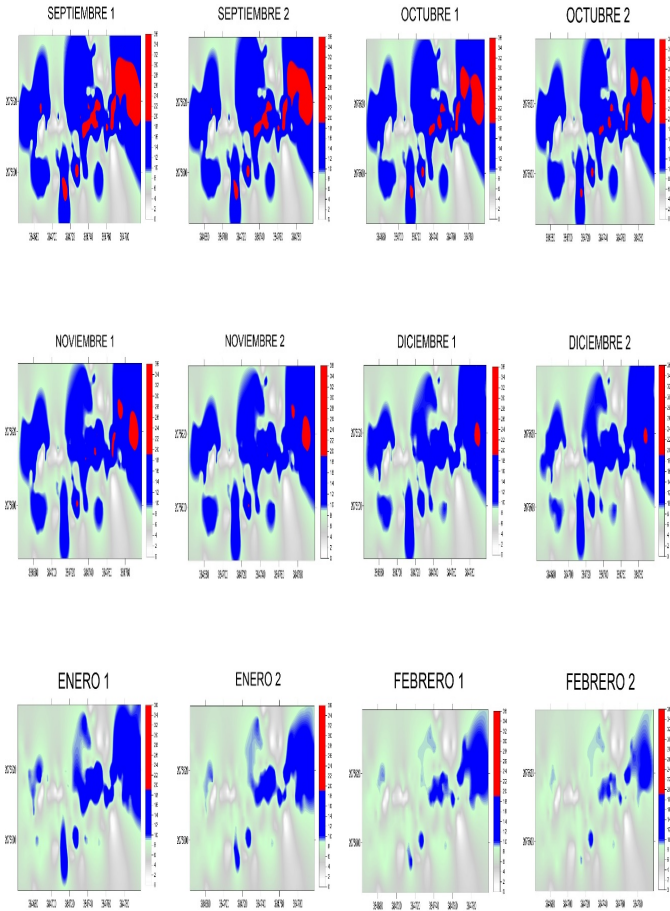


Figura 1. Continuación. Municipio de Sultepec. D) Parcela 4

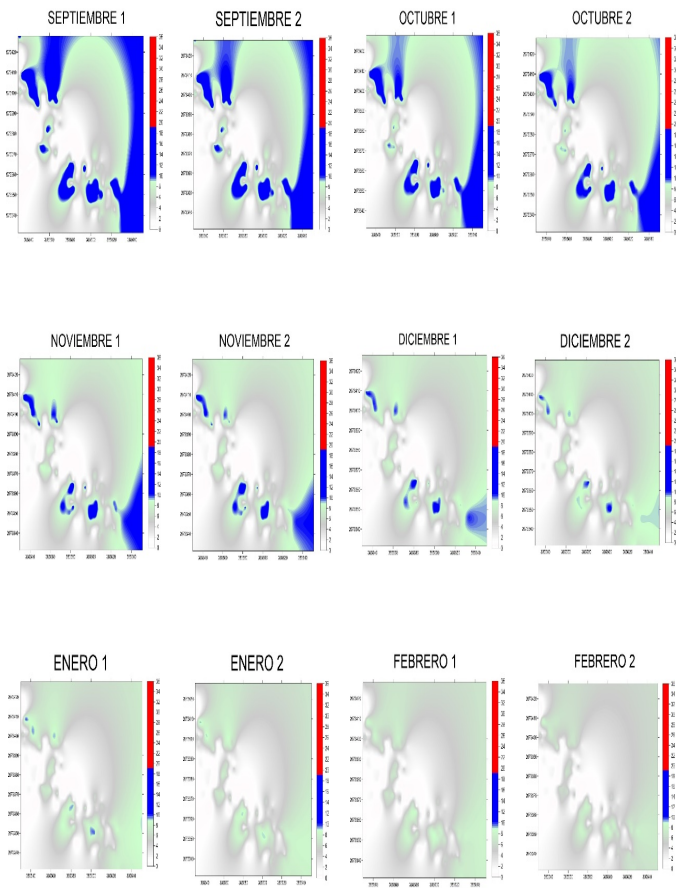


Figura 1. Continuación. Municipio de Sultepec. E) Parcela 5

