



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**Distribución espacial de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp.
en *Vicia faba* L., en tres municipios del Valle de Toluca**

TESIS

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

PRESENTA

LÓPEZ REYES ERNESTO ALONSO



El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México,

Mayo, 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**Distribución espacial de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp.
en *Vicia faba* L., en tres municipios del Valle de Toluca**

TESIS

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

PRESENTA

LÓPEZ REYES ERNESTO ALONSO

COMITÉ DE TUTORES

DR. en C. ÁLVARO CASTAÑEDA VILDÓZOLA

DR. en CARN. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE

DR. en C. RÓMULO GARCÍA VELASCO



El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México,

Mayo, 2023

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue conocer la distribución espacial de *Ascochyta* spp., y *Botrytis* spp., en nueve parcelas en los municipios de Calimaya de Diaz de Gonzáles, Toluca de Lerdo y Zinacantepec, durante el ciclo agrícola primavera–verano 2021; cada parcela fue 1 Ha⁻¹ con 121 puntos georreferenciados, con monitoreos quincenales en tres estratos de la planta de haba para determinar la incidencia y daño que expreso cada patógeno.

Los datos de la severidad obtenidos por estrato de cada parcela y por cada planta muestreada se analizaron con el software estadístico R®, evaluando siete modelos teóricos (Esférico, pentaesférico, Exponencial, Gaussiano, Matern, Lineal, y Bessel), para ajustarlos a un modelo experimental con la finalidad de obtener el rango, meseta y pepita, así como el nivel de dependencia espacial (bajo, medio y alto) que expliquen los patrones espaciales de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., en el espacio a través del tiempo en haba. Al modelo obtenido, se realizó una validación cruzada para convalidar matemáticamente su ajuste, procediendo a realizar la interpolación geoestadística para determinar el kriging con menor error estadístico que permitió generar los mapas de distribución espacial, en una capa geotiff generada en la librería R-gdal del software estadístico R®. Los mapas obtenidos se editaron con el software Surfer ® 16 versión 3.4.08 para visualizar la distribución de ambas enfermedades. Los resultados obtenidos permitió diseñar y validar dos escalas diagramáticas de severidad para cuantificar daños por *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., estableciéndose seis clases para *Botrytis* spp., con las siguientes valores: **C1**: (0.01-10.0%), **C2**: (10.01-20.0%), **C3**: (20.01-35.0%), **C4** (35.01-58%), **C5**: (> 58.01%), con un coeficiente de determinación (r^2) cercanos a 1, la precisión y exactitud

de la escala fueron superiores al 80% y una confiabilidad del 99%, $\alpha=0.01$, para *Ascochyta* spp., se conformó por seis clases, con los siguientes intervalos: **C1**: (0.1-6.0%), **C2**: (6.1-10.0%), **C3**: (10.1-15%), **C4**: (15.1-40.0%), **C5**: (> 40.1%), el coeficiente de determinación (r^2) al igual que la escala de *Botrytis* spp., fue superior al 0.98%, en tanto la precisión y la exactitud de esta escala fue superior al 80% y una confiabilidad del 99%, $\alpha=0.01$, resultando ambas escalas confiables y reproducibles.

La incidencia de *Botrytis* spp., inicio a los 45 DDS y 60 DDS para *Ascochyta* spp., llegando al 100% a los 120–135 DDS. *Botrytis* spp se presentó en los estratos presentes de la planta, mientras que *Ascochyta* spp., solo se presentó en el estrato medio y alto de la planta. La severidad máxima para *Botrytis* spp., fue del 58% mientras que *Ascochyta* spp., alcanzó su valor máximo del 40%, la distribución espacial fue de tipo agregado en ambas enfermedades, pero a los 120 y 135 DDS se perdió la agregación en el estrato medio y alto permitiendo ajustar los diferentes modelos teóricos que más se acercaron a *Ascochyta* spp., fueron pentaesférico–gaussiano, con un nivel de dependencia alta y un kriging tipo universal, y para *Botrytis* spp., los modelos que más se ajustaron fueron exponencial-bessel, con un nivel de dependencia espacial alta y un krigeado universal, permitiendo sugerir la posibilidad de implementar un control con aplicaciones fúngicas de contacto antes de los 60 DDS, después se debe aplicarse fungicidas sistémicos para el control de *Ascochyta* spp., mientras que para *Botrytis* spp., indican que el control preventivo antes de los 60 DDS con fungicidas de contacto para reducir su avance espacial y temporal con un eficiente control pero a partir de 60 DDS realizar un control sistémico con la finalidad de reducir su diseminación.

Palabras clave: Mancha café, Mancha de chocolate, distribución espacial, severidad, incidencia.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the level of damage by *Ascochyta* spp. and *Botrytis* spp. and their spatial distribution in nine plots of broad beans in the municipalities of Calimaya de Diaz de González, Toluca de Lerdo, and Zinacantepec, during the spring-summer 2021 agricultural cycle. In each plot, 121 georeferenced points were established in 1 Ha⁻¹. Biweekly monitoring was carried out in the lower, middle, and upper strata of broad bean plants to determine the incidence and level of damage expressed by each pathogen. The severity level obtained per plant stratum and plot sampled was analyzed with the statistical software R®, evaluating seven theoretical models (Spherical, pentaspherical, Exponential, Gaussian, Matern, Linear, and Bessel), to fit them to an experimental model in order to obtain the range, plateau and nugget, as well as the level of spatial dependence that explains the spatial patterns of *Botrytis* spp. and *Ascochyta* spp. over time. The model obtained was cross validated to athematically validate its fit. Subsequently, geostatistical interpolation was performed to determine the kriging model with the lowest statistical error, which allowed us to generate spatial distribution maps as a geotiff layer generated in the R-gdal library of the R® statistical software. The maps obtained were edited with Surfer® 16 software version 3.4.08 to visualize the spatial patterns of both diseases. The results obtained from the level of damage allowed us to design and validate two diagrammatic scales of severity to quantify the damage caused by *Botrytis* spp. and *Ascochyta* spp. in broad bean. This resulted in six damage classes for *Botrytis* spp, with the following values: **C1**: (0.01-10.0%), **C2**: (10.01-20.0%), **C3**: (20.01-35.0%), **C4**: (35.01-58%), **C5**: (> 58.01%). The scale had a coefficient of determination (r^2) near 1, precision and accuracy above 80% and a reliability of 99%,

$\alpha=0.01$. For *Ascochyta* spp. there were also six classes, with the following intervals: **C1**: (0.1-6.0%), **C2**: (6.1-10.0%), **C3**: (10.1-15%), **C4**: (15.1-40.0%), **C5**: (> 40.1%). Similar to the *Botrytis* spp. scale, the coefficient of determination (r^2) was higher than 0.98%, while the precision and accuracy of this scale was higher than 80% and a reliability of 99%, $\alpha=0.01$. Thus, both scales were reliable and reproducible. The first incidence of *Botrytis* spp. occurred 45 days after planting (DAP) while *Ascochyta* spp. occurred 60 DAP, reaching 100% at 120-135 DAP. *Botrytis* spp. occurred in all three strata of the plant, while *Ascochyta* spp. occurred in the middle and upper strata of the plant. The maximum severity of *Botrytis* spp. was 58% while *Ascochyta* spp. had a maximum value of 40%. The spatial distribution was aggregated in both diseases, but at 120 and 135 DAP, the aggregation in the middle and upper strata was lost. The theoretical models that best explained the spatial patterns of *Ascochyta* spp. were the penta-spherical and Gaussian models, with a high level of dependence and universal kriging. For *Botrytis* spp., the models with the best fit were the exponential and Bessel models, with a high level of spatial dependence and universal kriging. In all of the fitted models, the spatial patterns of the disease could be visualized with the maps generated. The fact that both diseases express an occurrence at specific points suggests the possibility of implementing preventive control actions before 60 DAP, which could reduce their spread over space and time.

Key words: Brown spot, Chocolate spot, spatial distribution, severity, incidence.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	8
CONTENIDO.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	14
ÍNDICE DE CUADROS.....	22
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	24
I.INTRODUCCIÓN.....	25
1.1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	27
1.1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO	27
1.1.2. PRODUCCIÓN NACIONAL Y ESTATAL.....	29
1.1.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	33
1.2. MORFOLOGÍA	34
1.2.1. RAÍZ.....	34
1.2.2. TALLO.....	34
1.2.3. HOJAS.....	35
1.2.4. FLOR.....	35
1.2.5. FRUTO.....	36
1.2.6. SEMILLA.....	36
1.3. BOTÁNICA.....	37
1.4. ÉPOCA DE SIEMBRA	37
1.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	37
1.5.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO	37
1.5.2. SIEMBRA.....	38

1.5.3.	ALTITUD Y LATITUD	38
1.5.4.	HUMEDAD Y TEMPERATURA	39
1.6.	ETAPAS FENOLÓGICAS	40
1.7.	ENFERMEDADES	42
1.7.1.	MANCHA DE CHOCOLATE (<i>Botrytis</i> spp.).....	43
1.7.2.	MANCHA CAFÉ O ANTRACNOSIS (<i>Ascochyta</i> spp.).....	45
1.8.	EPIDEMIOLOGÍA AGRÍCOLA.....	46
1.8.1.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	47
1.8.2.	GEOESTADÍSTICA	49
1.8.3.	INTERPOLACIÓN	51
1.8.4.	KRIGING.....	53
II.	JUSTIFICACIÓN.....	56
III.	HIPÓTESIS.....	57
IV.	OBJETIVOS.....	57
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	57
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	57
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
5.1.	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	58
5.1.1.	CALIMAYA DE DÍAZ DE GONZÁLEZ.....	60
5.1.2.	TOLUCA DE LERDO	61
5.1.3.	ZINACANTEPEC.....	63
5.2.	VARIABLES DE ESTUDIO	65
5.2.1.	SEVERIDAD.....	65
5.2.2.	INCIDENCIA.....	69
5.3.	ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO	69
5.3.1.	ANÁLISIS DE DATOS.....	69
VI.	RESULTADOS.....	71
6.1.	ESCALAS DE SEVERIDAD	71
6.1.1.	<i>Ascochyta</i> spp.....	71
6.1.2.	<i>Botrytis</i> spp.....	74

6.2.	INCIDENCIA Y SEVERIDAD.....	79
6.2.1.	<i>Ascochyta</i> spp. y <i>Botrytis</i> spp.....	79
6.2.2.	ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ENFERMEDADES EN HABA DEL MUNICIPIO CALIMAYA DE DÍAZ DE GONZÁLEZ, ESTADO DE MÉXICO	80
6.2.3.	INCIDENCIA, <i>Ascochyta</i> spp., CAL.....	82
6.2.4.	PARCELA 1	82
6.2.5.	PARCELA 2	83
6.2.6.	PARCELA 3	84
6.3.	SEVERIDAD, <i>Ascochyta</i> spp., CAL.....	85
6.3.1.	PARCELA 1.....	85
6.3.2.	PARCELA 2	86
6.3.3.	PARCELA 3	87
6.4.	INCIDENCIA, <i>Botrytis</i> spp., CAL	89
6.4.1.	PARCELA 1.....	89
6.4.2.	PARCELA 2.....	90
6.4.3.	PARCELA 3.....	91
6.5.	SEVERIDAD, <i>Botrytis</i> spp., CAL.....	92
6.5.1.	PARCELA 1.....	92
6.5.2.	PARCELA 2.....	93
6.5.3.	PARCELA 3.....	94
6.6.	ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ENFERMEDADES EN HABA DEL MUNICIPIO TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO	95
6.6.1.	INCIDENCIA <i>Ascochyta</i> spp., TLC	97
6.6.2.	PARCELA 1.....	97
6.6.3.	PARCELA 2.....	98
6.6.4.	PARCELA 3.....	99
6.7.	SEVERIDAD, <i>Ascochyta</i> spp., TLC.....	100
6.7.1.	PARCELA 1.....	100
6.7.2.	PARCELA 2.....	101
6.7.3.	PARCELA 3.....	102
6.8.	INCIDENCIA <i>Botrytis</i> spp TLC	103

6.8.1. PARCELA 1.....	103
6.8.2. PARCELA 2.....	104
6.8.3. PARCELA 3.....	105
6.9. SEVERIDAD <i>Botrytis</i> spp., TLC.....	106
6.9.1. PARCELA 1.....	106
6.9.2. PARCELA 2.....	107
6.9.3. PARCELA 3.....	108
6.10. ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ENFERMEDADES EN HABA DEL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO.....	109
6.10.1. ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO.....	110
6.10.2. INCIDENCIA <i>Ascochyta</i> spp., ZNC.....	110
6.10.3. PARCELA 1.....	110
6.10.4. PARCELA 2.....	111
6.10.5. PARCELA 3.....	112
6.11. SEVERIDAD <i>Ascochyta</i> spp., ZNC.....	113
6.11.1. PARCELA 1.....	113
6.11.2. PARCELA 2.....	114
6.11.3. PARCELA 3.....	115
6.12. INCIDENCIA <i>Botrytis</i> spp., ZNC.....	116
6.12.1. PARCELA 1.....	116
6.12.2. PARCELA 2.....	117
6.12.3. PARCELA 3.....	118
6.13. SEVERIDAD <i>Botrytis</i> spp.....	119
6.13.1. PARCELA 1.....	119
6.13.2. PARCELA 2.....	120
6.13.3. PARCELA 3.....	121
6.14. ANÁLISIS ESPACIAL, MAPAS DE DISPERSIÓN <i>Ascochyta</i> spp.....	122
6.14.1. CALIMAYA DE DIAZ DE GONZÁLEZ.....	122
6.14.2. PARCELA 1.....	122
6.14.3. PARCELA 2.....	123

6.14.4. PARCELA 3	124
6.15. MUNICIPIO TOLUCA DE LERDO, <i>Ascochyta</i> spp	129
6.15.1. PARCELA 1.....	129
6.15.2. PARCELA 2	130
6.15.3. PARCELA 3	130
6.16. MUNICIPIO ZINACANTEPEC, <i>Ascochyta</i> spp	136
6.16.1. PARCELA 1.....	136
6.16.2. PARCELA 2.....	137
6.16.3. PARCELA 3.....	138
6.17. ANÁLISIS ESPACIAL, MAPAS DE DISPERSIÓN <i>Botrytis</i> spp.....	143
6.17.1. CALIMAYA DE DÍAZ DE GONZÁLEZ.....	143
6.17.2. PARCELA 1.....	143
6.17.3. PARCELA 2.....	144
6.17.4. PARCELA 3.....	145
6.18. MUNICIPIO TOLUCA DE LERDO, <i>Botrytis</i> spp.....	150
6.18.1. PARCELA 1	150
6.18.2. PARCELA 2.....	151
6.18.3. PARCELA 3.....	153
6.19. MUNICIPIO ZINACANTEPEC <i>Botrytis</i> spp.....	159
6.19.1. PARCELA 1.....	159
6.19.2. PARCELA 2.....	161
6.19.3. PARCELA 3.....	163
VII. DISCUSIÓN GENERAL	168
VIII. CONCLUSIONES GENERALES.....	174
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. . Principales productores de haba en el mundo (Aguilar <i>et al.</i> , 2021).....	29
FIGURA 2. Porcentaje promedio de los estados productores del cultivo de haba en fresco. FUENTE: SIAP (2020).	30
FIGURA 3. Porcentaje promedio de los estados productores del cultivo de haba en grano. FUENTE: SIAP (2020).	31
FIGURA 4. Porcentaje de los municipios productores del Estado de México. FUENTE: SIAP (2020).....	32
FIGURA 5. Porcentaje de los municipios del Estado de México de haba en grano. FUENTE: SIAP (2020).	32
FIGURA 6. Planta de haba (<i>Vicia faba</i> L.); (FOTOS: Propias).....	34
FIGURA 7. Morfología del haba. (FUENTE: https://www.alamy.es/haba-image67409556.html?imageid=4e4f66f9-f2b3-4b64-8031-40a818795370&p=89666&pn=1&searchid=7597ba5f935333fab1dda9fbcf276d3a&searchtype=0).....	35
FIGURA 8. Fases fenológicas del cultivo de haba. FUENTE: SENAMHI. https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401sena-11.pdf	41
FIGURA 9. Componentes del triángulo de la enfermedad. FUENTE: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/63108/conicet_digital_nro.0b2b6400-1960-4ecc-94cc-ccb1fdf2cd2f_a.pdf?sequence=2&isallowed=	42
FIGURA 10. Desarrollo de la enfermedad de <i>Botrytis</i> spp. FUENTE: Mamani, (2007)..	44
FIGURA 11. Estructura de la picnidia. FUENTE: Condori, (2010).	45

FIGURA 12. Dinámica de la enfermedad a través del tiempo. **FUENTE:** Madden, *et al.*, (2008).....46

FIGURA 13. tipos de distribución que presenta la distribución espacial A) Agregada, B) Homogénea, C) Heterogénea. **FUENTE:** https://www.researchgate.net/figure/figura-87-tipos-de-distribucion-esppacial-de-insectos-a-agregada-b-al-azar-y-c_fig16_26267495448

FIGURA 14. . Patrones de puntos presentes en la geoestadística. **FUENTE:** Geoinnova (2019).....50

FIGURA 15. Mapa del Estado de México y los municipios de estudio pertenecientes al Valle de Toluca.58

FIGURA 16. Topología para la georreferenciación en campo. con ayuda del dGPS marca Garmin®, modelo SPPS351, TRIMBLE®, USA.....59

FIGURA 17. Evaluación de los portes de la planta de haba. **FUENTE:** Fotografías Propias.....59

FIGURA 18. Escala diagramática de severidad de *Ascochyta* spp., para el Valle de Toluca. **FUENTE:** Elaboración propia.68

FIGURA 19. Escala diagramática de severidad de *Botrytis* spp., para el Valle de Toluca. **FUENTE:** Elaboración propia.68

FIGURA 20. Realizando las evaluaciones de los folíolos simples de las enfermedades. **FUENTE:** Propia.73

FIGURA 21. Progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. **FUENTE:** Elaboración propia.....82

FIGURA 22. Progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	83
FIGURA 23. Progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	84
FIGURA 24.. Progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	85
FIGURA 25. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	86
FIGURA 26. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	87
FIGURA 27. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	89
FIGURA 28. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	90
FIGURA 29. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. FUENTE: Elaboración propia.....	91

FIGURA 30. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. **FUENTE:** Elaboración propia.....92

FIGURA 31. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. **FUENTE:** Elaboración propia.....93

FIGURA 32. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. **FUENTE:** Elaboración propia.....94

FIGURA 33. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....97

FIGURA 34. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....98

FIGURA 35. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....99

FIGURA 36. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....100

FIGURA 37. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....101

FIGURA 38. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....102

FIGURA 39. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **FUENTE:** Elaboración propia.....103

FIGURA 40. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. FUENTE: Elaboración propia.....	104
FIGURA 41. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. FUENTE: Elaboración propia.....	105
FIGURA 42. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. FUENTE: Elaboración propia.....	106
FIGURA 43. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. FUENTE: Elaboración propia.....	107
FIGURA 44. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. FUENTE: Elaboración propia.....	108
FIGURA 45. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela uno del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia	110
FIGURA 46. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela dos del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia.....	111
FIGURA 47. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela tres del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia	112
FIGURA 48. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela uno del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia	113
FIGURA 49. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela dos del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia.....	114
FIGURA 50. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de <i>Ascochyta</i> spp., en la parcela tres del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia	115
FIGURA 51. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de <i>Botrytis</i> spp., en la parcela uno del municipio de Zinacantepec. FUENTE: Elaboración propia	116

FIGURA 52. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela dos del municipio de Zinacantepec. **FUENTE:** Elaboración propia..... 117

FIGURA 53. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela tres del municipio de Zinacantepec. **FUENTE:** Elaboración propia 118

FIGURA 54. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., de la parcela uno del municipio de Zinacantepec. **FUENTE:** Elaboración propia 119

FIGURA 55. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., de la parcela dos del municipio de Zinacantepec. **FUENTE:** Elaboración propia..... 120

FIGURA 56. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., de la parcela tres del municipio de Zinacantepec. **FUENTE:** Elaboración propia121

FIGURA 57. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México..... 126

FIGURA 58. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México..... 127

FIGURA 59. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México..... 128

FIGURA 60. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno del municipio Toluca de Lerdo, Estado de México 133

FIGURA 61. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela dos del municipio del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México 134

FIGURA 62. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela tres del municipio del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México 135

FIGURA 63. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno del municipio del municipio de Zinacantepec, Estado de México 140

FIGURA 64. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela dos del municipio de Zinacantepec, Estado de México 141

FIGURA 65. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela tres del municipio de Zinacantepec, Estado de México 142

FIGURA 66. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno, del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México 147

FIGURA 67. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México 148

FIGURA 68. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México 149

FIGURA 69. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno., del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México 156

FIGURA 70. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México 157

FIGURA 71. Mapas de la dispersión de <i>Botrytis</i> spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México	158
FIGURA 72. Mapas de la dispersión de <i>Botrytis</i> spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno del municipio de Zinacantepec, Estado de México	165
FIGURA 73. Mapas de la dispersión de <i>Botrytis</i> spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela dos del municipio de Zinacantepec, Estado de México	166
FIGURA 74. Mapas de la dispersión de <i>Botrytis</i> spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela tres del municipio de Zinacantepec, Estado de México	167

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Estados productores de haba en fresco.....	30
CUADRO 2. Estados productores de haba en grano.....	31
CUADRO 3. Municipios productores del Estado de México de haba verde.....	32
CUADRO 4. Municipios productores del Estado de México de haba en grano.....	32
CUADRO 5. Clasificación taxonómica del cultivo de haba (<i>Vicia Faba</i> L).	33
CUADRO 6. Factores que determinan o limitan la distribución espacial de una población.	47
CUADRO 7. Tipos de distribución espacial.	48
CUADRO 8. Etapas de la geoestadística.....	50
CUADRO 9. Descripción de los patrones de puntos.....	51
CUADRO 10. Valores del intercepto (B_0), pendiente de la línea (B_1), coeficiente de determinación (R^2) y margen de error ($1-R^2$) de la ecuación de regresión lineal simple en las estimaciones visuales de la severidad de <i>Ascochyta</i> spp.; en haba con 20 evaluadores sin escala y 10 evaluadores con escala	77
CUADRO 11. Valores del intercepto (B_0), pendiente de la línea (B_1), coeficiente de determinación (R^2) y margen de error ($1-R^2$) de la ecuación de regresión lineal simple en las estimaciones visuales de la severidad de <i>Botrytis</i> spp.; en haba con 20 evaluadores sin escala y 10 evaluadores con escala.	78
CUADRO 12. Temperaturas promedio mensual ($^{\circ}$ C) Y precipitación pluvial acumulada mensual (mm), anual registradas del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México.....	80

CUADRO 13. Temperatura promedio mensual (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm), anual registradas del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México.	95
CUADRO 14. Temperaturas (°C) y precipitación pluvial (mm), anual registradas del municipio de Zinacantepec, Estado de México.	109
CUADRO 15. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de <i>Ascochyta</i> spp., en el municipio de Calimaya de Díaz de González.	125
CUADRO 16. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de <i>Ascochyta</i> spp., en el municipio de Toluca de Lerdo. ...	132
CUADRO 17. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de <i>Ascochyta</i> spp., en el municipio de Zinacantepec.	139
CUADRO 18. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de <i>Botrytis</i> spp., en el municipio de Calimaya de Díaz de González.	146
CUADRO 19. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de <i>Botrytis</i> spp., en el municipio de Toluca de Lerdo	155
CUADRO 20. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de <i>Botrytis</i> spp., en el municipio de Zinacantepec.....	164

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. Temperaturas promedio (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México. Año 2021. .81	
GRÁFICA 2. Temperaturas promedio mensual (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México. Año 2021.....96	
GRÁFICA 3. Temperaturas promedio (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) del municipio de Zinacantepec, Estado de México. Año 2021.109	

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.), es una leguminosa de gran importancia alimentaria y forrajera que contiene hasta un 30% de proteína (Sahile *et al.*, 2009), aportando un 68% de carbohidratos; Hendawey y Younes, (2013).

El haba, desde la prehistoria se ha considerado como una especie antigua con relación a los demás cultivos (Altunta y Yildiz, 2007), en la actualidad, ocupa el cuarto lugar en cuanto a cultivos leguminosos de estación fría y en producción total bruta seguido del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), el chícharo (*Pisum sativum* L.) y la lenteja (*Lens culinaris* L.) Rebaa *et al.*, (2017), siendo así una especie importante del género *Vicia* por la economía que aporta hacia las familias así como su volumen producido (Turpin *et al.*, 2002).

En los últimos años, la producción de este cultivo se ha visto afectada por efectos de plagas y enfermedades, debido a la ausencia de variedades tolerantes y su manejo agronómico inadecuado. Las enfermedades que suelen presentarse en el cultivo son *Uromyces viciae-fabae*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., destacando las dos últimas pueden influenciar en la pérdida de producción e incluso en destrucción de las plantaciones (López, 2013).

Conforme progresa una enfermedad agrícola a través del tiempo y espacio, origina a su vez patrones de distribución en el espacio y están a su vez relacionados con los patrones de dispersión. Existen patrones de distribución de tipo agregada, homogénea y

heterogénea y la disminución de la cantidad de la enfermedad está en función a la distancia de la fuente de inóculo denominado como gradiente de dispersión (Arauz. 2011).

Por otro lado, el estudio de la distribución espacial en enfermedades agrícolas es de suma importancia en el manejo integral del desarrollo, diseminación de plagas y enfermedades, ya que nos permite conocer las dimensiones del problema que se quiere solucionar. En este sentido, el proceso de distribución espacial para su modelización consiste en determinar unidades de acuerdo con uno o varios criterios para poder ser representados en mapas de información geográfica utilizando modelos de predicción mediante la delineación cualitativa y cuantitativa de los diferentes niveles de severidad e incidencia de una enfermedad agrícola en común sobre el espacio-tiempo (Bozdağ *et al.*, 2016).

1.1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El haba (*Vicia faba* L.) es la séptima leguminosa de grano más importante en el mundo, se consume tanto en vaina verde como en grano; teniendo tradicionalmente un mercado importante en los países industrializados y es usada principalmente para consumo humano y animal (Crepón *et al.*, 2010).

Mayorga (2001), indica que el cultivo de haba se localiza en todos los continentes, es aceptada por la población general debido a su contenido nutricional que aporta a la dieta humana. Desde el inicio de la humanidad; Crepón *et al.*, (2010), mencionan que es un cultivo de gran aceptación, de gran valor nutricional y ampliamente utilizado para consumo humano y animal.

Siddique *et al.*, (2012), indican que el haba, es un cultivo secundario frente a los cereales como el arroz, trigo y maíz, debido a su mayor sensibilidad a los estreses bióticos y abióticos menores rendimientos y su gran relevancia por su capacidad de fijar nitrógeno. Los principales productores de haba son China, Europa, Reino Unido, Francia, España, Italia, Austria, Republica Checa, Estonia, Alemania, Bélgica y Holanda (FAOSTAT, 2019)

Con base a la información proporcionada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2020), indicó que en 2019 los rendimientos a nivel nacional por hectárea van desde las 1.4 a 3.32 toneladas de grano seco, con un rendimiento promedio

nacional de 2502.11 toneladas, mientras que en grano fresco van desde las 3.5 a 7.74 toneladas por hectárea con un rendimiento promedio nacional de 6525.92 toneladas, siendo el Estado de México quien ocupa el primer lugar a nivel nacional en producción de haba verde, mientras que el Estado de Puebla ocupa el primer lugar en cuanto a la obtención de grano.

Con relación a lo anterior, Kalia (2004) y Pérez *et al.*, (2003) mencionan que este cultivo, es una alternativa para los valles altos del centro de México, donde casi el 90% se siembra en condiciones de temporal, ya que tolera temperaturas bajas y la producción mayormente va destinada hacia el autoconsumo, así mismo para su asociación de cultivos como maíz y frijol, por tener habilidad de fijar nitrógeno atmosférico y su adaptabilidad a cualquier suelo.

De acuerdo con Díaz-Ruiz (2009), la tecnología tradicional que se aplica en el cultivo no ha sido descrita y analizada, lo que permite conocer las debilidades de las enfermedades que atacan al cultivo y así tomar ventajas para su control y así fortalecer las cualidades de productividad del cultivo. En la actualidad, la presencia de innumerables enfermedades conduce a una pérdida económica o de productividad, repercutiendo en los aspectos económicos para los productores a nivel mundial.

Las enfermedades en los cultivos es un problema que provoca innumerables daños en el mundo desde la edad antigua. Para el caso del haba, las enfermedades que más afectan a nivel mundial son la mancha de chocolate (*Botrytis fabae*) y la mancha café (*Ascochyta fabae*) (Coca, 2004), juntas llegan a afectar entre el 20 y 80% del área foliar.

En los últimos años, la ciencia ha realizado innumerables esfuerzos para el manejo integrado de cultivo con énfasis en el manejo de plagas, en base a explorar la distribución espacial de las enfermedades con el objeto de ayudar a mejorar programas para el control de estas, realizando análisis espaciales basados en un sistema de información geográfica (GPS) (Fang *et al.*, 2006). El cambio climático, es un tema importante ya que influye principalmente en el desarrollo de enfermedades y plagas en las plantas y con ello la distribución espacial de las mismas (Cintra de Jesús *et al.*, 2008).

(Fang *et al.*, 2006) mencionan que, dentro del ámbito agrícola, es de gran importancia el conocimiento de la distribución espacial para la elaboración de programas de manejo integrado ya sea de plagas o enfermedades, con esto, permite desarrollar de manera eficiente prácticas agrícolas de tipo cultural, biológico, genético, químico para el control de enfermedades de importancia, así como las técnicas para su muestreo.

1.1.2. PRODUCCIÓN NACIONAL Y ESTATAL

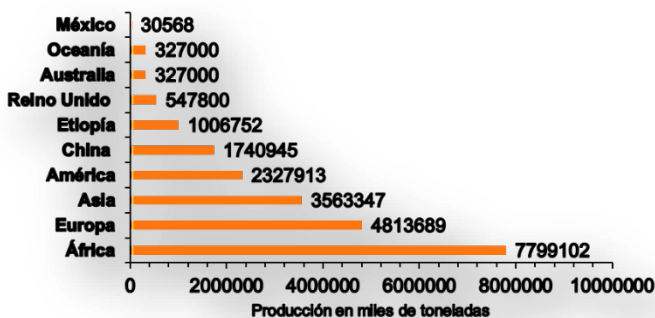


Figura 1. Principales productores de haba en el mundo (Aguilar, *et al.*, 2021).

Aguilar-Luna *et al.*, (2021), indican que México produjo 30,568 toneladas, quedando así en el 15° lugar a nivel global (Figura 1), por otra parte, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el mismo año,

reportó que se produjo 22,519.07 toneladas de haba en grano seco, mientras que en vaina verde reporto 71,785.13 toneladas (Figura 2). En el territorio mexicano los principales Estados productores de haba verde son: Estado de México, Puebla, Michoacán, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo, mientras que para grano en seco reporto los siguientes estados: Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Estado de México, Michoacán, Hidalgo (Cuadro 1 y Figura 2) (Cuadro 2 y Figura 3).

Cuadro 1. Estados Productores de haba en fresco.

Estado	Toneladas
México	34,328.12
Puebla	23,061.87
Michoacán	5,838.86
Tlaxcala	5,331.77
Veracruz	834.21
Hidalgo	766.91

Fuente: SIAP (2020)

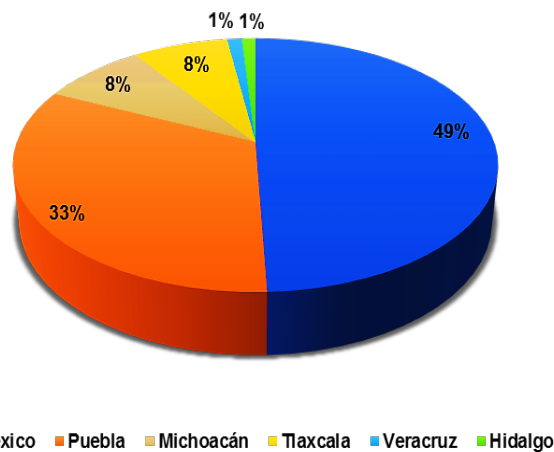


Figura 2. Porcentaje promedio de los estados productores del cultivo de haba en fresco. Fuente: SIAP (2020).

Cuadro 2. Estados Productores de haba en grano.

Estado	Toneladas
Puebla	15,000.31
Veracruz	10,298.86
Tlaxcala	3,230.61
México	694.65
Michoacán	555.13
Hidalgo	524

Fuente: SIAP (2020)

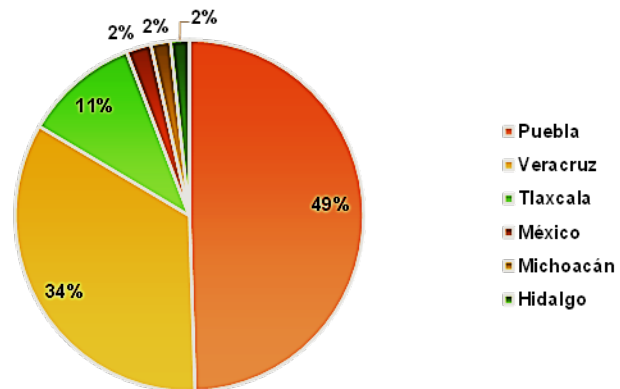


Figura 3. Porcentaje promedio de los estados productores del cultivo de haba en grano. Fuente: SIAP (2020).

Para 2020 el Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP), reporta que los principales municipios productores de haba verde son: Coatepec Harinas, Amanalco, Ocuilan, Texcaltitlán, Ixtlahuaca, Almoloya de Juárez, mientras que para grano seco reportó los municipios de: Juchitepec, Ixtlahuaca, Atlacomulco, San Felipe del Progreso, Chalco, Ozumba (Cuadro 3 y 4) (Figura 4 y 5).

Cuadro 3. Municipios productores del Estado de México de haba verde.

Municipios	Toneladas
Coatepec Harinas	5,432.12
Amanalco	4,256.26
Ocuilan	2,692.68
Texcaltitlán	2,195.00
Ixtlahuaca	1,562.40
Almoloya de Juárez	1,482.00

Fuente: SIAP (2020).

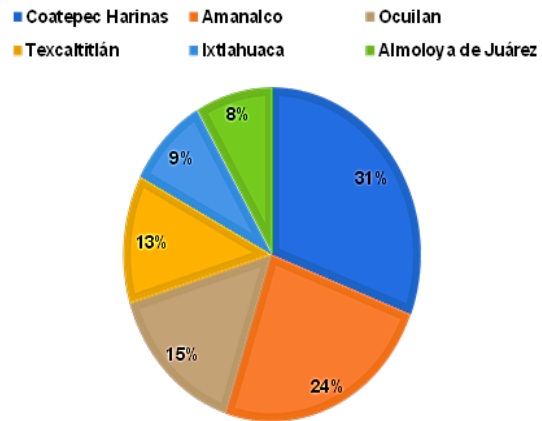


Figura 4. Porcentaje de los municipios productores del Estado de México. Fuente: SIAP (2020).

Cuadro 4. Municipios productores del Estado de México de haba en grano.

Municipio	Toneladas
Juchitepec	181.74
Ixtapaluca	149.27
Atlacomulco	76.65
San Felipe del Progreso	72.03
Chalco	55.87
Ozumba	49.5

Fuente: SIAP (2020).

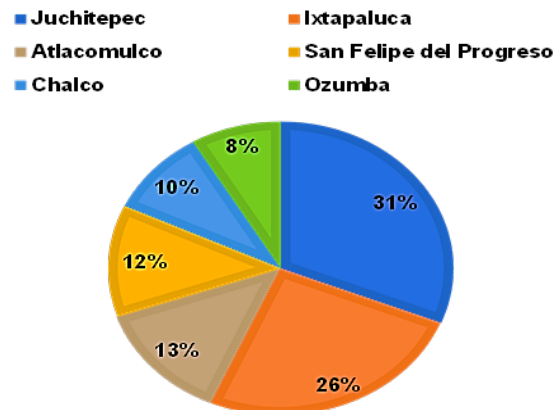


Figura 5. Porcentaje de los municipios del Estado de México de haba en grano. Fuente: SIAP (2020).

1.1.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

De acuerdo con el Centro Nacional Información Biotecnológica (NCBI, 2021), por sus siglas en inglés se clasifica de la siguiente manera (Cuadro 5):

Cuadro 5. Clasificación taxonómica del cultivo de haba (*Vicia faba* L.).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Vicia
Especie	<i>Vicia faba</i>

Fuente: (NCBI, 2021)

Es una planta anual de germinación hipogea, de hábito determinado o indeterminado (López, 2013).

1.2. MORFOLOGÍA

Es una planta anual herbácea, de tamaño indeterminado con abundante follaje, erecta y frondosa (Figura 6), teniendo las siguientes características:

1.2.1. RAÍZ

Presenta un sistema radicular tipo pivotante, profunda y herbácea llegando a medir más de un metro de longitud, tiene raíces laterales bien desarrolladas, los pelos

absorbentes se encuentran comúnmente en las partes jóvenes que se encargan de la absorción del agua y nutrientes, llegando a desarrollar nódulos como producto de la simbiosis que se da entre la planta y las bacterias de la especie *Rhizobium leguminosarum*, encargadas de fijar el nitrógeno atmosférico (López, 2013) (Figura 7).

1.2.2. TALLO

De tipo herbáceo, erecto, rígido, hueco, cuadrado, alado y tetragonal de color que van desde el verde hasta tonalidades moradas, las ramificaciones se dan en las axilas de los cotiledones en los nudos basales y superiores, con una altura que va desde los 0.5 m a 2 metros (López, 2013) (Figura 7).



Figura 6. Planta de haba (*Vicia faba* L.); (Fotos: Propias).

1.2.3. HOJAS

Presenta hojas compuestas, pinnadas de forma lateral alterna en el tallo, los folíolos son de forma oval y anchos y su tamaño puede ser pequeño, mediano y grande agrupados de 4 a 6, su forma puede ser elongada subelíptica y redondeada, el haz tiene un color verde más intenso, mientras que las nervaduras son de color más claros, presenta un raquis bien desarrollado, las estipulas son apéndices que nacen de la base de la hoja y son semisaquitadas y su finalidad es proteger las yemas (López, 2013) (Figura 7).

1.2.4. FLOR

Es hermafrodita, ya que posee los dos sexos en la misma flor, el gineceo es supero, uní carpelar y unilocular, el ovario es cilíndrico, el estilo es corto inclinado

con un penacho cerca del ápice, el estigma es terminal, el androceo está formado por 10 estambres, la especie se le considera parcialmente alógama, estas se presentan en una forma de racimo desarrollándose en las axilas de las hojas, cada racimo puede tener de 2 a 8 flores cada una, el pedúnculo es secundario y el pedicelo el terciario, el cáliz es

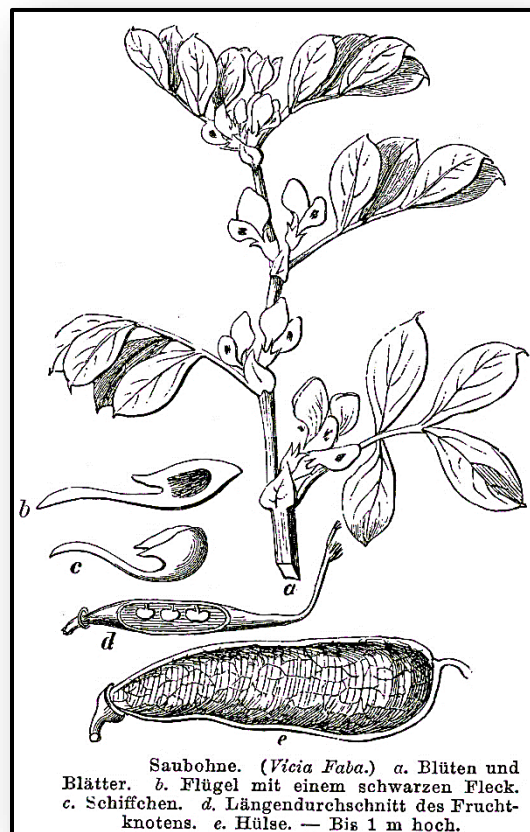


Figura 7. Morfología del haba. (Fuente: <https://www.alamy.es/haba-image67409556.html?imageid=4E4F66F9-F2B3-4B64-8031-40A818795370&p=89666&pn=1&searchId=7597ba5f935333fab1dda9bfc276d3a&searchtype=0>).

campanulado oblicuo con dientes triangulares compuesto por 5 sépalos pequeños, la corola es dialipétala con 5 pétalos que forman un estandarte (López, 2013) (Figura 7).

1.2.5. FRUTO

Vaina gruesa, carnosa, comprimida con las semillas dispuestas en una hilera ventral, puede medir de 5 a 40 centímetros de longitud y de 1 a 3 centímetros de ancho, la forma de la vaina puede ser subcilíndrica, estrechada-aplanada, rectas o curvadas, el color en estado fresco es verde y grados de brillantes, alcanzando el grado fisiológico se torna a un color café, la posición de la vaina puede ser erecta, horizontal o pendiente (López, 2013) (Figura 7).

1.2.6. SEMILLA

Es oblonga, el color basal de la testa puede ser negra, verde oscuro, verde claro, blanca, café oscuro, café claro, violeta o amarilla la longitud de la semilla puede ser de 0.5 a 3 centímetros y el ancho de 0.5 a 2 centímetros con un peso que puede llegar a variar de 0.5 a 2.6 gramos (López, 2013) (Figura 7).

1.3. BOTÁNICA

Tiene 6 cromosomas en las células generativas ($2n=12$) considera como una especie diploide y se divide en cuatro variedades botánicas: *Vicia faba mayor*, *Vicia faba equina*, *Vicia faba minor*, *Vicia faba paucijuga*.

1.4. ÉPOCA DE SIEMBRA

López (2013), indica que en el Estado de México; la época de siembra se realiza en dos ciclos:

- ✓ **Primavera-Verano:** bajo condiciones de humedad residual y temporal, destinándose para producción de grano y vaina verde.

- ✓ **Otoño-Invierno:** de igual manera bajo condiciones de humedad residual y con ayuda de riego, en este ciclo el tipo de producción va destinado solo a vaina verde.

1.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

1.5.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Ortiz (1988), menciona que en cuanto a la profundidad se recomienda tener por lo menos de 25 a 40 cm en el terreno, cuyo objetivo es incorporar el abono al fondo que se desee utilizar, posterior a la emergencia del cultivo recomienda realizar dos escardas.

López (2013), indica que el propósito de la tierra es desterronar el suelo, eliminación de maleza y facilitar la humedad adecuada. Por otro lado Aldana (2010), señala que para tener un buen desarrollo en el cultivar se recomienda tener un buen drenaje en el terreno, aunque en suelos arcillosos se puede presentar un buen desarrollo de este, puesto que el haba requiere un pH de 6 a 7.5 y una precipitación pluvial anual de aproximada de 700 mm.

1.5.2. SIEMBRA

ORSLP (2005), propone que en caso de ser semilla certificada se debe usar de 180 a 200 kilogramos por hectárea, teniendo como distancia entre surco y surco de 60 a 70 centímetros y distancia entre plantas de 25 a 30 centímetros con profundidad de 7 a 12 centímetros y depositando 2 semillas por golpe, de acuerdo con el tamaño del grano, La nacencia de la semilla llega a variar de acuerdo con la variedad y profundidad, así mismo también delimitada por la temperatura de la zona.

1.5.3. ALTITUD Y LATITUD

López (2013), indica que el cultivo de haba se desarrolla perfectamente en zonas que van de los 1000 a los 3200 msnm, teniendo una altitud óptima de 1800 y 2600 m. Se adapta desde los 52° de latitud norte y hasta la 50 ° latitud sur.

1.5.4. HUMEDAD Y TEMPERATURA

Durante las etapas fenológicas, para su desarrollo se requieren de 600 a 800 mm pluviales y estos a su vez deben estar distribuidos en sus diferentes etapas, para la emergencia de la semilla el suelo debe contar con la suficiente humedad para que la germinación sea satisfactoria.

En cuanto a la temperatura, el cultivo tolera heladas y temperaturas de 5° C, pero llega a morir a temperaturas de 6 a 7 grados bajo cero, en cuanto a la germinación requiere temperaturas mínimas de 6° C y óptimas de 10 a 20° C (López, 2013). Por otra parte, (Confalone, 2008), indica que la temperatura óptima para el progreso de floración e inducción de grano oscila entre los 19.9 a 25.4° C.

1.6. ETAPAS FENOLÓGICAS

Se refiere que el termino fenología, significa a la sucesión de diferentes etapas que presenta la planta, órganos durante su desarrollo y estas están determinadas genéticamente de acuerdo con la variedad y se llegan a alterar debido a los factores agroclimáticos.