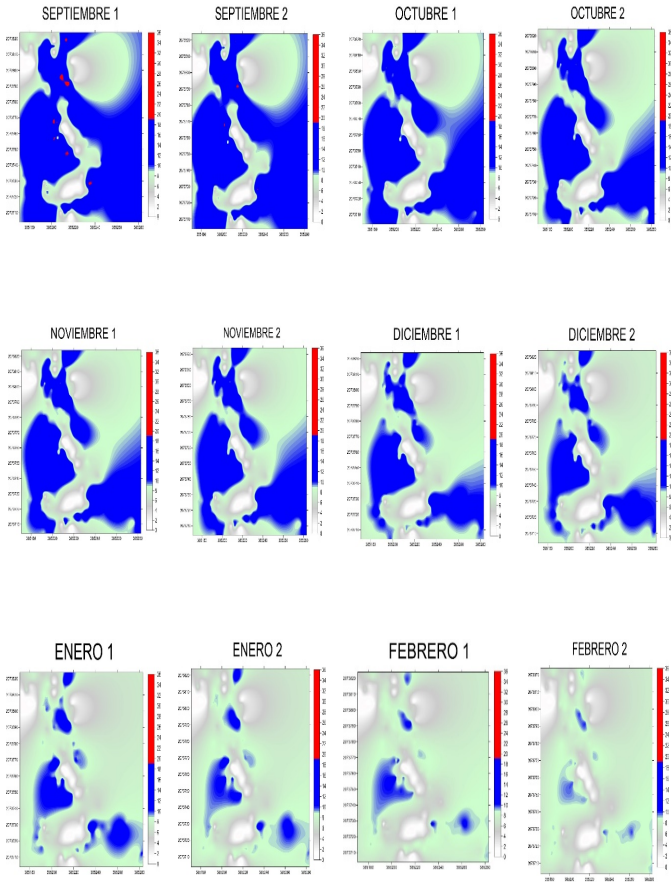


Figura 1. Continuación. Municipio de Sultepec. F) Parcela 6

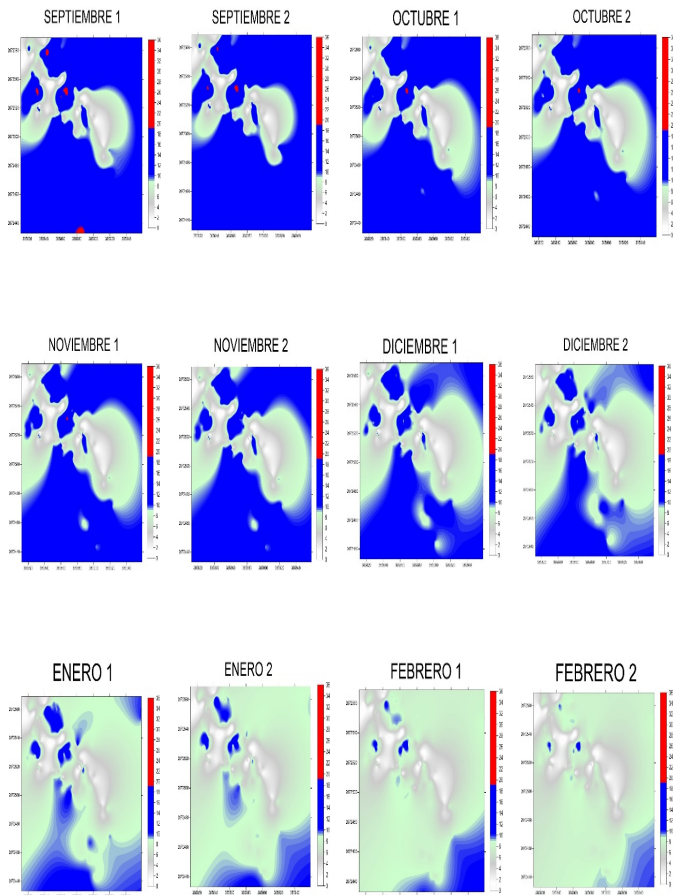
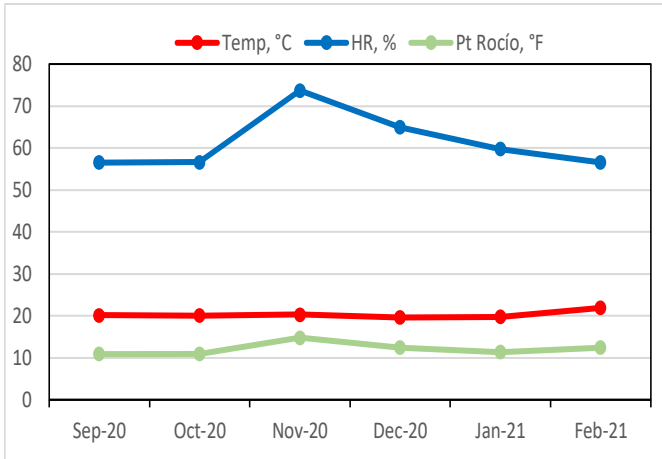


Figura 2. Gráfico de las condiciones climáticas (Temperatura °C, Humedad relativa HR % y Punto de Rocío Pt Rocío °F) de los meses de septiembre 2020 a febrero 2021 del municipio de Sultepec



Superficie infectada

El porcentaje de la infección para las parcelas de Sultepec inicio con un 86 % y disminuyó a 62% Cuadro. 3 durante el tiempo que duro el estudio. Afirmando que los meses de septiembre a diciembre cuentan con el porcentaje más alto de ojo de gallo, esto debido a que en estos meses la temperatura oscilo en los 20 °C, la humedad relativa se presentó en valores de 56%, 57%, 73 % y 65%. Por último se observó un rocío de 11, 15 y 13 °F (Figura 2). Rivillas y Castro (2011) mencionan en el manual emitido por Cenicafé que la enfermedad se propaga a partir de las estructuras reproductivas del hongo, que pueden dispersarse principalmente por acción del agua y el viento. Su formación depende de la presencia de luz, con la máxima producción de cabecitas y pigmento amarillo de las mismas (Wang y Avelino, 1999).

Para el caso de los meses de enero y febrero se observaron valores en la temperatura entre 20 y 22 °C, una humedad relativa un poco variable de 60 y 57% y un punto de rocío de, 11 y 12 °F. Se observa que la humedad es más baja en estos dos meses indicando el inicio de la temporada de sequias en la zona, provocando una disminución en los puntos de agregación de la enfermedad en cada una de las parcelas.

Cuadro 3. Tablas de la superficie infectada de *Mycena citricolor* por parcela de septiembre del 2020 a febrero del 2021; del municipio de Temascaltepec. A) Parcela 1

Muestreo	Superficie infectada %	Superficie no infectada %
Sep-1	79	21
Sep-2	79	21
Oct-1	79	21
Oct-2	80	20
Nov-1	81	19
Nov-2	78	22
Dic-1	78	22
Dic-2	77	23
Ene-1	77	23
Ene-2	77	23
Feb-1	76	24
Feb-2	76	24

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 3. Continuación. B) Parcela 2

Muestreo	Superficie infectada %	Superficie no infectada %
Sep-1	64	36
Sep-2	64	36
Oct-1	65	35
Oct-2	65	35
Nov-1	65	35
Nov-2	66	34
Dic-1	66	34
Dic-2	66	34
Ene-1	64	36
Ene-2	63	37
Feb-1	63	37
Feb-2	62	38

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 3. Continuación. C) Parcela 3

Muestreo	Superficie infectada %	Superficie no infectada %
Sep-1	85	15
Sep-2	85	15
Oct-1	85	15
Oct-2	86	14
Nov-1	86	14
Nov-2	86	14
Dic-1	86	14
Dic-2	84	16
Ene-1	84	16
Ene-2	84	16
Feb-1	84	16
Feb-2	83	17

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 3. Continuación. D) Parcela 4

Muestreo	Superficie infectada %	Superficie no infectada %
Sep-1	77	23
Sep-2	77	23
Oct-1	77	23
Oct-2	78	22
Nov-1	78	22
Nov-2	79	21
Dic-1	77	23
Dic-2	76	24
Ene-1	76	24
Ene-2	76	24
Feb-1	75	25
Feb-2	75	25