La escala extendida BBCH es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. Este código decimal se divide principalmente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios y está basado en el bien conocido código desarrollado por Zadoks *et al.*, (1974) mencionan que la fenología es una rama de la agrometeorología que estudia la influencia del medio ambiente sobre los seres vivos, dichos fenómenos son estudiados a través de las manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos y la planta. Así mismo propone la siguiente escala fenológica con base al cultivo de haba (Figura 8):

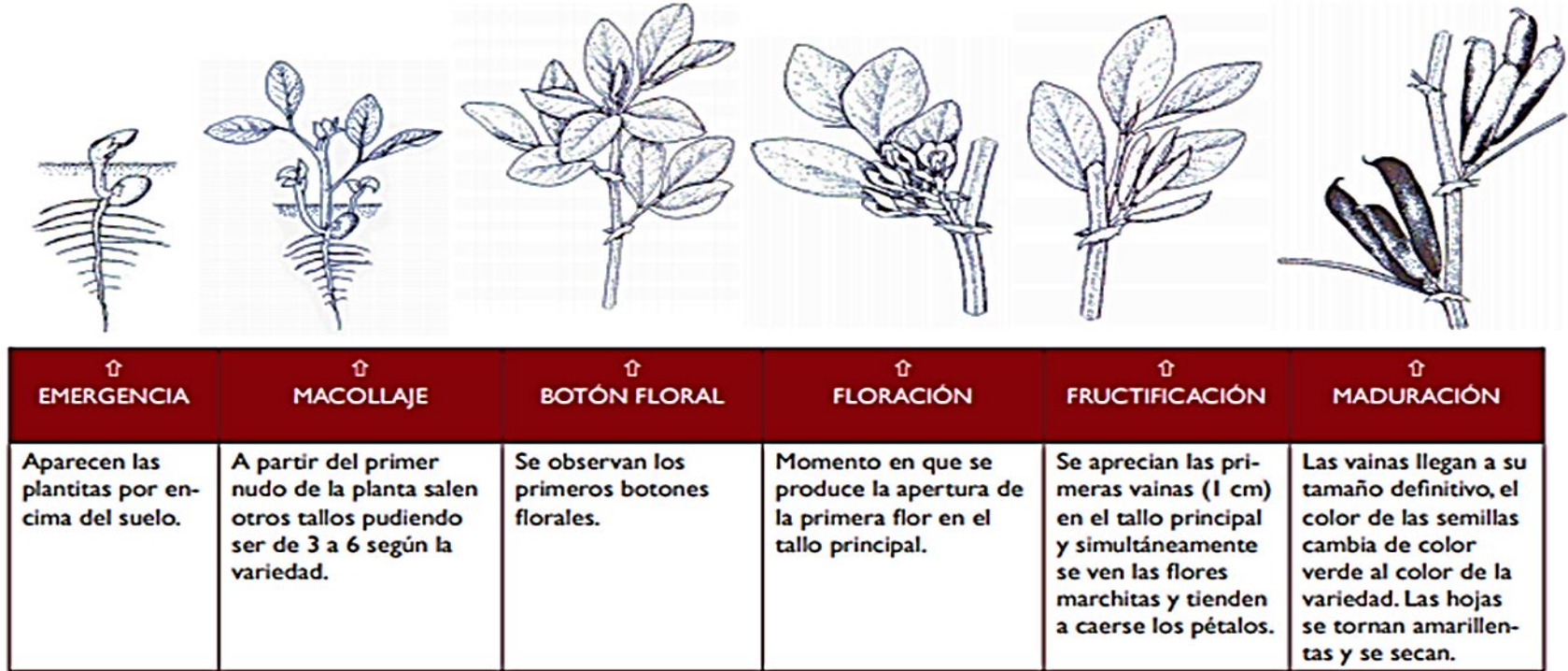
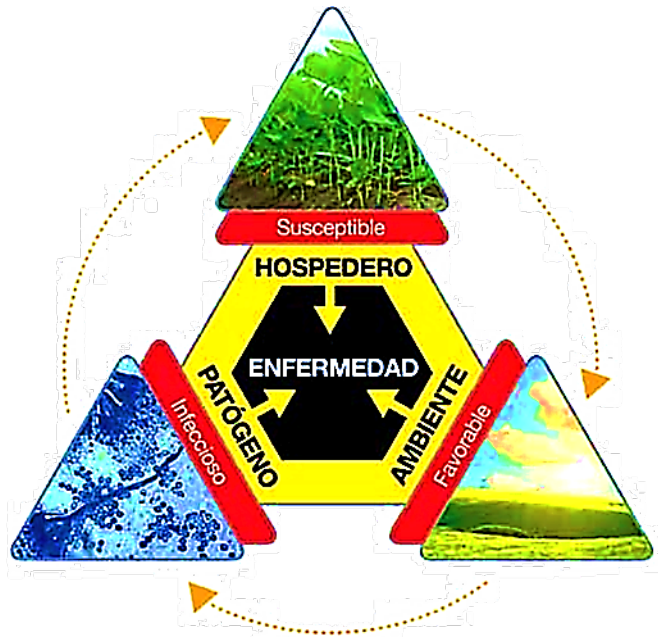


Figura 8. Fases Fenológicas del cultivo de haba. **Fuente:** SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

1.7. ENFERMEDADES

Existen diversos elementos que ayudan a favorecer el incremento y desarrollo de enfermedades y plagas, uno de los factores determinantes son los materiales genéticos susceptibles a las enfermedades e incluso a la nula aplicación o rotación de agroquímicos (Meza, 2018).



Agrios (2005), indica que la enfermedad es un estado que implica cambios anormales en la fisiología de las plantas y esto a su vez conduce alteraciones

parciales y/o totales de los órganos hasta llegar a la muerte. Estas enfermedades son causadas por factores bióticos influidos por el ambiente (Temperatura, Luz, Humedad) que alteran la fisiología en la planta, así como los excesos y deficiencias de las sustancias químicas que absorbe la planta para su funcionamiento y crecimiento de sí misma.

Arauz (1998), indica que las interacciones de los componentes de las enfermedades se han concebido como un triángulo comúnmente conocido como “triángulo de la enfermedad”, en donde cada uno de sus componentes es proporcional a la suma total de las características de cada componente que favorece a la enfermedad, en general, este

Figura 9. Componentes del triángulo de la enfermedad.

Fuente:

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/63108/CONICET_Digital_Nro.0b2b6400-1960-4ecc-94cc-ccb1fdf2cd2f_A.pdf?sequence=2&isAllowed=

triángulo representa la magnitud de la enfermedad en una planta o población vegetal (Figura 9).

En el cultivo de haba, las enfermedades foliares reportadas principalmente son: la **mancha chocolate** (*Botrytis fabae*), **mancha café** (*Ascochyta fabae*), **roya** (*Uromyces vicia-fabae*), **mancha circular de la hoja** (*Alternaria alternata*), **podrición de raíz** (*Rhizoctonia solani*) y algunos virus.

Para este estudio solo se estudiará el comportamiento de dos enfermedades.

1.7.1. MANCHA DE CHOCOLATE (*Botrytis* spp)

Botrytis fabae, es causante de la enfermedad conocida como mancha de chocolate, produciendo micelio gris en abundancia (IICA, 1990). Afectando de manera principal a tallos, hojas, flores y vaina ya que limita la capacidad fotosintética y como consecuencia reduce el rendimiento de un 20% a 80% (Quiton, 2000).

Coca (2004), menciona que para que esta enfermedad se haga presente, la humedad es un elemento importante y se presenta desde la emergencia del cultivo (fase no agresiva) hasta que se desarrolla el cultivo en su totalidad. Las condiciones óptimas para la propagación de la infección van del 80% en humedad relativa y de 18 a 20° C de temperatura.

La enfermedad se puede presentar en su forma inicial con manchas características de color chocolate sobre las hojas, después se disemina por tallos, flores y finalmente la vaina (grano inmaduro), cuando alcanza la fase agresiva, las partes que se vieron afectas se tornan en manchas necróticas con una abundante formación de felpa color gris marrón (Figura 10).

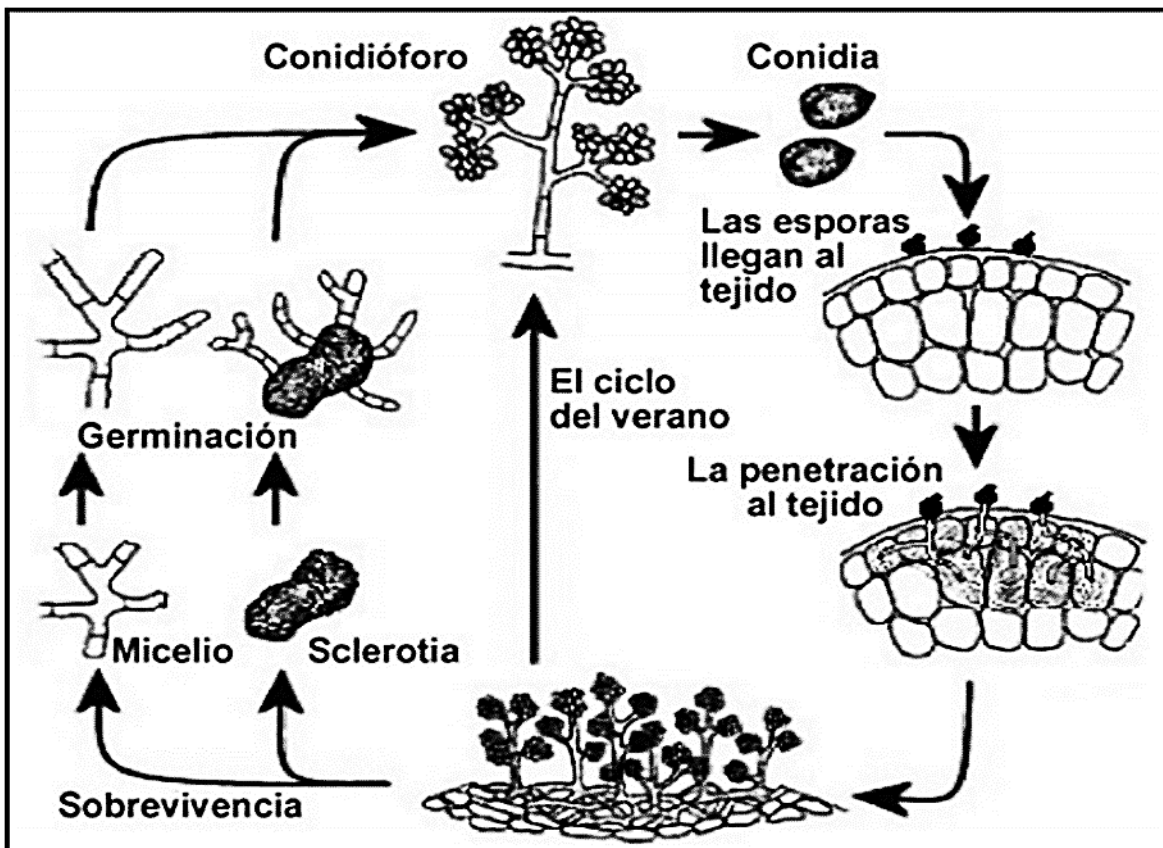


Figura 10. Desarrollo de la enfermedad de *Botrytis* spp. Fuente: Mamani, (2007)

1.7.2. MANCHA CAFÉ O ANTRACNOSIS (*Ascochyta* spp)

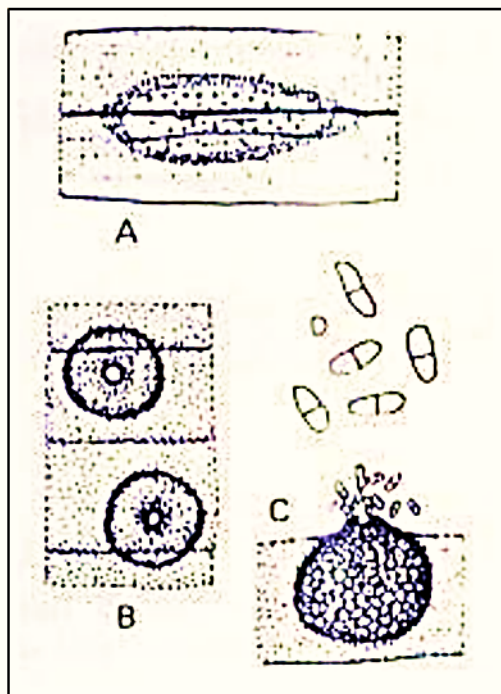


Figura 11. Estructura de la picnidia.
Fuente: Condori, (2010).

Mancha café o antracnosis, es una de las enfermedades con mayor importancia de acuerdo con Coca (2005), pues menciona que esta enfermedad llega a afectar el rendimiento en entre el 13% a 20%, así como en los países productores aún no se encuentran bien documentados los daños que llega a ocasionar.

Inicia afectando hojas, tallos, frutos y granos, al inicio de la enfermedad se puede apreciar daños en hojas y vainas de la planta. Las estructuras que presenta se llaman picnidias, estas sobre las

lesiones presentes en las vainas llegan a ser muy visibles ya que son prominentes de color pardo oscuro y en microscopio se puede apreciar una forma circular de borde oscuro, también presenta conidias que son hialinas rectas o curvadas.

Condori (2010), indica que los síntomas iniciales se presentan en vainas de la primera floración con lesiones irregulares, ligeramente hundidas de color marrón oscuro a negruzco, esto ocasiona el secamiento de las vainas sin llegar a la maduración (Figura 11).

1.8. EPIDEMIOLOGÍA AGRÍCOLA

Es una ciencia que estudia los factores que afectan el proceso y la diseminación de las enfermedades de las poblaciones vegetales (Achicano, 2000). Por otro lado, Arneson (2001), menciona que la epidemiología estudia el desarrollo de las enfermedades de las plantas

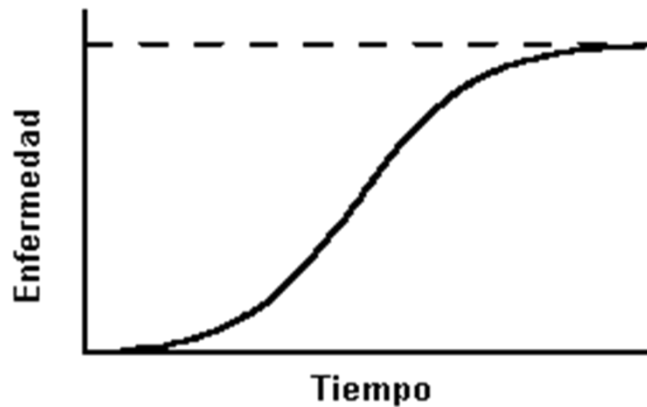


Figura 12. Dinámica de la enfermedad a través del tiempo. **Fuente:** Madden, *et al.*, (2008)

que se desarrolla a través del tiempo y espacio contemplando modelos matemáticos que pueden ayudar a la toma de decisiones para su posterior manejo.

La epidemia, es el cambio (dinámica) en la intensidad en una población de un hospedante a través del tiempo y el espacio (Madden *et al.*, 2008) (Figura 12). El desarrollo dinámico de una epidemia es complejo, por lo cual se necesitan grandes medidas de observaciones mediante fórmulas matemáticas y estadísticas con ayuda de la computación que permite representar y visualizar la epidemia en términos de ecuaciones y modelos matemáticos, a través del tiempo y el espacio.

Con base a lo anterior, la epidemiología es una herramienta que ayuda a comprender de mejor manera las enfermedades que afectan a las poblaciones vegetales con el objeto de entender y proporcionar alternativas que lleven a su manejo (Madden *et al.*, 2008).

1.8.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

En la actualidad, una de las aplicaciones para la realización de análisis espaciales que se utiliza con frecuencia es la distribución espacial que se refiere al patrón de dispersión que tienen los individuos de una población geográfica determinada y la forma en la que se distribuyen de acuerdo con las condiciones o factores que puede limitar o determinar la distribución (UNAM, 2021) (Cuadro 6):

Cuadro 6. Factores que determinan o limitan la distribución espacial de una población.

Factor	Observación
Capacidad de dispersión	Mecanismo de transporte que disponen los organismos para colonizar nuevas áreas.
Mecanismos de selección de hábitat	Relación evolución heredabilidad de cambio en el tiempo con pautas de adaptabilidad a un hábitat.
Restricción	Presencia de organismos depredadores, que compitan en espacio-tiempo que controlen el crecimiento.
Condición física-química del ambiente	Compuestos físicos-químicos que limiten el crecimiento, comportamiento de una población en un espacio geográfico determinado.

Una población se puede distribuir al azar, cuando una población tiene una probabilidad de ocupar un espacio (UNAM, 2021) (Figura 13 y Cuadro 7):

Cuadro 7. Tipos de distribución espacial.

Distribución	Observación
Agregada	La presencia de un individuo aumenta la probabilidad de encontrarse con otro.
Homogénea	Cuando los individuos siguen un patrón regular de establecimiento. La uniformidad en la distribución espacial de los individuos de la población supone que el ambiente presenta muy poca variabilidad en cuanto a las condiciones fisicoquímicas que podrían afectar la supervivencia del organismo.
Heterogénea	Una condición en la que de un punto a otro del espacio los factores ambientales que afectan la supervivencia y el comportamiento de los individuos no son constantes, ya sea porque se ha formado un gradiente o ha habido cambios abruptos.

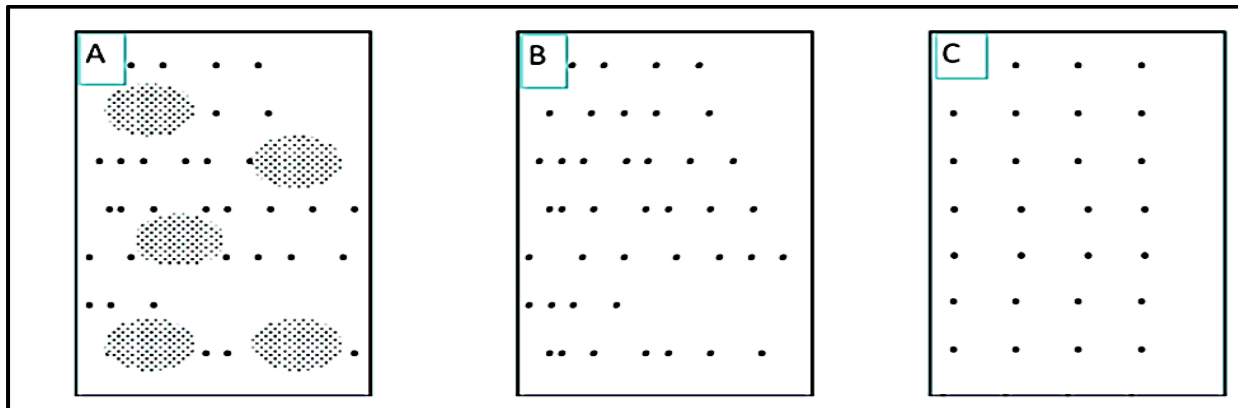


Figura 13. Tipos de distribución que presenta la distribución espacial a) Agregada, b) homogénea, c) heterogénea. **Fuente:** https://www.researchgate.net/figure/Figura-87-Tipos-de-distribucion-espacial-de-insectos-a-agregada-b-al-azar-y-c_fig16_262674954

Madden *et al.*, (2008) menciona que, para el aspecto espacial, se considera el análisis y estudio de la dispersión que expresa la enfermedad y para su estudio se realiza a través de índices de dispersión (radio varianza media), índice de Lloyd de agrupamiento medio, índice de Lloyd de agregación, índice de morisita e índice de la potencia de Taylor. El conocimiento de la distribución permite generar esquemas de muestreos que nos ayudan a determinar el comportamiento de la población a estudiar.

1.8.2. GEOESTADÍSTICA

Geoinnova (2019), indica que es una rama de la estadística que se especializa en el análisis y la modelización de la variabilidad espacial de un fenómeno de donde se puede adquirir datos espaciales mediante coordenadas. Sus aplicaciones son múltiples, ya que puede aportar soluciones de interés a las diferentes disciplinas en las que puede apoyar, pues con las innumerables técnicas y métodos que utiliza la geoestadística mediante análisis a las que se les pueda aplicar las tecnologías de GPS.

A través de los últimos años se ha impulsado gran parte de la tecnología, y para la agricultura no es la excepción, y con ellos nos permite capturar gran parte de datos espaciales que se asocian a una localización en particular. Esos datos obtenidos de manera georreferenciada proveen información con características de topografía, suelo, vegetación, agricultura, oceanografía, biología, logística, etc.

Wendroth (2014), menciona que la geoestadística, permite identificar con mayor exactitud el origen de los problemas y sus causas y reunir sus probables causas, por otro lado,

indica que la geoestadística y la estadística convencional hay una diferencia, la primera es que la geoestadística es para ocuparse en la agricultura. La geoestadística debe de llevarse a cabo en 3 etapas:

Cuadro 8. Etapas de la geoestadística.

Análisis exploratorios de datos	Aquí se estudian los datos recolectados en campo sin tener en cuenta su distribución espacial.
Análisis estructural	Estudio de la continuidad espacial de las variables y se calcula su posible variograma.
Predicción	Aplicación de modelos básicos para estimar las variables de los puntos no muestreados.

Fuente: Wendroth (2014).

A través de las técnicas antes descritas de la geoestadística, existen algunos patrones en puntos que correlacionan a los georreferenciados y de acuerdo con Geoinnova (2019), es más que la disposición de una serie de ellos en el espacio y con ello aportan una gran cantidad de información para su posterior proceso, análisis y validación de estos, donde

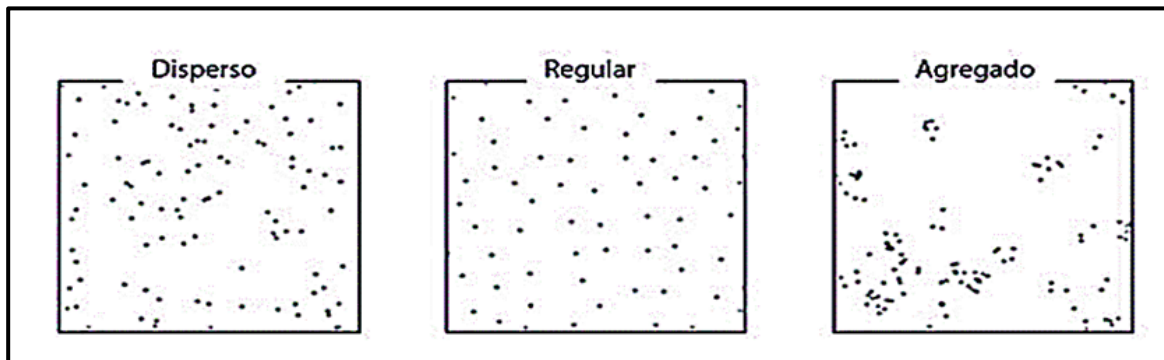


Figura 14 . Patrones de puntos presentes en la geoestadística. **Fuente:** Geoinnova (2019).

se puede apreciar los diferentes patrones que se puede obtener a partir de una georreferenciación, y a partir de ello se generan tres diferentes procesos (Figura 14) (Cuadro 9).

Cuadro 9 Descripción de los patrones de puntos.

Punto	Observación
Agregado o clusterizado	La densidad en puntos es elevada en algunas zonas y se presentan en agrupados con respecto a su entorno.
Aleatorio o disperso	No representan ninguna estructura definida, pues las disposiciones de los puntos son pendientes y aleatorias.
Patrón regular	Los puntos son constantes y alejados entre sí.

1.8.3. INTERPOLACIÓN

La interpolación, es una parte de la geoestadística que tiene como parte fundamental la estimación de valores que a partir de un conjunto de puntos georreferenciados en un sistema de coordenadas espaciales (X, Y) de una muestra en común.

Algunas de las utilidades más sobresalientes del sistema de información geográfica (SIG), es su análisis espacial, y con ellos las interpolaciones y las diferentes variables que se pueden evaluar en los innumerables cultivos que se establecen en los campos agrícolas a nivel global.

El uso de esta herramienta es de suma importancia, ya que con ella se puede evaluar innumerables características como son las edáficas, plagas y enfermedades, hidrología,

oceanografía, entre otros (Clay *et al.*, 2007). Algunos métodos que ayudan a la interpolación de datos son la ponderación del inverso de la distancia (IDW), método matemático que utiliza un algoritmo basado en las distancias de puntos, kriging.

El método kriging, en diversos estudios ha demostrado ser muy eficiente en cuanto a las características diferentes que presenta las áreas de estudio ya que en la agricultura de precisión, esta herramienta es de gran utilidad, precisión para mejorar las prácticas de manejo de acuerdo con (Trangmar *et al.*, 1996); por otro lado Bertsch F., (1995), indica que es un método geoestadístico que ayuda a cuantificar la estructura y autocorrelación de los datos con ayuda de los variogramas para su posterior predicción del comportamiento de un fenómeno en particular.

Otro método que puede ayudar al análisis de datos obtenidos de la georreferenciación aplicados a la geoestadística es la validación cruzada, y su procedimiento se relaciona a la eliminación de datos de una variable a estudiar y con ello generar un valor predictor de un sistema georreferenciado (Gallardo (2006); y Tomcza (1998)).

Entre los trabajos realizados y publicados en cultivos de gran importancia social y económica en el Estado de México es sobre el patrón espacial del carbón de la espiga del maíz en diferentes localidades del Estado de México (Sánchez-Pale *et al.*, 2015), quienes demostraron que la aplicación de técnicas geoestadísticas ayudó a modelar el comportamiento espacial de las enfermedades y obtener mapas sugirieron realizar alternativas de control químico, cultural y la focalización de muestreos específicos para llegar a prácticas de una agricultura de precisión, (Quiñones Valdez *et al.*, 2018), reporto

que la distribución espacial de la roya transversal del gladiolo se presentó de forma agregada durante sus etapas fenológicas de espata y floración, mencionando que el modelo que describió el comportamiento espacial de la enfermedad en los municipios Jocotitlán e Ixtlahuaca fue lineal y pentaesférico.

Aday Díaz *et al.* (2020), indicaron en su trabajo de investigación distribución espacial en el limbo foliar de la roya naranja (*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) EJ Butler) en caña de azúcar publicado, menciona que la roya naranja de la caña de azúcar es una enfermedad de peligro en potencia y sus análisis realizados en hojas de caña de azúcar (tomando en cuenta la 5^{ta} hoja de la planta) llegaron a la conclusión que el cultivar estudiado tuvo un máximo de 6.88 pústulas por centímetro demostrando que el área foliar de afectación fue de un 25% así que la enfermedad se presentó de forma agregada.

1.8.4. KRIGING

Desarrollado inicialmente por Daniel G. Krige, quien desarrolló la técnica en un intento de predecir con mayor precisión las reservas minerales. Convirtiéndose así en una herramienta fundamental en el campo de la geoestadística. El Kriging, es un método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos. Se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón.

El kriging, es una técnica de interpolación basada en una regresión de muestras utilizadas para pronosticar valores desconocidos a partir de valores conocidos espaciados de manera irregular. Es una familia de algoritmos de regresión por mínimos cuadrados generalizados, que a partir de un conjunto de observaciones proporciona el predictor lineal óptimo para la variable en alguna posición (López-Bonilla *et al.*, 2011).

Por otro lado, Porras (2017), indica que es un método inferencial espacial que permite estimar los valores de una variable espacial de los lugares no muestreados con base a la información proporcionada de una muestra.

Como resultado se obtiene un variograma y/o semivariograma, herramienta que nos permite analizar el comportamiento de una variable espacial de un área definida obteniendo como resultado la influencia de los datos a diferentes distancias. A partir de ellos, el variograma teórico se realizará la estimación por el método de Kriging (López-Bonilla *et al.*, 2011).

De acuerdo con Ibáñez *et al.*, (2003), existen tres distintas variantes de Kriging dependiendo de las suposiciones que se hagan con respecto a la media o valor medio de las muestras:

- ✓ Kriging Simple
- ✓ Kriging Ordinario
- ✓ Kriging Universal

El ajuste a una función permite extraer una serie de parámetros que son utilizados para realizar la interpolación geoestadística (Kriging) y que definen el grado y escala de la variación espacial. Estos parámetros son el rango (A0), el nugget (C0), el sill (C0+C), y la proporción de la varianza dada por el espacio (C/C0+C), frecuentemente expresada como porcentaje.

El **rango** (A0) es la distancia a la que la semivarianza deja de aumentar. El rango, por tanto, indica la distancia a partir de la cual las muestras son espacialmente independientes unas de otras. El **nugget** (C0) es la varianza no explicada por el modelo, y se calcula como la intercepción con el eje Y. Se conoce también como varianza error puesto que la varianza de dos puntos separados por 0 metros debería ser 0. Es por ello por lo que esta varianza está normalmente indicando variabilidad a una escala inferior a la muestreada. La máxima semivarianza encontrada entre pares de puntos se conoce como **sill** y debe coincidir con la varianza de la población. La relación C/C0+C nos da el grado de variación espacial, y por tanto el grado de incertidumbre a la hora de interpolar puntos en el espacio. Un alto cociente nos indica una variable especialmente muy predecible.

Después de seleccionar el modelo que presentará menor error de estimación, se procederá a la selección del método de interpolación (universal, simple u ordinario) considerando el menor error de precisión para realizar la interpolación con base al error medio (ME) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]$, el cual debe ser cercano a cero (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2013); de igual forma se determinó error cuadrático medio

(RMSE): $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - \tilde{z}(x_i)]^2}$ que considera a un modelo de semivariograma adecuado si, como regla práctica, el valor del estadístico es cercano a cero y la media estandarizada del error de predicción (MSPPE) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ME}{\sigma^2(X_i)}$ que debe ser cercana a cero (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2013)

El resultado del Kriging fue una capa espacial en formato Geotiff obtenida con la librería *rgdal* del programa R. El mapa se editó con el programa Surfer 16.0 versión 3.4.08 para visualizar el comportamiento espacial de cada enfermedad con el mapa generado.

II. JUSTIFICACIÓN

En México, el cultivo de haba es importante tanto en los valles altos de la Mesa Central que comprenden los Estados de México, Tlaxcala, Puebla, Michoacán y Guanajuato; así como en zonas altas de Veracruz y Chiapas. Para el Estado de México, este cultivo representa una actividad económica y social, ya que se considera una especie con atribuciones biológicas, alimenticias y medicinales que aporta numerosos beneficios al organismo humano al ser consumidas, también destaca como una planta medicinal de alto impacto en tratamientos farmacéuticos y terapéuticos. Por la importancia social y económica que representa este cultivo para nuestra región es de vital importancia generar información espacial que ayude a dar soporte de control específico a las diferentes alternativas de manejo de las enfermedades, y con ello contribuir al desarrollo del cultivo desde una perspectiva sustentable.

III. HIPÓTESIS

La distribución espacial de las enfermedades ocasionadas por *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., será posible modelarlas utilizando técnicas geoestadísticas.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución espacial de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., en el cultivo de haba en tres municipios del Valle de Toluca.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Elaborar y validar escalas diagramáticas de la severidad de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp.
- ✓ Determinar el progreso de la incidencia de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp.
- ✓ Determinar el progreso de la severidad de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., a partir de escalas diagramáticas elaboradas en el Valle de Toluca
- ✓ Modelar el comportamiento de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en relación con un espacio geográfico determinado.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

Los trabajos experimentales, se desarrollaron en los ciclos primavera - verano, en tres municipios pertenecientes al Valle de Toluca, Estado de México; seleccionados previamente por las características de acuerdo con la presencia de enfermedades, así como en producción.

Las localidades seleccionadas de los municipios antes mencionados para el presente trabajo fueron: **Ojo de Agua**, municipio de **Zinacantepec** presentando las siguientes coordenadas geográficas: **2124996.43 UTM N; 419277.08 UTM E**; con una elevación de **3022** metros sobre el nivel del mar, **Santiago Tlacotepec**, municipio de **Toluca** con las siguientes coordenadas geográficas: **2125772.03 UTM N; 428452.94 UTM E**; con una elevación de **2924** metros sobre el nivel del mar, **Ejido de Calimaya**, municipio de **Calimaya de Díaz González**, con coordenadas geográficas: **2117276.10 UTM N;**

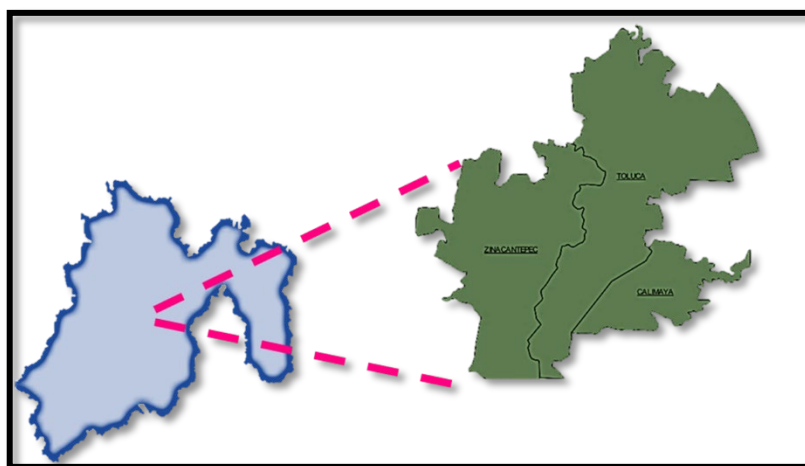


Figura 15. Mapa del Estado de México y los municipios de estudio pertenecientes al Valle de Toluca.

428894.07 UTM E; con una elevación **3102** metros sobre el nivel del mar, utilizando en cada localidad 3 parcelas con una extensión mínima de una hectárea respectivamente (Figura 15).

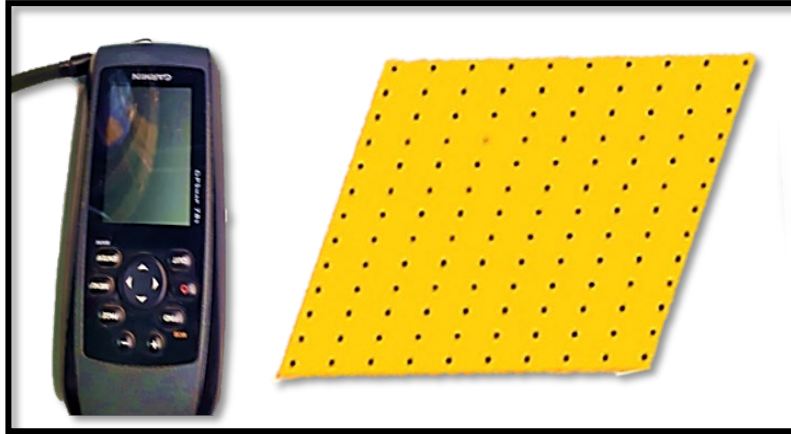


Figura 16. Topología para la georreferenciación en campo. Con ayuda del dGPS Marca Garmin®, modelo SPPS351, Trimble®, USA

En cada localidad de estudio, se georreferenciaron 121 puntos para su posterior muestro; registrando su posición global con ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global

diferencial (dGPS) de la marca Garmin®, modelo SPPS351, Trimble®, USA (Figura 16).

Los muestreos se llevaron a cabo en las diferentes etapas fenológicas desde el establecimiento del cultivo (0 DSS) hasta su culminación (135 DSS), en cual se observó y evaluando la severidad de las enfermedades de estudio en los tres portes que presenta la planta (Bajo, Medio, Alto) (Figura 17).



Figura 17. Evaluación de los portes de la planta de haba. **Fuente:** Fotografías propias.

5.1.1. CALIMAYA DE DÍAZ DE GONZÁLEZ

Calimaya se localiza al sur de Toluca. Se ubica geográficamente en los paralelos 99°37'02" de longitud oeste y en los 19°10'25" de latitud norte. Limita al norte con los municipios de Toluca, Metepec, Mexicaltzingo y Chapultepec; al oriente con Tianguistenco y San Antonio la Isla; al occidente con Toluca; al sur con Tenango del Valle y Santa María Rayón. El territorio ocupa un amplio plano inclinado que al oeste se encuentra la parte más alta, a los 4,578 msnm (metros sobre el nivel del mar), que baja hasta el terreno plano de la parte oriental, a una altura de 2,600 msnm. Su sistema montañoso está conformado por el Nevado de Toluca, por el monte de Tepemaxalco (compuesto de dos cumbres similares), al que popularmente se le conoce como el Cerro de los Cuates y por el Cerro de Putla. El clima predominante se le clasifica como templado lluvioso (Cwbg), con lluvias predominantes en verano. La temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C y se registra antes del 21 de junio. Suelen presentarse heladas en los meses de noviembre a enero y ocasionalmente en mayo (heladas tardías) y en septiembre (heladas tempranas). Estas últimas son altamente perjudiciales para la agricultura.

La sequía abarca los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Los meses de lluvia son de mayo a agosto, así en junio, julio, agosto y septiembre; se gestan las atmosféricas más húmedas, con precipitaciones máximas de 190 mm en el mes de julio. Anualmente la precipitación va de los 800 a 900 mm. La temperatura media anual varía entre los 12°C y 14°C (Ayuntamiento de Calimaya, 2023).

5.1.2. TOLUCA DE LERDO

La ciudad de Toluca se encuentra a entre las latitudes de 19° 13' y 19° 17', entre las longitudes de 99° 35' y 99° 43', mientras las altitudes fluctúan entre 2655 y 2670 m.s.n.m. Colinda con once municipios: al norte, Temoaya y Oztolotepec, al noroeste con Almoloya de Juárez; al sur con Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Calimaya y Tenango del Valle; al sureste con Metepec; al este con Lerma y San Mateo Atenco y al oeste con Zinacantepec. La ciudad se halla en una región donde convergen fenómenos atmosféricos provenientes de las zonas frías, templadas y tropicales, por lo que su atmósfera es muy dinámica a lo largo del año. La elevada altitud define un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, según la clasificación climática de Köppen (C (w2)). Las temperaturas más bajas se registran en los meses de diciembre, enero y febrero, con valores que oscilan entre – 2.0° y 8.0° C. Las heladas son muy frecuentes en invierno, pero se pueden presentar en cualquier día del año. Las bajas temperaturas están asociadas con la fuerte irradiación nocturna, con la irrupción de vientos polares y masas de aire frío, lo que en muchas ocasiones origina inversiones térmicas que estabilizan los estratos atmosféricos cercanos a la superficie del valle de Toluca.

Las temperaturas más elevadas se presentan entre abril y mayo, con valores que fluctúan entre los 26.0° y los 28.0° C. La precipitación media anual en la ciudad es de 800 a 1000 mm, abarcando las lluvias los meses de mayo a octubre. El mes más lluvioso es julio y el de menor precipitación es febrero a lo largo del año, presentándose ocasionalmente una sequía intraestival la cual dura entre una y dos semanas (González *et al.*, 2013).

Toluca cuenta con lomeríos de basalto que ocupan aproximadamente el 40% de la superficie de la sierra volcánica, existe también un vaso lacustre de piso rocoso que ocupa el 35% de ésta; el resto de la sierra volcánica se conforma de estrato volcanes o estrato volcanes aislados que representan el 21%. Finalmente, el 2% está conformado por una llanura aluvial. Con referencia a los periodos de formación del suelo, la ciudad está ubicada en su mayoría sobre suelos que datan de los periodos Neógeno (44.5%) y Cuaternario (17%). Se identifican once elevaciones principales en el municipio: el Cerro del Perico (2,720 msnm), Cerro San Marcos (2,920 msnm), Cerro Agua Bendita (2,920 msnm), El Cerrillo (2,650 msnm); el Nevado de Toluca (4,660 msnm); Cerro Las Canoas (2,700 msnm); Cerro de En Medio (2,700 msnm); Cerro La Teresona (3,030 msnm); Cerro Coatepec (2,750 msnm); Cerro Tlacotepec (2,890 msnm) y Cerro de El Calvario (2,715 msnm).

Presenta cuatro tipos de suelo, la mayor parte del territorio es Feozem (64.18%), seguido de Vertisol, Andosol (15.8% cada uno aproximadamente) y Regosol (5%). Por las características de estas unidades de suelo, se considera que la mayor parte del territorio municipal es apto para el desarrollo de actividades agropecuarias y forestales (Ayuntamiento de Toluca, 2019).

5.1.3. ZINACANTEPEC

El municipio de Zinacantepec se localiza en la Región Central de México y en particular, la Provincia presente en el municipio es la del Eje Neovolcánico transversal que cubre 100% del municipio y la Subprovincia de Mil Cumbres; la cual cubre también 100% de su extensión, se eleva desde los 2,660 msnm (metros sobre el nivel del mar) en las zonas planas en el nororiente, la mayor elevación municipal se ubica en la zona suroriente, en una parte intermedia del Volcán Nevado de Toluca, denominada Cerro Prieto, donde alcanza los 4 mil 310 metros sobre el nivel del mar.

El clima predominante del municipio de Zinacantepec es Semifrío subhúmedo Cb'(w2) con verano fresco largo, la temperatura media anual varía entre 8.7°C a 14.4°C, las temperaturas mínimas mensuales se registran entre octubre y marzo, fluctuando de -1°C a -5°C, aunque la temperatura mínima diaria en invierno en las laderas del Volcán Nevado de Toluca ha registrado valores de 11° C bajo cero. La temperatura del mes más cálido es menor a 28°C. La precipitación Normal en el mes más seco es menor de 7 mm, presenta lluvias en verano, el porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2% del total anual.

Con respecto a los tipos de suelo, Zinacantepec; presenta cinco tipos: andosoles, cambisoles, feozem, regosoles y vertisoles. El suelo predominante es del tipo Andosol con sus variantes húmico y ócrico que cubren 18,825.1 ha, 60.1% de la superficie municipal, los andosoles son suelos formados a partir de las cenizas volcánicas, poseen una alta retención de humedad y nutrientes, por lo que son aptos para la agricultura si las condiciones del relieve lo permiten. Su distribución en el Municipio es en lomeríos, sierras

y en las laderas de los volcanes Nevado de Toluca y Gordo, el suelo Feozem se localiza en toda la zona urbana, ocupando 11,495.5 ha, 36.7% del Municipio, esta clase de suelo se encuentra generalmente en terrenos planos y se utiliza para la agricultura.

La consistencia de este suelo es suave, rico en materias orgánicas y fértiles, con una capa superficial oscura. El Cambisol crómico conforma 532.5 ha, 1.7% del suelo, se encuentra en las laderas son suelos jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación, se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso.

El suelo Regosol eútrico se encuentra solo en la cima del Volcán Nevado de Toluca a una altitud de 3,900 msnm cubriendo 238.1 ha, 0.8% del municipio. Los regosoles se distinguen por su textura media predominando la pedregosidad, no presentan capas distintas y en general son de tono claro y el Vertisol pélico se distribuye en 219.3 ha, al norte del municipio, ocupando 0.7% del territorio municipal, los vertisoles son suelos de climas templados, se caracterizan por su estructura masiva y por su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo, pueden llegar a formar grietas en la superficie o a determinada profundidad (SEDATU, 2013).

5.2. VARIABLES DE ESTUDIO

Se evaluaron las variables de severidad e incidencia (expresada en porcentaje) de las enfermedades *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., presentes en los tres portes de la planta.

5.2.1. SEVERIDAD

Para las enfermedades de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., fueron evaluadas de acuerdo con la creación de las escalas diagramáticas de severidad que se generaron y se validaron en el presente estudio.

Las dos escalas diagramáticas se conformaron por seis clases (Figura 15 y 16) las escalas observando intervalos que va desde el 0 hasta el 100 por ciento de severidad, el nivel de daño fue calculado mediante la fórmula de severidad real de la enfermedad ((Nutter *et al.*, 2006):

$$S = \left(\frac{\text{área enferma}}{\text{área total de la imagen}} \right) * 100$$

Donde:

S= Severidad Real de la Enfermedad

Una vez obtenidos los valores reales de severidad de las hojas, se procedió a determinar los rangos de severidad con apoyo de software APS PRESS ©Assess 2.0 (Lamari, 2008).

Para las enfermedades de estudio, se realizó una selección minuciosa de los ciclos Primavera - Verano y se extrajeron 130 foliolos simples para *Ascochyta* spp.; y 200 foliolos simples para *Botrytis* spp., de cada municipio por parcela comercial, donde cada foliolo expresaba la severidad de cada enfermedad en diferentes porcentajes, fueron embalados en papel periódico con la finalidad de conservación y protección y trasladados con una ayuda de una prensa botánica construida de madera para reducir los daños mecánicos, trasladándolas al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Posteriormente, se preseleccionaron de manera visual agrupándose en porcentajes similares tomando una muestra de 60 foliolos simples para la enfermedad *Ascochyta* spp con diferentes porcentajes de severidad para ser digitalizadas con ayuda de una impresora multifuncional de la marca HP®, LASERJET PRO MFP M127fn (Buffara *et al.*, 2014).

Los foliolos simples de cada enfermedad fueron sometidos a una primera evaluación, con apoyo de diapositivas del software Microsoft Office 365 ® Power Point ®, proyectadas con un proyector multimedia marca Epson PowerLite S18+ modelo V11H552021 con un tiempo de visualización entre cada imagen digital de 30 segundos. Se emplearon a 20 evaluadores que no contaban con experiencia alguna donde se evaluó el porcentaje de severidad, esto con base a la fórmula propuesta por (Nutter *et al.*, 2006):

$$S = \left(\frac{\text{área enferma de la hoja}}{\text{área total de la imagen}} * 100 \right)$$

Donde:

S = Severidad real.

Los valores mínimos y máximos expresados a partir de la visualización de cada foliolo simple sirvieron para establecer los valores mínimos y máximos de las escalas propuestas

Así mismo se calculó el índice de severidad medio de la enfermedad para ambos casos, de acuerdo con la siguiente fórmula propuesta por Salman *et al.*, (2011) (Figura 18 y 19):

$$ISE = \sum \left(\frac{(n_i * s_i)}{N} \right)$$

Donde:

ISE = Índice de severidad medio de la enfermedad.

n_i = número de hojas en cada clase.

S_i = el valor de severidad de cada clase

N = Número total de las hojas evaluadas.

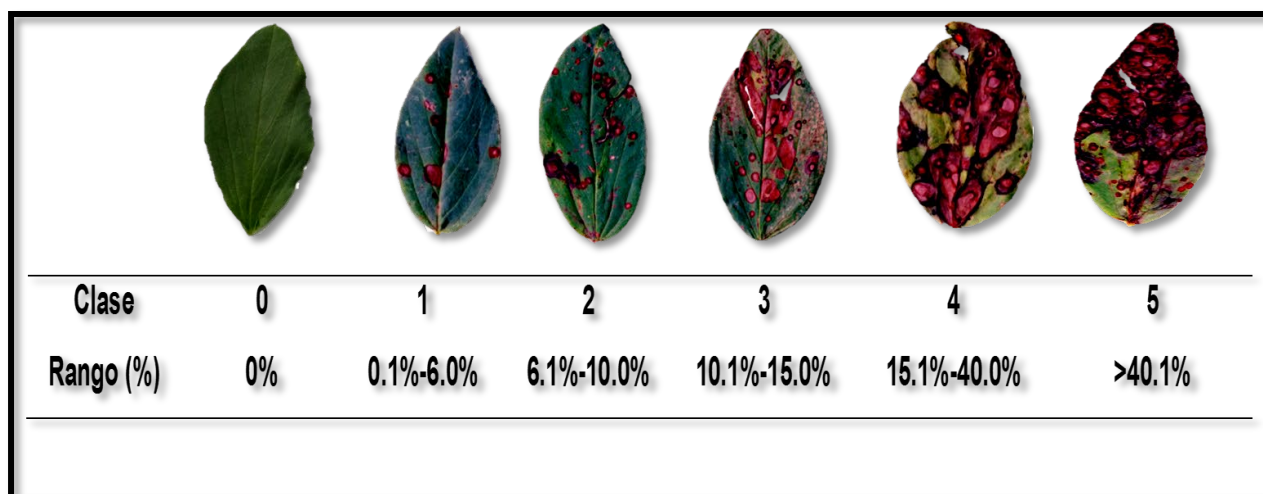


Figura 18. Escala diagramática de severidad de *Ascochyta* spp., para el Valle de Toluca.
Fuente: Elaboración propia.