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 3. Continuación. E) Parcela 5

Muestreo	Superficie infectada %	Superficie no infectada %
Sep-1	82	18
Sep-2	83	17
Oct-1	83	17
Oct-2	83	17
Nov-1	84	16
Nov-2	84	16
Dic-1	82	18
Dic-2	81	19
Ene-1	81	19
Ene-2	81	19
Feb-1	81	19
Feb-2	80	20

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Cuadro 3. Continuación. F) Parcela 6

Muestreo	Superficie infectada %	Superficie no infectada %
Sep-1	81	19
Sep-2	81	19
Oct-1	80	20
Oct-2	80	20
Nov-1	80	20
Nov-2	80	20
Dic-1	80	20
Dic-2	79	21
Ene-1	79	21
Ene-2	79	22
Feb-1	78	22
Feb-2	78	22

-1) Primer muestreo, -2) Segundo muestreo. (A) parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

Granados (2020) cita que el desarrollo de la enfermedad depende de la temperatura, humedad relativa y rocío; estudios en Costa Rica concluyen que la máxima infección se presenta entre setiembre y octubre, que son los meses de mayor precipitación, empieza a reducir en diciembre y los niveles más bajos se dan entre febrero y mayo, que es la época más seca del año.

Una de las bases de la agricultura de precisión es identificar las áreas que necesitan ser gestionadas. Para esto, es importante conocer el área infectada y el porcentaje que representan del total de la superficie (Ramírez y Porcayo, 2009). Del mismo modo es fundamental el monitoreo de las condiciones climáticas de importancia para la enfermedad y así tener una mejor predicción del aumento de la misma.

Ahorro económico y ambiental

La presencia de los agroquímicos contribuyó con la historia de la humanidad, permitiendo la producción de alimentos que satisface en gran parte la enorme demanda de una creciente población mundial. Actualmente el uso indiscriminado y el manejo inadecuado de estos productos están causando efectos irremediables al agro ecosistema, prácticas como el aumento en el número de aplicaciones, la elevación de las dosis y la preparación mezclando distintos tipos de plaguicidas, no hace sino agravar más los problemas, creando la resistencia de los insectos, hongos y malezas, muerte a los insectos y microorganismos benéficos, propiciando el surgimiento de nuevas plagas o el resurgimiento de las ya establecidas, además, de originar una espiral creciente de contaminación (Quispe, 2017).

La producción cafetalera ha atravesado por diferentes periodos de precios bajos, provocados por las oscilaciones de los precios internacionales que son a su vez los que imponen la pauta en los mercados internacionales (Ortega y Ramírez, 2013). Actualmente, los agricultores siguen prácticas normales de aplicación, el agroquímico que utilizan en las plantas de café es el fungicida sistémico y de contacto ciproconazol con actividad preventiva, curativa, erradicadora e inhibitoria, los agroquímicos que utilizan pueden proteger mejor contra la invasión de *Mycena citricolor*, se aplican una vez en la estación seca y aumentan de tres a cuatro veces en la estación lluviosa. En el Cuadro 4 se observan las cifras obtenidas del ahorro en pesos y en fungicidas para cada una de las parcelas, la parcela numero 2 fue la que obtuvo mayor ahorro (950 pesos) en peso como en fungicida (0.39 L).

Cuadro 4. Tablas de ahorro económico para cada una de las parcelas muestreadas en el municipio de Sultepec. Parcela 1

Mes	Costo en agricultura pesos/ha		Ahorro Pesos/ha	Fungicida aplicado (l/ha)		Ahorro fungicida kg/ha
	Convencional	precisión		Convencional	Precisión	
Sep.	1250	987.5	262.5	0.5	0.4	0.1
Oct.	1250	987.5	262.5	0.5	0.4	0.1
Nov.	1250	987.5	262.5	0.5	0.4	0.1
Total	3750	2962.5	787.5	1.5	1.12	0.3

Cuadro 4. Continuación. Parcela 2

Mes	Costo en agricultura pesos/ha		Ahorro Pesos/ha	Fungicida aplicado (l/ha)		Ahorro fungicida kg/ha
	Convencional	Precisión		Convencional	Precisión	
Sep.	1250	925	325	0.5	0.37	0.13
Oct.	1250	937.50	312.5	0.5	0.37	0.13
Nov.	1250	937.5	312.5	0.5	0.37	0.13
Total	3750	2800	950	1.5	1.11	0.39

Cuadro 4. Continuación. Parcela 3

Mes	Costo en agricultura pesos/ha		Ahorro Pesos/ha	Fungicida aplicado (l/ha)		Ahorro fungicida kg/ha
	Convencional	Precisión		Convencional	Precisión	
Sep.	1250	1062.5	187.5	0.5	0.4	0.1
Oct.	1250	1062.5	187.5	0.5	0.4	0.1
Nov.	1250	1062.5	187.5	0.5	0.4	0.1
Total	3750	3187.5	562.5	1.5	1.12	0.3

Cuadro 4. Continuación. Parcela 4

Mes	Costo en agricultura pesos/ha		Ahorro Pesos/ha	Fungicida aplicado (l/ha)		Ahorro fungicida kg/ha
	Convencional	Precisión		Convencional	Precisión	
Sep.	1250	962.5	987.5	0.5	0.38	0.12
Oct.	1250	962.5	987.5	0.5	0.38	0.12
Nov.	1250	962.5	287.5	0.5	0.38	0.12
Total	3750	2887.5	862.5	1.5	1.14	0.36

Cuadro 4. Continuación. Parcela 5

Mes	Costo en agricultura pesos/ha		Ahorro Pesos/ha	Fungicida aplicado (l/ha)		Ahorro fungicida kg/ha
	Convencional	Precisión		Convencional	Precisión	
Sep.	1250	1025	225	0.5	0.4	0.1
Oct.	1250	1037.5	212.5	0.5	0.4	0.1
Nov.	1250	1037.5	212.5	0.5	0.4	0.1
Total	3750	3100	650	1.5	1.2	0.3

Cuadro 4. Continuación. Parcela 6

Mes	Costo en agricultura pesos/ha		Ahorro Pesos/ha	Fungicida aplicado (l/ha)		Ahorro fungicida kg/ha
	Convencional	Precisión		Convencional	Precisión	
Sep.	1250	1012.5	237.5	0.5	0.4	0.1
Oct.	1250	1012.5	237.5	0.5	0.4	0.1
Nov.	1250	1000	250	0.5	0.4	0.1
Total	3750	3025	725	1.5	1.2	0.3

Esto se debió a que fue una de las parcelas con menor presencia de ojo de gallo; la parcela 5 tiene menor ahorro económico y gasto en agroquímico, sin embargo, es importante destacar que estos cálculos se realizaron en parcelas de 5,000 m², sin embargo existen productores que suelen tener parcelas mucho más grandes o más de una parcela, provocando un ahorro mayor al mencionado en las tablas. Estudios en Estados Unidos, Stafford y Miller (2003), han evaluado ahorros de productos que varían entre 7% y 69%, con la aplicación variable de herbicidas, dependiendo de la distribución de las malezas dentro del campo de cultivo de cereales (Ramírez y Porcayo, 2009). Chaves y Araya (2014) en su trabajo “Distribución espacial del amachamiento del frijol (*aphelenchoides besseyi christie*) en campo”, mencionan que al conocer que la enfermedad se presenta en forma agregada, su combate químico se puede llevar a cabo en forma dirigida y en etapas tempranas del cultivo; implicando menor cantidad de producto al aplicar y menor costo económico.

Desde el punto de vista fitosanitario es importante conocer con exactitud las áreas reales infectadas por *Mycena citricolor* dentro de las parcelas para poder realizar aplicaciones dirigidas de forma precisa las diferentes medidas de control generando beneficios económicos al realizar las aplicaciones de fungicidas en puntos muy concretos de los cultivos.