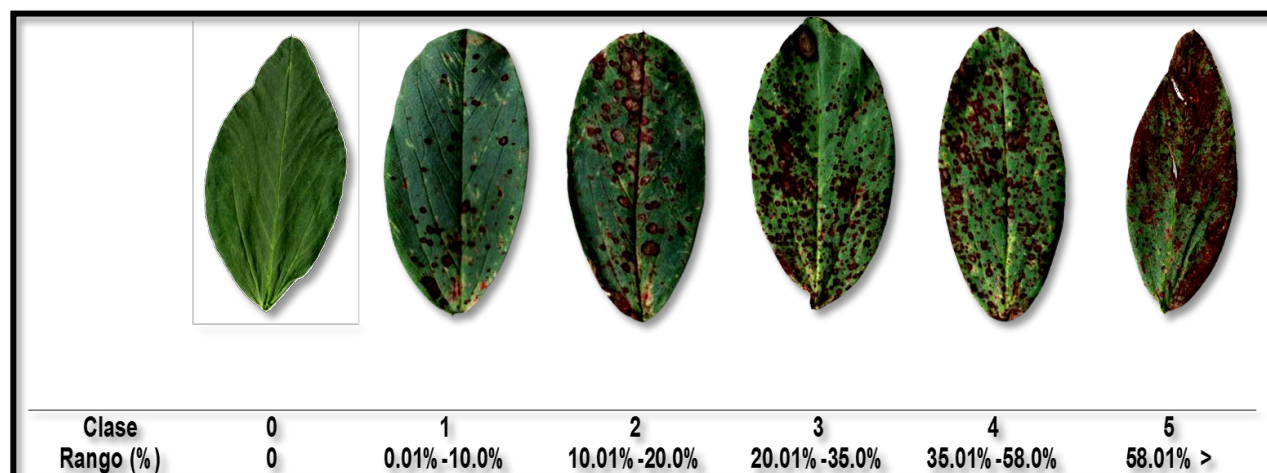


Figura 19. Escala diagramática de severidad de *Botrytis* spp., para el Valle de Toluca.
Fuente: Elaboración propia

5.2.2. INCIDENCIA

Para las enfermedades de estudio, la incidencia se determinó de acuerdo con la fórmula indicada por Quiñones Valdez *et al.*, (2018):

$$incidencia (\%) = \left(\frac{plantas\ con\ síntomas}{total\ de\ plantas\ muestreadas} \right) * 100$$

5.3. ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

5.3.1. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de georreferenciación, severidad e incidencia de cada sitio de muestreo, por fecha de muestreo se utilizaron para calcular el semivariograma experimental, con la librería gstat y spp del software estadístico R® para ajustarlo a un modelo teórico y seleccionar el que mejor se ajuste a la semivarianza experimental de los valores de severidad e incidencia de acuerdo con Cressie (1985) y Redondo (2017).

5.3.1.1. Análisis geoespacial

La estimación de los valores de los parámetros de los semivariogramas se hizo a partir de los datos obtenidos de los sitios muestreados por enfermedad, el valor experimental del semivariograma se calculó con base a lo establecido por Isaaks y Srivastava (1989):

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

Donde:

$\gamma^*(h)$: valor experimental del semivariograma para 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 $X_i + h$.

Se evaluaron 7 modelos espaciales (esférico, exponencial, gaussiano, lineal, matern, bessel y pentaesférico) seleccionando el modelo de semivariograma con menor valor del error (Cressie, 1985). El ajuste de cada modelo permitió calcular el rango, meseta y efecto pepita.

Para determinar el nivel de agregación de cada enfermedad, se calculó el nivel de dependencia espacial de los datos obtenidos por cada fecha de muestreo en cada parcela considerando el valor del cociente que resulte de dividir el efecto pepita (error aleatorio) y la meseta (cuando la distancia h tiende al infinito en el semivariograma), expresado en porcentaje, donde con menos de 25% es alto, entre 26 y 75% es moderado y mayor a 76% es bajo de acuerdo con López-Granados *et al.*, (2002) citado por Quiñones-Valdez *et al.*, (2020), esto con la finalidad de determinar el nivel de agregación entre las densidades de las enfermedades.

VI. RESULTADOS

6.1. ESCALAS DE SEVERIDAD

6.1.1. *Ascochyta* spp.

Con el software APS PRESS ©Assess 2.0 (2008) se determinó porcentajes de área dañada que fluctuaron del 0 al 77.1%; en la primera evaluación, cinco evaluadores presentaron un alto nivel de precisión para la identificación de la clase correspondiente a la severidad de la enfermedad, mientras que el resto de los evaluadores mostraron deficiencias en su precisión. Barbosa *et al.*, (2006) mencionan que los valores observados de precisión de los evaluadores que no tienen experiencia no son aceptables enfatizando que un entrenamiento podría tener una influencia favorable en la calidad de las evaluaciones.

Los resultados obtenidos de una segunda evaluación permitieron establecer límites mínimos y máximos en cada una de las seis clases de severidad expresadas en porcentajes: **C0**: (0; 0= Sin síntomas visibles), **C1**: (0.1-6.0; 3.0 valor medio= Pequeñas lesiones circulares), **C2**: (6.1-10.0; 8.0= Las lesiones pequeñas se incrementan, con contorno color marrón), **C3**: (10.1-15.0; 12.5= lesiones inician a coalescer, desarrollan color grisáceo y/o marrón chocolate con centro claro), **C4**: (15.1-40.0; 27.5= La mayor parte de las lesiones coalescen, comienzan a ser de oscuros a necróticas), **C5**: (>40.1-100; 70.0) Las lesiones coalescen, desarrollan un color café oscuro con un total hundimiento del centro). El valor mínimo de severidad fue 0 % (foliolo sano) y un valor máximo de severidad de 40.1 % (hoja infectada), esta última presenta características de

coalescencia de las lesiones y desarrolla un color negro, con un hundimiento total en el centro (Figura 18), estos niveles fueron usados para determinar los límites de la escala.

La escala construida concuerda con lo que señalan Campbell y Madden, (1990) quienes definen que la escala de severidad como una serie de clases que deben contener los rangos de severidad para una determinada enfermedad, proporcionando una resolución adecuada al comportamiento de la severidad. Los valores del coeficiente de determinación (r^2) de los 20 evaluadores sin experiencia, fluctuando de 0.0042-0.8748 con una media de 0.3267, mientras que el margen de error ($1-r^2$) fue de 0.125 hasta 0.995 y una media de 0.673 (Cuadro 10). En la validación con apoyo de la escala, los valores del coeficiente de determinación (r^2) oscilaron entre 0.9143-0.9851 y una media de 0.9647 (Cuadro 10), por encima de los resultados obtenidos en la primera evaluación (Cuadro 10) por lo que un entrenamiento previo, tiene influjo en la calidad de las evaluaciones, estos resultados concuerdan con lo reportado por (Ortega-Acosta *et al.*, 2016) al obtener promedios $> 0.80\%$ de las evaluaciones realizadas con el empleo de escalas diagramáticas. Por lo anterior, esta escala es reproducible y precisa, en concordancia con lo reportado por (Belan *et al.*, 2014), los errores absolutos obtenidos en la evaluación realizada con la escala se ubicaron en rangos de 0.0-54.96% (Figura 18), mayores a los rangos de 0.0-37.41% de la primera evaluación en ausencia de la escala. El margen de error ($1-r^2$) en la segunda etapa varió de 0.0149 hasta 0.857, con una media de 0.053, indicativo que es significativo y aceptable Hernández y Sandoval, (2015), además se determinó una mejor precisión (β_0) y (β_1) con ayuda de la escala diagramática propuesta.

La precisión determinada de cada evaluador indica que una escala diagramática representa un método estandarizado de cuantificación de una enfermedad y por esta razón ayuda a obtener resultados favorables Hernández y Sandoval, (2015), además de niveles adecuados de exactitud y precisión entre los



Figura 20. Realizando las evaluaciones de los foliolos simples de las enfermedades.
Fuente: propia.

evaluadores, estos resultados concuerdan con Barbosa *et al.*, (2006) al indicar que la evaluación de daños con apoyo de una escala mejora considerablemente la precisión (β_0) como la exactitud (β_1). En este mismo sentido, Fragoso-Benhumea *et al.*, (2022) y Ávila-Quezada *et al.*, (2001) reportaron que una escala diagramática puede garantizar la reproducibilidad, pero no la exactitud y precisión de la estimación. En este estudio, la mayoría de los evaluadores presentaron significancia con respecto al valor del intercepto β_0 y el coeficiente de la pendiente β_1 , fueron estadísticamente diferentes y/o cercanos a 1, con un intervalo de confianza de $\alpha=0.01$ (99%), coincidiendo con lo reportado por Nascimento *et al.*, (2005), al enfatizar que una sobreestimación de los resultados en la mayoría de los evaluadores puede indicar la presencia de desvíos positivos para todos los niveles de severidad, concluyendo que los resultados presentados fueron estadísticamente diferentes de 0 y 1 con respecto a las pruebas aplicadas de T ($Pr > |t|$) con un intervalo de confianza de $\alpha=0.01$. La validación de la escala diagramática de severidad de *Ascochyta* spp., (Figura 20) se emplearon solo 60 foliolos simples, donde solo participaron 10 evaluadores (Figura 20) (Cuadro 10), los cuales presentaban mayor

percepción en cuanto a la sintomatología presentada en los folíolos simples de la enfermedad, mediante una regresión lineal se estimó la exactitud y precisión de las evaluaciones de la severidad de la enfermedad por cada evaluador. El análisis de regresión lineal se llevó a cabo con el software estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0. ((Tang, 2020)

6.1.2. *Botrytis* spp.

El software APS PRESS ©Assess 2.0 (2008), ayudo a determinar los porcentajes de área dañada que fluctuaron del 0 al 72.77%; en la primera evaluación, 10 de los evaluadores presentaron un alto nivel de precisión para la identificación de la clase correspondiente a la severidad de la enfermedad, mientras que el resto de los evaluadores mostraron deficiencias en cuanto a la precisión (Cuadro 11). Por lo tanto, Barbosa *et al.*, (2006) refiere que los valores observados de precisión de los evaluadores que no tienen experiencia no son aceptables. Para la segunda evaluación, se establecieron los límites mínimos y máximos en cada una de las clases de severidad para la mancha de chocolate expresándose en porcentajes: **C0**: (0; 0 = Sin síntomas visibles), **C1**: (0.1-10.0; 8.8 valor medio = inicio de manchas concéntricas circulares menores a 20 mm), **C2**: (10.01-20.0; 14.5 = las manchas se incrementan, con un ligero hundimiento color café), **C3**: (20.01-35.0; 29.5= lesiones se coalescer a lo largo y ancho del foliolo, desarrollando color rojizo con centros color café), **C4**: (35.01-58.0; 52.5 = las manchas presentan bordes color ladrillo a café, con centro café claro), **C5**: (>58.01-100; 65.5 Las lesiones coalescen,

desarrollan un color café rojizo, observado que el tejido vegetal comienza a necrosarse). El valor mínimo de severidad fue 0 % (foliolo sano) y un valor máximo de severidad de 58.1 % (hoja infectada) (Figura 19), estos niveles fueron usados para determinar los límites de la escala.

Los valores del coeficiente de determinación (r^2) alcanzados de los 20 evaluadores sin experiencia, fluctuaron de 0.07 - 0.78 con una media de 0.487, mientras que el margen de error ($1-r^2$) fue de 0.22 a 0.93 y una media de 0.512 (Cuadro 11). En la validación ya con apoyo de la escala, los valores del coeficiente de determinación (r^2) oscilaron entre 0.88-0.99 y una media de 0.936 (Cuadro 11), entonces, los resultados obtenidos de la segunda evaluación fueron superiores a la primera evaluación (Cuadro 11) por lo que un entrenamiento previo, tiene influencia en la calidad de las evaluaciones, estos resultados concuerdan con lo reportado por Lavilla y Petta, (2022) al obtener promedios mayores a 0.80% de las evaluaciones realizadas con el empleo de escalas diagramáticas.

La escala construida concuerda con lo señalado por Campbell y Madden, (1990) quienes definen que la escala de severidad es una serie de clases que deben contener los rangos de severidad para una determinada enfermedad, proporcionando una resolución adecuada al comportamiento de la severidad, por lo anterior, esta escala es reproducible y precisa, en concordancia con lo reportado por Cristiane-Delmadi *et al.*, (2018), los errores absolutos obtenidos en la evaluación realizada con la escala se ubicaron en rangos mayores (0.15 - 42.44 %) (Figura 19), mientras que en la primera evaluación fueron rangos de 0.13 – 41.93% en ausencia de la escala. El margen de error ($1-r^2$) en la segunda etapa varió de 0.01 hasta 0.12, con una media de 0.06, indicativo que es significativo y aceptable Hernández y Sandoval, (2015), además se determinó una mejor precisión (β_0) y (β_1) con ayuda de la escala diagramática propuesta.

La precisión determinada de cada evaluador indica que una escala diagramática representa un método estandarizado de cuantificación de una enfermedad y por esta razón ayuda a obtener resultados favorables (Cristiane-Delmadi *et al.*, 2018; Hernández y Sandoval, 2015), además de niveles adecuados de exactitud y precisión entre los evaluadores (Figura 19). Fragoso-Benhumea *et al.*, (2022) indica que una escala diagramática puede garantizar la reproducibilidad, pero no la exactitud y precisión de la estimación. Con respecto al valor del intercepto β_0 y el coeficiente de la pendiente β_1 , en su mayoría de los evaluadores presentaron significancia indicando que son estadísticamente diferentes y/o cercanos a 1, con un intervalo de confianza de $\alpha=0.01$ (99%), coincidiendo con lo reportado por (Nascimento *et al.*, 2005) al enfatizar que una sobreestimación de los resultados en la mayoría de los evaluadores puede indicar la presencia de desvíos positivos para todos los niveles de severidad.

Cuadro 10. Valores del Intercepto (β_0), pendiente de la línea (β_1), coeficiente de determinación (r^2) y margen de error ($1-r^2$) de la ecuación de regresión lineal simple en las estimaciones visuales de la severidad de *Ascochyta* spp.; en haba con 20 evaluadores sin escala y 10 evaluadores con escala

Sin escala					Con escala									
ID	β_0	β_1	r^2	$1-r^2$	ID	β_0	β_1	r^2	$1-r^2$	ID	β_0	β_1	r^2	$1-r^2$
1	8.224	0.227	0.191	0.808	11	9.370	0.094	0.112	0.887	1	0.055*	<0.0001*	0.9851	0.0149
2	5.707	0.302	0.325	0.674	12	10.425	0.066	0.051	0.948	2	0.307*	<0.0001*	0.9845	0.0155
3	7.170	0.195	0.171	0.828	13	9.995	0.116	0.408	0.591	3	0.452*	<0.0001*	0.9847	0.0153
4	6.347	0.305	0.350	0.650	14	6.009	0.188	0.335	0.664	4	0.911*	<0.0001*	0.9843	0.0157
5	0.510*	0.921*	0.811	0.188	15	10.008	0.065	0.050	0.949	5	0.887*	<0.0001*	0.9843	0.0157
6	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	16	11.717	0.044	0.007	0.993	6	0.001*	<0.0001*	0.9143	0.0857
7	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	17	11.613	0.031	0.010	0.989	7	0.106*	<0.0001*	0.9543	0.0457
8	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	18	9.831	0.069	0.055	0.944	8	0.524*	<0.0001*	0.9684	0.0316
9	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	19	10.842	0.111	0.029	0.971	9	0.013*	<0.0001*	0.9464	0.0536
10	9.116 ^{ns}	0.132	0.119	0.880	20	11.872	0.030	0.0042	0.995	10	0.279*	<0.0001*	0.9407	0.0593
Promedio					0.3263 0.672					Promedio 0.9647				

*significativo: Situación en dónde la hipótesis nula ($\beta_0=0$ o $\beta_1=1$) fue rechazada por la prueba t ($P = \leq 0.01$).

Para la validación de la escala diagramática de severidad para *Botrytis* spp.; propuesta se seleccionaron 138 foliolos simples, realizando el mismo procedimiento para la escala diagramática de severidad de *Botrytis* spp. (Cuadro 11)

(Figura 19).

Cuadro 11. Valores del Intercepto (β_0), pendiente de la línea (β_1), coeficiente de determinación (r^2) y margen de error ($1-r^2$) de la ecuación de regresión lineal simple en las estimaciones visuales de la severidad de *Botrytis* spp.; en haba con 20 evaluadores sin escala y 10 evaluadores con escala.

Sin escala					Con escala									
ID	β_0	β_1	r^2	$1-r^2$	ID	β_0	β_1	r^2	$1-r^2$	ID	β_0	β_1	r^2	$1-r^2$
1	0.0212	<0.0001	0.55	0.45	11	<0.0001	<0.0001	0.63	0.38	1	0.8483	<0.0001	0.98	0.02
2	<0.0001	<0.0001	0.74	0.27	12	0.7060	<0.0001	0.65	0.35	2	0.4712	<0.0001	0.92	0.08
3	0.66	<0.0001	0.58	0.42	13	0.3110	<0.0001	0.35	0.65	3	0.8961	<0.0001	0.99	0.01
4	0.0112	<0.0001	0.33	0.67	14	0.0402	<0.0001	0.34	0.66	4	0.1314	<0.0001	0.91	0.09
5	<0.0001	<0.0001	0.11	0.89	15	0.0368	<0.0001	0.48	0.52	5	0.7128	<0.0001	0.96	0.04
6	0.0644	<0.0001	0.43	0.57	16	0.0004	<0.0001	0.61	0.39	6	0.2575	<0.0001	0.95	0.05
7	0.931	<0.0001	0.33	0.67	17	0.0091	<0.0001	0.54	0.46	7	0.4815	<0.0001	0.98	0.02
8	0.0069	<0.0001	0.66	0.35	18	0.8530	<0.0001	0.26	0.75	8	0.8483	<0.0001	0.98	0.02
9	0.0005	<0.0001	0.07	0.93	19	0.3213	<0.0001	0.628	0.37	9	0.0745	<0.0001	0.97	0.03
10	0.0380	<0.0001	0.78	0.22	20	0.3470	<0.0001	0.7023	0.30	10	0.8483	<0.0001	0.98	0.02
Promedio					0.48 0.512					Promedio 0.962				

*significativo: Situación en dónde la hipótesis nula ($\beta_0=0$ o $\beta_1=1$) fue rechazada por la prueba t ($P = \leq 0.01$).

6.2. INCIDENCIA Y SEVERIDAD

6.2.1. *Ascochyta* spp; y *Botrytis* spp.

En las diferentes parcelas de estudio se pudo observar la presencia de las dos enfermedades a través del tiempo y el espacio, así como su desarrollo en de las etapas fenológicas del cultivo. Para el caso de *Botrytis* spp., su expresión inicial se originó desde el Desarrollo vegetativo) (60 DSS) mientras que para *Ascochyta* spp., se expresó en la etapa fenológica de amacollamiento (70 DDS), ocasionados por la presencia del inóculo en la parcela influenciadas por las condiciones agroclimáticas que favorecen al hospedante susceptible y un deficiente manejo integral de enfermedades que los productores no realizan de una manera adecuada. También pueden estar relacionado con el uso de la semilla enferma y un manejo inadecuado de los residuos provenientes del material vegetal del ciclo anterior, que es la principal fuente de inóculo de enfermedades con origen en el suelo.

6.2.2. ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ENFERMEDADES EN HABA DEL MUNICIPIO CALIMAYA DE DÍAZ DE GONZÁLEZ, ESTADO DE MÉXICO

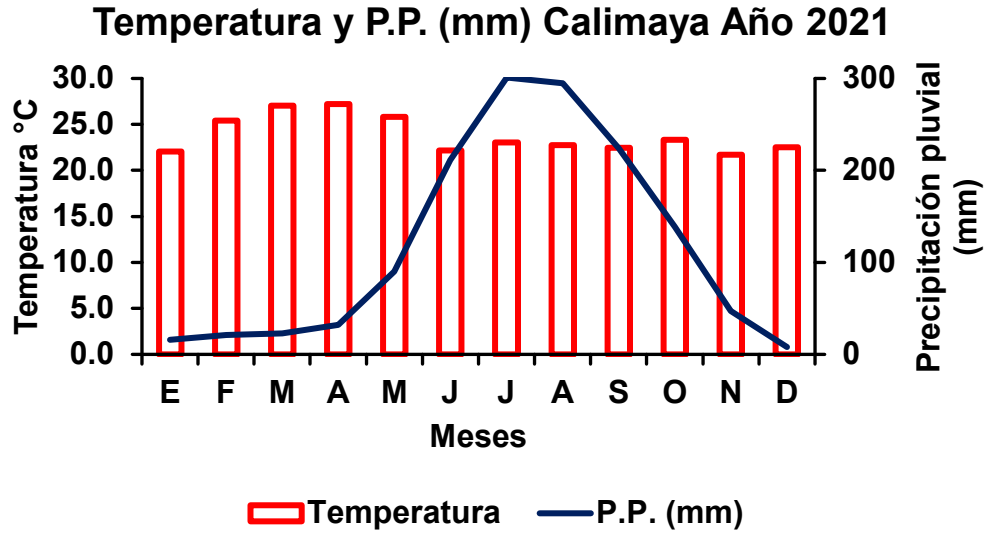
En el desarrollo de esta presente investigación, en el año 2021, estas fueron las temperaturas promedio registradas y la precipitación pluvial mensual acumulada de la zona de estudio son (Cuadro 12 y Gráfica 1):

Cuadro 12. Temperaturas promedio mensual (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm), anual registradas del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. (°C)	22.0	25.4	27.1	27.2	25.8	22.2	23.0	22.7	22.5	23.4	21.7	22.5
P. Pl. (mm)	16	21	23	32	90	211	301	295	224	139	47	8

E= Enero, F= Febrero, M= Marzo, A= Abril, M= Mayo, J= Junio, J= Julio, A= Agosto, S=Septiembre, O= Octubre, N= Noviembre, D= Diciembre. **Fuente:** Weather Atlas, (2022)
®

Gráfica 1. Temperaturas promedio (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México. Año 2021.



E= Enero, F= Febrero, M= Marzo, A= Abril, M= Mayo, J= Junio, J= Julio, A= Agosto, S=Septiembre, O= Octubre, N= Noviembre, D= Diciembre.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. INCIDENCIA, *Ascochyta* spp., CAL

6.2.4. PARCELA 1

La expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 DDS y a los 60 DDS (Días Después de la Siembra) los portes medios y altos de la planta presentaron una incidencia de 33% y 35% respectivamente, aumentando hasta los 120 DDS hasta expresar una incidencia del 92% para el porte medio y un 98% para el porte alto, siendo este el que presentó mayor incidencia de la enfermedad, en el porte bajo no se presentó incidencia de la enfermedad durante el ciclo del cultivo de haba (Figura 21).

Por otro lado, el número de plantas infectadas al inicio de la expresión de la enfermedad fue de 83 plantas para el porte medio, mientras que el porte alto presentó 121 plantas (45 DDS), mientras que para los 120 DDS las plantas infectadas fueron 478 las que presentaban síntomas en el porte medio y 484 plantas en el porte alto (Figura 21).

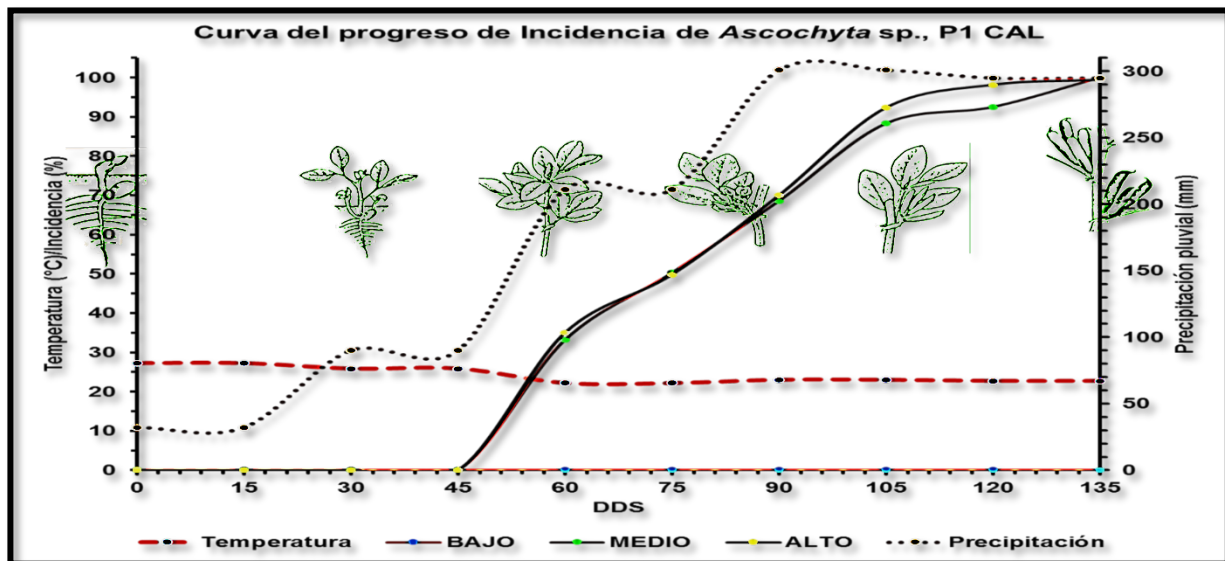


Figura 21. Progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración

6.2.5. PARCELA 2

La expresión de la enfermedad inicio a partir de los 60 DDS (110 plantas infectadas para el porte medio y 59 plantas infectadas para el porte alto) en los portes medios y altos de la planta y a los 70 y 72 DDS con el 30% y 32% de incidencia de la enfermedad respectivamente, aumentando de forma continua hasta un 90% los 135 DDS (474 plantas infectadas en ambos portes de la planta), a los 90 DDS, el porte medio presentó un declive en la incidencia de la enfermedad en la etapa fenológica de floración y producción de vaina, esto se relaciona al manejo cultural del cultivo, siendo este el que presentó mayor incidencia de la enfermedad, similar a lo observado en la parcela uno, en el porte bajo no se presentó incidencia, similar a lo observado en la parcela uno, en el porte bajo no se presentó incidencia (Figura 22).

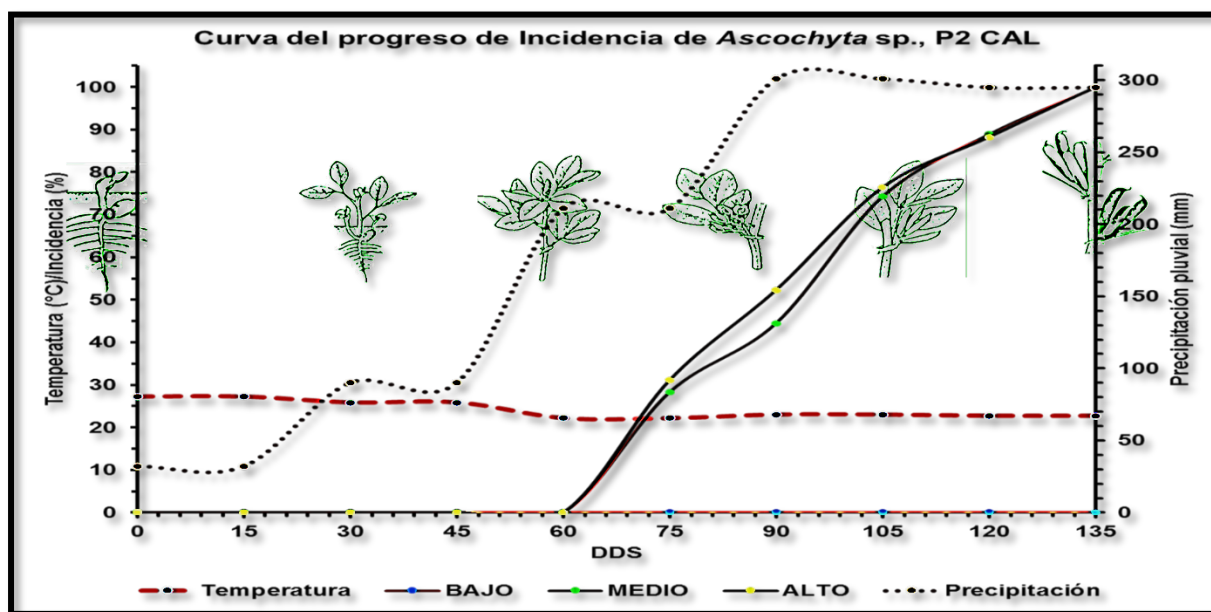


Figura 22. Progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia.

6.2.6. PARCELA 3

La expresión de la enfermedad inicio a partir de los 60 DDS en los portes medios y altos a partir de los 75 DDS con el 35% y 15% respectivamente, aumentando hasta los 118 DDS presentando una incidencia del 96% para el porte medio y un 90% para el porte medio, a los 95 DDS, el porte medio siendo este el que presentó mayor incidencia de la enfermedad, similar a lo observado en la parcela uno, en el porte bajo no se presentó incidencia (Figura 23).

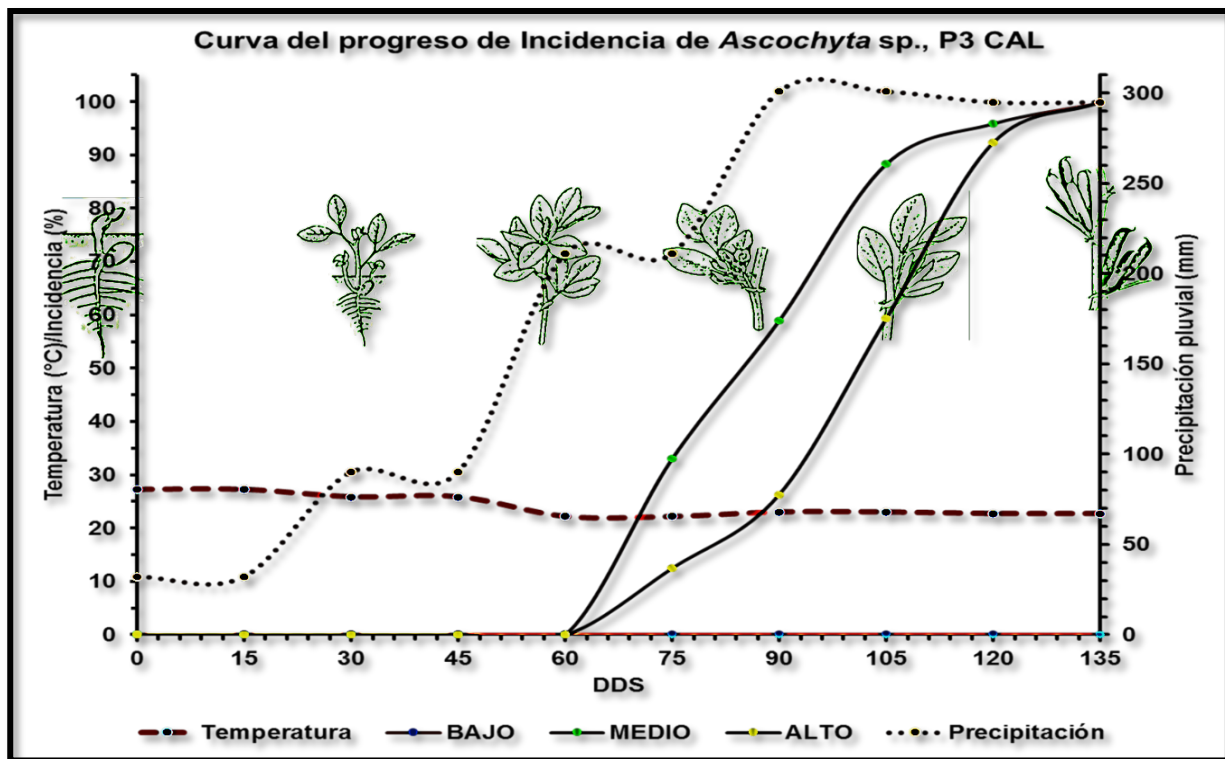


Figura 23. Progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3. SEVERIDAD, *Ascochyta* spp., CAL

6.3.1. PARCELA 1

En la parcela uno, para el porte bajo la severidad no se expresó en ninguna etapa fenológica, mientras que los portes medio y alto la severidad inicio a los 75 DDS y a los 90 DDS en la etapa fenológica de floración expresando un 5% y 8% respectivamente alcanzando un nivel de severidad de clase 1 y 2 para los estratos antes mencionados, un crecimiento de los daños de la enfermedad de forma continua hasta alcanzar el 15 y 20% correspondiente a la clase 4, a los 120 DDS, se observó un crecimiento exponencial hasta alcanzar su máximo valor de 55% para ambos portes para los 135 DDS (Clase 5)(Figura 24).

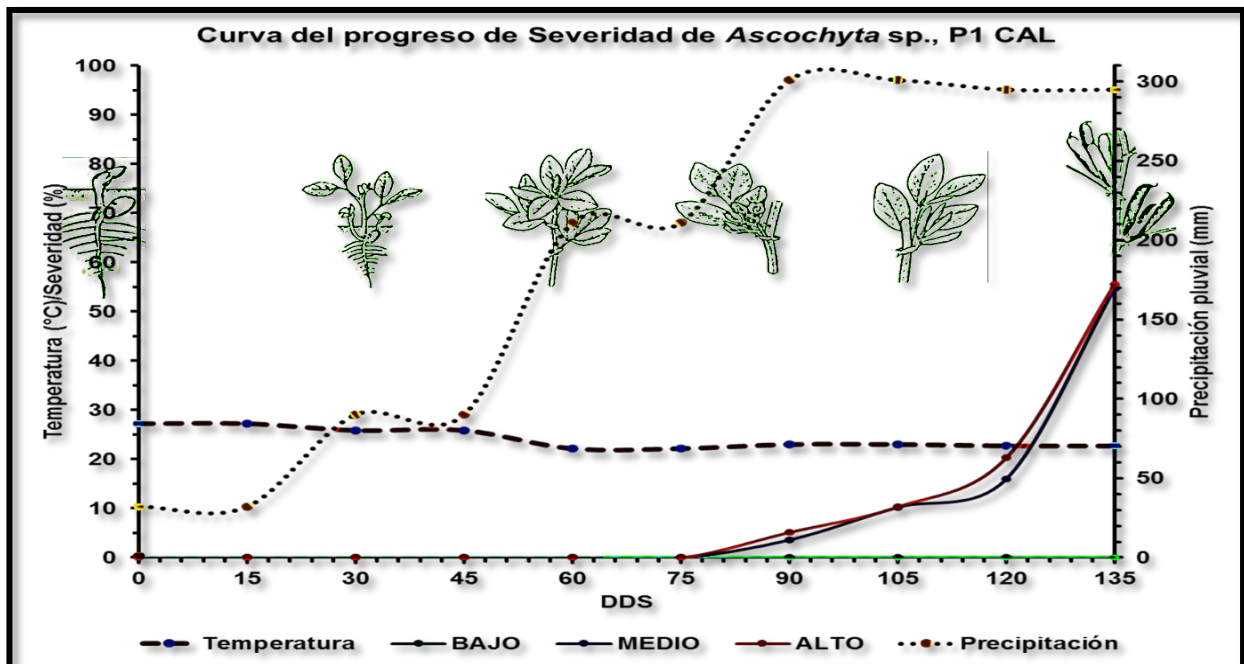


Figura 24. Progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3.2. PARCELA 2

Para la parcela dos, en los portes medios y altos la severidad comenzó a expresarse a los 60 DDS en la etapa fenológica de amacollamiento y a los 75 DDS comenzó a expresarse la severidad con 4% para ambos portes, correspondientes a la clase de severidad 2, aumentado la severidad de manera progresiva y a los 120 DDS para ambos portes hubo un ligero declive en la fenológica de llenado y maduración de grano, esto con relación a las actividades encaminadas a la recolección de los frutos en estado tierno y a los 135 DDS llego a su máximo punto de 45% (clase 5) para el porte medio y para el porte alto 35% en la etapa final del cultivo (senescencia). En el caso del porte bajo la severidad no tuvo presencia en ninguna de las etapas fenológicas del cultivo. (Figura 25).

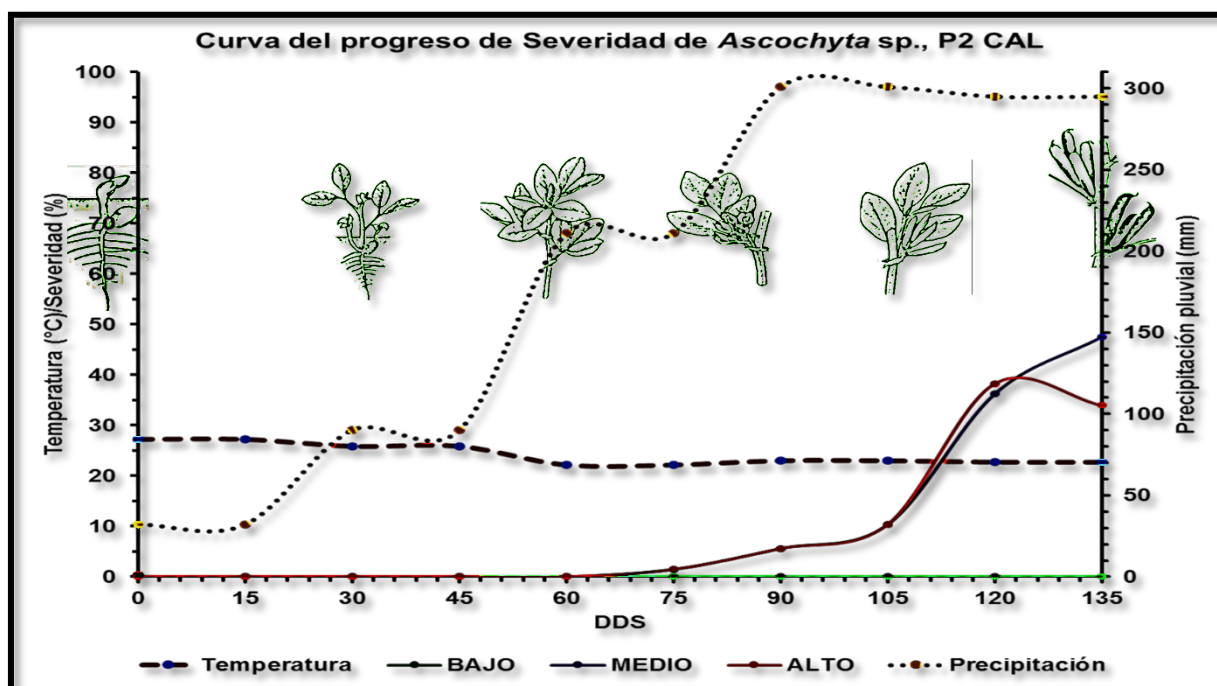


Figura 25. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3.3. PARCELA 3

En la parcela tres, en los portes medios y altos la severidad comenzó a expresarse a los 68 DDS en la etapa fenológica de amacollamiento y a los 75 DDS comenzó a expresarse la severidad con 2% (clase 1) para ambos portes aumentado la severidad y a los 120 DDS, el porte medio se incrementó a un 37% a diferencia del porte alto que tuvo un 20%, (clase 4 para dichos portes) probablemente con relación a las actividades relacionadas a la recolección de grano en fresco, a los 135 DDS llegó a su máximo punto de 54% (clase 5) ambos portes en la etapa final del cultivo (senescencia).

En el caso del porte bajo la severidad no tuvo presencia en ninguna de las etapas fenológicas del cultivo (Figura 26).

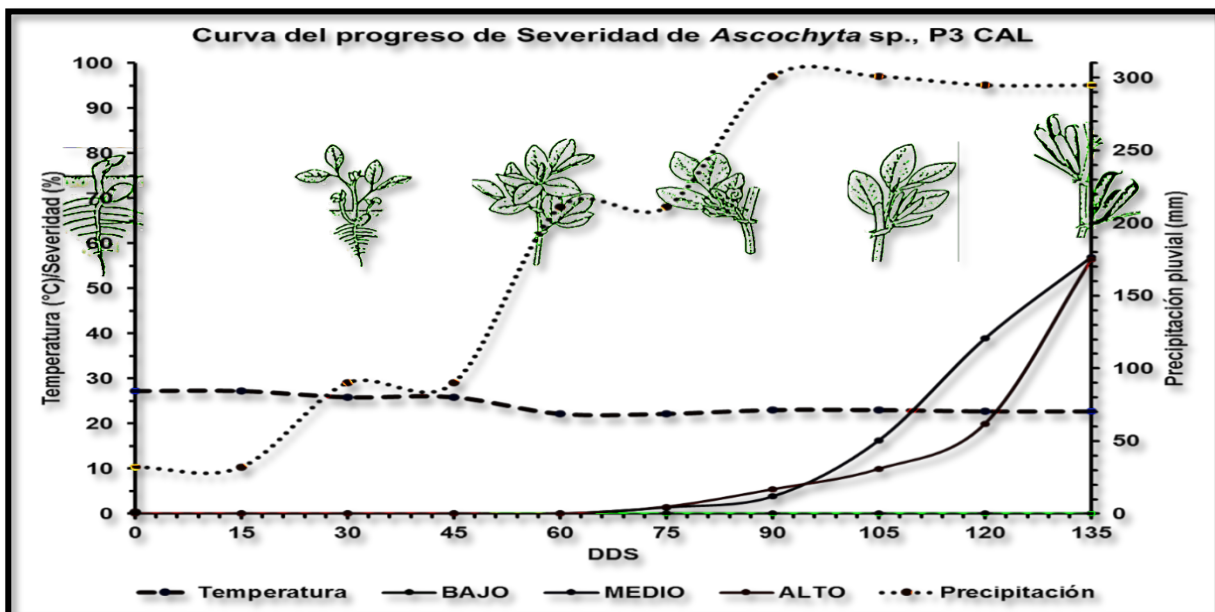


Figura 26. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia.

Cabe mencionar que tanto la temperatura como la precipitación pluvial jugaron un papel importante tanto para la incidencia y severidad de esta enfermedad en el municipio de Calimaya de Díaz de González, iniciando con 210 mm pluviales promedio mensual presentes a los 60 DDS, llegando a su punto máximo de 298 mm promedio mensual pluviales en la etapa fenológica de floración e inducción de ejote manteniéndose hasta la culminación del cultivo, mientras que la temperatura se mantuvo en los 27 °C hasta los 45 DDS, en la etapa de crecimiento vegetativo, teniendo un descenso hasta los 65 DDS de 5 °C manteniéndose en de 22 °C a 25 °C.

6.4. INCIDENCIA, *Botrytis* spp., CAL

6.4.1. PARCELA 1

En esta parcela la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 60 DDS observando un incremento exponencial de 0 (66 DDS) hasta el 100%, el porte medio, mientras que en el porte bajo se estabilizó a los 75 DDS, y en el porte alto expresando un crecimiento de 0 a 100% entre los 66 y 75 días después de la siembra manteniéndose el nivel de daño hasta finalizar el cultivo. (Figura 27).

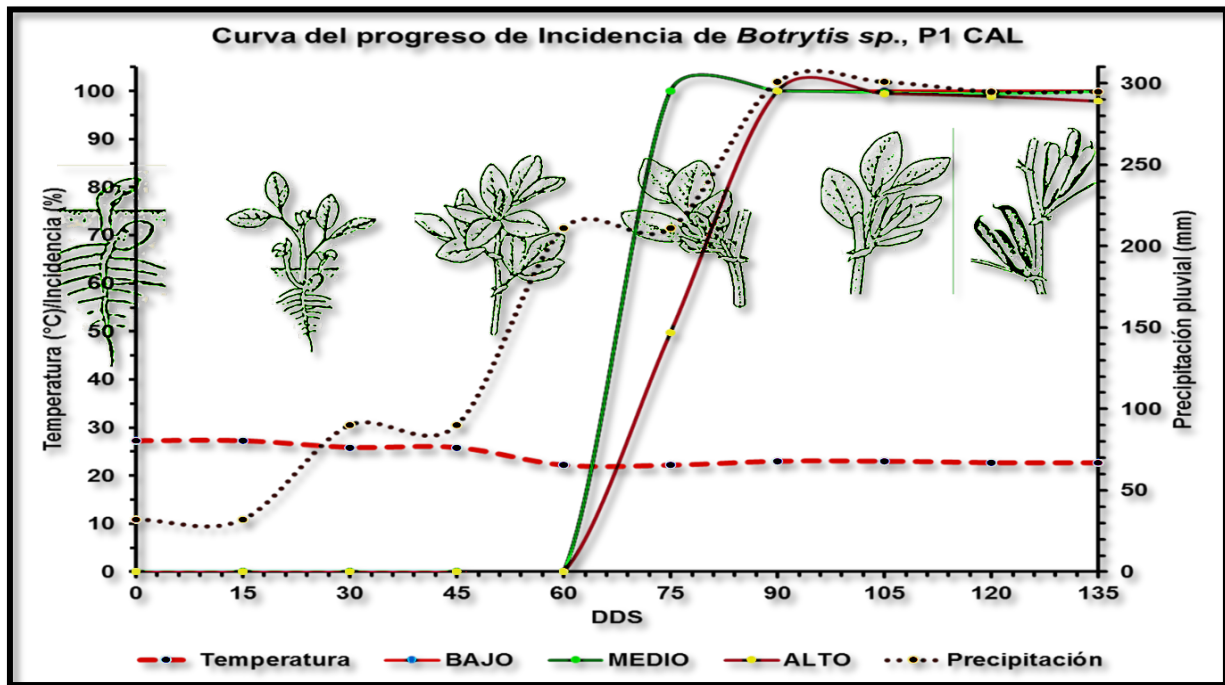


Figura 27. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia.

6.4.2. PARCELA 2

En esta segunda parcela, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 60 DDS observándose un incremento exponencial, a los 66 DDS en el caso del porte medio, mientras que en el porte bajo se estabilizó a los 75 DDS, y en el porte alto tuvo su fase exponencial de los 60 a los 90 días después de la siembra, manteniendo su incidencia desde los 102 DDS hasta la culminación del cultivo (Figura 28).