En la actualidad la importancia de realizar buenas prácticas agrícolas, tiene como objetivo ofrecer al mercado productos de calidad e inocuos, elaborados con un mínimo de impacto ambiental y en condiciones justas para los trabajadores. De acuerdo con las normas internacionales, las buenas prácticas agrícolas se orientan, sobre todo, al control de los peligros microbianos, químicos y físicos que podrían surgir en cualquier etapa de la producción primaria (Moran, 2020). La aplicación de las Geotecnologías en estudios de comportamiento de plagas y enfermedades nos ayuda a conocer alteraciones ocasionadas por los diversos problemas y su posición espacial dentro de las parcelas, este tipo de estudios contribuyen a realizar métodos de control dirigidos, dando como consecuencia ahorros en agroquímicos, económicos y ambientales.

Por lo anterior, en el caso de los cafetales es importante la aplicación de estas tecnologías que impulsen una transformación hacia el camino de una producción sustentable, amigable con el ambiente y económicamente rentable para los productores.

Conclusiones

Los métodos estadísticos clásicos (distribución estadística, índice de dispersión, Índice de Green, Binomial Negativa y Poisson) no son una buena opción para determinar el tipo de distribución, debido a que se obtuvieron algunos resultados con inconsistencias. Por otro lado, la Geoestadística permitió modelizar la estructura espacial de *M. citricolor*, con los modelos esférico y gaussiano; indicando una distribución de la enfermedad en agregados. Se utilizó el Krigeado ordinario para reallizar los mapas de densidad, encontrando algunos puntos de intensificación específicos en las parcelas. Todo lo anterior con el fin de conocer con exactitud el área de la superficie infectada debido a su importancia para realizar un control dirigido a los cultivos y así poder reducir gastos económicos y ambientales.

Fuentes consultadas

- Anacafé. (2017). Asociación Nacional del Café. <https://www.anacafe.org/>
- Avelino, J; Muller, R; Eskes, A; Santacreo, R; Holguín, F. (1999). La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. In Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. IICA, San José, Costa Rica. p. 193-242.
- Carvajal F. (1939). Ojo de gallo (*Omphalia flavida*). Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Tomo 7. No.52. p. 535-549.
- Chaves Barrantes, N. F., y Araya Fernández, C. M. (2014). Distribución espacial del amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) en campo. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 13-21.
- Ejecutivo, R. (2015). *Estudio de necesidades de innovación productiva para los cafeticultores del estado de Tabasco*.
- Espinoza Zúñiga, P., Ramírez Dávila, J. F., Cibrián Tovar, D., Villanueva Morales, A., Cibrián Llanderal, V. D., Figueroa Figueroa, D. K., y Rivera Martínez, R. (2019). Modelación de la distribución espacial del muérdago (*Santalales: Loranthaceae*) en las áreas verdes de la delegación Tlalpan, México. *Bosque (Valdivia)*, 40(1), 17-28. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002019000100017>
- Esquivel, V., y Jasso, Y. (2014). Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011* Spatial distribution and mapping of armyworm in six localities in the State of Mexico, in 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 923-935

- González, J., Guerra, F., Gómez, H. (2007). Geoenseñanza. *Geoenseñanza*, 12(1), 81–90.
- Granados Montero, M. D. M., Avelino, J., Arauz Cavallini, F., Castro Tanzi, S., y Ureña, N. (2020). Hojarasca e inóculo de *Mycena citricolor* sobre la epidemia de ojo de gallo. *Agronomía Mesoamericana*, 77–94. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614>
- Hevesi, J. A.; Istok, J. D.; Flint, A. L. (1992). Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis. *Journal of Applied Meteorology* 31 (7): 661-676. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1992\)0312.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1992)0312.0.CO;2)
- Issaks, E. H.; Srivastava, R. M. (1988). Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology* 20 (4): 313-341. <https://doi.org/10.1007/BF00892982>
- Lara Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Morales Rosales, E. J., Figueroa Figueroa, D. K., Acosta Guadarrama, A. D., y Rivera Martínez, R. (2018). Distribución Espacial de Araña Roja *Oligonychus punicea* Hirst1 en el Cultivo del Aguacate, en dos Municipios del Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 43(3), 743-759.
- Malhado CM, M Petre. (2004). Behaviour of dispersion indices in pattern detection of a population of angico, *Anadenanthera peregrina* (Leguminosae). *Brazilian Journal of Biology* 64(2): 243-249
- Moran, M. (2020). *Importancia de la Agricultura Limpia para la producción de alimentos inocuos*.
- Ortega Hernández, Alejandro, y Ramírez Valverde, Benito (2013). crisis de la caficultura y migración en el contexto de pobreza y marginación. el caso de los productores indígenas de huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai*, 9 (1),173-186.[fecha de Consulta 18 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46127074014>
- Quispe, R. (2017). Manejo de agroquímicos en cultivos de cacao, café y coca en el distrito de Sivia, 550 msnm. Huanta, Ayacucho. *Universidad Nacional de San Martín*,1,100. http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez JF, VM Solares, DK Figueroa, JR Sanchez. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en Plantaciones comerciales de aguacate (Persea Americana Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zoologica Mexicana* 29(3): 545-562.
- Ramírez JF, VM Solares, DK Figueroa, Sanchez JR. (2011). Estabilidad espacio temporal de la distribución del carbón de la espiga del maíz (Sporisio-