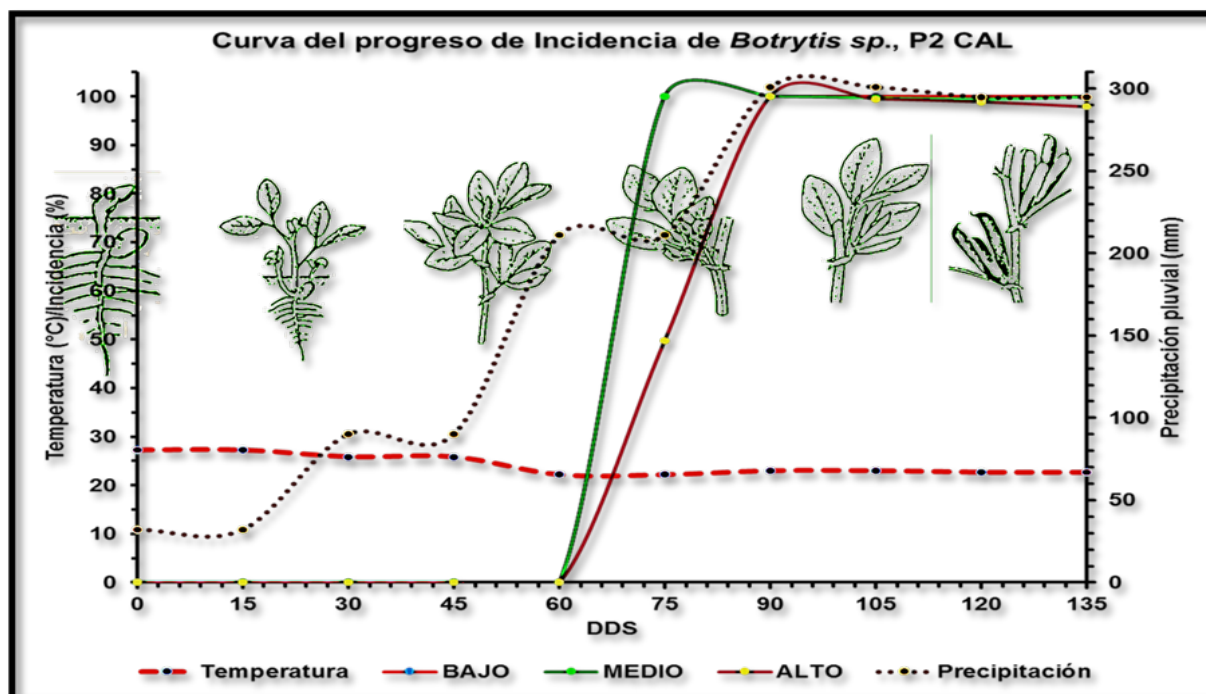


Figura 28. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia

6.4.3. PARCELA 3

En la tercera parcela, la expresión de la enfermedad se dio a partir de los 45 DDS el caso del porte bajo y 60 DDS en el porte medio y alto observándose un incremento exponencial en los tres portes estudiados hasta los 75 días después de la siembra, mientras que en porte medio se visualizó incrementos y decrementos a los 69 al 87 DDS estabilizándose para el porte bajo y alto hasta culminar el cultivo (Figura 29).

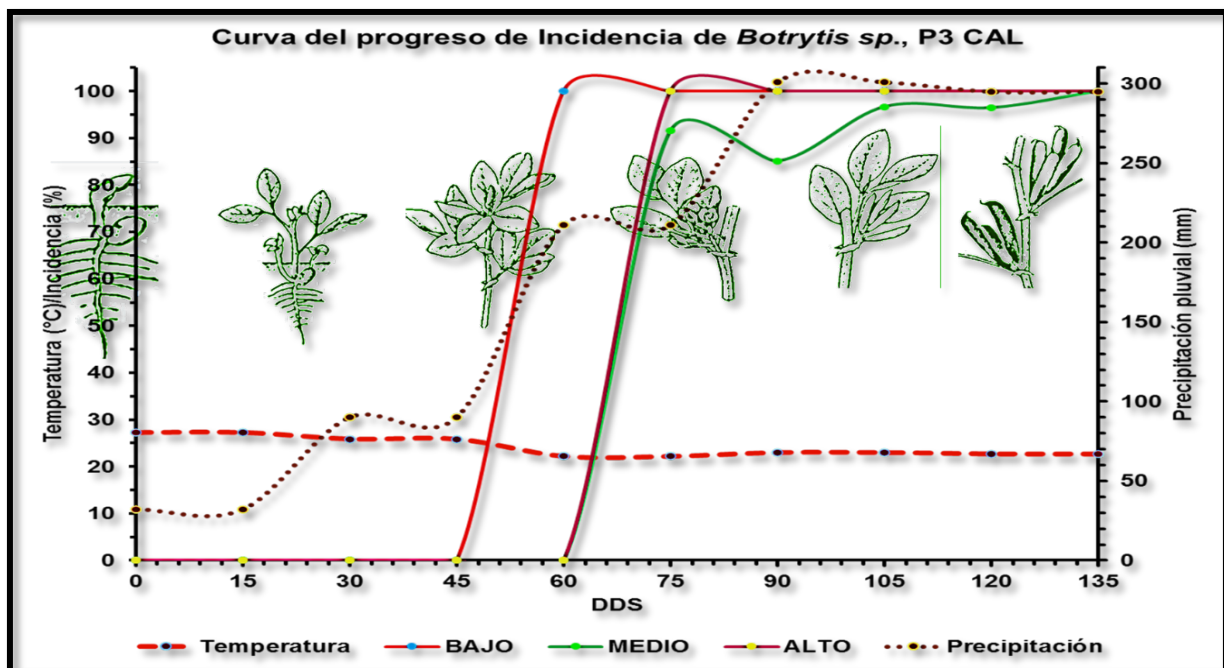


Figura 29. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia

6.5. SEVERIDAD, *Botrytis* spp., CAL

6.5.1. PARCELA 1

En la parcela uno, el daño de la enfermedad se expresó a los 60 DDS en el parte bajo y medio, mientras que en el parte alto se expresó a los 75 DDS. Únicamente en el parte bajo se expresó un crecimiento exponencial hasta la culminación del cultivo, mientras que para el parte medio y alto inicio a partir de los 105 DDS. En el parte medio se observó una estabilidad entre los 90 y 105 DDS con una severidad del 10% (clase 1) aproximadamente. En los tres estratos de la planta se observó un daño por arriba del 50% (Figura 30).

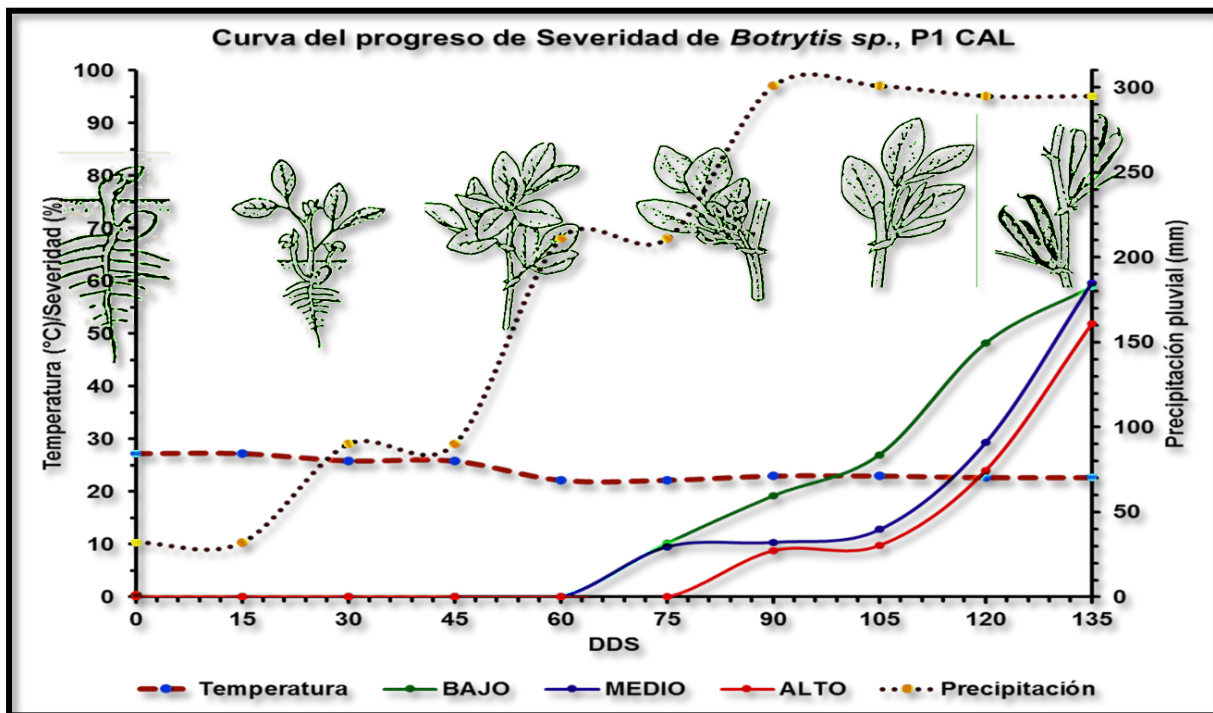


Figura 30. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia

6.5.2. PARCELA 2

En la parcela dos, la severidad se expresó a partir de los 45 DDS, en los tres portes. En el porte medio en el comportamiento de la enfermedad presentándose en dos etapas, la primera entre los 45 y 60 días DDS y la segunda entre los 75 y 105 días después de la siembra alcanzando un nivel de daño del 60% (clase 5) hasta el final del cultivo mientras que el porte alto su etapa de crecimiento mayor se dio desde los 75 hasta los 105 DDS manteniendo el nivel de daño hasta culminar el cultivo y en el caso del porte bajo se dio un continuo crecimiento exponencial desde los 45 a 105 DDS manteniendo un nivel de daño del 65% (clase 5), hasta la culminación del cultivo (Figura 31).

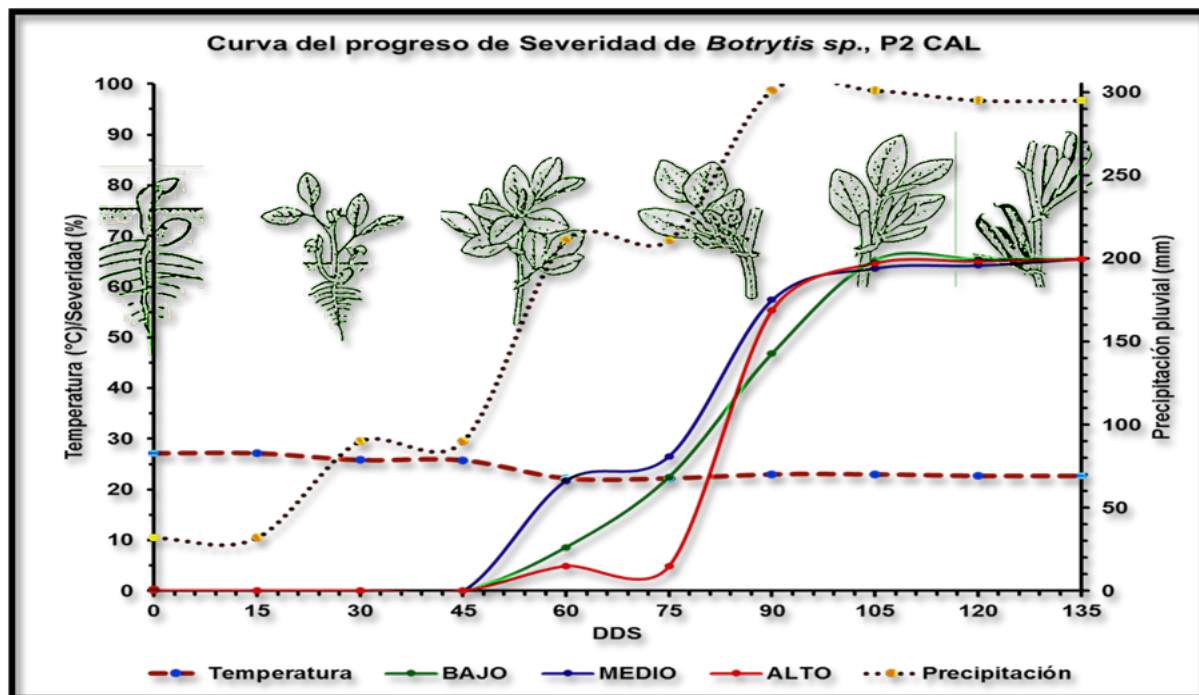


Figura 31. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis spp.*, en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia

6.5.3. PARCELA 3

En la parcela tres, la severidad se expresó a los 45, 60 y 75 DDS, en los portes bajo, medio y alto respectivamente. En los tres portes se dio un crecimiento exponencial desde el inicio de la enfermedad hasta los 105 DDS, el nivel de daño alcanzado se mantuvo hasta el final del ciclo del cultivo en 64% (clase 5) de severidad de los tres portes (Figura 32).

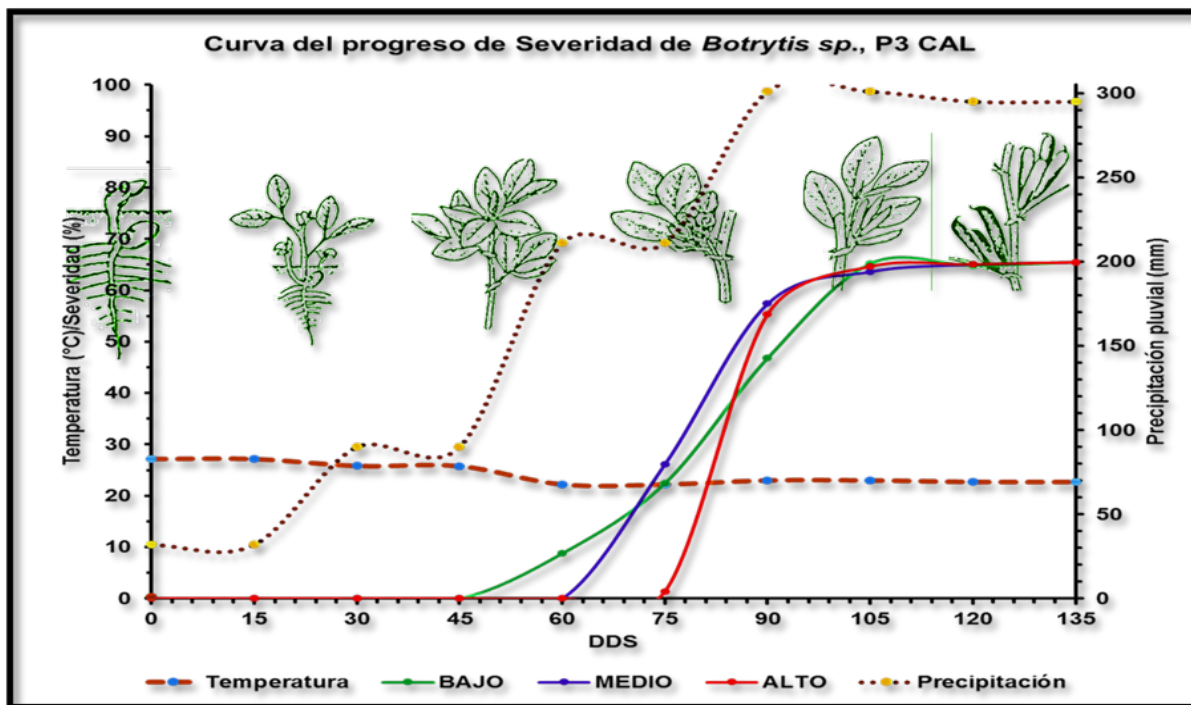


Figura 32. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis spp.*, en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González. **Fuente:** Elaboración propia

6.6. ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ENFERMEDADES EN HABA DEL MUNICIPIO TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO

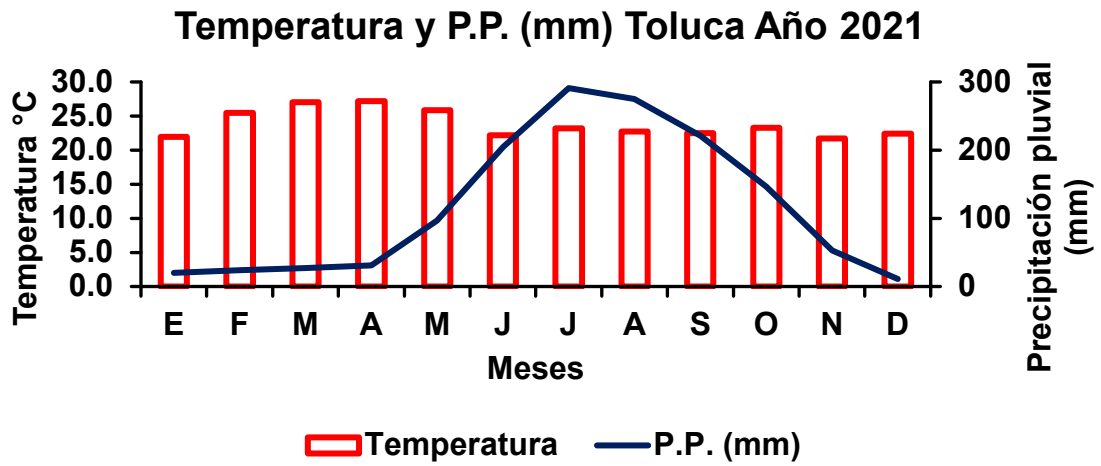
Durante el desarrollo del presente trabajo se presentaron las siguientes temperaturas promedio mensual (°C) y la precipitación pluvial acumulada mensual del año 2021, el municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México fueron las siguientes (Cuadro 13 y Gráfica 2):

Cuadro 13. Temperatura promedio mensual (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm), anual registradas del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. (°C)	22.0	25.4	27.1	27.2	25.8	22.2	23.0	22.7	22.5	23.4	21.7	22.5
P. Pl. (mm)	16	21	23	32	90	211	301	295	224	139	47	8

E= Enero, F= Febrero, M= Marzo, A= Abril, M= Mayo, J= Junio, J= Julio, A= Agosto, S=Septiembre, O= Octubre, N= Noviembre, D= Diciembre. **Fuente:** Elaboración propia

Gráfica 2. Temperaturas promedio mensual (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México. Año 2021.



E= Enero, F= Febrero, M= Marzo, A= Abril, M= Mayo, J= Junio, J= Julio, A= Agosto, S=Septiembre, O= Octubre, N= Noviembre, D= Diciembre. **Fuente:** Weather Atlas,

6.6.1. INCIDENCIA *Ascochyta* spp., TLC

6.6.2. PARCELA 1

En la primer parcela, la expresión inicial de la enfermedad apareció a los 60 DDS en los portes medio y alto, con un continuo crecimiento de la incidencia, de tal forma que a los 105 DDS, alcanzó un 82% y 60% respectivamente observándose un continuo aumento hasta los 135 DDS, alcanzándose una incidencia final del 97% en el porte medio y un 98% para el porte alto, siendo este último el que presentó la mayor incidencia de la enfermedad durante el ciclo fenológico del cultivo de haba (Figura 33), con una temperatura (° C) promedio fue de 24 a 25 °C y una precipitación media acumulada de 200 mm.

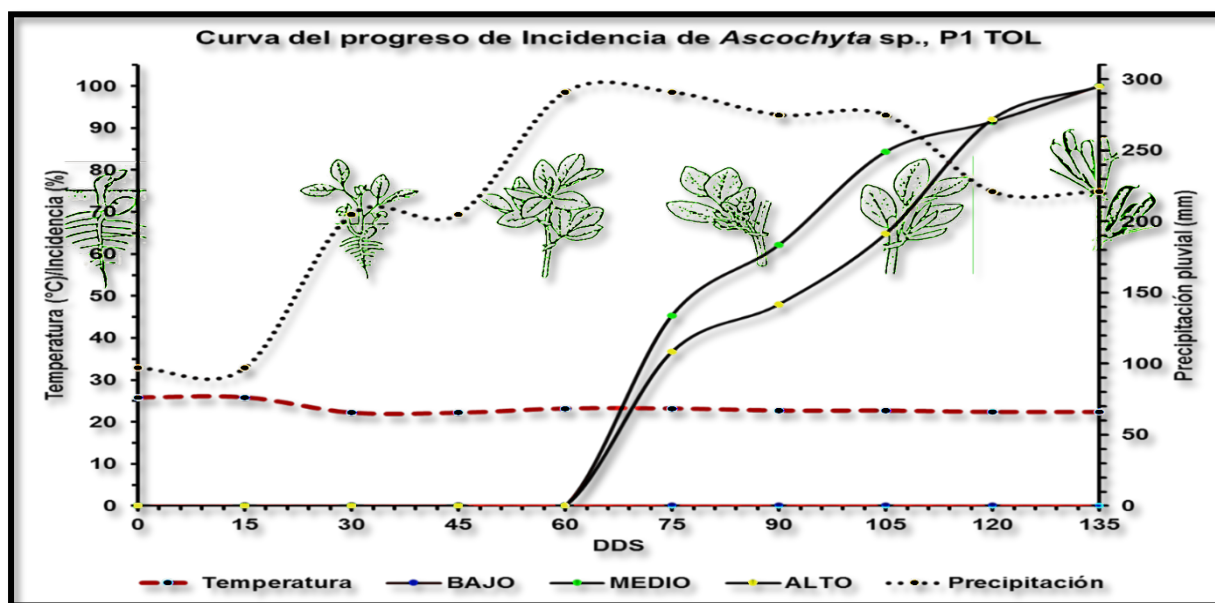


Figura 33. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.6.3. PARCELA 2

La segunda parcela, la expresión de los primeros síntomas de la enfermedad apareció a partir de los 60 DDS en los portes medios y altos con una incidencia del 2% y 3%, teniendo un crecimiento continuo de tal forma que a los 75 DDS se obtuvieron valores del 40% y 58% respectivamente y para el porte alto a los 85 DDS observando un descenso del 6%, probablemente esto se debió a un mayor crecimiento vegetativo y condiciones agroclimáticas favorables menores, pero a los 90 DDS se retomó su incremento que en la fase vegetativa “maduración del fruto” (135 DDS) se presentó una incidencia del 97% para el porte medio y un 98% para el porte alto, siendo este el que presentó la mayor incidencia de la enfermedad, el porte bajo no se presentó incidencia la enfermedad durante todo el ciclo del cultivo de haba (Figura 34), efecto similar a lo expresado en la parcela anterior perteneciente a la localidad.

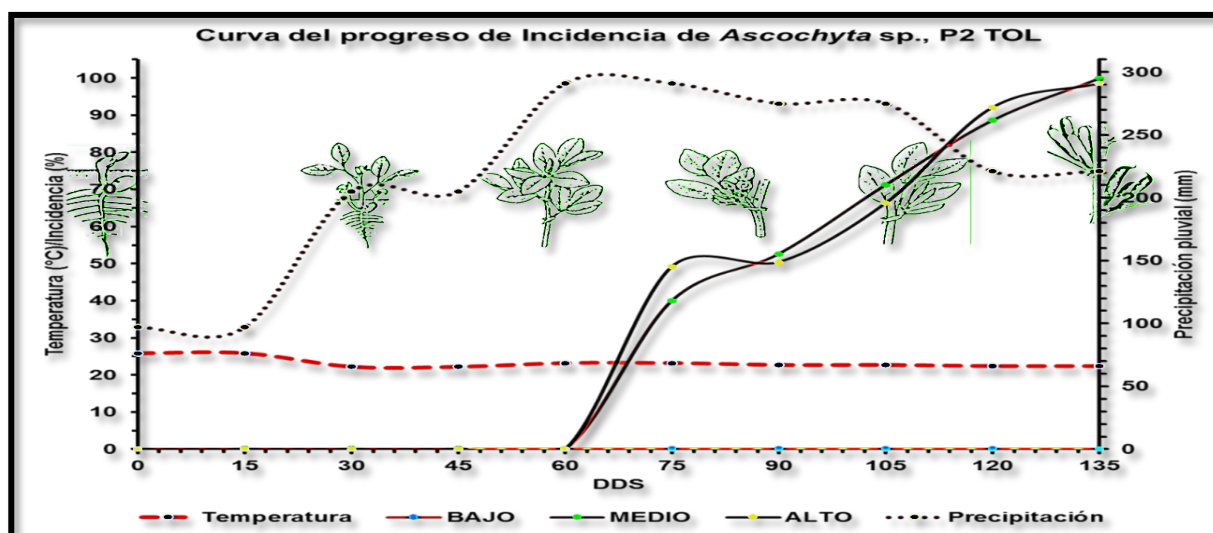


Figura 34. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.6.4. PARCELA 3

Para la parcela tres, en los portes medios y altos la incidencia también comenzó a expresarse a los 60 DDS con un 5% en ambos portes, observándose incremento exponencial en cuanto a la incidencia durante todo el ciclo fenológico del cultivo hasta los 135 DDS alcanzando un nivel de incidencia del de 98% respectivamente. El porte bajo, la incidencia no tuvo presencia en ninguna de las etapas fenológicas del cultivo (Figura 35).

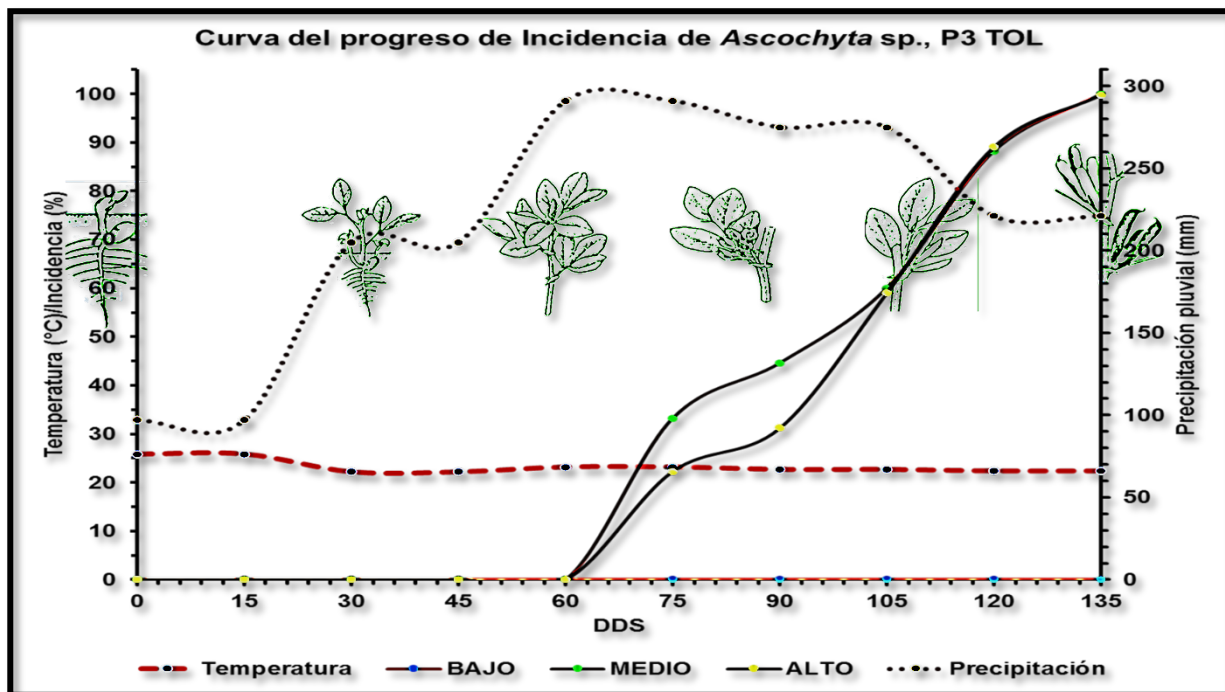


Figura 35. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.7. SEVERIDAD, *Ascochyta* spp., TLC

6.7.1. PARCELA 1

En la parcela, en el porte bajo; la severidad no se expresó durante todas las etapas fenológicas, y en los portes medio y alto la severidad inicio a los 65 DDS con una severidad del 2% correspondiente a la clase 1 de la escala diagramática de severidad diseñada para esta enfermedad observada para ambos portes manteniéndose hasta los 105 DDS en la etapa fenológica de ejote. La enfermedad expresó un 4% del daño promedio (Clase 1) incrementándose hasta el 15% y 20% (clase 4) respectivamente, a los 135 DDS alcanzó un valor promedio del 38% en ambos portes (clase 4), es decir, la mayor parte de las hojas se ubicó en la clase 4 de la escala diagramática de severidad diseñada para esta enfermedad (Figura 36).

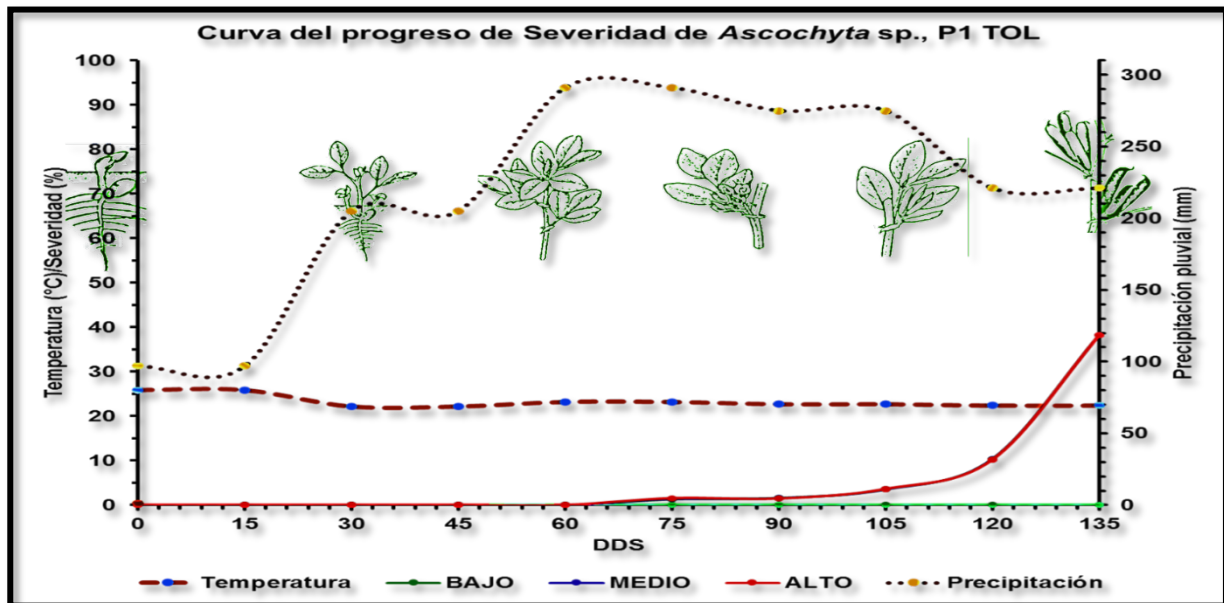


Figura 36. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.7.2. PARCELA 2

Para la parcela dos, en los portes medios y altos la severidad comenzó a expresarse a los 63 DDS en la etapa fenológica de amacollamiento aunque a los 75 DDS la severidad se expresó en menor daño 5% (clase 1) manteniéndose hasta los 90 DDS, pero en el cambio de etapa fenológica de la floración e inducción de ejote la enfermedad se incrementó de manera sustancial hasta obtener los valores del 10% (clase 2) y a los 120 DDS en ambos portes con un poco de crecimiento del daño en la etapa fenológica de llenado y maduración de grano, esto con relación a las actividades encaminadas a la recolección de los frutos en estado tierno, pero a los 135 DDS alcanzó su máximo punto de daño de un 45% (clase 5) para el porte medio y para el porte alto 35% (clase 4) en la etapa final del cultivo (senescencia). En el caso del porte bajo la severidad no tuvo presencia en ninguna de las etapas fenológicas del cultivo. (Figura 37).

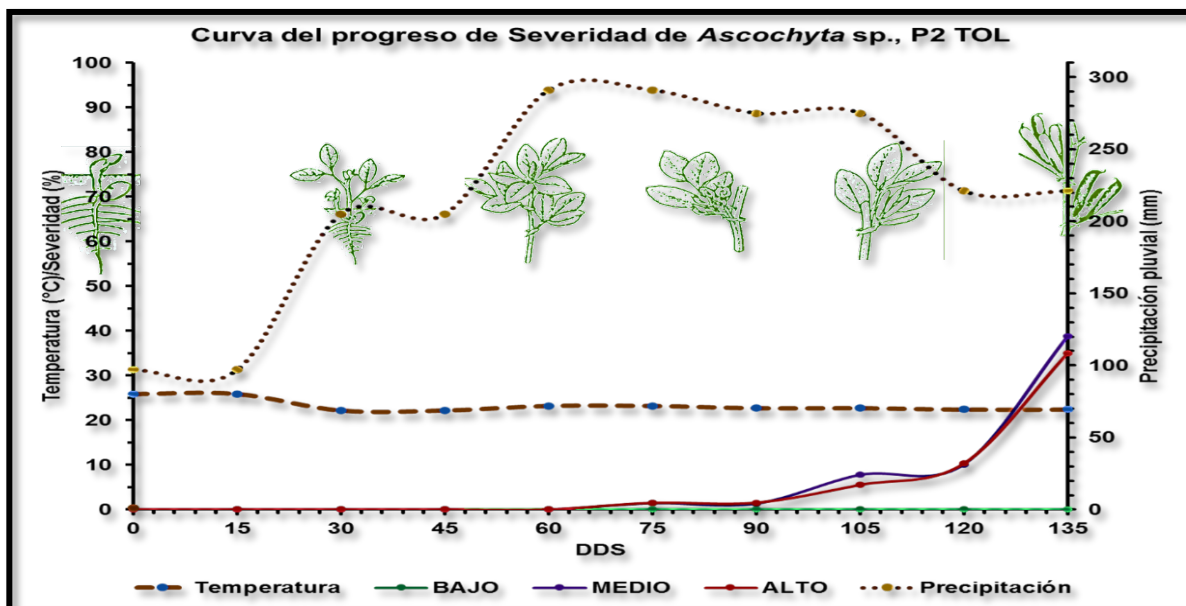


Figura 37. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.7.3. PARCELA 3

En la parcela tres, los portes medios y altos expresaron el inicio de daños de severidad a los 63 días DDS en la etapa fenológica de amacollamiento manteniéndose en un rango del 2% al 5% (clase 1) para ambos portes hasta los 90 DDS, a partir del cual la severidad aumento al 40% (clase 5) para el porte medio y un 20% (clase 4) para el porte alto hasta los 135 DDS, siendo el porte medio el que tuvo la mayor expresión de la enfermedad al concluir el cultivo (senescencia). En el caso del porte bajo la severidad no tuvo presencia en ninguna de las etapas fenológicas del cultivo (Figura 29). Con respecto a la temperatura media mensual como la precipitación pluvial acumulada mensual, los niveles determinados indicaron ser adecuados para la expresión de la incidencia y severidad de esta enfermedad en el municipio de Toluca de Lerdo, iniciando con 200 mm pluviales presentes a los 45 DDS, llegando a su punto máximo de 222 mm pluviales en la etapa fenológica de amacollamiento e inducción floral (60 DDS) mientras que la temperatura se mantuvo en los 22 °C a 24° C a partir de los 30 DDS hasta la culminación del cultivo (Figura 38).

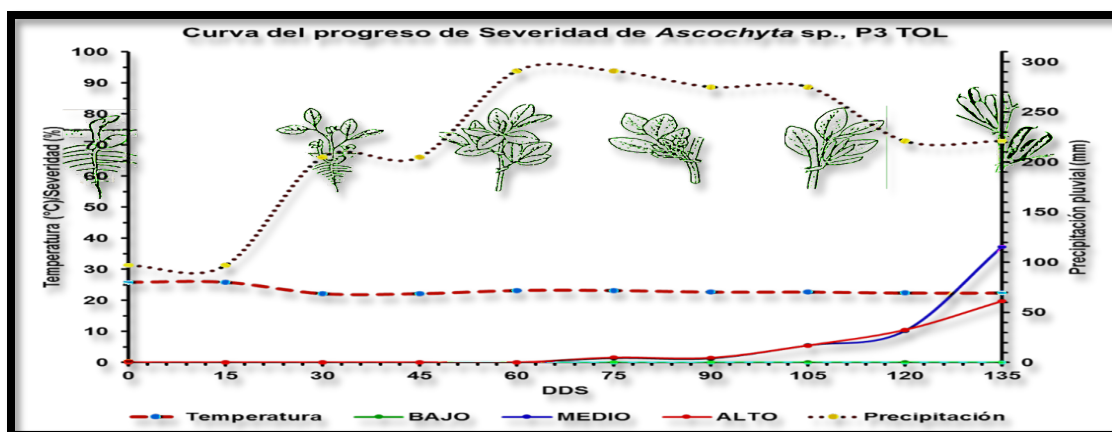


Figura 38. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.8. INCIDENCIA *Botrytis* spp TLC

6.8.1. PARCELA 1

En la primera parcela del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 DDS en los portes bajo y medio mientras que en el porte alto se registró a partir de los 75 DDS. Tanto el porte bajo y medio presentó un decremento entre los 60 días después de la siembra hasta los 75 DDS, a partir del cual se inició un crecimiento exponencial en ambos portes hasta la culminación del cultivo, en tanto, el porte alto, el crecimiento de daño fue exponencial iniciándose a los 105 DDS hasta los 120 días después de la siembra, fue evidente que el daño de *Botrytis* spp., en el porte alto fue lento a través del tiempo (Figura 39).

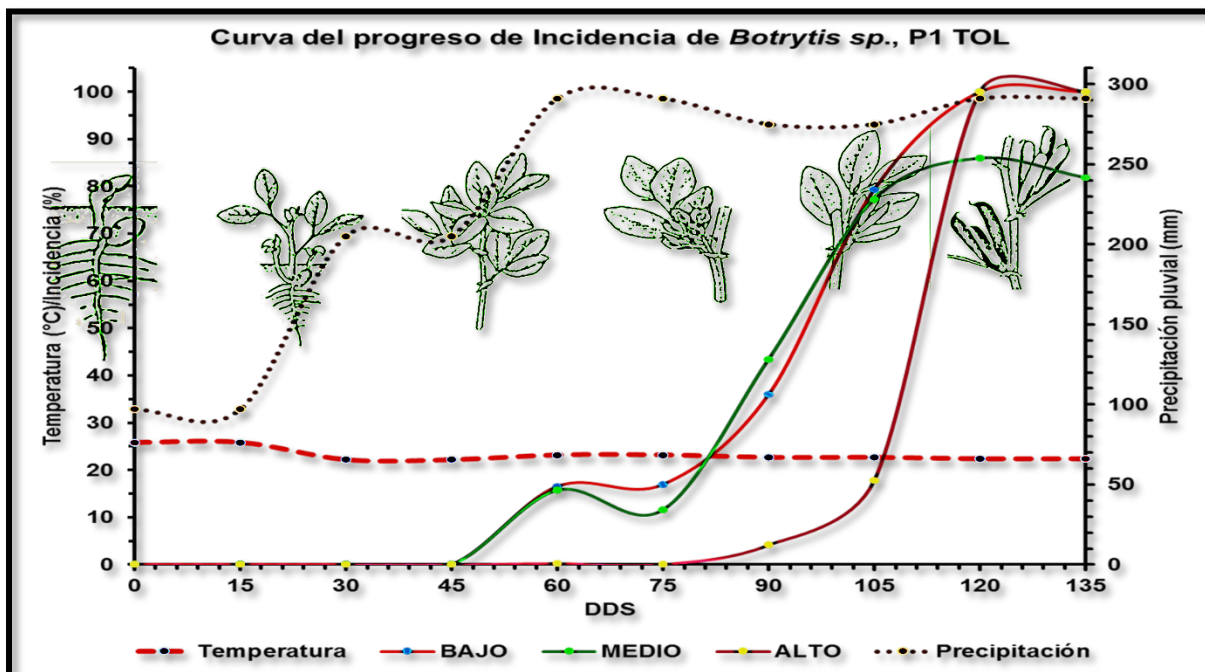


Figura 39. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.8.2. PARCELA 2

En la segunda parcela, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 días después de la siembra en los portes bajo, medio y alto, pero a los 54 DDS se expresó casi al 100% de incidencia de la enfermedad en los portes antes mencionados hasta la culminación de las etapas fenológicas del cultivo. El porte medio expresó su máxima incidencia a los 130 DDS (senescencia del cultivo) (Figura 40). Se evidenció que el crecimiento exponencial de la enfermedad se asoció con mayor precipitación que se registró en la parcela.

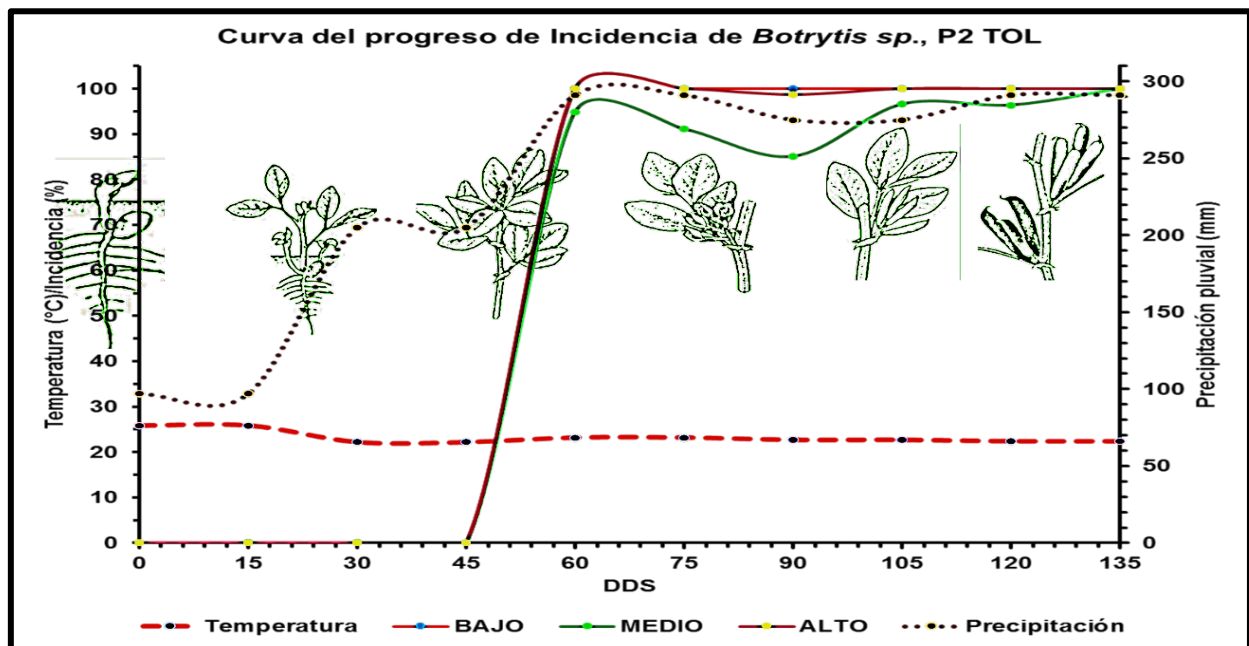


Figura 40. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.8.3. PARCELA 3

En la tercera parcela, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 DDS en los portes bajo, medio y para el porte alto el inicio de la enfermedad fue a los 60 DDS se observó que en los portes estudiados se observaron incrementos y decrementos hasta los 117 DDS estabilizándose hasta los 135 DDS (senescencia del cultivo) (Figura 41).

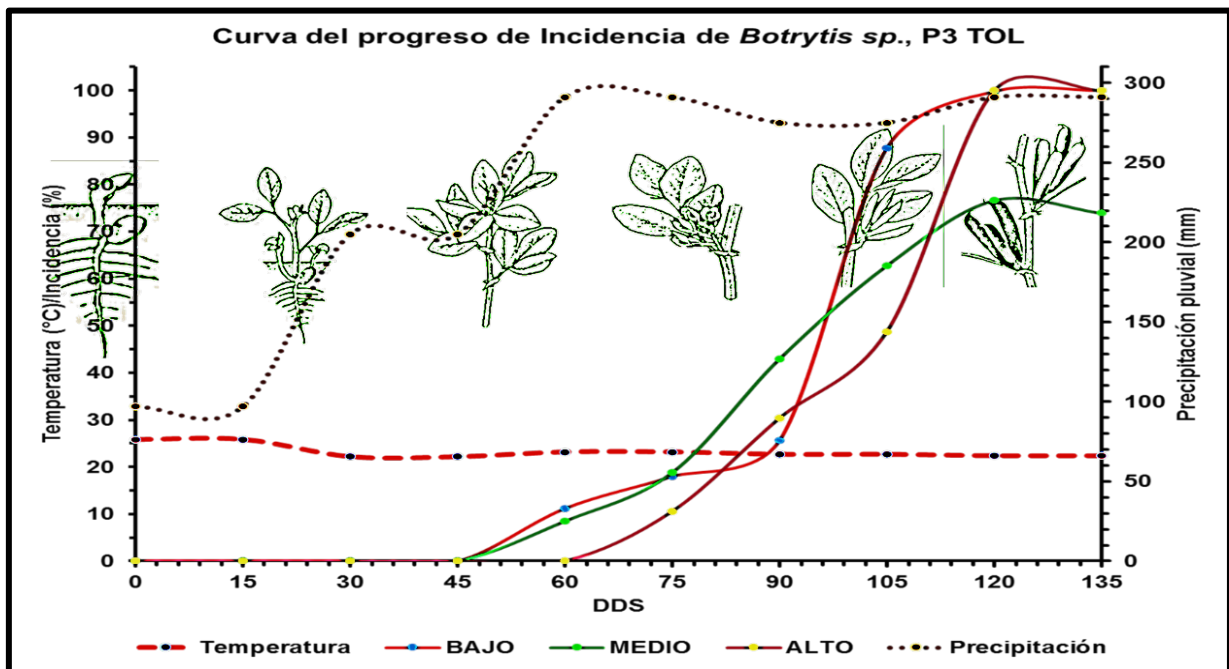


Figura 41. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis spp.*, en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.9. SEVERIDAD *Botrytis* spp., TLC

6.9.1. PARCELA 1

En la parcela uno, la expresión de la enfermedad inicio a los 45 DDS con un 2% y 3% respectivamente (clase 1) en los portes bajo, medio, en el porte alto inicio se expresó a los 105 DDS con el 4% de severidad (clase 1). observándose que los portes medio y alto incrementó su severidad durante todas las etapas fenológicas hasta los 118 DDS con un nivel de daño de incidencia del 58% para ambos (clase 4), y para el porte bajo el nivel de severidad alcanzó el 35% aproximadamente correspondiente a la clase 4 de la escala diagramática de severidad diseñada para esta enfermedad llegando a estabilizarse, mientras que el porte bajo la severidad se incrementó de manera exponencial a los 106 DDS en la etapa fenológica de maduración del fruto hasta los 118 DDS (Figura 42).

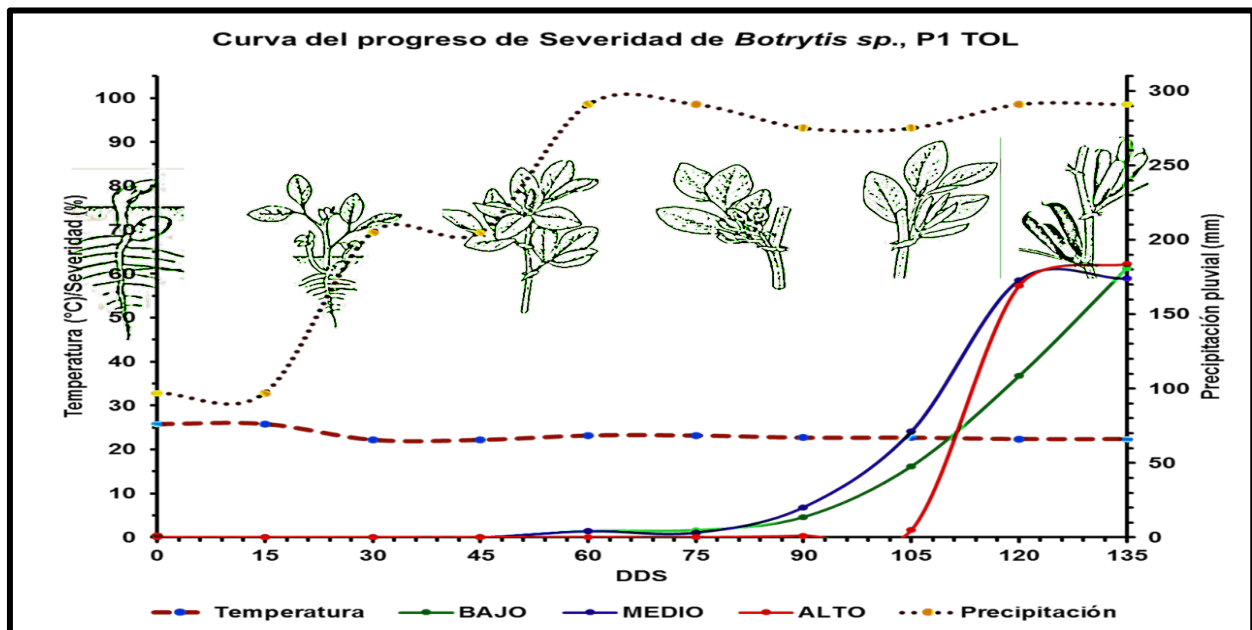


Figura 42. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.9.2. PARCELA 2

En la parcela dos, la expresión de la enfermedad inicio a los 45 DDS del 1%, 2% y 2% (clase 1) para los portes bajo, medio y alto, se observó un crecimiento exponencial hasta los 90 DDS, a partir del cual se mantuvo el nivel de daño hasta la senescencia del cultivo, expresando una severidad de casi el 55% (clase 4), cabe mencionar que entre los 60 DDS a los 75 DDS el porte alto mostró un decremento de severidad en daños del 8% al 6% (Figura 43).

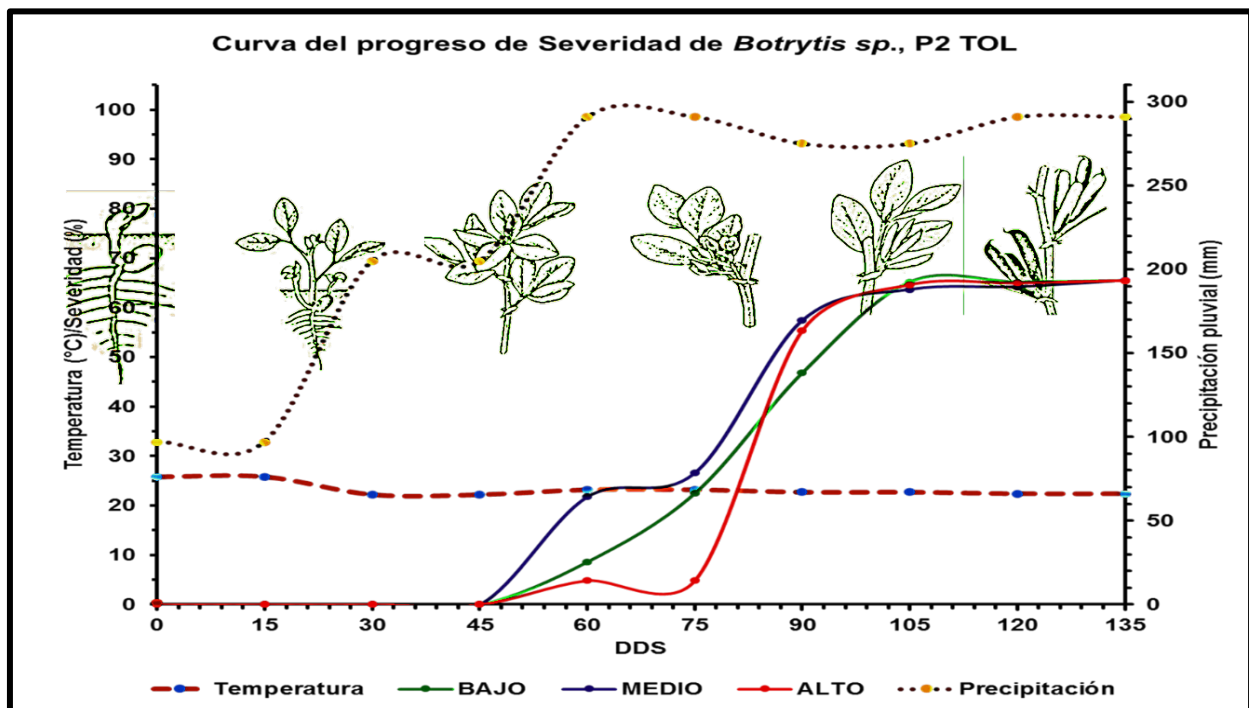


Figura 43. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis spp.*, en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.9.3. PARCELA 3

En la parcela tres, la expresión de la enfermedad inicio a los 45 DDS para el porte bajo, con un nivel de daño del 2% (clase 1), mientras que para el porte medio y alto inicio a los 60 DDS con el nivel mínimo de daño del 2% (clase 1), no observándose un crecimiento exponencial de los daños en los tres portes, aunque su mayor crecimiento de severidad expreso hasta los 120 DDS, pero no paso más allá del 60% del daño ocasionado en el tejido vegetal se observó que los portes de estudio incrementaron su severidad durante toda la etapa fenológica hasta los 120 DDS que se estabilizo (Figura 44).

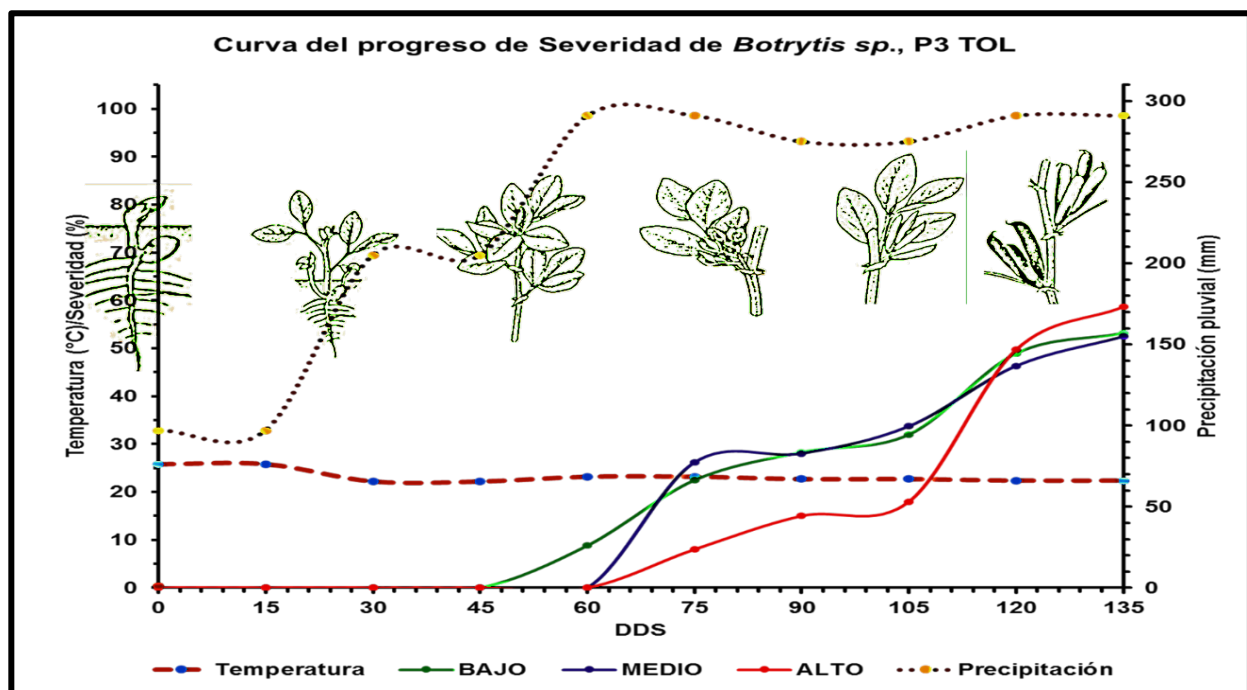
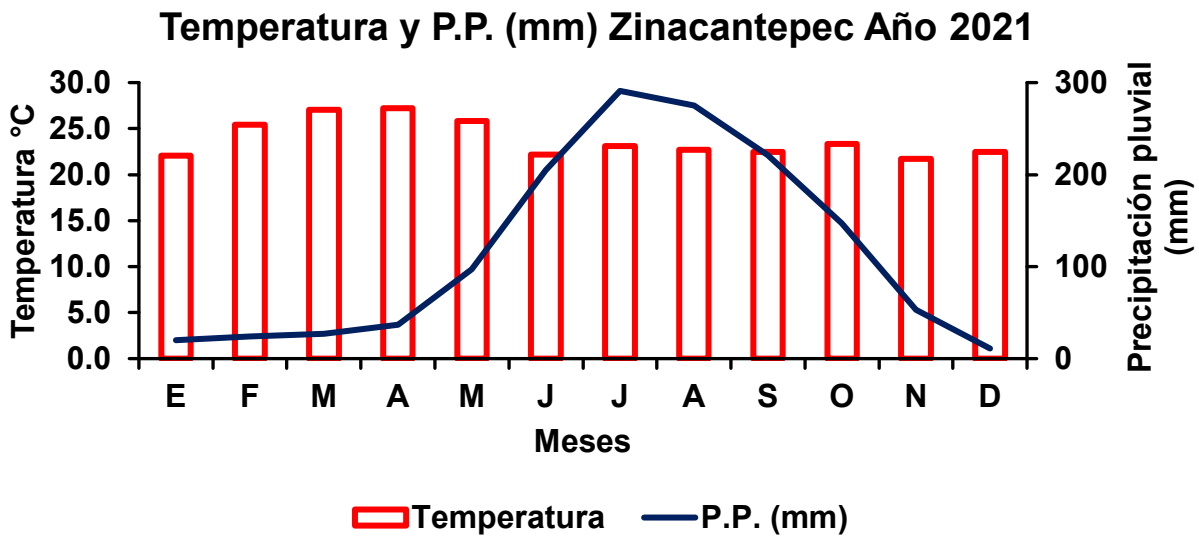


Figura 44. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis spp.*, en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo. **Fuente:** Elaboración propia

6.10. ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ENFERMEDADES EN HABA DEL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO

Durante el desarrollo del trabajo, estas fueron las temperaturas promedio mensual (° C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) registradas para el municipio de Zinacantepec en el año 2021 (Cuadro 14 y Gráfica 3) son las siguientes:

Gráfica 3. Temperaturas promedio (°C) y precipitación pluvial acumulada mensual (mm) del municipio de Zinacantepec, Estado de México. Año 2021.



E= Enero, F= Febrero, M= Marzo, A= Abril, M= Mayo, J= Junio, J= Julio, A= Agosto, S=Septiembre, O= Octubre, N= Noviembre, D= Diciembre. **Fuente:** Weather Atlas, (2022).

Cuadro 14. Temperaturas (°C) y precipitación pluvial (mm), anual registradas del municipio de Zinacantepec, Estado de México.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. (°C)	22	25.4	27.1	27.2	25.8	22.2	22.7	22.7	22.5	23.4	21.7	22.5
P. Pl. (mm)	20	24	27	37	97	205	291	275	221	147	53	11

E= Enero, F= Febrero, M= Marzo, A= Abril, M= Mayo, J= Junio, J= Julio, A= Agosto, S=Septiembre, O= Octubre, N= Noviembre, D= Diciembre. **Fuente:** Elaboración propia

6.10.1. ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO

6.10.2. INCIDENCIA *Ascochyta* spp., ZNC

6.10.3. PARCELA 1

En la primera parcela, la expresión de la enfermedad apareció a los 60 días después de la siembra en los portes medios y altos del 2% y 3% respectivamente, y con un crecimiento exponencial de la incidencia hasta los 135 DDS, alcanzando niveles del 97% y 94% al finalizar el cultivo, mientras que el porte bajo no se presentó incidencia en cuanto a la expresión de la sintomatología de la enfermedad (Figura 45).

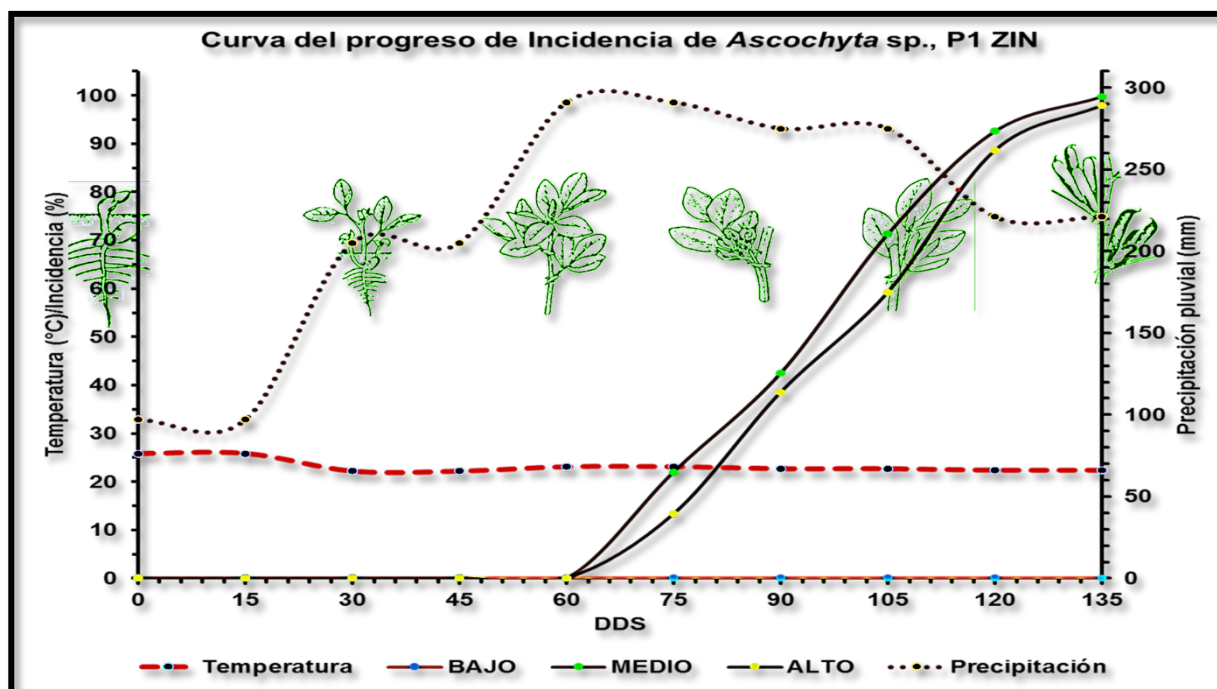


Figura 45. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.10.4. PARCELA 2

En la segunda parcela, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 DDS en el porte medio y alto con un inmediato crecimiento exponencial a partir de los 60 DDS, abarcando cada una de las fases fenológicas y hasta los presentaron crecimiento en la incidencia en cada una de las fases fenológica hasta los 120 DDS, en el cual se alcanzaron niveles de incidencia de hasta un 90% en ambos portes hasta los 135 DDS, obteniendo un 97% y 94%, mientras que el porte bajo no se presentó incidencia en cuanto a la expresión de la sintomatología de la enfermedad durante el ciclo del cultivo de haba (Figura 46).

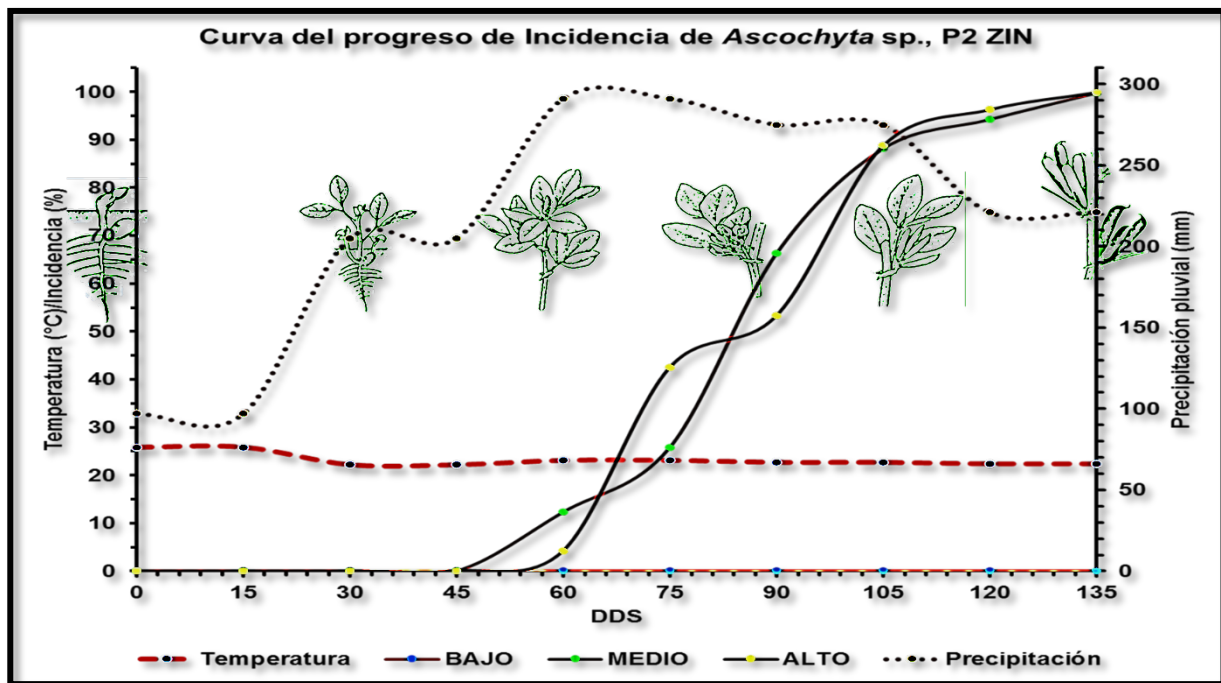


Figura 46. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.10.5. PARCELA 3

En la tercera parcela, la expresión de la enfermedad inicio a partir de los 60 DDS, en los portes medio y alto con una incidencia del 2% y 3%, ambos presentaron crecimiento continuo en la incidencia en cada una de las fases fenológica, hasta los 118 DDS alcanzando niveles de incidencia del 96% y 97% de severidad de la enfermedad. El porte bajo no se presentó incidencia de la enfermedad durante todo el ciclo del cultivo de haba (Figura 47).

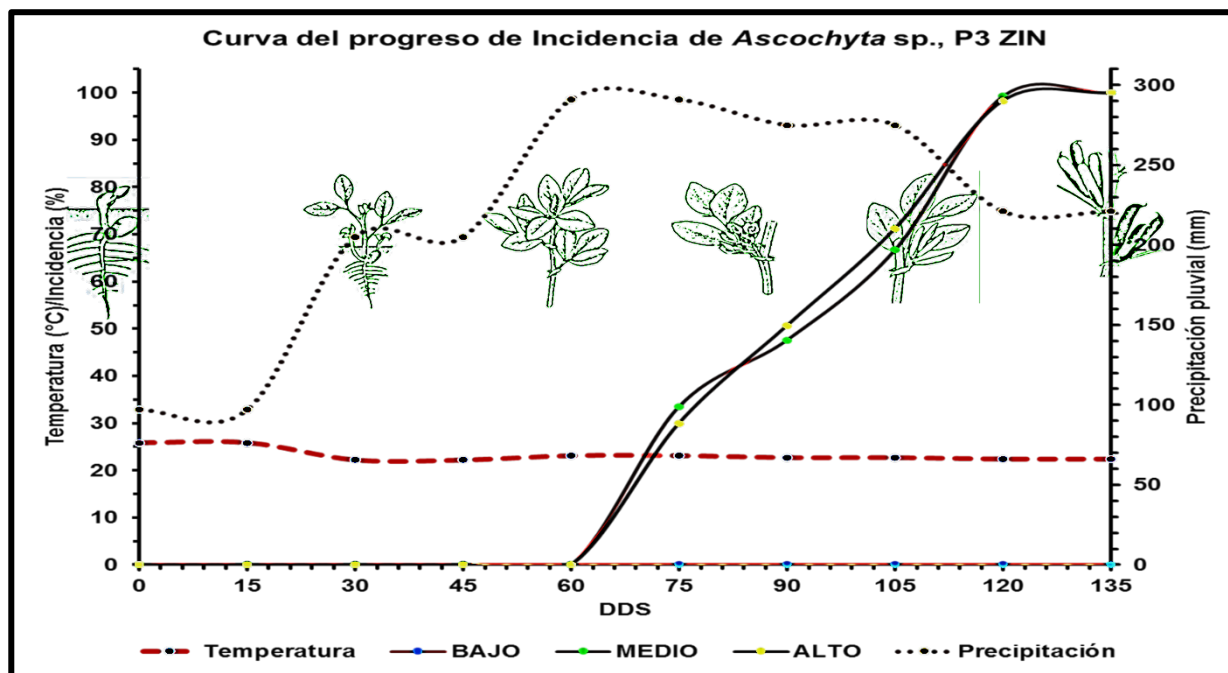


Figura 47. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.11. SEVERIDAD *Ascochyta* spp., ZNC

6.11.1. PARCELA 1

En la primera parcela, la expresión de los daños de la enfermedad apareció a partir de los 60 DDS con una severidad del 2% y 3% (clase 1) en el porte medio y alto, abarcando cada una de las fases fenológicas del cultivo, a los 90 DDS se determinó un incremento en el nivel de los daños hasta los 120 DDS, alcanzando niveles de severidad de un 12% en el porte alto y 15% para el porte medio (clase 2). También se pudo observar que durante todo el ciclo del cultivo se careció de la presencia de daños en el porte bajo hasta los 135 DDS (clase 0) (Figura 48).

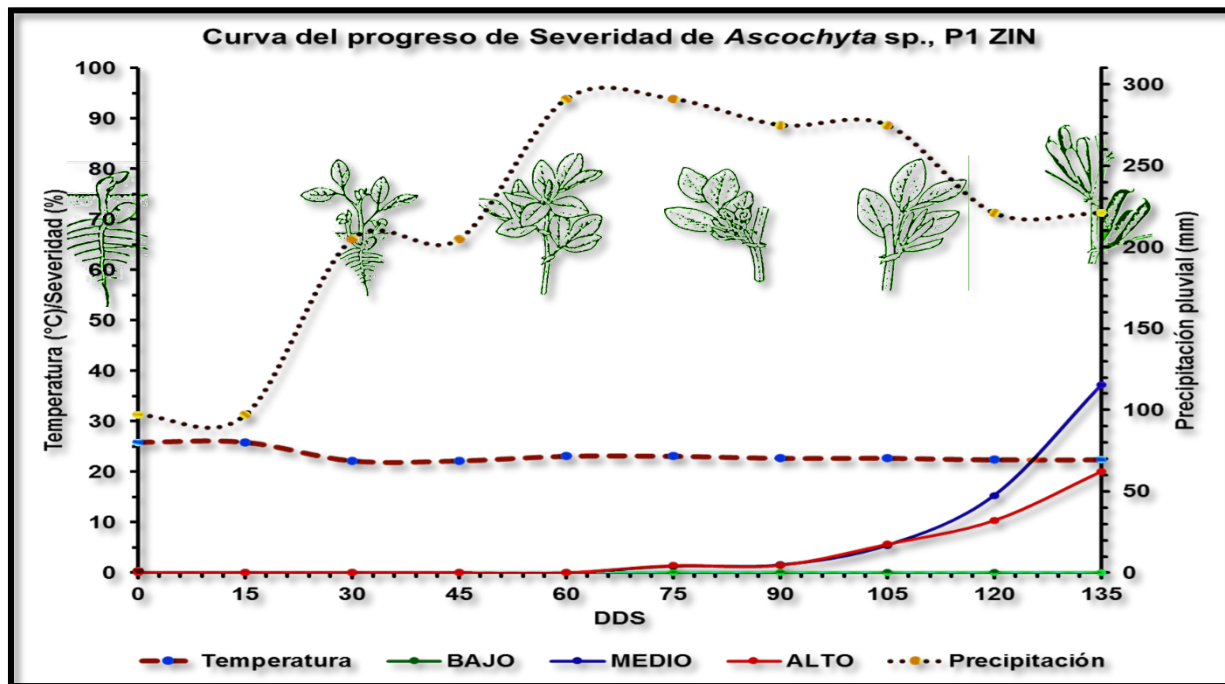


Figura 48. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela uno del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.11.2. PARCELA 2

En la segunda parcela, la expresión de la enfermedad inicio a partir de los 60 DDS en el porte medio y alto con un nivel de severidad del 2% y 3% respectivamente (clase 1), presentando un crecimiento exponencial lento hasta los 90 DDS del 4% respectivamente (clase 1), de tal forma que a los 105 DDS se observó un incremento del 6% en el porte medio y de un 8% porte alto (clase 1), a los 120 DDS se observó un incremento del 12% de daños en los folíolos del porte medio mientras que el porte alto se mantuvo en 20% de severidad aproximadamente (clase 2), hasta los 135 DDS que se cuantifico en un 35% y 20% respectivamente (clase 3), mientras que el porte bajo no se presentó severidad en cuanto a la expresión de la sintomatología de la enfermedad durante el ciclo del cultivo de haba (clase 0) (Figura 49).

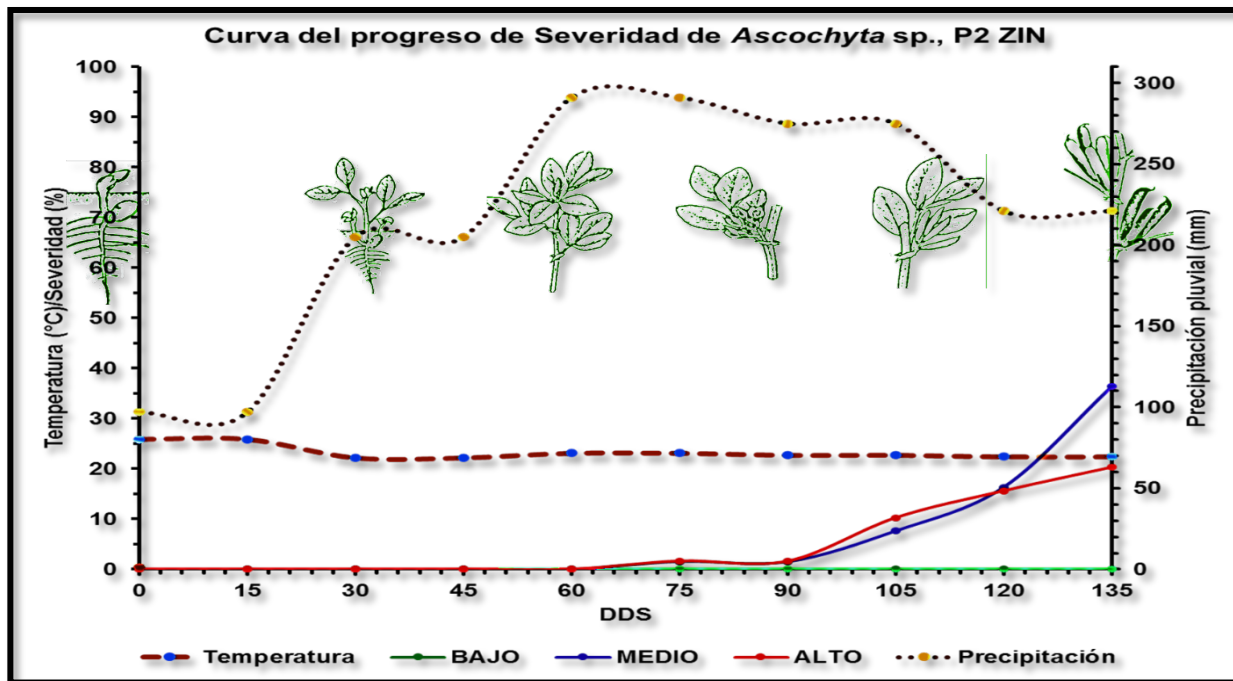


Figura 49. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela dos del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.11.3. PARCELA 3

En la tercera parcela, la expresión de la enfermedad inicio a partir de los 60 DDS del 2% de severidad (clase 1) en el porte medio y alto, y a los 90 DDS ambas partes se observó un incremento constante en el porte medio hasta la finalización del cultivo presentando un daño de severidad del 4% y 5% (clase 1), en esta etapa final se alcanzaron daños en los tejidos vegetales de los folíolos del 50% (clase 4) que correspondió a los 135 DDS. El porte bajo no se presentó severidad en cuanto a la expresión de la sintomatología de la enfermedad durante el ciclo del cultivo de haba (Figura 50), efecto similar observado en las dos parcelas previas.

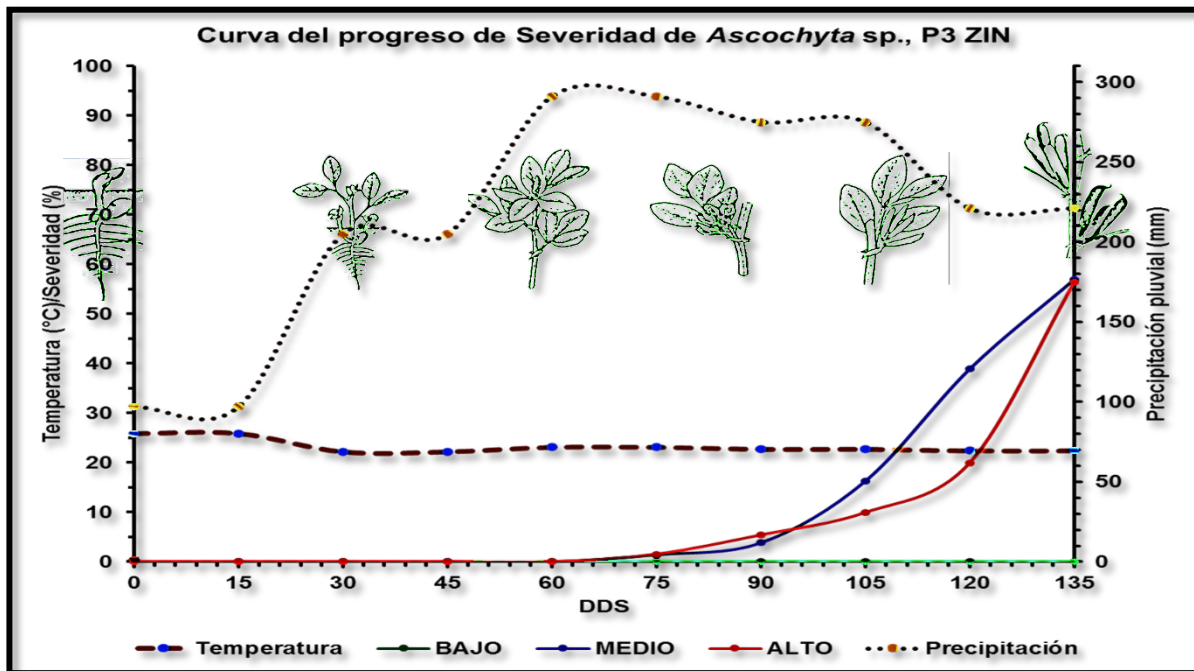


Figura 50. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Ascochyta* spp., en la parcela tres del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.12. INCIDENCIA *Botrytis* spp., ZNC

6.12.1. PARCELA 1

En la primera parcela, la expresión de la enfermedad para *Botrytis* spp., apareció a partir de los 45 DDS en los tres portes, a partir del cual se observó un crecimiento exponencial de los daños de la enfermedad hasta alcanzar niveles de un 88% y 94%, únicamente en el porte medio se observó que a los 60 DDS se alcanzó un 55% de incidencia de la enfermedad, prevaleciendo periodos de poco a nulo aumento de la enfermedad en las diferentes etapas fenológicas aunque a los 118 DDS y a los 135 DDS se observó el nivel máximo de incidencia de la enfermedad del 97% (Figura 51).

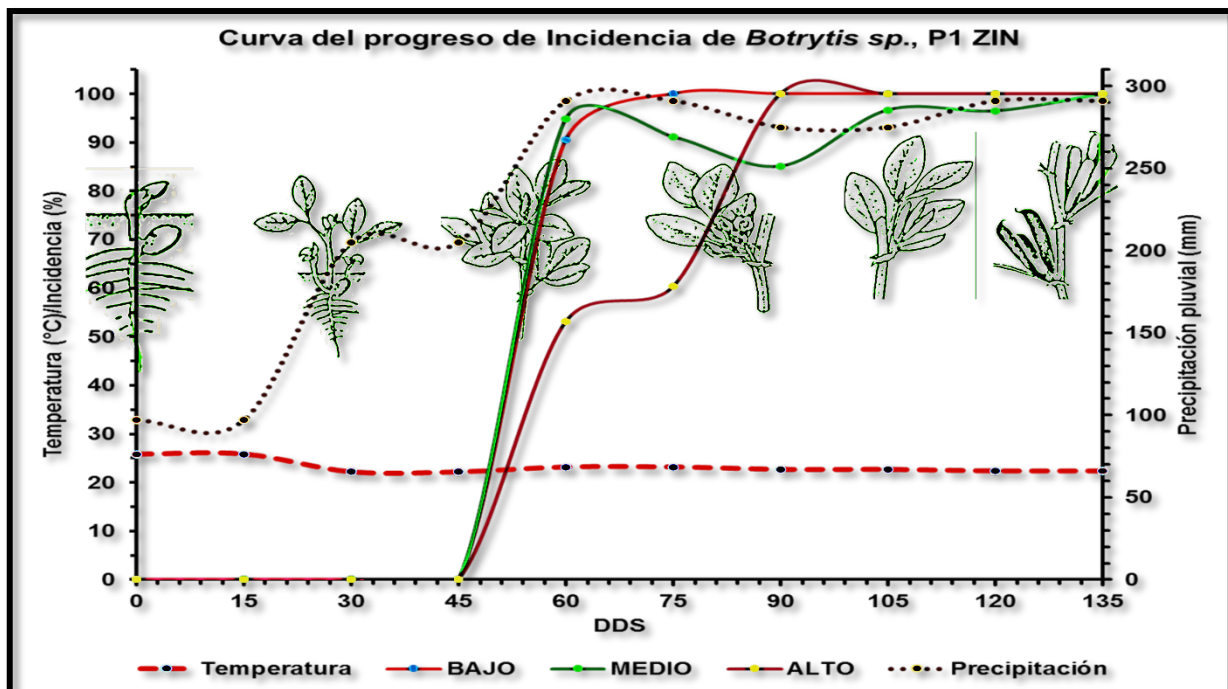


Figura 51. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela uno del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.12.2. PARCELA 2

En la segunda parcela, la expresión de la enfermedad para *Botrytis* spp., apareció a partir de los 45 días después de la siembra en los tres portes presentes en la planta, observado dos etapas de crecimiento exponencial, la primera a partir de los 45 DDS hasta los 60 DDS (50%, 65%, 68%), y la segunda a partir de los 75 DDS hasta los 90 DDS (65% al 100%) a los 102 DDS se alcanzó la expresión máxima de la enfermedad, observándose de un 97% hasta el 100% aproximadamente de la incidencia de la enfermedad en los diferentes portes (Figura 52).

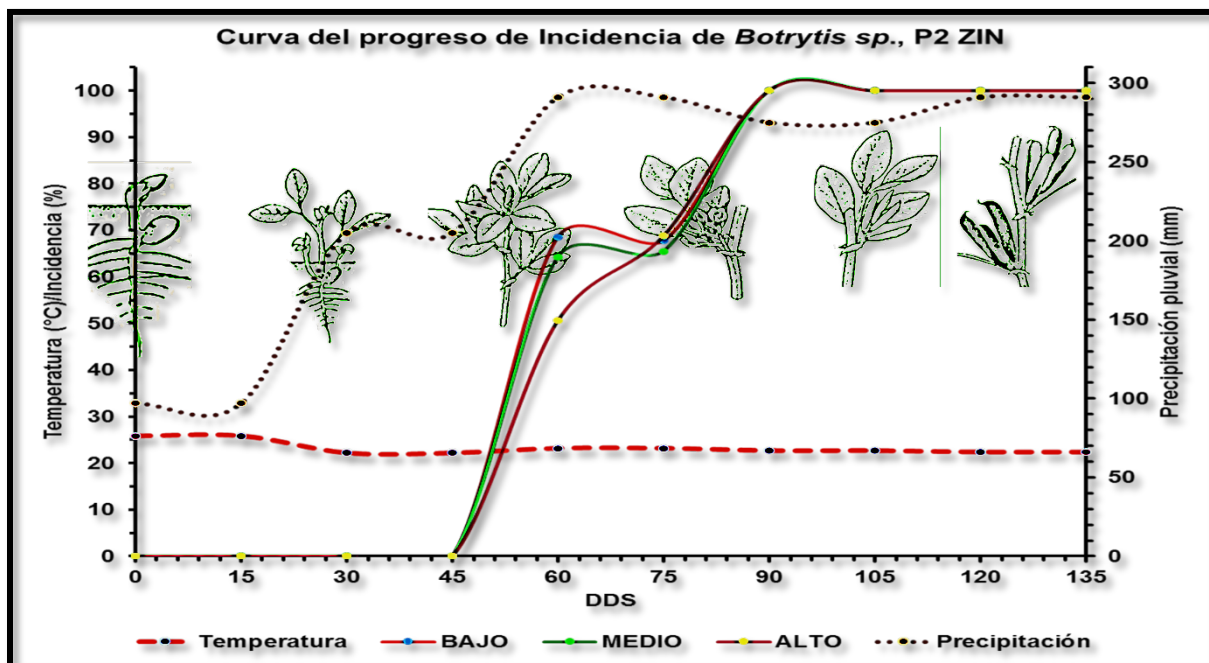


Figura 52. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela dos del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.12.3. PARCELA 3

En la tercera parcela, la expresión de la enfermedad de *Botrytis* spp apareció a partir de los 45 días después de la siembra en los tres portes presentes en la planta, observado dos etapas de crecimiento exponencial, la primera a partir de los 45 DDS hasta los 60 DDS (50%, 65%, 68%), y la segunda a partir de los 75 DDS hasta los 90 DDS (65% al 100%) a los 102 DDS se alcanzó la expresión máxima de la enfermedad, observándose de un 97% hasta el 100% aproximadamente de la incidencia de la enfermedad en los diferentes portes (Figura 53).

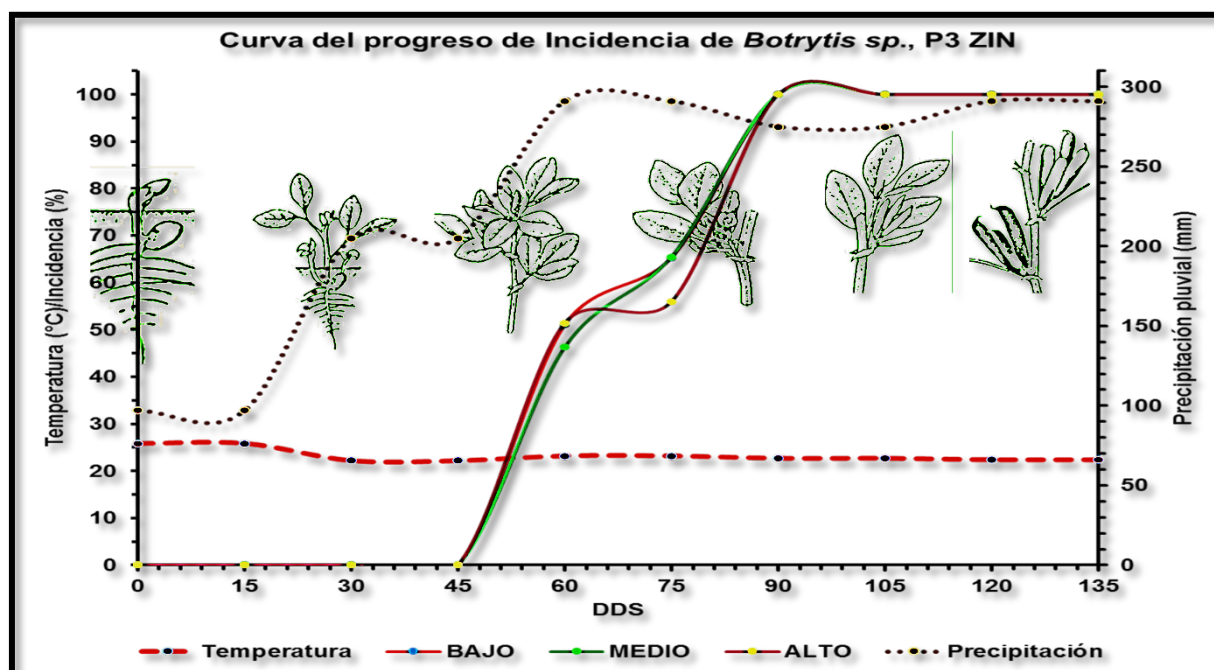


Figura 53. Curva de progreso de la incidencia a través del tiempo de *Botrytis* spp., en la parcela tres del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.13. SEVERIDAD *Botrytis* spp.

6.13.1. PARCELA 1

En la primera parcela del municipio de Zinacantepec, Estado de México, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 60 DDS en el porte bajo y medio presentaron crecimiento en la severidad en cada una de las fases fenológica, a los 75 DDS para el porte alto se observó la aparición de síntomas e incremento de la sintomatología estabilizándose en la etapa de floración al igual que el porte medio se estabilizo a los 102 DDS, teniendo una severidad de casi 56% para los portes presentes de la planta hasta culminar el ciclo del cultivo (Figura 54).

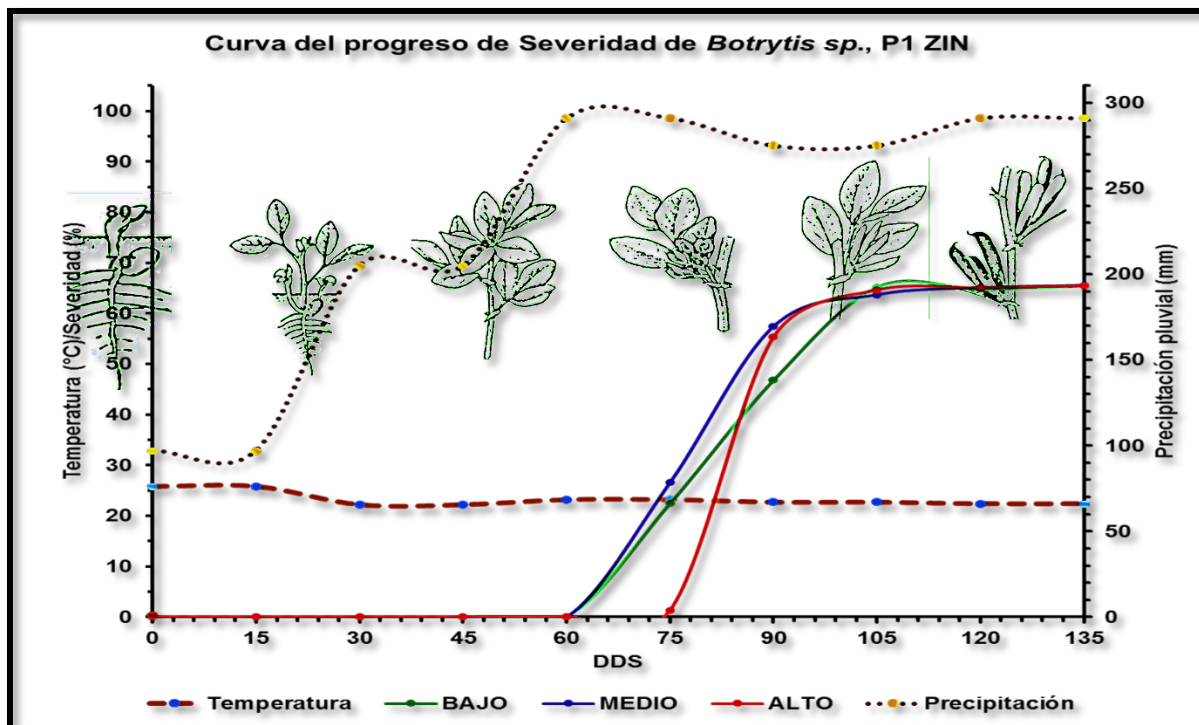


Figura 54. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., de la parcela uno del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.13.2. PARCELA 2

En la tercera parcela del municipio de Zinacantepec, Estado de México, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 DDS simultáneamente, presentando un crecimiento en la severidad en cada una de las fases fenológica lenta, acompañada de decrementos en los portes bajo y medio en las fechas 69, 96 y 108 DDS hasta culminar el ciclo del cultivo, mientras que en el porte alto a partir de los 75 DDS se observó un incremento rápido hasta la finalización del cultivo de estudio (Figura 55).