- rium reilia num) en el estado de México, México. *Rev Méx Fito.* 2011;29:1-14
- Ramírez Dávila, J., y Porcayo Camargo, E. (2009). Comportamiento espacial de las larvas del mosquito verde *Jacobiasca lybica*, en un viñedo de secano en Andalucía, España. *CIENCIA Ergo-Sum*, 16(2), 164–170.
- Ramírez JF, Porcayo E. (2010). Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium sp.*) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Bosque* 31(1): 28-38. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000100004>
- Rivera Martínez, R., Acosta Guadarrama, A. D., Ramírez Dávila, J. F., Figueroa Figueroa, D. K., Maldonado Zamora, F. I., y Lara Díaz, A. V. (2017). Distribución Espacial de las Poblaciones de Adultos de *Bactericera cockerelli* Sulc. 1 en el Cultivo de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Southwestern Entomologist*, 42(4), 1057-1068.
- Rivillas, C., y Castro, Á. (2011). Ojo de gallo o gotera del café. *Cenicafe*, 24. www.cenicafe.org/es/publications/bot037.pdf
- SAGARPA. (2014). Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. <http://www.agricultura.gob.mx/catalogos/sagarpa-2014> (consultado marzo 2022)
- SADER. (2015). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.agricultura.gob.mx/sader/datos-2015> (consultado marzo 2022)
- SENASICA. (2014). Ojo de gallo *Mycena citricolor* (Berkeley y Curtis). *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria*, 49, 3–8. (consultado marzo 2022)
- SENASICA. (2017). *PT_VECC_EDO_MEX_2017_.pdf* (p. 7). (consultado marzo 2022)
- SIAP (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/fnd/articulos/mexico-y-elcafe-organico?idiom=es>. (consultado marzo 2021)
- SIAP (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/667940/Escenario_cafe_ago21. (consultado marzo 2021)
- Sicajú López, R, J. y Campos Almengor, O, G; (2017). ANACAFE. Manejo Integrado del ojo de gallo *Mycena citricolor*. (no.) 1579. Guatemala. <https://www.anacafe.org/>

- Silva AS, TA Mota, NY Pineyro, MG Fernandes, FF Pereira. (2016). Distribución espacial de *Vatiga spp.* (Hemiptera: *Tingidae*) en el cultivo de yuca. *Acta Biológica Colombiana* 21(1):195-200. DOI: 10.15446/abc.v21n1.46762
- Stafford, J. y P. Miller (2003). "Spatially Selective Application of Herbicides to Cereal Crops", *Computers Electronics Agric.* 9.
- Tapia Rodríguez, A., Ramírez Dávila, J. F., Salgado Siclán, M. L., Castañeda Vildózola, Á., Maldonado Zamora, F. I., y Lara Díaz, A. V. (2020). Spatial distribution of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) in avocado in the State of Mexico, Mexico / Distribución espacial de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) en aguacate en el Estado de México, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(1), 72–81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.07.004>
- Vanegas-Carrillo, R., Ramírez-Dávila, J. F., y Rivera-Martínez, R. (2021). Spatial distribution of the mexican fruit fly complex (*Anastrepha spp.*) (diptera: *Tephritidae*) in Michoacán, Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1). DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.7715>.
- Wang, A., y Avelino, J. (1999). El ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*). *Desafíos de La Caficultura En Centroamerica*, 243–260.