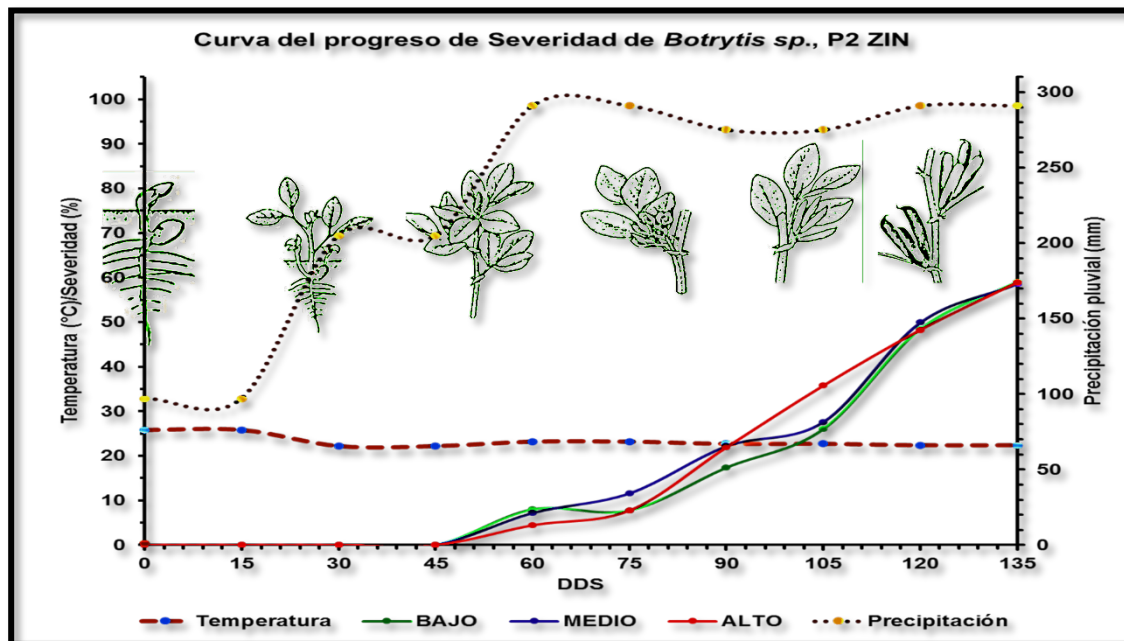


Figura 55. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., de la parcela dos del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.13.3. PARCELA 3

En la tercera parcela del municipio de Zinacantepec, Estado de México, la expresión de la enfermedad apareció a partir de los 45 DDS simultáneamente, presentando un crecimiento en la severidad en cada una de las fases fenológica, acompañada de decrementos en el porte alto 60 a 75 y 90 a 102 DDS y a partir de los 105 DDS se observó en ese porte un incremento de severidad hasta terminar el ciclo del cultivo. En el porte bajo y medio el incremento se visualizó a partir de los 60 DDS hasta culminar el ciclo del cultivo (Figura 56).

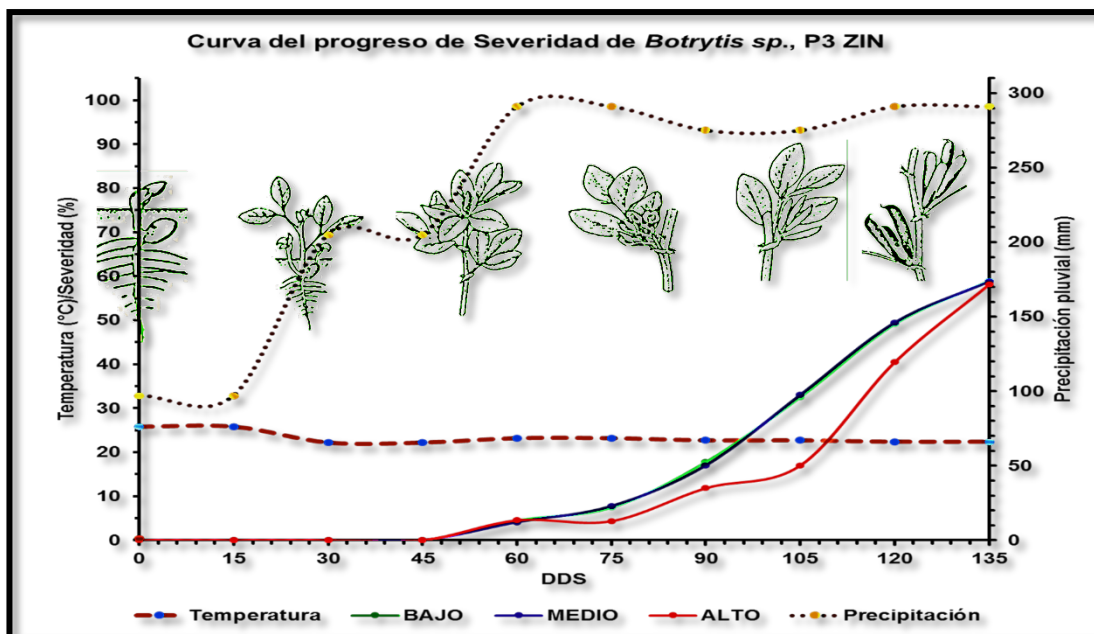


Figura 56. Curva de progreso de la severidad a través del tiempo de *Botrytis* spp., de la parcela tres del municipio de Zinacantepec. **Fuente:** Elaboración propia

6.14. ANÁLISIS ESPACIAL, MAPAS DE DISPERSIÓN *Ascochyta spp*

6.14.1. CALIMAYA DE DIAZ DE GONZÁLEZ

6.14.2. PARCELA 1

Para la parcela uno, en términos espaciales, la disposición de la severidad de la enfermedad *Ascochyta spp.*, en el estrato bajo no presentó expresión de la enfermedad, en cuanto al estrato medio, estuvo presente en toda la parcela, a los 90 DDS, el nivel de daño inicio en la parte noreste de la parcela en forma diagonal hacia el suroeste, manteniéndose hasta los 105 DDS donde el nivel de daño predominante se encontraba en la parte noroeste de la parcela con dirección al sureste de la parcela, manteniéndose así hasta los 120 DDS, a los 135 DDS la enfermedad expresó su mayor severidad desde el noreste hacia sureste de la parcela, mientras que el estrato alto, la enfermedad inicio en la parte noreste de la parcela con dirección al sureste manteniéndose así hasta la senescencia del cultivo (135 DDS).; el comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado en puntos específicos, presentando los valores de la semivarianza experimental a los siguientes modelos: exponencial (37.5%), pentaesférico (25.0%), y esférico (25.0%), teniendo un nivel alto (75%) de dependencia espacial, y un efecto pepita igual o cercano a cero. Todos los modelos fueron validados, al estar dentro de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging fue de tipo ordinario en el 62.5% de los modelos ajustados y universal (37.5%), proponiendo que el tipo de kriging puede predecirse (Giraldo, 2002) (Cuadro 15 y Figura 57).

6.14.3. PARCELA 2

En la parcela dos, en términos espaciales, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato bajo al igual que la parcela anterior no se observó ninguna distribución, en el estrato medio, el inicio de la enfermedad inicio a los 75 DDS en la parte central de la parcela, con tendencia noreste-suroeste, manteniéndose así hasta los 105 DDS; a los 135 DDS la enfermedad se focalizó en la parte sureste, cabe mencionar que la enfermedad estuvo presente en el porte alto de la planta, e inicio a los 75 DDS a partir del cual la enfermedad se expansión en la parte suroeste de la parcela con incidencia hacia el noreste de la misma, observando puntos donde se concentraba el mayor nivel de daño en la parte central de la parcela manteniéndose así hasta la senescencia del cultivo (135 DDS).; el comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado ajustándose a modelos teóricos Gaussiano (30.0%), seguido del esférico (30.0%), con un nivel alto (80.0%) de dependencia espacial y un efecto pepita igual o cercano a cero. Todos los modelos fueron validados, al estar dentro de los parámetros estadísticos de validación cruzada; el Kriging en esta parcela fue ordinario (60.0%) seguido del universal (40.0%) (Cuadro 15 y Figura 58).

6.14.4. PARCELA 3

En la parcela tres, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato medio inicio a los 75 DDS en puntos específicos distribuidos dentro de la parcela. A los 90 DDS se observó que el nivel de daño se expresó en la parte oeste de la parcela, pero cambió a puntos específicos a los 120 DDS, pero a los 135 DDS el mayor nivel de daño de la enfermedad se expresó en la parte suroeste de la parcela con nivel medio de enfermedad en la parte central; en el porte alto, el daño de la enfermedad comenzó a los 75 DDS en puntos específicos de la parcela tanto en el noreste u sureste de la parcela, manteniéndose hasta los 105 DDS y a los 120 DDS el daño de la enfermedad se concentró en la parte sureste de la parcela y a los 135 DDS la enfermedad se concentró en la parte norte de la misma, el comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado que abarcan un mayor espacio en puntos específicos, presentando los valores de la semivarianza experimental a los siguientes modelos: gaussiano (50.0%), seguido del esférico (30.0%), lineal (10.8%) y matern (10.0%), teniendo un nivel alto (80.0%) de dependencia espacial, y valores cercanos o igual a cero en el efecto pepita. Todos los modelos fueron validados al encontrarse dentro de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging en esta parcela fue ordinario (60.0%) seguido del universal (40.0%) (Cuadro 15 y Figura 59).

Cuadro 15. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de *Ascochyta* spp., en el municipio de Calimaya de Díaz de González.

CALIMAYA					Variograma					Validación cruzada				
Parcela	Estrato	DDS	Incidencia (%)	Severidad Media	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita / Meseta (%)	Nivel de dependencia	Kriging	ME	RMSE	MSPE
1	B	60												
		75												
		90												
		105												
		120												
	M	60												
		75												
		90	3.61	5.15	Exponencial	0.00	0.17	1.63	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.40	0.16
		105	10.26	10.34	Lineal	0.01	0.00	3.11	337.92	Bajo	Ordinario	0.00	0.10	0.01
		120	16.01	20.31	Esférico	0.00	0.08	1.89	0.00	Alto	Universal	0.00	0.29	0.08
	A	135	54.72	55.60	Exponencial	0.04	0.00	6.62	0.00	Alto	Universal	0.00	0.19	0.04
		60												
		75												
		90	68.6	70.0	Exponencial	0.00	0.04	2.55	10.61	Alto	Ordinario	0.00	0.21	0.05
		105	88.3	92.3	Pentaesférico	0.01	0.00	3.60	701.12	Bajo	Universal	0.00	0.10	0.01
2	B	120	92.5	98.14	Esférico	0.00	0.03	1.74	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.17	0.03
		135	100	99.38	Pentaesférico	0.00	0.03	1.92	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.17	0.03
		60												
		75												
		90												
	M	60												
		75	1.4	1.5	Bessel	0.04	0.08	116.56	45.33	Moderado	Universal	0.0	0.2	0.0
		90	5.6	5.6	Esférico	0.03	0.00	9.06	3049.14	Bajo	Ordinario	0.0	0.2	0.0
		105	10.3	10.4	Gaussiano	0.01	90.35	8664.69	0.01	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.0
		120	36.2	38.3	Pentaesférico	0.00	0.11	6.30	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1
	A	135	47.5	33.9	Gaussiano	0.05	796.35	10649.36	0.01	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0
		60												
		75	28.3	31.1	Lineal	0.13	0.00	13.08	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1
		90	44.5	52.3	Gaussiano	0.00	0.05	4.96	0.00	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0
		105	74.3	76.4	Matern	0.00	0.01	0.49	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.0
3	B	120	88.9	88.2	Esférico	0.00	0.10	8.06	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1
		135	99.9	100.0	Esférico	0.00	0.09	6.89	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1
		60												
		75												
		90												
	M	60												
		75	1.4	1.5	Lineal	0.00	0.12	4.74	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.4	0.1
		90	3.8	5.4	Gaussiano	0.20	2344.78	4935.82	0.01	Alto	Ordinario	0.0	0.4	0.2
		105	16.3	9.9	Esférico	0.00	0.07	7.86	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1
		120	38.9	20.0	Gaussiano	0.00	0.13	3.53	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.4	0.1
	A	135	56.9	56.4	Gaussiano	0.03	0.00	5.24	1208.99	Bajo	Universal	0.0	0.2	0.0
		60												
		75	33.0	12.5	Esférico	0.00	0.11	7.10	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1
		90	58.9	26.3	Esférico	0.00	0.03	9.60	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.2	0.0
		105	88.3	59.3	Matern	0.00	0.01	2.14	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0

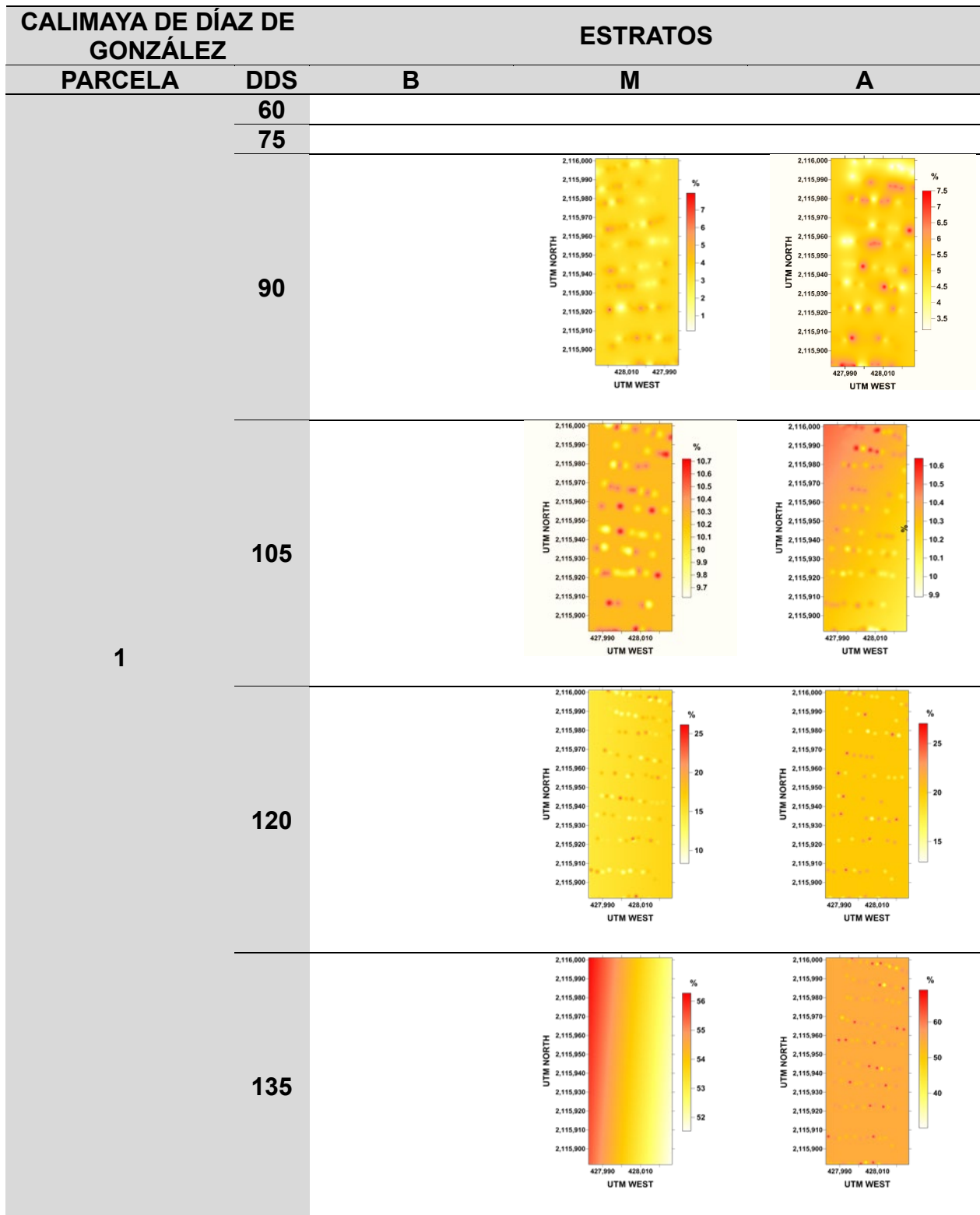


Figura 57. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México.

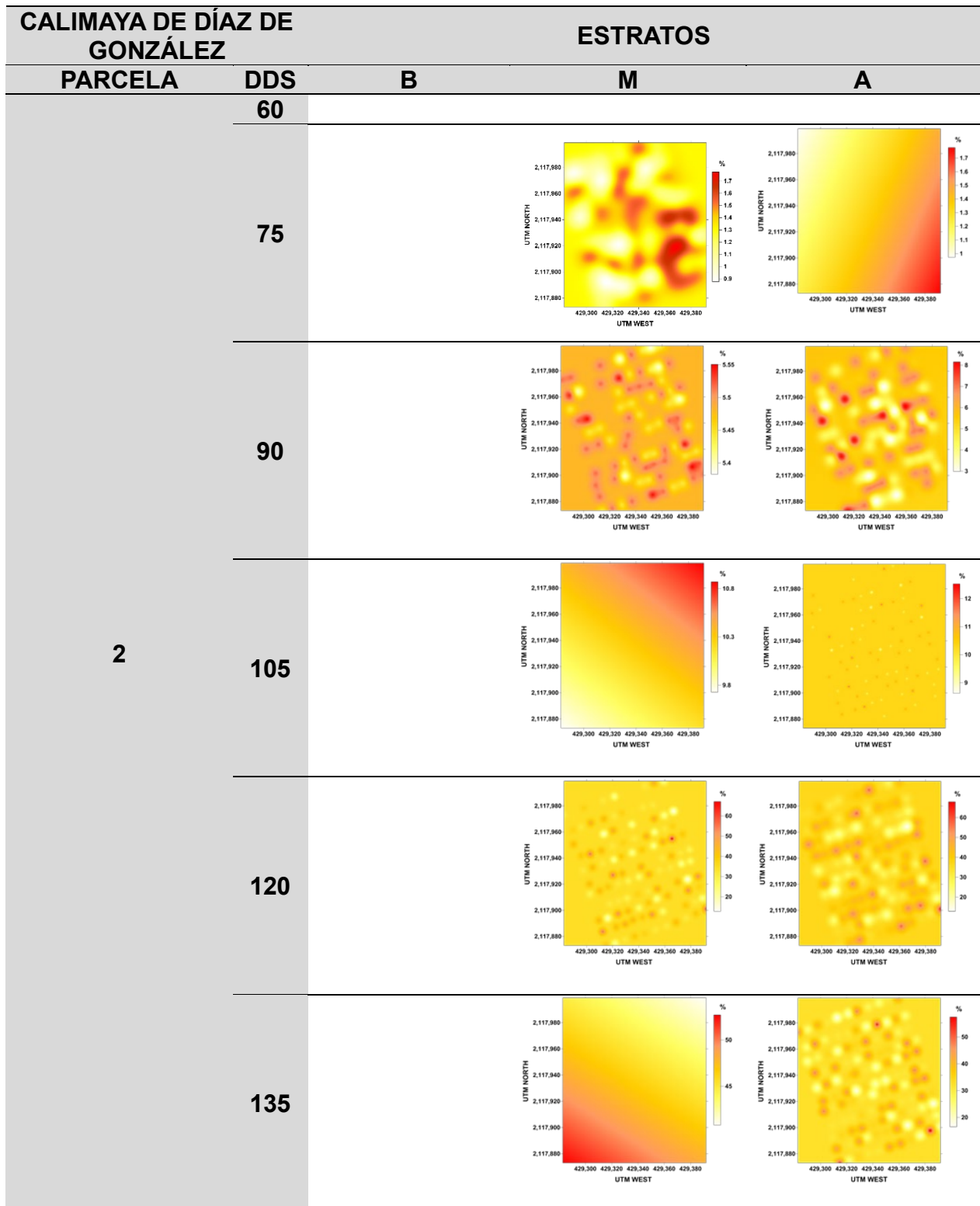


Figura 58. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México.

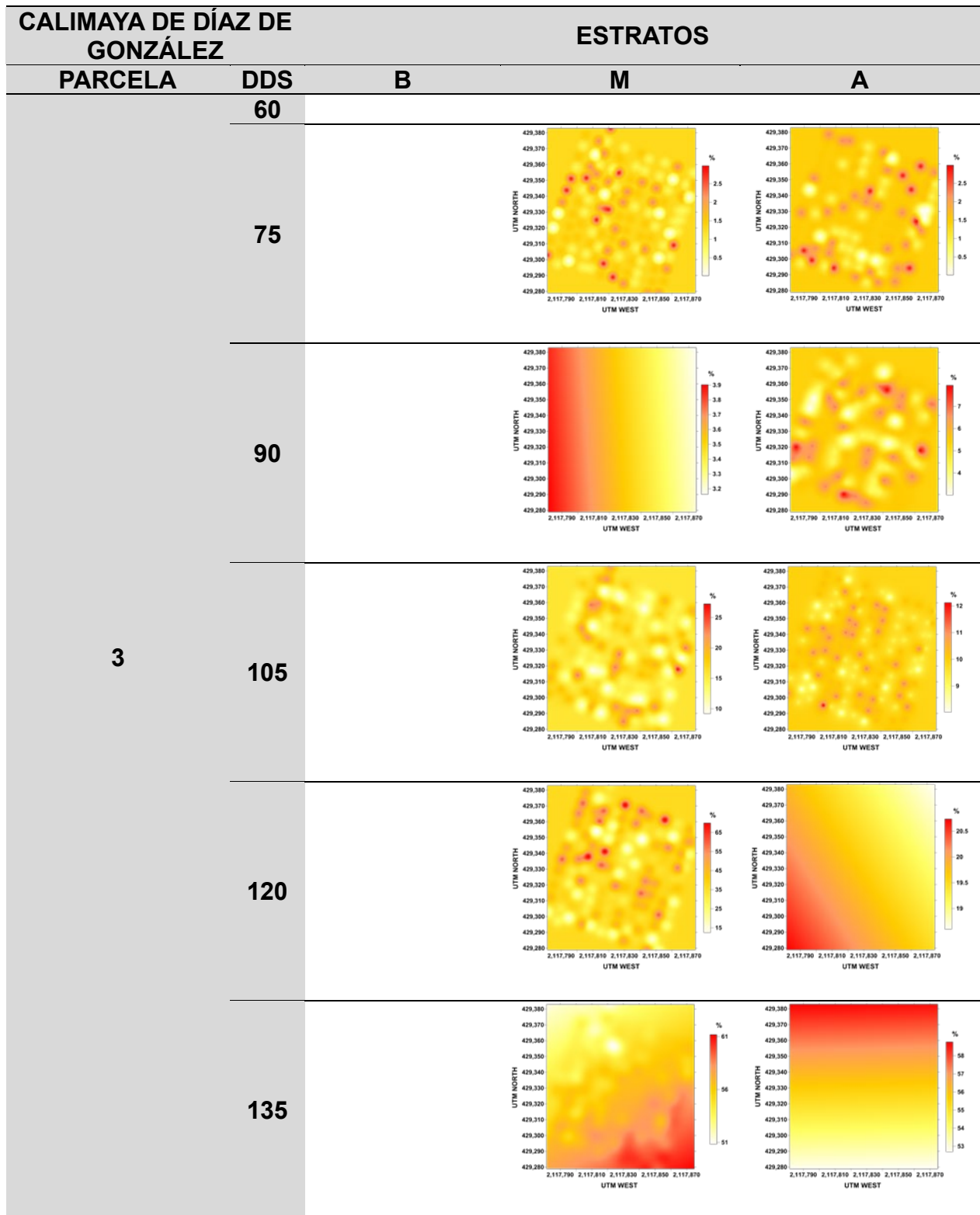


Figura 59. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México.

6.15. MUNICIPIO TOLUCA DE LERDO, *Ascochyta spp*

6.15.1. PARCELA 1

Para la parcela uno, en términos espaciales, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato bajo no presentó ninguna distribución espacial, en cuanto al estrato medio, estuvo presente en toda la parcela a lo largo del cultivo, iniciando a los 75 DDS en la puntos específicos ubicados en la zona central de la parcela, observando el mismo comportamiento hasta los 105 DDS; la enfermedad se localizó en la parte superior central norte de la parcela hasta la culminación del cultivo (135 DDS). En el porte alto, el inicio del daño fue a los 75 DDS donde el nivel de daño se focalizo en la parte central con tendencia hacia el sur de la parcela, extendiéndose hacia la parte central y norte hasta los 105 DDS donde el daño se localizó en la parte superior noreste de la parcela hasta los 120 DDS donde se observó que los mayores daños se ubicaron en el sureste hasta la senescencia del cultivo (135 DDS); el comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado que refieren puntos específicos en la parcela con espacios mayores, presentando los valores de la semivarianza experimental ajustándose a los siguientes modelos teóricos: Matern (30.0%), seguido del gaussiano (20.0%), pentaesférico (20.0%), lineal (20.0%) y exponencial (10.0%) con un nivel alto (60.0%) de dependencia espacial, valores de efecto pepita cercanos o igual a cero. Todos los modelos ajustados fueron validados al tener valores estadísticos dentro de los parámetros permisibles. El Kriging con menor error de precisión fue el universal (50.0%) y ordinario (50.0%) (Cuadro 16 y Figura 60).

6.15.2. PARCELA 2

En la parcela dos, en términos espaciales, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato bajo al igual que la parcela anterior no se observó ninguna distribución; en el estrato medio, el inicio de la enfermedad inicio a los 75 DDS en la parte central de la parcela sur-norte distribuyéndose hacia en toda la parcela manteniéndose así hasta los 105 DDS donde se observó que la presencia de la enfermedad se localizó en la parte central de la parcela manteniéndose así hasta los 120 DDS que la enfermedad se focalizo en la parte superior noreste, cabe mencionar que la enfermedad estuvo presente en el ciclo de vida del cultivo (135 DDS) y en el porte alto la enfermedad inicio al igual que la parcela anterior a los 75 DDS donde la enfermedad se concentró en la parte central y norte de la parcela extendiéndose con mayor cantidad de puntos en toda la parcela y manteniéndose así hasta los 105 DDS, pero a los 120 DDS el mayor daño se concentró en la región noroeste de la parcela, cambiando su ubicación a los 135 DDS en donde el mayor nivel de daño se localizó en la parte sureste de la parcela; el comportamiento espacial que predomino fue de tipo agregado que explican el tipo de dispersión y cantidad de inóculo dentro de una parcela, presentando los valores de la semivarianza experimental que se ajustó a los modelos teóricos gaussiano (30.0%), seguido del bessel (20.0%), exponencial (20.0%), pentaesférico (20.0%) y esférico (10.0%) con un nivel alto (90.0%) de dependencia espacial, un efecto pepita igual o cercano a cero. Todos los modelos fueron validados al estar dentro de los parámetros de validación cruzada. El Kriging con menor error de precisión en esta parcela fue universal (60.0%) seguido del ordinario (40.0%) (Cuadro 16 y Figura 61).

6.15.3. PARCELA 3

En la parcela tres en términos espaciales, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato medio inicio a los 75 DDS observando que su distribución se expresó en los puntos específicos de la parcela, pero distribuidos de forma irregular; pero con una mayor concentración de puntos hacia el sur a los 90 y 105 DDS; pero a los 120 DDS el mayor daño se concentró en la parte sur de la parcela y en la senescencia del cultivo se concentró en la parte este de la parcela. Para el porte alto, el inicio del daño de la enfermedad se expresó en puntos específicos dentro de la parcela distribuidos de forma irregular. A los 90 DDS el daño se concentró en la parte central de la parcela manteniéndose así hasta los 120 DDS y a la culminación del cultivo el nivel de daño se concentró en la parte suroeste de la parcela; el comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado pero abarcando un mayor espacio en puntos específicos, presentando los valores de la semivarianza experimental ajustadas a los siguientes modelos teóricos pentaesférico (40.0%), seguido del gaussiano (20.0%), esférico (20.0%), Bessel (10.0%) y Matérn (10.0%), con un nivel alto (80.0%) de dependencia espacial, valores de efecto pepita igual o cercano a cero. Todos los modelos se validaron al estar dentro de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging con menor error de precisión en esta parcela fue universal (60.0%) seguido del ordinario (40.0%) (Cuadro 16 y Figura 62).

Cuadro 16. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de *Ascochyta* spp., en el municipio de Toluca de Lerdo.

TOLUCA					Variograma						Validación cruzada				
Parcela	Parte	DDS	Incidencia (%)	Severidad Media	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita / Meseta (%)	Nivel de dependencia	Kriging	ME	RMSE	MSPE	
1	B	60													
		75													
		90													
		105													
		120													
	135														
	M	60													
		75	1.3	45.30	Gaussiano	0.04	736.13	11321.60	0.01	Alto	Ordinario	0.00	0.19	0.03	
		90	1.6	62.10	Lineal	0.02	0.07	5.74	28.75	Moderado	Universal	0.00	0.31	0.10	
		105	3.5	84.30	Matern	0.14	0.63	392.53	22.48	Alto	Universal	0.00	0.42	0.18	
		120	10.4	91.50	Pentaesférico	0.12	0.03	5.30	475.63	Bajo	Ordinario	0.00	0.39	0.15	
	135	38.2	100.00	Matern	0.00	0.11	2.59	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.33	0.11		
	A	60													
		75	1.5	36.70	Gaussiano	0.06	0.02	9.12	377.56	Bajo	Universal	0.0005	0.27	0.07	
		90	1.4	48.00	Matern	0.11	0.39	465.61	26.83	Moderado	Universal	0.00	0.35	0.13	
105		3.6	64.80	Exponencial	0.13	0.58	863.49	0.23	Alto	Universal	0.00	0.39	0.15		
120		10.2	92.10	Lineal	0.13	0.17	212.00	0.78	Alto	Ordinario	0.00	0.39	0.16		
135	38.2	99.90	Pentaesférico	0.00	0.10	10.19	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.33	0.11			
2	B	60													
		75													
		90													
		105													
		120													
	135														
	M	60													
		75	1.4	40.0	Esférico	0.00	0.12	5.56	0.00	Alto	Ordinario	2E-03	4E-01	1E-01	
		90	1.3	52.6	Gaussiano	0.14	6573.02	9266.08	0.00	Alto	Universal	1E-03	3E-01	1E-01	
		105	7.8	71.2	Gaussiano	0.00	0.06	3.61	0.00	Bajo	Ordinario	-2E-03	2E-01	6E-02	
		120	10.1	88.6	Bessel	0.01	0.00	19.64	700.34	Bajo	Universal	5E-04	1E-01	1E-02	
	135	38.8	99.9	Exponencial	0.00	0.11	1.58	0.00	Alto	Universal	1E-03	3E-01	1E-01		
	A	60													
		75	1.5	49.2	Pentaesférico	0	0.109939	2.20091	0.00	Alto	Universal	0.0004	0.30	0.09	
		90	1.5	50.4	Pentaesférico	0.009	0.095	6.697	9.54	Alto	Universal	0.00	0.33	0.11	
105		5.5	66.3	Gaussiano	0.000	0.038	3.084	0.34	Alto	Ordinario	0.00	0.20	0.04		
120		10.3	92.1	Bessel	0.011	0.081	293.005	13.73	Alto	Universal	0.00	0.10	0.01		
135	34.9	98.6	Exponencial	0.000	0.131	1.331	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.36	0.13			
3	B	60													
		75													
		90													
		105													
		120													
	135														
	M	60													
		75	1.4	33.2	Pentaesférico	0.00	0.03	1.92	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.17	0.03	
		90	1.3	44.6	Bessel	0.10	0.00	228.00	0.00	Alto	Universal	0.00	0.33	0.11	
		105	5.5	60.0	Gaussiano	0.04	0.00	46.00	0.00	Alto	Universal	0.00	0.21	0.05	
		120	10.2	88.2	Matern	0.00	0.01	2.96	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.10	0.01	
	135	37.3	100.0	Pentaesférico	0.03	0.11	9.70	25.19	Alto	Universal	0.00	0.37	0.13		
	A	60													
		75	1.6	22.3	Esférico	0.00	0.11	8.50	0.00	Alto	Universal	0.00	0.33	0.11	
		90	1.5	31.2	Pentaesférico	0.11	0.01	45.43	843.63	Bajo	Universal	0.01	0.35	0.12	
105		5.5	59.0	Pentaesférico	0.00	0.04	4.20	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.19	0.04		
120		10.5	89.1	Esférico	0.00	0.01	4.66	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.10	0.01		
135	19.7	99.8	Gaussiano	0.01	0.03	3.46	36.83	Moderado	Universal	0.00	0.20	0.04			

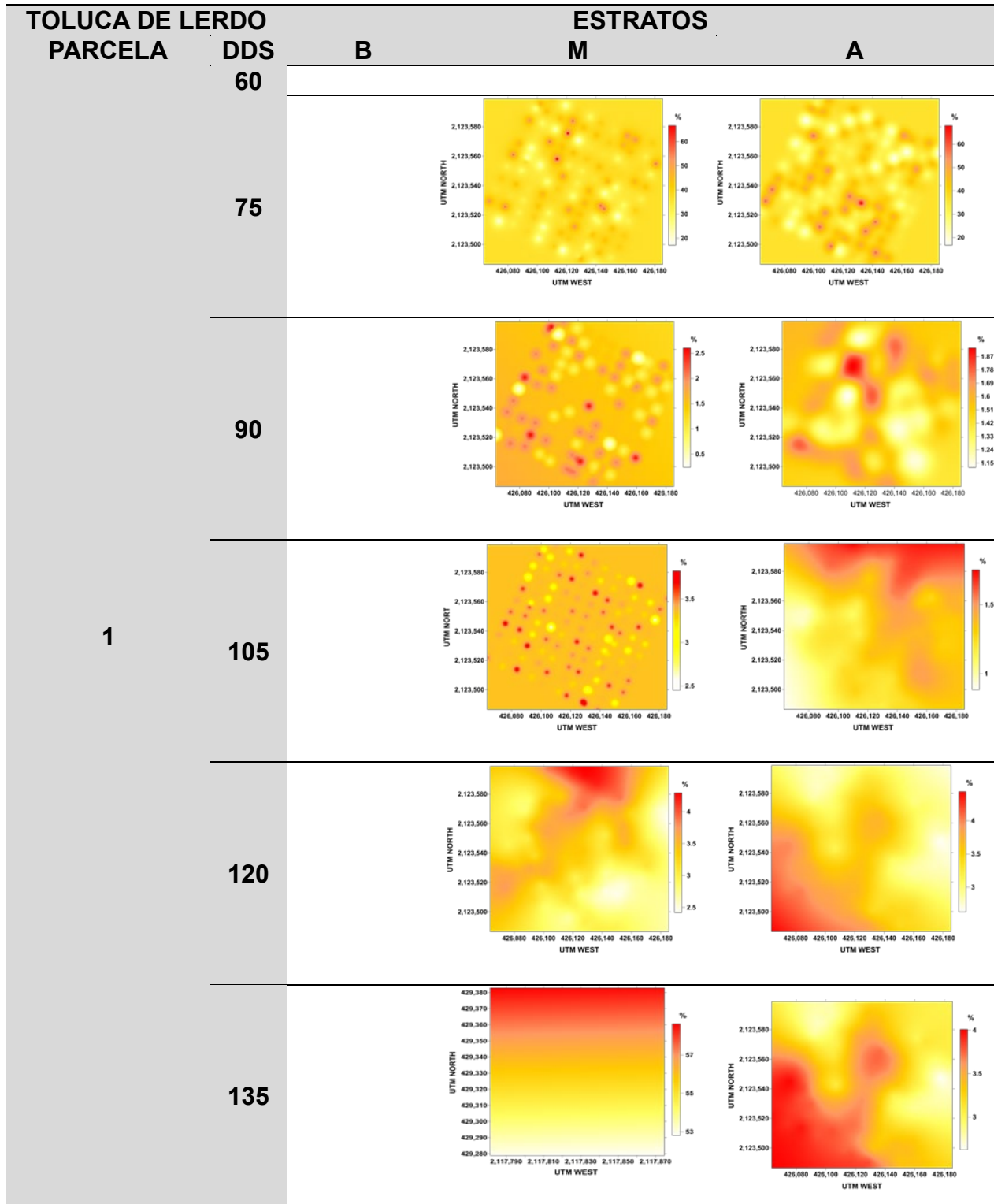


Figura 60. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México

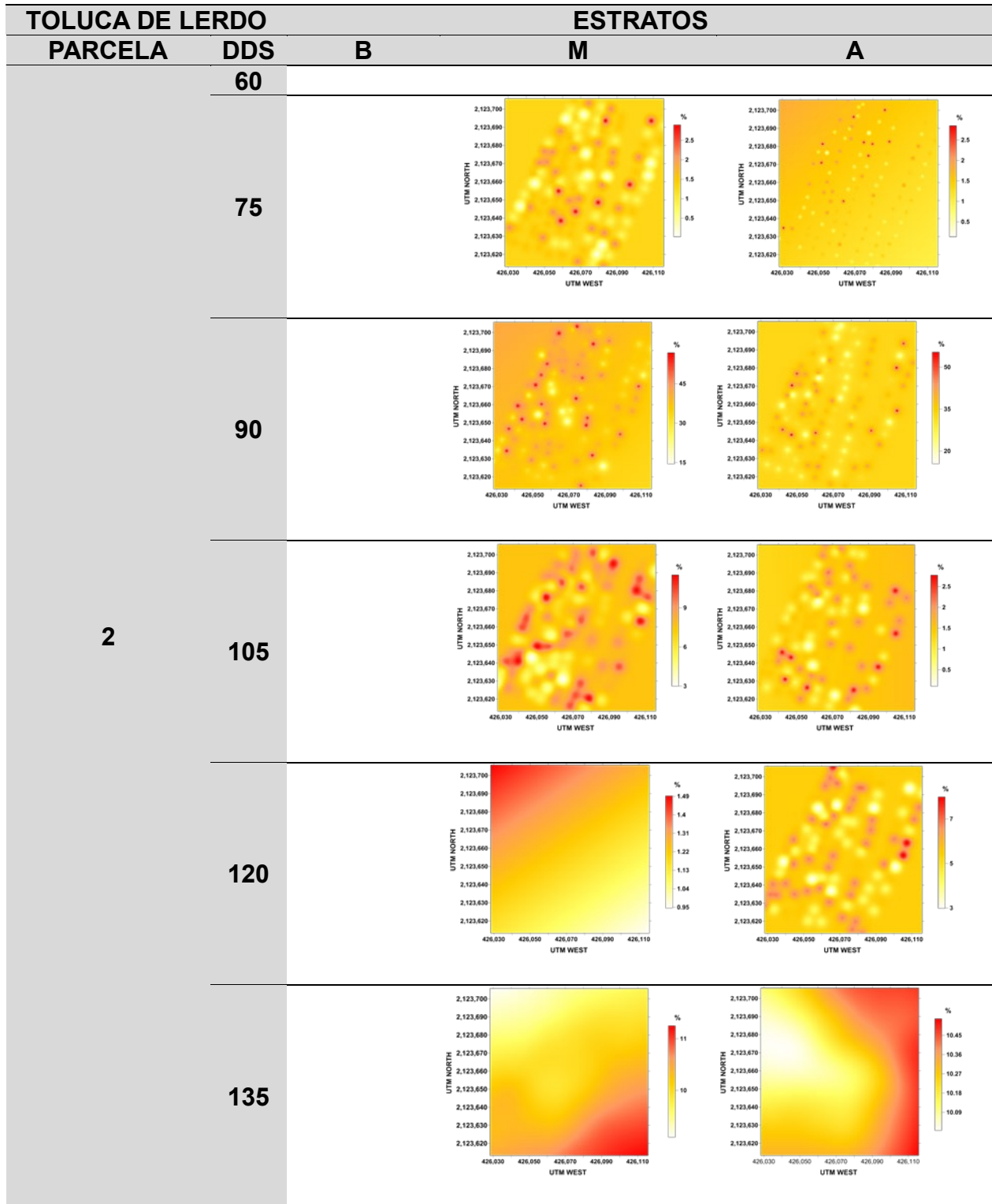


Figura 61. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México

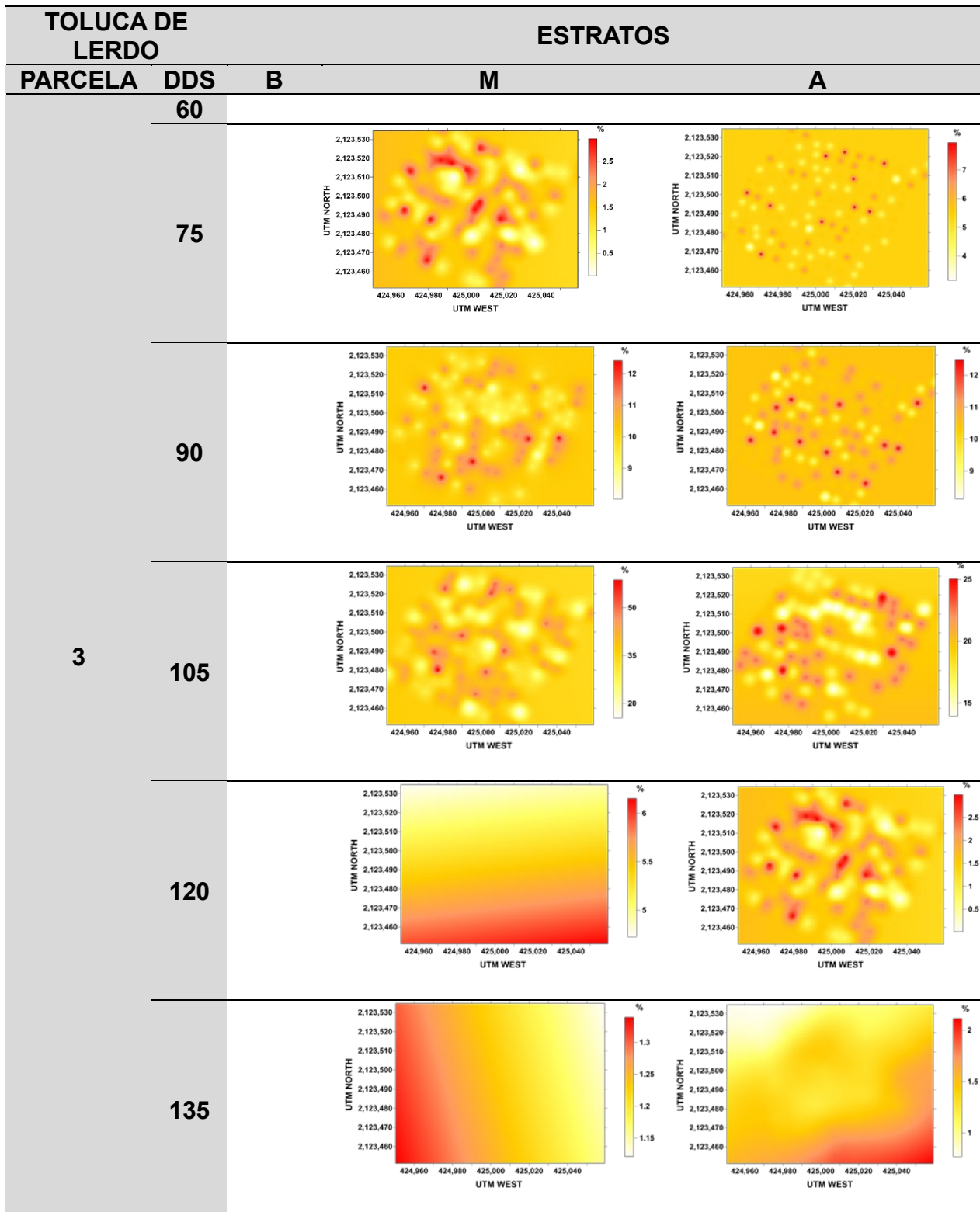


Figura 62. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México

6.16. MUNICIPIO ZINACANTEPEC, *Ascochyta* spp

6.16.1. PARCELA 1

Para la parcela uno del municipio de Zinacantepec, Estado de México; en términos espaciales, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato bajo no presentó presencia de la enfermedad y por tanto ningún arreglo espacial, en cuanto al estrato medio, el inicio de la enfermedad fue a los 75 DDS del noreste al suroeste, en diagonal, expresando algunos puntos de daño a lo largo de la parcela manteniéndose así hasta los 120 DDS donde la enfermedad solo se concentró en la parte media de la parcela hasta los 135 DDS; para el porte alto, el inicio del daño fue a los 75 DDS donde el nivel de daño se ubicó de noroeste al sureste de la parcela, manteniéndose así hasta los 105 DDS donde la enfermedad expreso mayor intensidad de daño en el sureste de la parcela con menor daño hacia el noroeste de la parcela, y a los 120 DDS el daño se localizó en la parte noroeste de la parce hasta la culminación del cultivo; el comportamiento espacial que predomino fue de tipo agregado con avances en distancias pequeñas cerca del origen. La semivarianza experimental se ajustó a los siguientes modelos: esférico (60.0%), seguido del besel (10.0%), pentaesférico, lineal y matern (10.0%), teniendo un nivel alto (100.0%) de dependencia espacial, un efecto pepita igual o cercano a cero; el Kriging de menor error en esta parcela fue universal (50.0%) y ordinario (50.0%), (Cuadro 17 y Figura 63).

6.16.2. PARCELA 2

En la parcela dos, la disposición de la severidad de la enfermedad no se expresó en el estrato bajo al igual que la parcela anterior, por lo que no se observó ninguna distribución; en el estrato medio, el inicio de la enfermedad inicio a los 75 DDS del noroeste al sureste con expresiones puntuales del mayor daño concentrándose en el centro y noreste de la parcela hasta los 120 DDS donde la expresión del daño se expresó en la región suroeste de la parcela y menor nivel en el centro; a los 135 DDS el nivel de la enfermedad se concentró en la parte sureste de la parcela (senescencia del cultivo). En el porte alto se observó que el nivel de daño se expresó a lo largo de la parcela del noroeste al sureste manteniéndose así a los 90 DDS donde el daño se observó de manera puntal en el noreste y suroeste de la parcela; a los 105 DDS se expresó en mayor intensidad en el suroeste mientras que a los 120 DDS el nivel de daño causado por la enfermedad se concentró en la parte norte de la parcela hasta culminar el ciclo del cultivo. El comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado, pero en cada fecha analizada se observaron mayor cantidad de puntos específicos de la parcela. Los valores de la semivarianza experimental se ajustó y validó en los siguientes modelos: Bessel (30.0%), seguido del pentaesférico, exponencial con el (20.0%), y Gaussiano, esférico y Matérn con el (10.0%) teniendo un nivel alto (90.0%) de dependencia espacial y un efecto pepita igual o cercano a cero. El Kriging en esta parcela fue ordinario (70.0%) seguido del universal (30.0%) (Cuadro 17 y Figura 64).

6.16.3. PARCELA 3

En la parcela tres, la disposición de la severidad de la enfermedad en el estrato medio inicio a los 90 DDS observado que la severidad se distribución del norte a sur de la parcela manteniendo así hasta los 120 DDS pero con una mayor concentración de daño en la mitad de la parcela; a los 135 DDS el nivel de daño se concentró en el sureste de la parcela (senescencia del cultivo), tanto para el porte alto el inicio de la enfermedad fue a los 105 DDS expresándose en toda la parcela manteniéndose hasta la senescencia del cultivo (135 DDS). El comportamiento espacial que predominó fue de tipo agregado, es decir siempre se expresó en puntos específicos. La semivarianza experimental se ajustó y validó a los siguientes modelos: pentaesférico (29.0%), seguido del esférico (29.0%), matern con el (29.0%), y Bessel (14.0%), con un nivel alto (85.7%) de dependencia espacial, y un efecto pepita igual o cercano a cero. Todos los modelos fueron validados al ubicarse dentro del rango de los parámetros estadísticos. El Kriging en esta parcela fue ordinario (86.0%) seguido del universal (17.0%) (Cuadro 17 y Figura 65).

Cuadro 17. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de *Ascochyta* spp., en el municipio de Zinacantepec.

ZINACANTEPEC					Variograma						Validación cruzada			
Parcela	Parte	DD S	Incidencia (%)	Severidad Media	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita / Meseta (%)	Nivel de dependencia	Kriging	ME	RMSE	MSPE
1	B	60												
		75												
		90												
		105												
		120												
	M	135												
		60												
		75	1.3	22.0	Esférico	0.00	0.12	6.75	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.36	0.13
		90	1.6	42.5	Esférico	0.00	0.10	10.09	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.33	0.11
		105	5.5	71.3	Pentaesférico	0.00	0.04	10.25	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.19	0.04
	A	120	15.3	92.6	Esférico	0.00	0.06	7.03	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.24	0.06
		135	37.2	99.8	Esférico	0.00	0.11	6.38	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.34	0.12
		60												
		75	1.4	13.3	Bessel	0.10	17.52	1627.19	0.59	Alto	Universal	0.00	0.35	0.12
		90	1.5	38.5	Esférico	0.00	0.12	5.95	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.35	0.12
2	B	105	5.6	59.2	Matern	0.00	0.03	3.10	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.18	0.03
		120	10.4	88.6	Lineal	0.01	0.00	259.00	0.00	Alto	Universal	0.00	0.09	0.01
		135	20.1	97.9	Esférico	0.00	0.04	11.48	0.00	Alto	Universal	0.00	0.18	0.03
		60												
		75												
	M	90	1.5	25.8	Esférico	0.00	0.13	6.02	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.36	0.13
		105	1.5	66.3	Pentaesférico	0.00	0.13	12.14	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.35	0.12
		120	7.6	88.2	Bessel	0.06	0.00	202.00	0.00	Alto	Universal	0.00	0.24	0.06
		135	16.3	94.3	Matern	0.00	0.06	2.82	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.23	0.06
		60												
	A	75	1.6	42.5	Pentaesférico	0.14	2.22	421.85	6.45	Alto	Universal	0.00	0.34	0.12
		90	1.6	53.3	Exponencial	0.00	0.09	1.33	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.30	0.09
		105	10.2	88.8	Bessel	0.01	0.00	11.31	0.00	Alto	Universal	0.00	0.10	0.01
		120	15.6	96.3	Exponencial	0.07	0.00	11.31	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.26	0.07
		135	20.3	99.9	Gaussiano	0.02	0.01	11.26	276.80	Bajo	Ordinario	0.00	0.16	0.03
3	B	60												
		75												
		90												
		105												
		120												
	M	135												
		60												
		75	3.8	47.6	Matern	0.00	0.16	6.26	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.37	0.14
		90	16.3	66.7	Esférico	0.00	0.07	7.43	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.29	0.07
		105	38.9	99.3	Bessel	0.13	0.00	15.04	2860.42	Bajo	Universal	0.00	0.37	0.13
	A	120	56.9	100.0	Matern	0.03	0.00	183.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.17	0.03
		60												
		75												
		90	9.9	71.2	Pentaesférico	0.00	0.01	9.63	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.10	0.01
		120	20.0	98.3	Esférico	0.03	0.00	13.90	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.18	0.03
135	56.4	100.0	Pentaesférico	0.03	0.00	183.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.18	0.03		

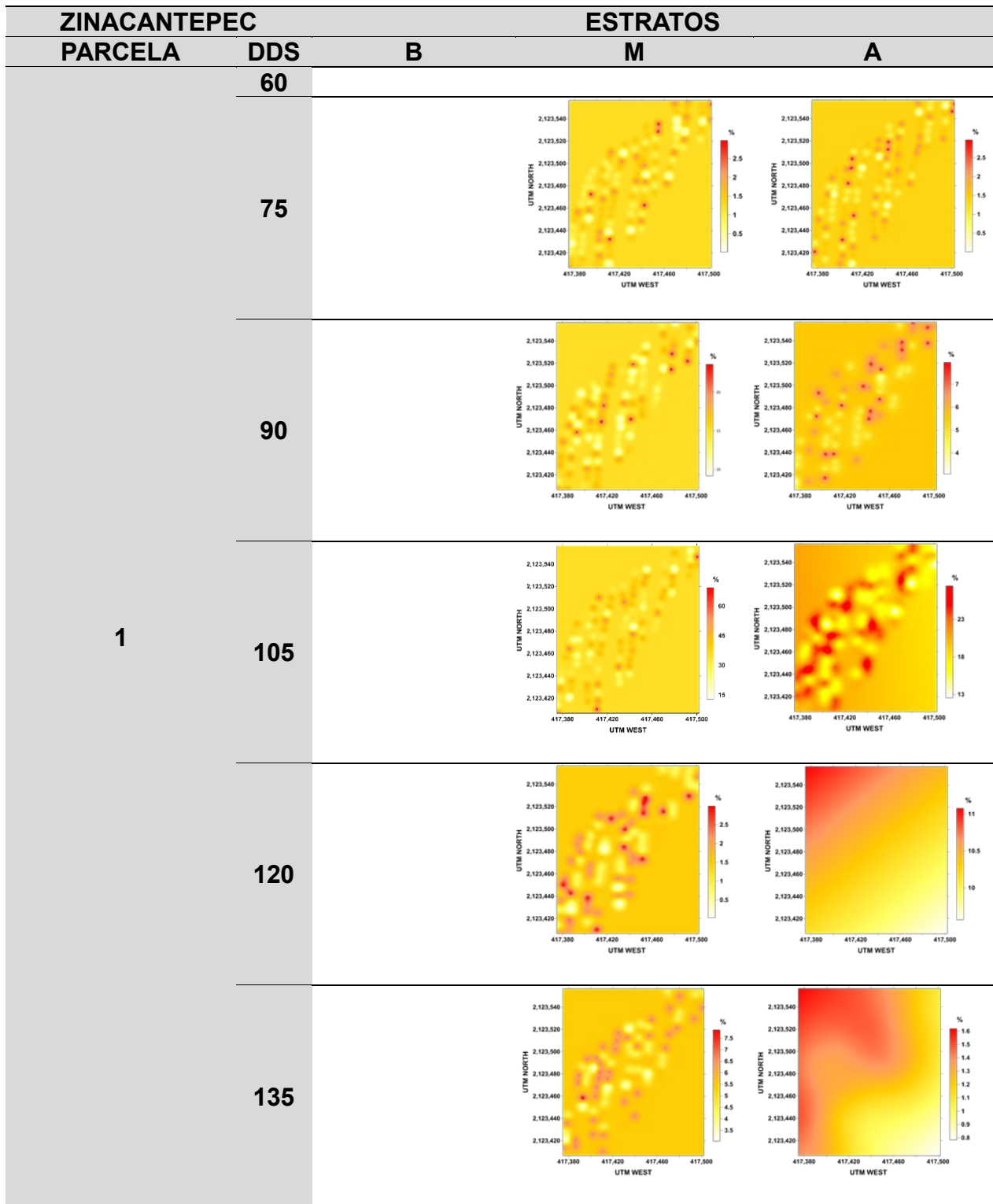


Figura 63. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela uno del municipio de Zinacantepec, Estado de México

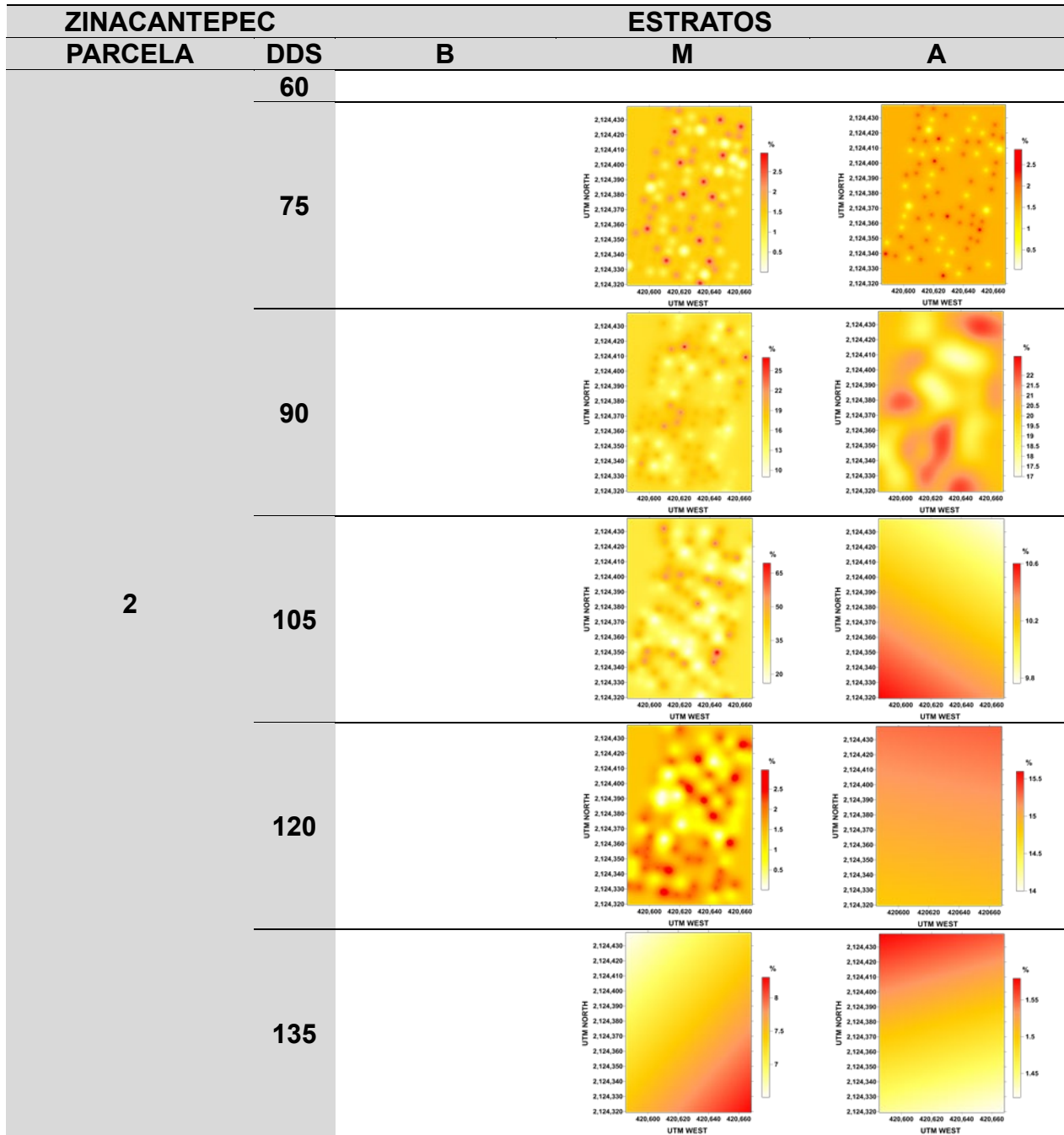


Figura 64. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta de la parcela dos del municipio de Zinacantepec, Estado de México

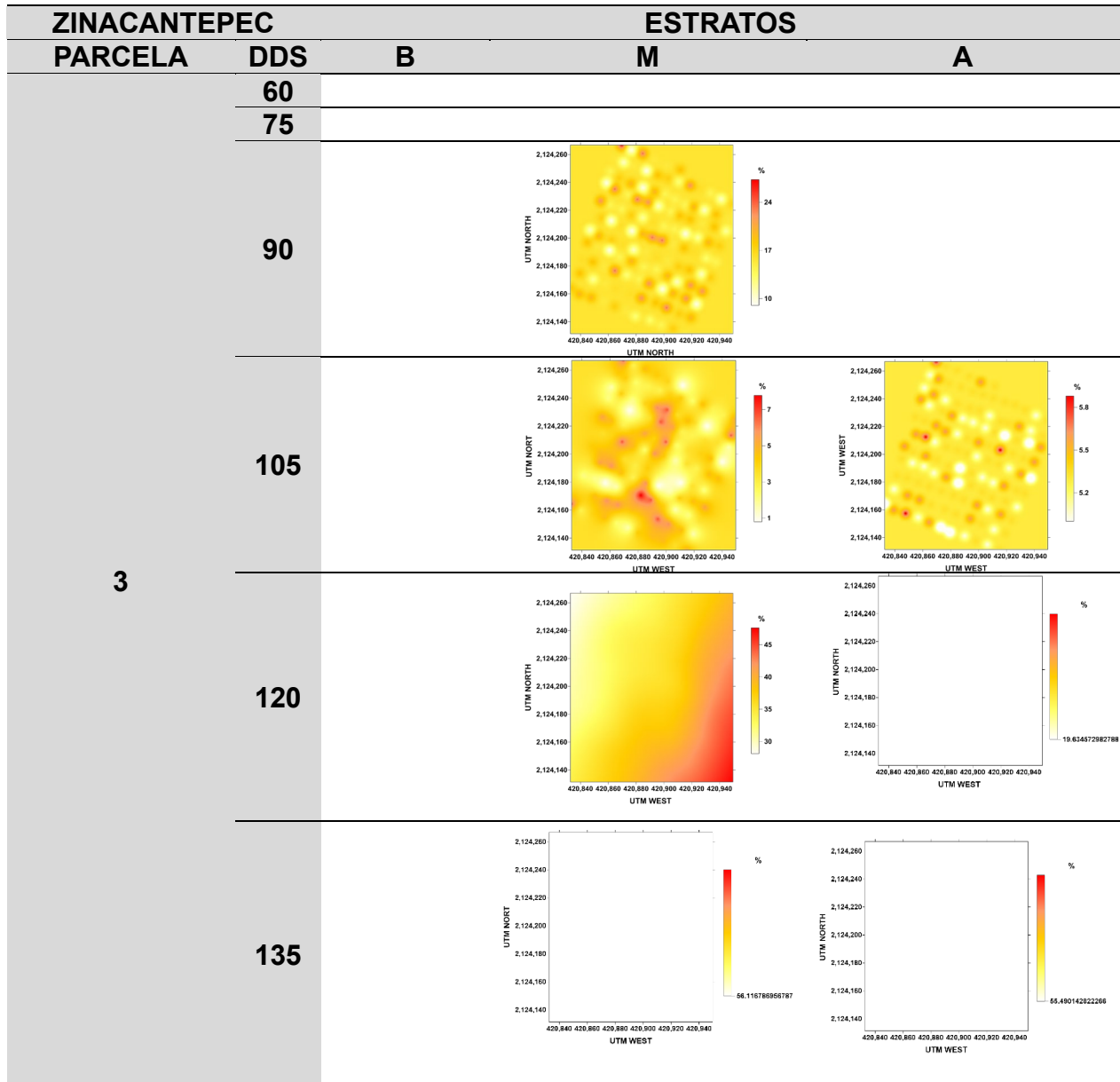


Figura 65. Mapas de la dispersión de *Ascochyta* spp., en tres estratos de la planta en la parcela tres del municipio de Zinacantepec, Estado de México

6.17. ANÁLISIS ESPACIAL, MAPAS DE DISPERSIÓN *Botrytis spp*

6.17.1. CALIMAYA DE DÍAZ DE GONZÁLEZ

6.17.2. PARCELA 1

Para la parcela uno, el comportamiento espacial del daño de *Botrytis spp.*, fue de tipo agregado, en los tres portes de la planta; la severidad abarco puntos específicos de la parcela, pero en una mayor superficie. Los valores de la semivariogramas experimental se ajustó a los modelos teóricos *bessel* (42.9%), *pentaesférico* (28.6%), *esférico* (14.3%), *gaussiano* y *lineal* con (7.1%), un efecto pepita igual o cercano a cero y un nivel alto dependencia espacial en el 71.4% de los modelos. Todos los modelos fueron validados al ubicarse dentro de los parámetros de validación cruzada. El *Kriging* de menor error fue el de tipo *universal* (50.0%) y *ordinario* (50.0%) (Cuadro 18 y Figura 57) que permitió visualizar la distribución espacial del daño de *Botrytis spp.*, en los tres estratos de la planta.

En los mapas generados se visualización del mayor nivel de daño de la parte baja de la panta se ubicó en la región oeste, norte y sur de la parcela, con tendencia hacia el oriente a los 90 DDS, de tal forma que la única zona con menor daño fue la región sureste a los 105 DDS. En las dos fechas finales de muestreo el menor nivel de daño se ubicó en la zona centro de la parcela. En el porte medio, el mayor nivel de daño se ubicó en la región norte al inicio de la expresión de la enfermedad, pero ambos 105 DDS también se expresó en la región sur, de tal forma que a los 120 DDS se extendió en toda la región oeste y de norte a sur; quedando un área de menor daño en la zona sur este al final del ciclo. Para el porte alto, el mayor daño de la enfermedad se ubicó espacialmente en la zona este y oeste de la parcela manteniéndose en el oriente con tendencia hacia el norte y sur a los

105 DDS. Sin embargo, para los 120 y 135 DDS el mayor nivel de daño se ubicó en el oeste y centro de la parcela (Figura 57).

6.17.3. PARCELA 2

Para la parcela dos el comportamiento espacial del daño de *Botrytis* spp., en los tres estratos de la planta fue de tipo agregado en puntos específicos en las dos primeras fechas de siembra, incrementando la cantidad de superficie con daño, en las dos últimas fechas de muestreo. El semivariograma teórico presentó un ajuste a modelos teóricos de tipo exponencial en un 38.9%, seguido del *bessel*, esférico con (11.1%) y pentaesférico (10.0%). Todos los modelos ajustados, expresaron un efecto pepita cercano o igual a cero, con un nivel alto de dependencia espacial en el 55.6% de los modelos ajustados al daño de este estrato. Todos los modelos se validaron al ubicarse dentro de los parámetros de validación cruzada. El Kriging de menor error fue el de tipo universal (72.2%) y ordinario (27.0038%) que permito la generación de mapas (Cuadro 18 y Figura 58).

Los mapas obtenidos para el estrato bajo, permitió observar que los centros de agregación del menor daños de la enfermedad se ubicaron en la región norte a los 60 DDS, pasando a una distribución por toda la parcela a los 75 DDS. Para los 90 DDS el menor daño de la enfermedad se ubicó del centro a norte de la parcela, manteniéndose en el norte en la última fecha de muestreo y centro a los 120 DDS. Para el porte medio, el mayor daño de la enfermedad se ubicó en el sur y este de la parcela a los 60 DDS, cambiando su tendencia hacia el norte a los 75 DDS y abarcando la mayor parte de

parcela a los 90 y 105 DDS excepto en la región norte. A los 120 DDS se distribuyeron los puntos de menor daño en la región centro y este de parcela; pero el mayor daño se ubicó en el centro al final del ciclo de cultivo. Para el estrato alto, el mayor daño de la enfermedad se ubicó en el centro y norte de la parcela a los 60 y 75 DDS, cambiando su tendencia de daño hacia el sureste a los 90 DDS, manteniéndose dicho punto junto a otro de la zona oeste a los 105 DDS. A los 120 DDS los puntos de menor daño se distribuyeron en la parte centro de la parcela, aunque al final del ciclo permaneció una distribución de mayor daño en toda la parcela, pero existió un punto de menor daño de la enfermedad en la región oeste de la parcela.

6.17.4. PARCELA 3

Para la parcela tres el comportamiento espacial del daño de la enfermedad fue de tipo agregado en los tres estratos de la planta, el semivariograma experimental de los diferentes estratos se ajustaron a modelos teóricos de tipo matern en un 37.5%, *bessel* (25.0%), seguido del exponencial, gaussiano con (18.8%), todos con un efecto pepita igual o cercano a cero, con un alto nivel de dependencia espacial en el 100.0% de los modelos ajustados. Todos los modelos fueron validados al ubicarse dentro de los parámetros estadísticos de la validación cruzada. El Kriging de menor error de estimación de los modelos ajustados fue el universal (50.0%) y ordinario (50.0%) (Cuadro 18 y Figura 59) que permitieron la generación de mapas.

Cuadro 18. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de *Botrytis* spp., en el municipio de Calimaya de Díaz de González.

CALIMAYA					Variograma						Validación cruzada					
Parcela	Estrato	DD S	Incidencia (%)	Severidad Media	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita / Meseta (%)	Nivel de dependencia	Kriging	ME	RMSE	MSPE		
1	B	60														
		75	100.0	10.2	Bessel	0.05	17.07	1208.15	0.30	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0		
		90	100.0	19.2	Pentaesférico	0.01	0.16	5.21	6.75	Alto	Universal	0.0	0.4	0.2		
		105	100.0	27.0	Bessel	0.02	0.16	30.00	14.12	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0		
		120	100.0	48.2	Pentaesférico	0.01	0.95	3302.36	0.98	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.0		
	135	100.0	59.0	Bessel	0.00	3.06	1324.11	0.15	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.0			
	M	60														
		75	9.5	100.0	Bessel	0.08	13.66	3457.82	0.60	Alto	Ordinario	0.00	0.09	0.01		
		90	10.4	100.0	Pentaesférico	0.01	0.16	5.21	6.75	Alto	Ordinario	0.00	0.39	0.15		
		105	12.8	99.7	Bessel	0.01	0.23	166.25	6.21	Alto	Universal	0.00	0.14	0.02		
		120	29.3	82.4	Esférico	0.03	0.02	22.13	192.57	Bajo	Universal	###	0.19	0.04		
	135	59.6	61.7	Esférico	0.00	0.01	34.40	55.96	Moderado	Ordinario	0.00	0.07	5366.56			
	A	60														
		75														
		90	8.8	100.0	Pentaesférico	0.02	0.03	9.67	54.43	Moderado	Universal	0.00	0.22	0.05		
105		9.8	99.6	Bessel	0.01	0.19	426.23	4.34	Alto	Ordinario	0.00	0.08	0.01			
120		24.1	98.9	Lineal	0.01	0.06	9.86	8.57	Alto	Universal	0.00	0.20	0.04			
135	51.9	97.9	Gaussiano	0.20	0.01	11.42	1422.57	Bajo	Ordinario	0.00	0.15	0.02				
2	B	60	8.6	100.0	Exponencial	0.00	0.23	8.57	0.00	Alto	Universal	0.0	0.4	0.2		
		75	22.5	100.0	Gaussiano	0.00	0.08	9.97	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.2	0.1		
		90	46.8	100.0	Exponencial	0.00	0.07	6.42	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.2	0.1		
		105	65.2	100.0	Esférico	0.00	0.00	18.93	20.89	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0		
		120	65.3	100.0	Exponencial	0.00	0.00	18.91	156.15	Bajo	Ordinario	0.0	0.0	0.0		
	135	65.5	100.0	Matern	0.00	0.00	6.75	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0			
	M	60	21.7	94.8	Exponencial	0.04	0.03	15.52	139.50	Bajo	Universal	0.0	0.2	0.1		
		75	26.6	91.1	Gaussiano	0.00	0.06	6.66	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1		
		90	57.4	85.1	Exponencial	0.00	0.04	20.23	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	1.0		
		105	63.7	96.6	Esférico	0.00	0.00	23.15	97.93	Bajo	Universal	0.0	0.1	0.0		
		120	64.9	96.4	Matern	0.00	0.11	0.58	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1		
	135	65.5	100.0	Pentaesférico	0.00	0.00	26.00	926.37	Bajo	Universal	0.0	0.0	0.0			
	A	60	4.9	100.0	Exponencial	0.16	0.23	10.66	66.51	Alto	Universal	0.0	0.6	0.3		
		75	4.9	100.0	Bessel	0.22	0.17	8.42	123.41	Bajo	Universal	0.0	0.6	0.3		
		90	55.4	98.7	Gaussiano	0.01	0.03	19.80	26.52	Moderado	Universal	0.0	0.1	0.0		
105		64.6	100.0	Bessel	0.00	0.00	12.97	214.94	Bajo	Universal	0.0	0.0	0.0			
120		65.0	100.0	Exponencial	0.00	0.10	1.07	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1			
135	65.5	100.0	Matern	0.00	0.00	497.83	62.26	Moderado	Universal	0.0	0.0	0.0				
3	B	60	8.8	100.0	Exponencial	0.02	0.02	26.11	81.88	Bajo	Universal	0.0	0.0	0.0		
		75	22.5	100.0	Matern	0.04	0.07	24.41	60.53	Moderado	Universal	0.0	0.3	0.1		
		90	46.8	100.0	Gaussiano	0.00	0.06	1.73	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1		
		105	65.2	100.0	Bessel	0.00	0.00	8.56	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0		
		120	64.8	100.0	Gaussiano	0.00	0.00	3.01	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0		
	135	65.5	100.0	Bessel	0.00	0.00	5.17	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0			
	M	60	0.0	0.0												
		75	26.2	91.5	Matern	0.00	0.06	2.37	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1		
		90	57.4	85.1	Exponencial	0.02	0.06	56.25	29.09	Moderado	Universal	0.0	0.2	0.0		
		105	63.7	96.7	Bessel	0.00	0.01	3.60	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0		
		120	65.0	96.5	Exponencial	0.00	0.00	2.30	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0		
	135	65.5	100.0	Matern	0.00	0.00	2.00	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0			
	A	60	0.0	0.0												
		75	1.3	100.0	Matern	0.00	0.44	4.42	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.4		
		90	55.4	100.0	Gaussiano	0.01	0.04	10.48	23.31	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0		
105		64.6	100.0	Matern	0.00	0.00	4.00	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0			
120		65.1	100.0	Bessel	0.00	0.00	4.48	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0			
135	65.5	100.0	Matern	0.00	0.00	2.46	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0				

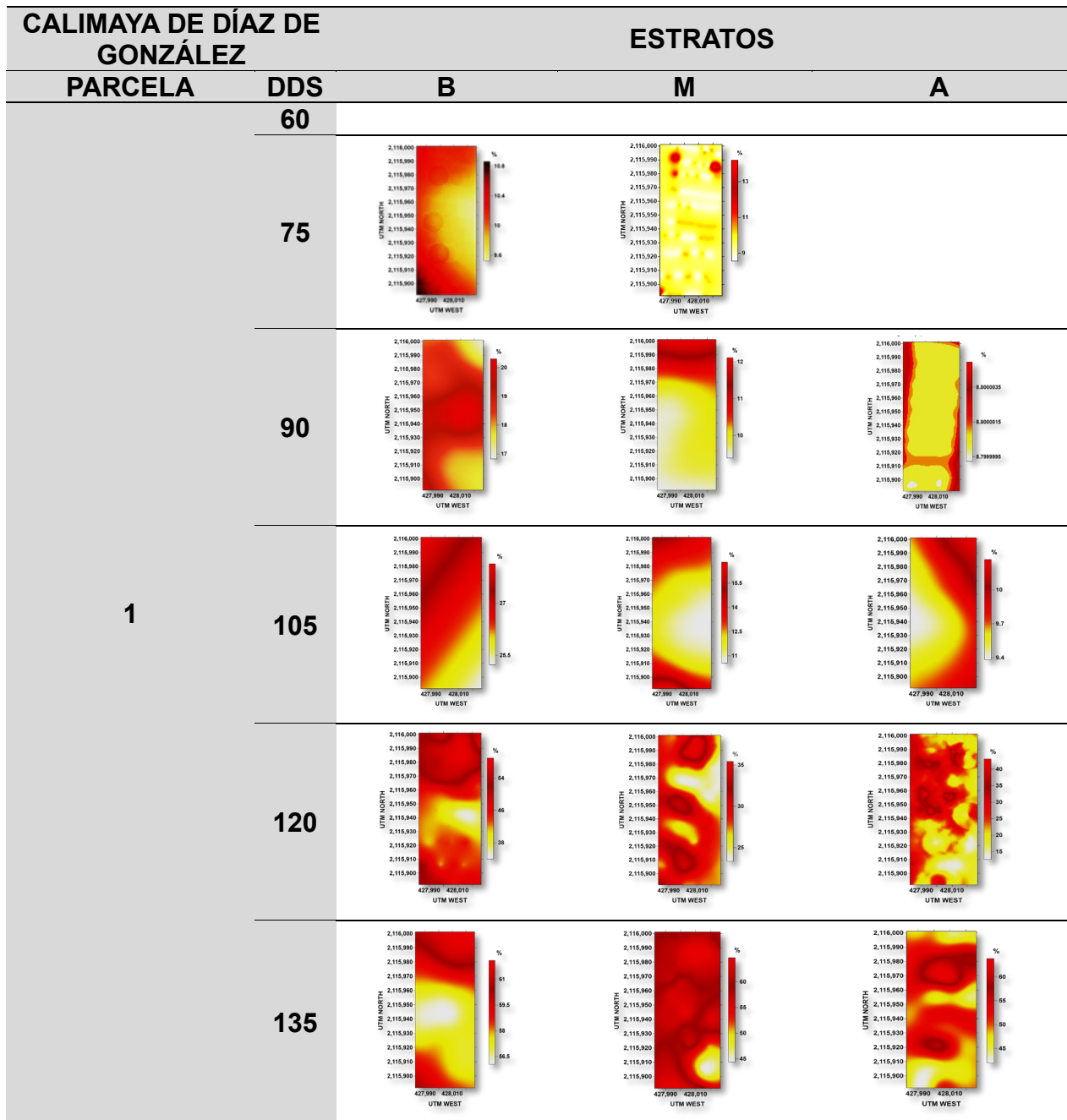


Figura 66. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta de haba en la parcela uno del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México

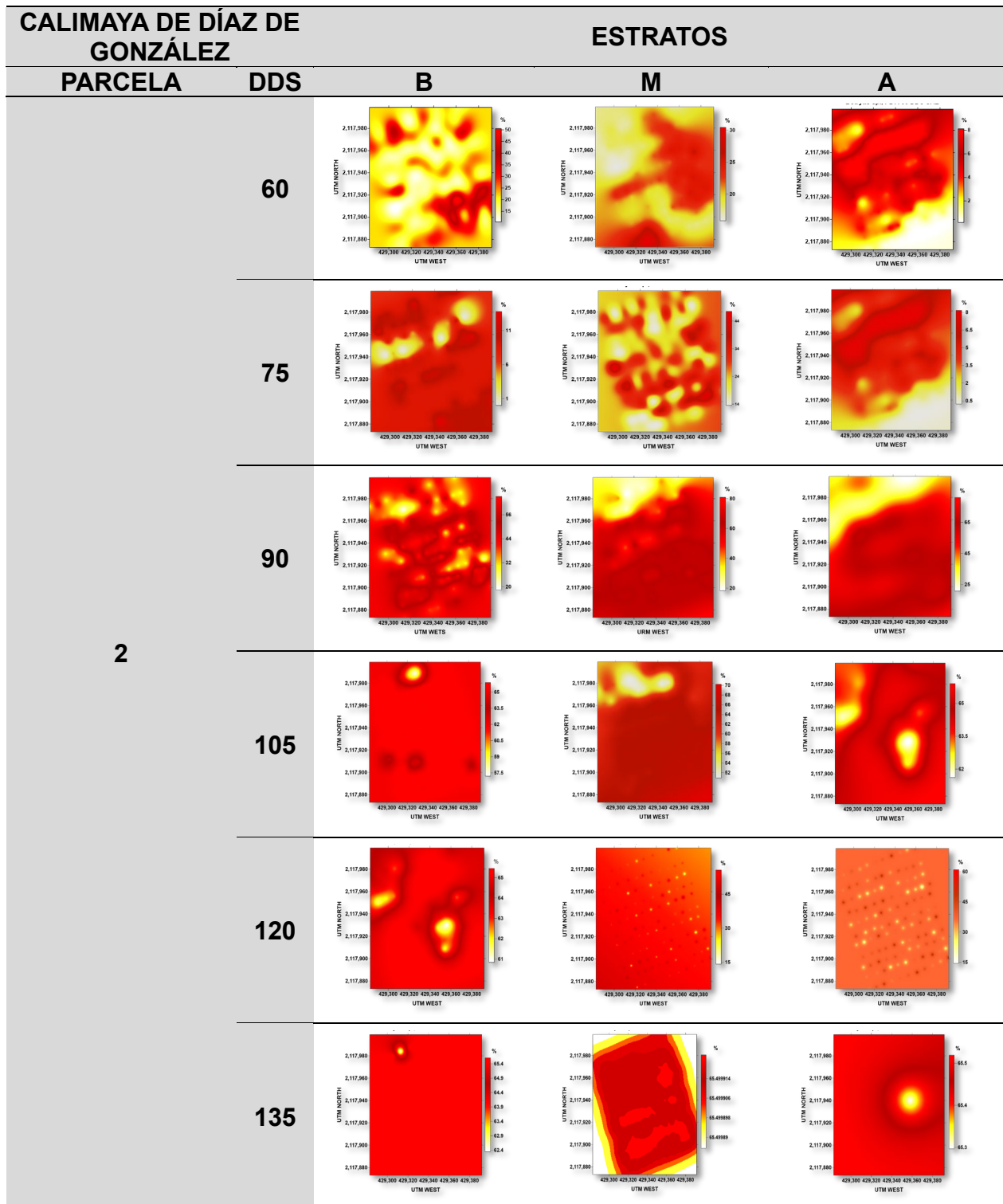


Figura 67. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela dos del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México

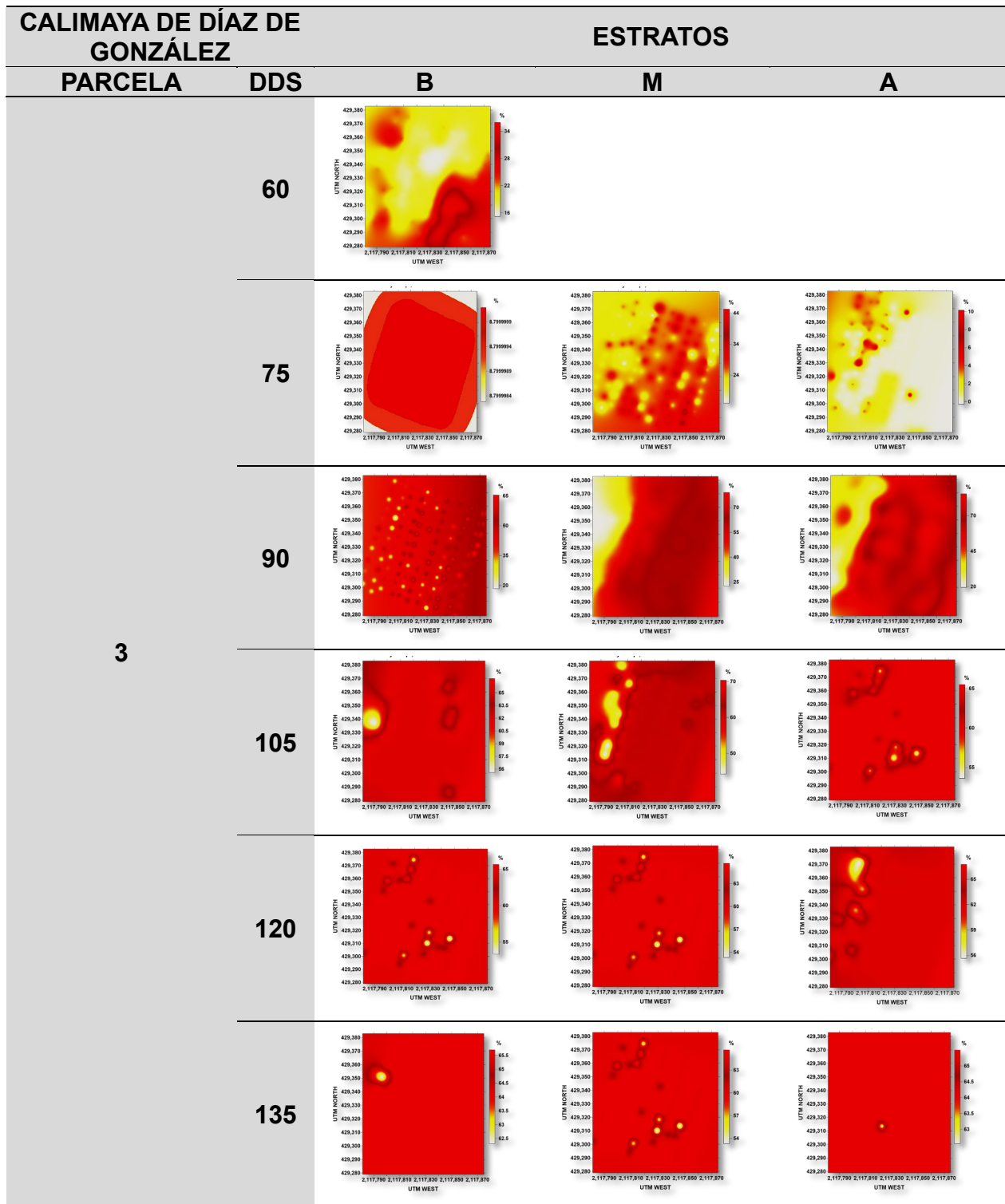


Figura 68. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela tres del municipio de Calimaya de Díaz de González, Estado de México

6.18. MUNICIPIO TOLUCA DE LERDO, *Botrytis* spp

6.18.1. PARCELA 1

Para la parcela uno, el comportamiento espacial fue de tipo agregado para el daño de la enfermedad por *Botrytis* spp., en haba, ubicándose en centros específicos y en diferentes zonas de tamaño variable. Los semivariogramas experimentales generados se ajustaron a modelos teóricos exponencial en un 27.8%, seguido del gaussiano (22.2%), Bessel y Matérn con (16.7%), esférico (11.1%) y lineal (5.6%), con un efecto pepita cercano o igual a cero en todos los modelos, así como un alto nivel de dependencia espacial en el 71.4% de los modelos. Todos los modelos fueron validados al ubicar sus valores estadísticos dentro de los parámetros de validación cruzada. El menor valor de error obtenido para generar el mapa fue con el Kriging de tipo universal (50.0%) y ordinario (50.0%), (Cuadro 19 y Figura 60). Al visualizar los mapas de agregación, se observó que el mayor daño de la enfermedad se ubicó en el oeste de la parcela, recorriendo de norte a sur, a los 60, 75 y 90 DDS. A los 105 DDS el mayor daño se ubicó desde la parte central hacia el este, pero recorriendo desde norte al sur hasta cubrir casi toda la parcela; excepto en la parte centro-sur a los 120 DDS, pero a los 135 el mayor daño se distribuyó por toda la parcela y fue el menor daño que se distribuyó de forma específica en puntos muy marcados en la zona este y sur de la parcela. Para el porte medio, los centros de agregación del nivel de mayor daño de la enfermedad se ubicaron en la parte central de la parcela, de norte a sur, a los 60 DDS, incrementando su superficie y orientándose hacia el este a los 75 DDS. Para los 90 DDS el daño cambió de ubicación y se orientó en la región oeste de la parcela, pero de norte a sur, abarcando casi toda la parcela. Para las tres últimas fechas, los centros de agregación que se observaron fueron

los de menor daño de la enfermedad, iniciando en la región centro y sur a los 105 DDS, cambiando dicho nivel en centros ubicados hacia el oeste hasta hacerse muy puntual al oeste de la parcela al final del ciclo (Figura 60).

Para el porte alto, la enfermedad presentó un centro de agregación de mayor daño en la zona centro oeste de la parcela los 60 y 75 DDS; evolucionando su orientación al presentarse varios centros de forma diagonal a los 90 DDS. Para las tres últimas fechas, los centros de agregación visibles fueron los de menor intensidad, ya que la enfermedad en su máxima expresión de daño se hizo presente en casi toda la parcela. Para los 105 DDS los puntos de menor daño se orientaron en la zona centro y sur de la parcela; a los 120 DDS cambiaron hacia la región norte y este, mientras que a los 135 los puntos de agregación se distribuyeron en la parte norte.

6.18.2. PARCELA 2

Para la parcela dos el comportamiento espacial del daño de *Botrytis* spp., fue de tipo agregado en los tres estratos de la planta. Los semivariogramas experimentales obtenidos se ajustaron a los modelos teóricos exponencial en un 27.8% de los modelos obtenidos, seguido del pentaesférico, esférico, matern (16.7%), gaussiano y Bessel con 11.1% cada uno. Todos los modelos tuvieron un efecto pepita igual o cercano a cero, y un alto nivel de dependencia espacial en el 66.6% de los modelos generados. Así mismo, todos fueron validados al ubicarse dentro de los rangos de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging de menor error para generar el mapa fue de tipo

universal (61.1%) y ordinario (38.8%), (Cuadro 19 y Figura 61) que permitió visualizar los centros de agregación.

El mapa obtenido del porte bajo de la planta permitió visualizar los centros de agregación de la mayor intensidad de la enfermedad ubicados en la región oeste de la parcela a los 75 DDS, aumentando su superficie a los 90 DDS pero con tendencia hacia la región norte y centro del mapa, de tal forma que en las últimas fechas de muestreo, se visualizan de forma evidente los centros de agregación con menor intensidad de daño, ubicándose en el este del mapa, con menor superficie hasta los 135 DDS (Figura 61). Para el porte medio, los centros de agregación se ubicaron en la zona norte al inicio del desarrollo de la enfermedad, cambiando hacia la región oeste y centro del mapa a los 75 DDS, aumentando la superficie de daño a los 90 y 105 DDS. Para la siguiente fecha de muestreo se evidenciaron centros de agregación de menor intensidad a lo largo de la zona centro del mapa, para finalmente quedar ubicados los centros de agregación de mayor daño en haba en la parte central a los 135 DDS (Figura 61). Para el porte alto de la planta, los centros de agregación iniciales se ubicaron en la región este y sur de la parcela, cambiando hacia el centro y oeste a los 75 y 90 DDS hasta alcanzar la región norte del mapa a los 105 DDS. Para los 120 DDS se observan centros de agregación de menor intensidad de la enfermedad del centro hacia el oeste de la parcela, quedando solo un punto específico al final del ciclo del haba (Figura 61).

6.18.3. PARCELA 3

Para la parcela tres, el comportamiento espacial del daño de *Botrytis* spp., en los tres portes de la planta fue de tipo agregado, determinando semivariogramas experimentales que se ajustaron a diferentes modelos teóricos como esférico, pentaesférico con un 22.2% cada uno, seguido del lineal (16.6%), exponencial, matern (11.1%) y besel (5.5%), todos con un efecto pepita igual o cercano a cero y un alto nivel de dependencia espacial en el 72.2% de los modelos ajustados. Todos los modelos fueron validados al determinarse dentro de los rangos de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging en esta parcela fue universal (66.6%) y ordinario (22.2%), (Cuadro 19 y Figura 62), que permitieron visualizar los centros de agregación del daño de *Botrytis* spp., en cada porte de la planta de haba. En los mapas del porte bajo se observó que el mayor daño de la enfermedad se ubicó en un agregado que abarco toda la superficie de la región sur al inicio del desarrollo de la enfermedad, disminuyendo su superficie hacia la zona centro y sur a los 90 DDS, pero su centro de agregación cambio hacia la región noroeste a los 105 DDS. A los 120 DDS se evidenciaron los centros de agregación de menor daño en la parte central y sur de la parcela, para finalmente distribuirse el mayor daño en toda la parcela con pequeños y evidentes centros de agregación y de menor daño en la zona suroeste del mapa. Para el porte medio, los centros de agregación del mayor daño, al inicio del desarrollo de la enfermedad, se ubicaron en la zona norte y sur del mapa, para los 90 DDS se mantuvieron en la región centro y sur, aunque para los 90 DDS cambiaron espacialmente para zona norte y oeste de la parcela. A partir de los 105 DDS, se evidenciaron los centros de agregación del menor daño al ubicarse en la zona central y

sureste, pero la mayor intensidad de daño se ubicó en casi toda la parcela; dichos centros específicos se ubicaron en el suroeste de la parcela a los 120 DDS. Al final del ciclo de cultivo, los centros de menor daño se ubicaron en la región sur (Figura 63). En el porte alto, los mapas permitieron visualizar que los centros de agregación de menor intensidad de la enfermedad se ubicaron en la zona central al inicio del desarrollo de la enfermedad; cambiando espacialmente el mayor daño hacia la zona sur a los 75 DDS. A los 90 DDS se ubican en la parte noreste del mapa, incrementando su superficie a los 105 y 120 DDS; para finalmente abarcar casi toda la parcela en el mayor nivel de daño, pero evidenciar los centros de menor intensidad en la zona norte y suroeste (Figura 62).

Cuadro 19. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de *Botrytis* spp., en el municipio de Toluca de Lerdo

TOLUCA				Variograma							Validación cruzada				
Parcela	Parte	DD S	Incidencia (%)	Severidad Media	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita / Meseta (%)	Nivel de dependencia	Kriging	ME	RMSE	MSPE	
1	B	60	1.5	16.53	Gaussiano	0.70	0.00	6.00	0.00	Alto	Universal	0.0	0.7	0.5	
		75	1.6	16.94	Bessel	1.12	4.35	280.32	25.76	Alto	Universal	0.0	0.8	0.7	
		90	4.6	35.95	Exponencial	0.75	0.17	16.04	444.18	Bajo	Universal	0.0	0.9	0.9	
		105	16.2	79.34	Bessel	0.12	0.16	29.15	75.45	Moderado	Universal	0.0	0.4	0.2	
		120	36.8	100.00	Exponencial	0.08	0.05	9.45	168.62	Bajo	Universal	0.0	0.3	0.1	
		135	61.3	100.00	Esférico	0.00	0.01	2.87	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.0	
	M	60	1.4	15.70	Matern	0.29	0.30	6.87	99.61	Bajo	Ordinario	0.0	0.7	0.5	
		75	1.1	11.57	Gaussiano	0.49	0.07	22.31	715.67	Bajo	Universal	0.0	0.7	0.5	
		90	6.9	43.39	Bessel	2.21	9.09	259.68	24.30	Alto	Ordinario	0.0	1.2	1.4	
		105	24.1	77.27	Matern	0.05	0.08	16.28	65.54	Moderado	Universal	0.0	0.3	0.9	
		120	58.6	85.95	Exponencial	0.00	0.03	6.35	0.00	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0	
		135	58.9	81.82	Lineal	0.00	0.03	2.72	0.00	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0	
	A	60	0.0	0.21	Matern	0.00	0.02	9.87	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.0	
		75	0.0	0.00	Gaussiano	0.49	0.07	22.31	715.67	Bajo	Universal	0.0	0.7	0.5	
		90	0.4	4.13	Exponencial	0.00	0.23	4.61	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.5	0.3	
		105	1.7	17.77	Esférico	0.63	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.7	0.6	
		120	57.3	100.00	Exponencial	0.00	0.04	4.97	0.00	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0	
		135	62.2	100.00	Gaussiano	0.00	0.00	2.00	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0	
2	B	60	8.6	100.0	Exponencial	0.00	0.29	13.26	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.1	0.2	
		75	22.5	100.0	Pentaesférico	0.00	0.10	2.20	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1	
		90	46.8	100.0	Matern	0.04	0.03	14.48	148.15	Bajo	Universal	0.0	0.2	0.1	
		105	65.2	100.0	Esférico	0.00	0.00	15.37	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0	
		120	0.0	100.0	Esférico	0.00	0.00	15.37	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0	
		135	65.5	100.0	Exponencial	0.00	0.00	4.43	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0	
	M	60	21.7	94.8	Exponencial	0.52	0.02	15.88	2336.45	Bajo	Universal	0.0	0.2	0.1	
		75	26.6	91.1	Matern	0.05	0.01	0.64	443.27	Bajo	Universal	0.0	0.3	0.1	
		90	57.4	85.1	Gaussiano	0.00	0.03	8.91	0.00	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0	
		105	63.7	96.6	Bessel	0.00	0.01	23.68	12.03	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0	
		120	36.2	96.4	Esférico	0.00	0.11	6.56	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1	
		135	65.5	100.0	Exponencial	0.00	0.00	6.01	4415.77	Bajo	Universal	0.0	0.0	0.0	
	A	60	4.9	100.0	Pentaesférico	0.00	0.40	2.03	0.00	Alto	Universal	0.0	0.7	0.5	
		75	4.9	100.0	Bessel	0.05	0.03	18.61	196.63	Bajo	Ordinario	0.0	0.2	0.1	
		90	55.4	98.7	Matern	0.01	0.06	42.24	12.29	Alto	Universal	0.0	0.2	0.0	
		105	64.6	100.0	Pentaesférico	0.05	0.00	6.00	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0	
		120	38.3	100.0	Gaussiano	0.04	0.06	2.94	70.96	Moderado	Ordinario	0.0	0.3	0.1	
		135	65.5	100.0	Exponencial	0.00	0.00	7.08	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.0	0.0	
3	B	60	8.8	11.2	Pentaesférico	0.57	0.00	6.00	0.00	Alto	Universal	0.0	0.0	0.0	
		75	22.5	18.0	Esférico	0.00	0.08	15.76	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.2	0.1	
		90	1.6	25.6	Lineal	0.00	0.41	6.09	0.00	Alto	Universal	0.0	0.6	0.4	
		105	25.8	87.8	Bessel	0.07	0.07	19.37	1.05	Alto	Ordinario	0.0	0.3	0.1	
		120	48.9	99.8	Matern	0.00	0.11	7.03	0.00	Alto	Universal	0.0	0.3	0.1	
		135	53.1	100.0	Esférico	0.00	0.02	6.34	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0	
	M	60	0.0	0.0											
		75	26.2	18.8	Pentaesférico	0.00	0.06	12.10	0.00	Alto	Ordinario	0.0	0.2	0.1	
		90	1.7	43.0	Lineal	0.41	0.41	6.09	100.00	Bajo	Universal	0.0	0.6	0.4	
		105	9.8	62.8	Esférico	0.00	0.22	11.49	0.00	Alto	Universal	0.0	0.5	0.2	
		120	46.3	76.7	Matern	0.01	0.05	13.30	28.00	Moderado	Universal	0.0	0.2	0.0	
		135	52.4	74.0	Esférico	0.00	0.02	21.34	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0	
	A	60	0.0	0.0											
		75	1.3	10.5	Exponencial	0.30	0.16	13.40	186.25	Bajo	Ordinario	0.0	0.6	0.4	
		90	0.9	30.4	Pentaesférico	0.00	0.41	9.90	0.00	Alto	Universal	0.0	0.6	0.4	
		105	6.5	48.8	Exponencial	0.00	0.19	3.76	0.00	Alto	Universal	0.0	0.4	0.2	
		120	49.7	100.0	Pentaesférico	0.00	0.07	15.81	0.00	Alto	Universal	0.0	0.2	0.1	
		135	58.6	100.0	Lineal	0.00	0.01	6.66	0.00	Alto	Universal	0.0	0.1	0.0	

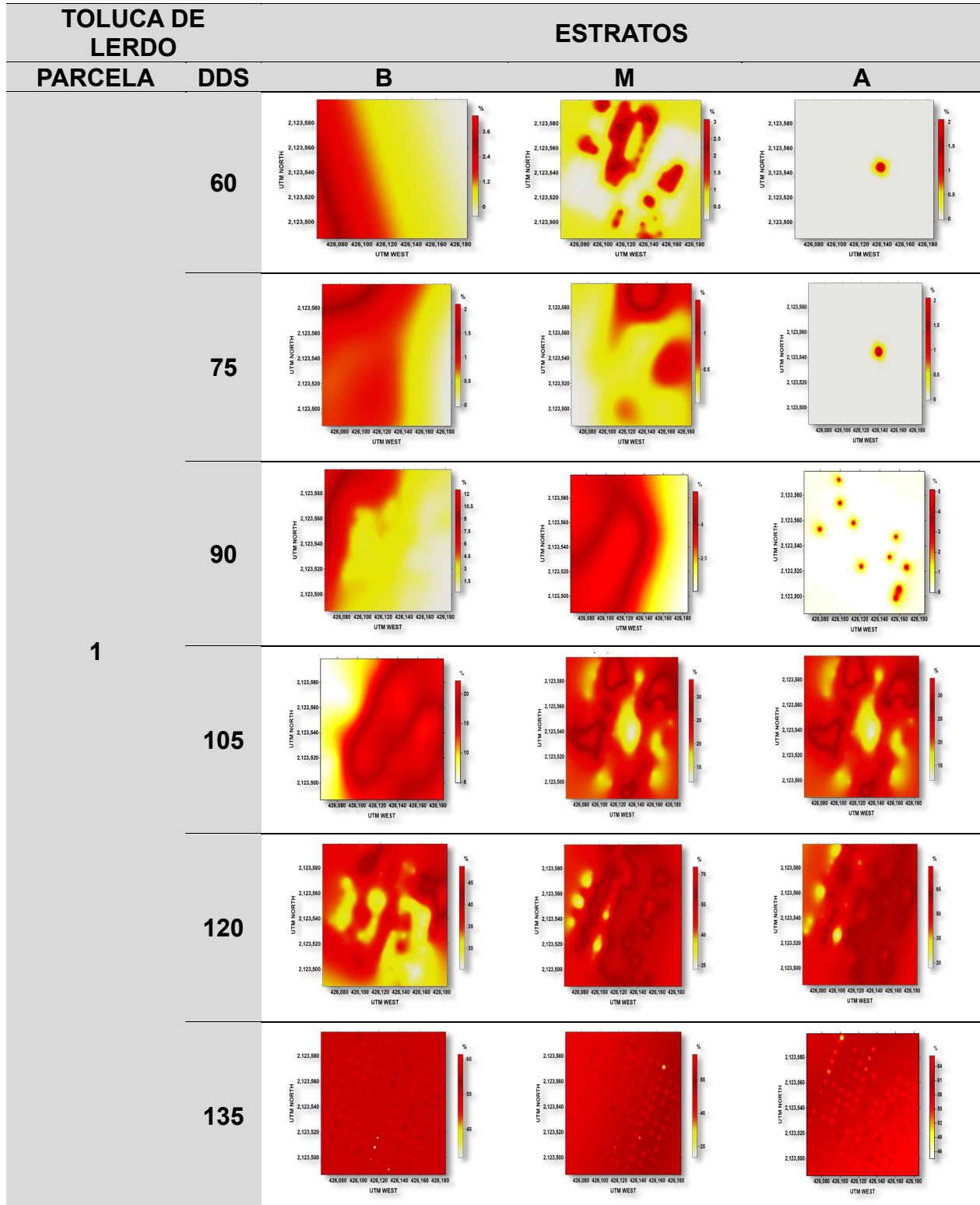


Figura 69. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela uno del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México

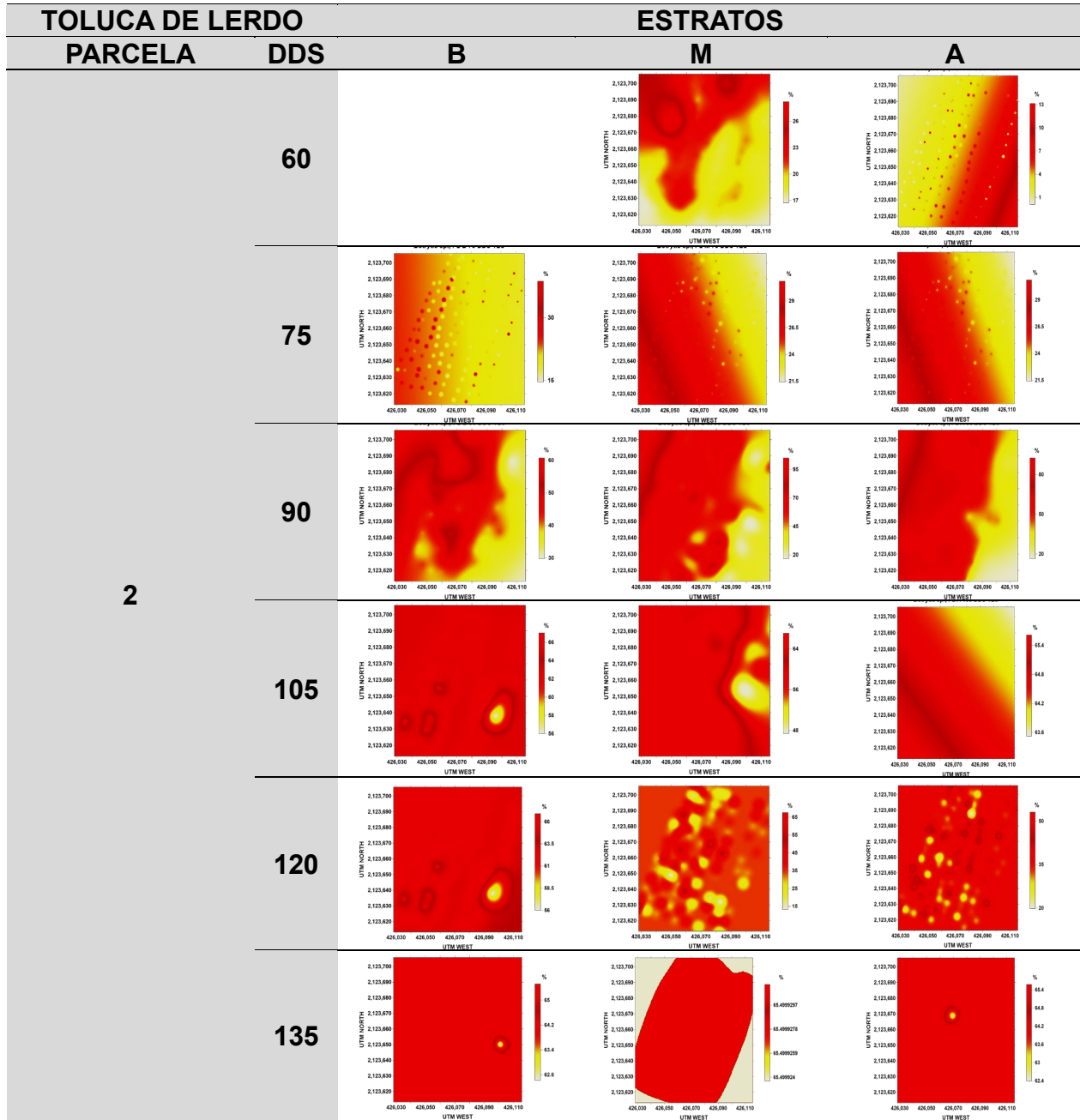


Figura 70. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela dos del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México

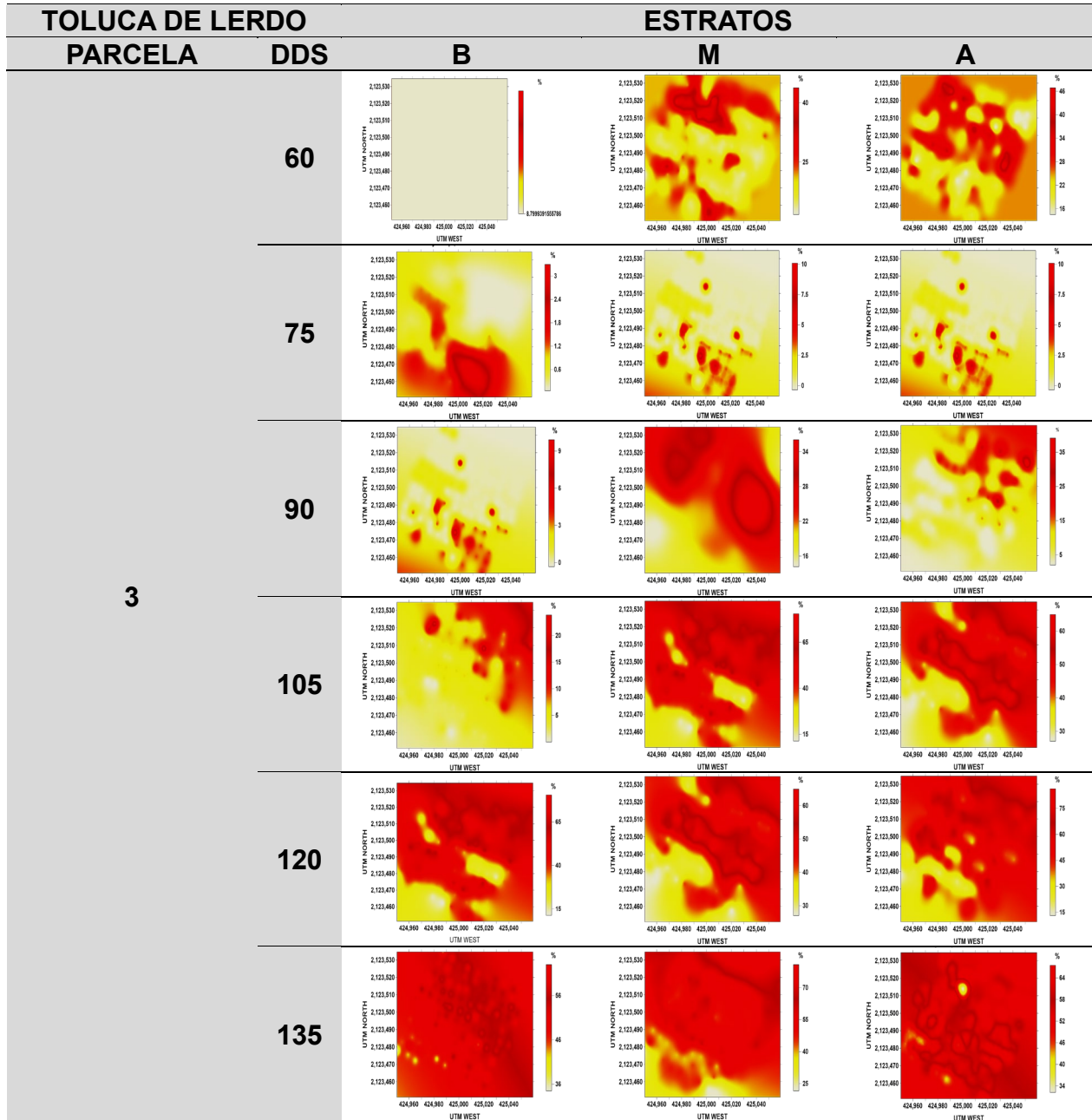


Figura 71. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela tres del municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México

6.19. MUNICIPIO ZINACANTEPEC *Botrytis* spp

6.19.1. PARCELA 1

Para la parcela uno el comportamiento espacial del daño ocasionado por *Botrytis* spp., se comportó, en términos espaciales, de forma agregado en puntos específicos. Los semivariogramas experimentales obtenidos se ajustaron a los modelos teóricos Bessel en un 46.6%, seguido de Gaussiano y Matérn con 20% cada uno, y Exponencial (13.3%). Todos presentaron un efecto pepita igual o cercano a cero, y un alto nivel de dependencia espacial en el 86.6% de los modelos generados. Todos los modelos fueron validados al ubicarse dentro del rango de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El tipo de Kriging que expresó menor error de precisión fue el simple con un 53.3% y universal (46.6%), (Cuadro 20 y Figura 63), permitiendo la generación de mapas. En los mapas generados para el porte bajo se visualizó que los centros de agregación del mayor nivel de daño de la enfermedad ocasionada por *Botrytis* spp., se ubicaron en una orientación del suroeste al noreste al inicio del desarrollo, aumentando de superficie de tal forma que se distribuyó en la región oeste y de norte a sur a los 90 DDS. A los 105 DDS el daño se distribuyó por toda la parcela, solo se evidencia un centro de agregación de menor nivel de daño en la región suroeste de mapa. Para las dos últimas fechas de muestreo se perdió la agregación al uniformarse el nivel de daño en un 64% en toda la parcela (Figura 63), en el estrato medio de la planta se evidenció un mayor nivel de daños, de tal forma, que desde el inicio del desarrollo de la enfermedad solo se evidenció que los centros de agregación con menor daño se ubicaron del noreste a suroeste de la parcela aumentando su tamaño y abarcando toda la región noreste y sureste a los 90 DDS. A partir de los 105

DDS solo se evidenciaron los centros de agregación correspondientes al menor daño inducido por *Botrytis* spp, por lo que el mayor daño se presentó en casi toda la parcela. Los centros de agregación de menor intensidad se ubicaron en la zona oeste a los 105 DDS y central a los 120 DDS, aunque a los 135 DDS se presentó una distribución uniforme del daño en toda la parcela. Para el porte alto, el mayor nivel de daño se presentó de forma agregada en la región oeste de la parcela a los 75 DDS. A los 90 DDS el mayor nivel de daño se distribuyó por toda la parcela y solo se visualizaron centros de agregación de menor intensidad en la región oeste a los 105 DDS, región central a los 120 DDS y en el suroeste de parcela a los 120 DDS. Para la última fecha de muestreo, se evidenció que el daño se uniformizó (Cuadro 63).

6.19.2. PARCELA 2

Para la parcela dos el comportamiento espacial del daño causado por *Botrytis* spp., fue de tipo agregado, expresándose la severidad en puntos específicos. Los semivariogramas experimentales obtenidos se ajustaron a modelos teórico como Bessel con un 33.3%, seguido del Gaussiano con un 22.2%, exponencial (16.6%), lineal (11.1%) y Matérn, esférico y pentaesférico con (5.5%). Todos los semivariogramas presentaron un efecto pepita igual o cercano a cero. El 77.7% de los modelos obtenidos presentaron un alto nivel de dependencia espacial. Todos los modelos fueron validados al ubicarse dentro de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging de menor error de ajuste fue el ordinario con un 55.5% y universal con 44.4%. (Cuadro 20 y Figura 64). Los mapas obtenidos permitieron visualizar el comportamiento de la distribución espacial de la severidad por *Botrytis* spp., de tal forma que, desde la primera fecha, los puntos específicos de la enfermedad fueron aquellos que presentaron el menor nivel de daño, debido a que la parcela presentaba el mayor daño en toda la parcela. A los 75 DDS se expresa un centro de agregación en el lado este de la parcela, cambiando hacia el centro y sur a los 120 DDS. Para las últimas fechas, la menor severidad se presentó en la región noreste de la parcela. Para el porte medio, los centros de agregación de un menor daño se ubicaron en región central y este de la parcela, pero a los 75 y 90 DDS se ubicó únicamente en la parte noreste; pero a los 120 DDS permaneció en la zona este. Pero al final del ciclo, la dispersión de los centros de agregación fue irregular, aunque distribuidos en toda la parcela (Figura 64). Para el porte alto, el mayor daño severidad al inicio de su desarrollo ocupó casi toda la superficie de la parcela, excepto, en la región ubicada en la

zona sureste; a los 75 DDS se ubicaron en una línea de este a oeste en la parte central de la parcela. Pero a los 90 DDS se observó un cambio en la ubicación del menor daño, que se localizó en la zona noreste, permaneciendo así a los 105 DDS y con un punto en la zona sur. A los 120 DDS se cambian los centros de agregación hacia la parte noreste, pero a los 135 DDS los centros de agregación de menor daño se distribuyen en toda la parcela (Figura 64).

6.19.3. PARCELA 3

Para la parcela tres el comportamiento espacial del nivel de daño fue de tipo agregado, aunque el mayor daño se expresó desde el inicio de los muestreos; los valores semivariogramas experimentales de la variabilidad espacial se ajustaron a modelos teóricos de tipo gaussiano en un 50.0%, seguido del exponencial (27.7%), bessel (16.6%) y matern (5.5%). El 83.3% de los modelos ajustados presentaron un alto nivel de dependencia espacial, con un valor del efecto pepita cercano o igual a cero. Todos los modelos lograron ser validados al ubicarse dentro del rango de los parámetros estadísticos de validación cruzada. El Kriging de menor error de predicción fue ordinario en un 77.7% y universal con 22.2% (Cuadro 20 y Figura 65) que permitió la generación de mapas para visualizar su distribución espacial.

Con los mapas generados con la severidad expresada en el porte bajo, se evidenciaron centros de agregación del menor daño de severidad distribuidos en toda la superficie de la parcela, aunque el mayor daño estuvo presente en casi todas las plantas muestreadas a los 60, 75, 90 y 120 DDS. A los 135 DDS se careció de agregación. Para el porte medio, los centros de agregación del menor daño de la enfermedad se distribuyen en toda la superficie de la parcela en las diferentes fechas de muestreo, excepto para los 75 DDS en la que se perdió la agregación del daño. Finalmente, en el porte alto, se evidenció que el centro de agregación de menor daño se ubicó en la parte noroeste a los 60 DDS, cambiando a centros de agregación específicos pero distribuidos en toda la parcela a los 90 y 135 DDS. Es pertinente mencionar que la agregación se perdió a los 75 y 105 DDS.

Cuadro 20. Parámetros de los modelos ajustados de los semivariogramas, validación obtenida de los monitoreos de *Botrytis* spp., en el municipio de Zinacantepec

ZINACANTEPEC					Variograma							Validación cruzada			
Parcela	Parte	DDS	Incidencia (%)	Severidad Media	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita / Meseta (%)	Nivel de dependencia	Kriging	ME	RMSE	MSPE	
1	B	60	0.0	0.0											
		75	22.5	100.0	Exponencial	0.00	0.06	6.33	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.22	0.05	
		90	46.8	100.0	Bessel	0.01	0.05	7.76	12.87	Alto	Universal	-0.01	0.16	0.03	
		105	65.2	100.0	Bessel	0.00	0.00	6.90	77.15	Bajo	Ordinario	0.00	0.16	0.00	
		120	64.8	100.0	Gaussiano	0.01	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.03	0.00	
	135	65.5	100.0	Bessel	0.02	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.00	0.00		
	M	60	0.0	0.0											
		75	26.6	91.1	Matern	0.00	0.04	10.09	0.00	Alto	Universal	-0.01	0.16	0.03	
		90	57.4	85.1	Exponencial	0.00	0.04	10.09	0.00	Alto	Universal	0.00	0.16	0.02	
		105	63.7	96.7	Matern	0.00	0.01	10.30	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.06	0.00	
		120	65.0	96.5	Matern	0.00	0.00	5.32	386.40	Bajo	Universal	0.00	0.02	0.00	
	135	65.5	100.0	Bessel	0.02	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.00	0.00		
	A	60	0.0	0.0											
		75	1.3	60.3	Bessel	0.01	0.05	7.76	12.87	Alto	Universal	-0.01	0.17	0.03	
		90	55.4	100.0	Bessel	0.01	0.05	7.76	12.87	Alto	Ordinario	0.00	0.16	0.03	
105		64.6	100.0	Gaussiano	0.00	0.00	4.55	0.00	Alto	Universal	0.00	0.01	0.00		
120		65.1	100.0	Gaussiano	0.00	0.00	4.73	0.00	Alto	Universal	0.00	0.02	0.00		
135	65.5	100.0	Bessel	0.02	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.00	0.00			
2	B	60	8.0	68.6	Gaussiano	0.00	0.24	1.93	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.40	0.16	
		75	7.8	67.8	Bessel	0.17	4.56	811.06	3.70	Alto	Universal	0.00	0.40	0.16	
		90	17.4	100.0	Matern	0.06	0.00	25.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.25	0.06	
		105	26.0	100.0	Gaussiano	0.13	0.00	25.00	0.00	Alto	Universal	0.00	0.35	0.12	
		120	48.5	100.0	Bessel	0.03	0.71	537.29	3.76	Alto	Universal	0.00	0.15	0.02	
	135	59.1	100.0	Bessel	0.00	0.00	25.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.05	0.00		
	M	60	7.2	64.3	Exponencial	0.00	0.21	4.53	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.47	0.22	
		75	11.6	65.5	Bessel	0.02	0.00	112.46	538.78	Bajo	Ordinario	0.00	0.12	0.01	
		90	22.2	100.0	Bessel	0.03	1.77	1295.25	1.56	Alto	Ordinario	0.00	0.17	0.03	
		105	27.6	100.0	Exponencial	0.13	0.00	25.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.38	0.14	
		120	49.9	100.0	Lineal	0.02	0.00	25.00	0.00	Alto	Universal	0.01	0.13	0.02	
	135	58.6	100.0	Gaussiano	0.00	0.00	5.89	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.06	0.00		
	A	60	4.5	50.6	Gaussiano	0.46	0.00	6.02	0.00	Alto	Universal	0.00	0.50	0.25	
		75	7.8	68.8	Exponencial	0.20	0.28	277.18	69.79	Moderado	Universal	0.00	0.38	0.15	
		90	21.9	100.0	Bessel	0.02	0.11	328.12	23.51	Alto	Universal	0.00	0.15	0.02	
105		35.8	100.0	Lineal	0.05	0.02	18.47	301.64	Bajo	Ordinario	0.00	0.25	0.06		
120		48.3	100.0	Pentaférico	0.01	0.01	13.54	117.76	Bajo	Universal	0.00	0.15	0.02		
135	58.9	100.0	Esférico	0.00	0.00	8.15	22.02	Alto	Ordinario	0.00	0.05	0.00			
3	B	60	4.5	51.0	Exponencial	0.00	0.27	0.27	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.50	0.25	
		75	7.5	65.3	Gaussiano	0.00	0.18	3.61	0.00	Alto	Universal	0.00	0.43	0.18	
		90	17.8	100.0	Exponencial	0.00	0.05	1.03	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.22	0.05	
		105	32.5	100.0	Gaussiano	0.00	0.06	3.22	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.23	0.05	
		120	49.1	100.0	Bessel	0.00	0.03	2.88	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.16	0.03	
	135	58.9	100.0	Gaussiano	0.08	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.05	0.00		
	M	60	4.1	46.3	Matern	0.00	0.32	0.86	0.00	Alto	Universal	0.00	0.58	0.33	
		75	7.8	65.5	Gaussiano	0.75	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.38	0.15	
		90	17.0	100.0	Gaussiano	0.00	0.08	2.28	0.00	Bajo	Universal	0.00	0.25	0.06	
		105	33.1	100.0	Gaussiano	0.03	0.03	3.76	90.82	Bajo	Ordinario	0.00	0.25	0.06	
		120	49.5	100.0	Exponencial	0.00	0.02	6.83	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.14	0.02	
	135	58.8	100.0	Gaussiano	0.00	0.00	4.22	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.06	0.00		
	A	60	4.5	51.4	Gaussiano	0.29	173.50	3518.92	0.17	Alto	Ordinario	0.00	0.55	0.30	
		75	4.3	49.4	Exponencial	0.25	0.00	6.00	0.00	Alto	Ordinario	0.00	0.49	0.24	
		90	11.8	100.0	Exponencial	0.00	0.01	1.81	0.00	Alto	Universal	0.00	0.12	0.01	
105		17.0	100.0	Gaussiano	0.43	0.00	6.00	0.00	Bajo	Ordinario	0.00	0.27	0.07		
120		40.5	100.0	Bessel	0.04	0.01	7.62	313.46	Bajo	Ordinario	0.00	0.21	0.04		
135	58.1	100.0	Bessel	0.00	0.00	3.38	13479.01	Bajo	Ordinario	0.00	0.06	0.00			

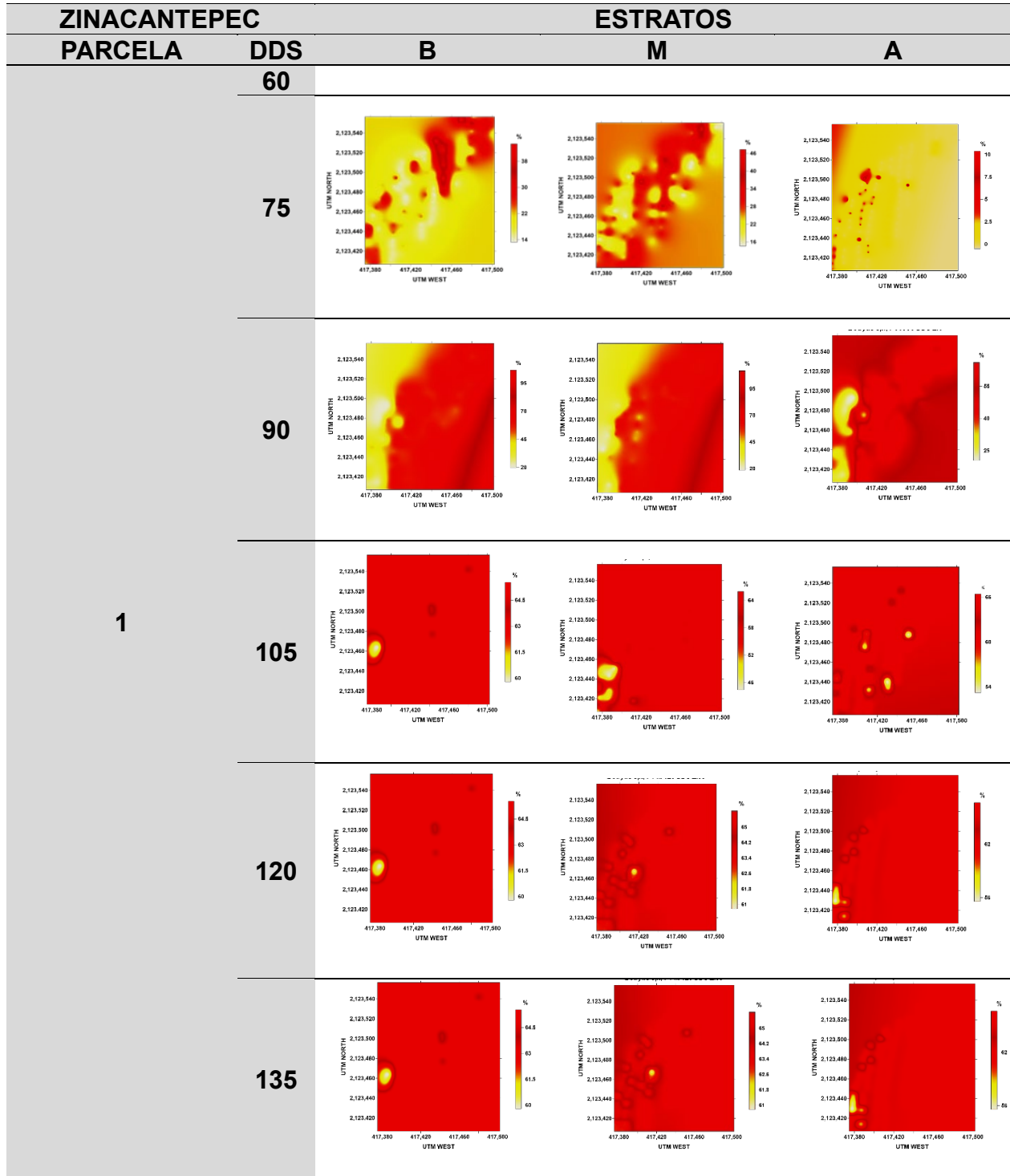


Figura 72. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela uno del municipio de Zinacantepec, Estado de México

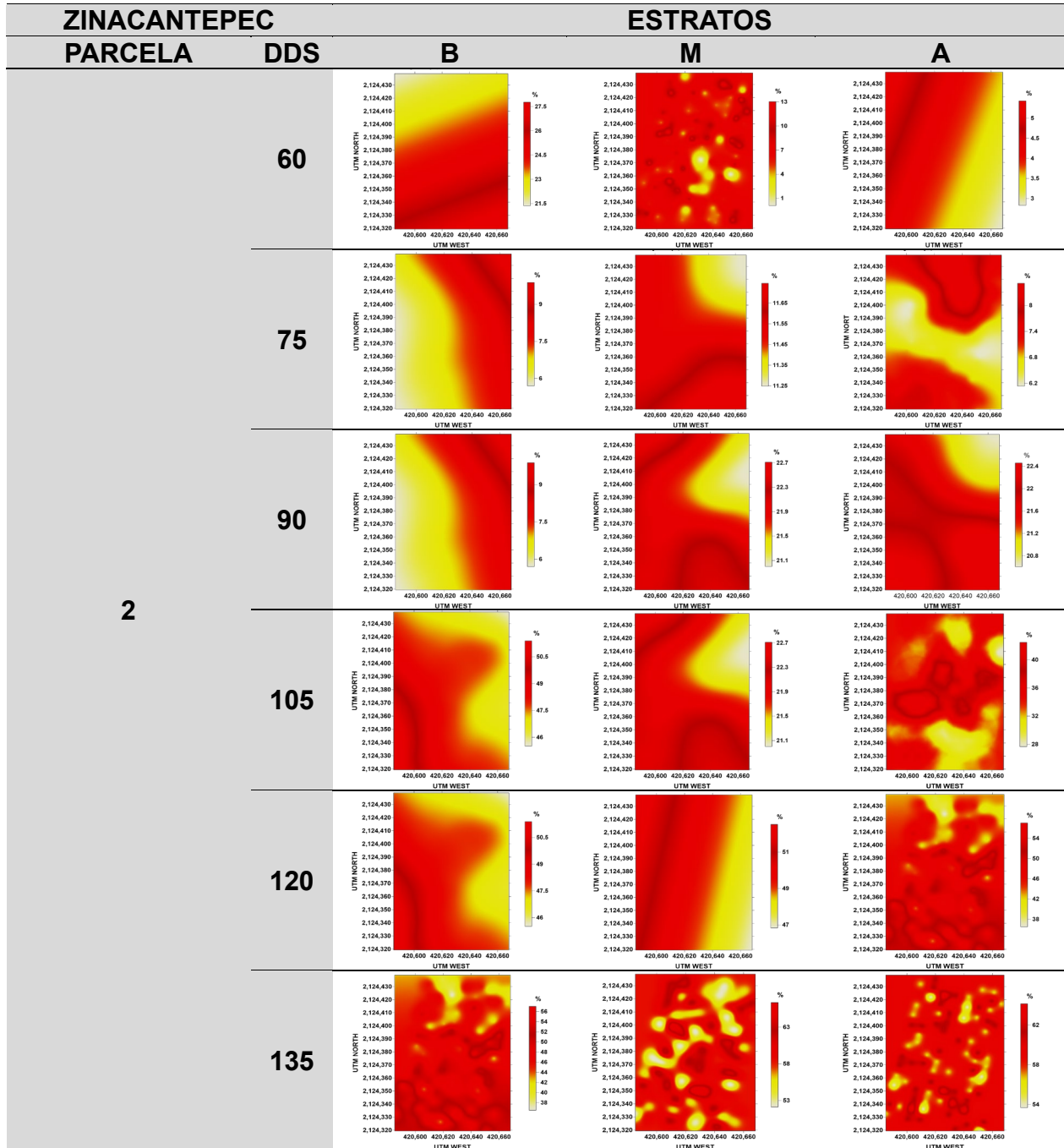


Figura 73. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela dos del municipio de Zinacantepec, Estado de México

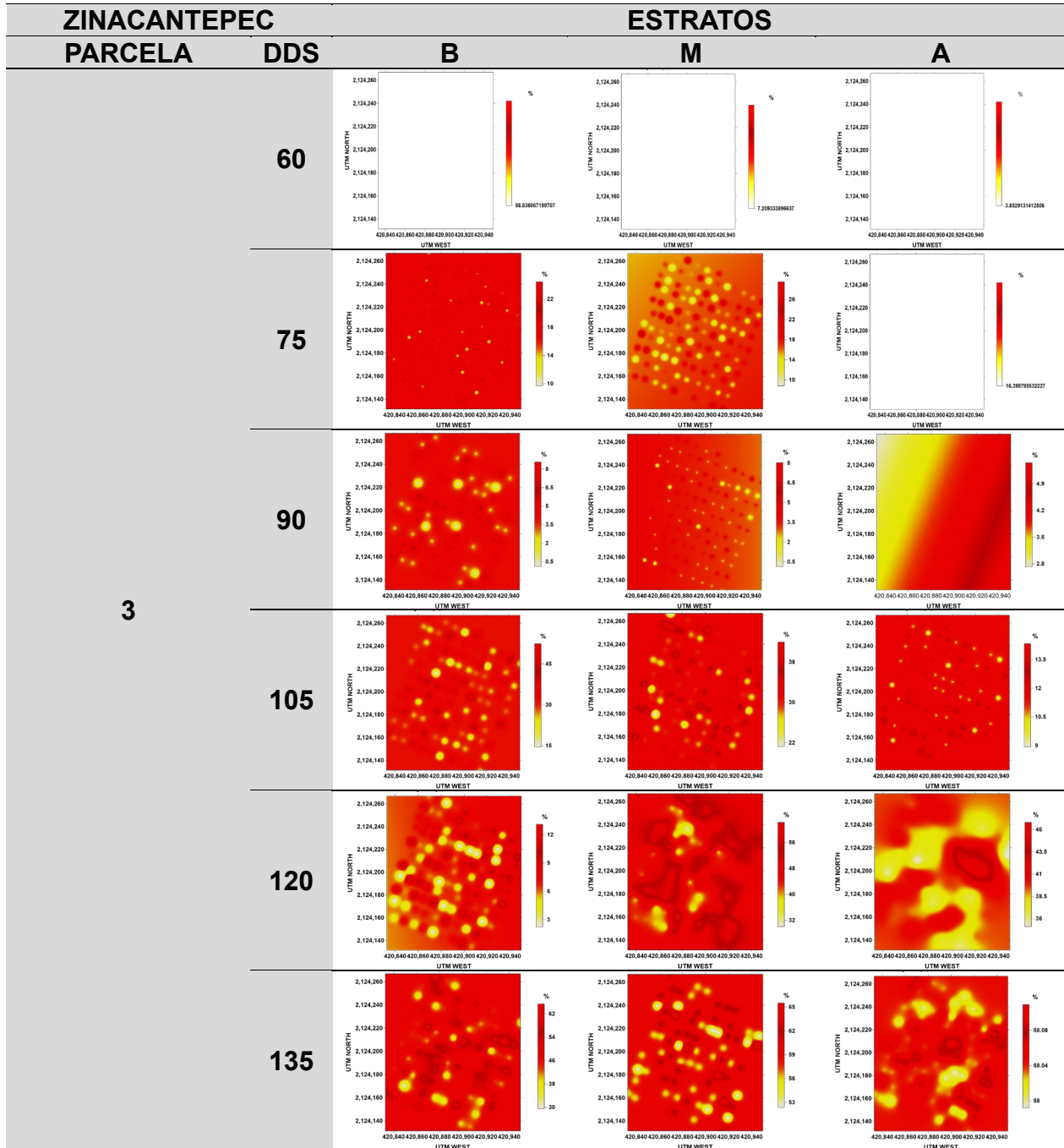


Figura 74. Mapas de la dispersión de *Botrytis* spp., en tres estratos de la planta en la parcela tres del municipio de Zinacantepec, Estado de México

VII. DISCUSIÓN GENERAL

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.), en el Valle de Toluca, en los últimos años ha retomado su importancia cultural, económica y social, ya que es uno de los cultivos productores de grano más importante para la región. Su consumo aporta nutrientes esenciales para el crecimiento humano y satisface las necesidades alimentarias de la población en general, generando empleos para la subsistencia del cultivo (Coca, 2005).

En la actualidad, y hasta el inicio de la presente investigación no se contaban con datos precisos sobre la incidencia, el desarrollo a través del tiempo y/o medios de cuantificación de daños en el cultivo de haba para el valle de Toluca, solo se disponían de escalas en otros cultivos (Fragoso-Benhumea *et al.*, 2022). Las escalas diagramáticas diseñadas y validadas de severidad para *Ascochyta* spp., y *Botrytis* spp., serán una herramienta de vitalidad para la cuantificación de la estimación de daños de ambas enfermedades cuya finalidad es entender mejor su comportamiento homogenizando los criterios de evaluación, siendo un soporte para la evaluación de las siguientes alternativas de control (Nascimento *et al.*, 2005).

La distribución espacial del daño la enfermedad por *Ascochyta* spp., en las parcelas del municipio de Calimaya de Díaz de González, fue de tipo agregado ajustándose al modelo teórico tipo gaussiano que indican un comportamiento espacial de forma continua y con gran capacidad de diseminación en las parcelas estudiadas con un alto nivel de dependencia espacial y un kriging de tipo ordinario presuponiendo que el valor medio constante es desconocido (ArcGIS Pro 3.0, 2023), esto concuerda con lo reportado por

Quiñones Valdez *et al.*, (2018). La incidencia expresó que la enfermedad inicio a los 60 DDS asociada a una mayor precipitación. Siempre el porte bajo careció de la presencia de esta enfermedad en las tres parcelas evaluadas, por lo que se asume que en dicho porte no se reúnen las condiciones para su expresión y desarrollo. Sin embargo, el progreso temporal de la enfermedad indica un crecimiento continuo, y casi lineal alcanzando un rango de estabilización oportuna (Porrás, 2017).

En tanto para *Botrytis* spp., presentó la siguiente distribución espacial de tipo agregado, ajustándose al modelo teórico de tipo Bessel indicando que la enfermedad requiere mayor espacio en puntos específicos en la zona de estudio Quiñones Valdez *et al.*, (2018), teniendo un alto nivel de dependencia y krigado de tipo universal.

En el municipio de Toluca de Lerdo, para *Ascochyta* spp., la distribución espacial, él fue de tipo agregado, ajustándose al modelo teórico de tipo pentaesférico indicando que se observaron agregaciones en gran cantidad de forma puntualizada en distancias de separación pequeñas cercas del origen (Gallardo *et al.*, 2008), presentando un nivel de dependencia espacial alta y un krigado tipo universal, esto concuerda con lo reportado por (Quiñones Valdez *et al.*, 2018).

Para *Botrytis* spp., presento una distribución espacial de tipo agregado, ajustándose al modelo teórico tipo exponencial indicando que el patógeno se presentó de manera similar que *Ascochyta* spp., el nivel de dependencia espacial presentado fue alto y un tipo de krigado universal.

Por otro lado, el municipio de Zinacantepec, presento una distribución espacial, de tipo agregado, ajustándose al modelo teórico de tipo pentaesférico, indicativo de que las agregaciones de la enfermedad fueron puntualizadas en un espacio corto con respecto al origen (Gallardo, 2008), se pudo observar que el nivel de dependencia espacial fue alto y el krigado de tipo ordinario indicando que los valores medios pueden ser desconocidos, esto concuerda con lo reportado por (Quiñones Valdez *et al.*, 2018).

Botrytis spp., la distribución espacial observada fue de tipo agregada, ajustándose al modelo teórico bessel-gaussiano, indicando que la enfermedad se presentó en puntos específicos, teniendo una gran capacidad de diseminación de la enfermedad, el nivel de dependencia espacial fue alto y el krigado de tipo ordinario, esto concuerda con lo reportado con (Quiñones Valdez *et al.*, 2018).

Los valores obtenidos en el rango de los semivariogramas indican la distancia máxima a la cual la severidad de *Ascochyta* spp., y *Botrytis* spp., muestran dependencia espacial, (Johnson *et al.*, 2007) considerando que una reducida distancia en el valor del rango es indicativa de una variabilidad espacial, en este mismo sentido, los puntos de muestreo que disten menos en su valor del rango entre sí, tendrán valores de severidad más semejantes que los correspondientes a los puntos que estén más separados (Moreno, 2009), aunque en los rangos de los semivariogramas de *Ascochyta* spp., se presentaron valores elevados, en especial cuando los niveles altos de severidad llegaron a una uniformidad espacial en su distribución.

Con los semivariogramas ajustados a modelos teóricos fue posible determinar la magnitud y estructura de la dependencia espacial de la intensidad tanto de *Botrytis* spp., como de *Ascochyta* spp., el modelo gaussiano describió la variabilidad espacial del patógeno que en términos biológicos expresa la gran capacidad de diseminación (Alves *et al.*, 2006) además expresa una alta continuidad espacial que se explicó con la extensión en superficie que ocupó, es decir, la aparición inicial de la enfermedad en un punto de muestreo o planta llevó a la infección de otros puntos vecinos (Alves *et al.*, 2006; Quiñones Valdez *et al.*, 2018), en cada enfermedad, en especial cuando se tratan de las denominadas tizones.

Lo anterior, supone la existencia de condiciones ambientales favorables (Quiñones Valdez *et al.*, 2018; Sánchez-Pale *et al.*, 2011) o características de susceptibilidad en la variedad de haba que permiten una mayor expresión o continuidad espacial de las enfermedades. Por otro lado, con el modelo *bessel* se observó que el mayor nivel medio de severidad, por cada fecha analizada, tienden a ubicarse en agregaciones que abarcan un mayor espacio, pero en puntos específicos dentro de la parcela. Este modelo ajustado al comportamiento espacial de *Botrytis* spp., y *Ascochyta* spp., ha sido reportado previamente por (Quiñones Valdez *et al.*, 2018). El ajuste al modelo exponencial indica, en términos biológicos, que la severidad de ambas enfermedades presenta infestaciones de tipo agregado, pero de forma irregular dentro de la superficie de la parcela, efecto similar se observó con el modelo lineal. Por otro lado, en el mapa de predicción obtenido con el modelo pentaesférico se observan una gran cantidad de agregaciones de forma puntual dentro de la parcela, que se explican por el tipo de dispersión y cantidad de

inóculo que produce estos dos patógenos policíclico (Bahr *et al.*, 2016; Cheung *et al.*, 2020).

El hecho de que el efecto pepita tenga valores cercanos o igual a cero, significa que entre el 99 y 100% de la variación en la distribución de cada enfermedad por fecha fue explicada por la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos, por lo que los modelos ajustados y validados tienen un 98% de credibilidad (Liebhold y Sharov, 1998), además puede ser interpretado como un alto nivel de agregación de la enfermedad (Twizeyimana *et al.*, 2009) así como indicativo tanto de un mínimo error como una adecuada escala de muestreo.

Los resultados indican que la *Ascochyta* spp., y *Botrytis* spp., presentaron una estructura espacial a nivel de parcela, a pesar de tener una producción de inóculo de tipo policíclica y una dispersión a grandes distancias (Bahr *et al.*, 2016; Cheung *et al.*, 2020); que caracterizan a este tipo de hongos patógenos, por lo que es factible implementar las diferentes tácticas de control considerando dicha estructura espacial.

Con el krigeado universal y ordinario se obtuvieron los mapas que permitieron visualizar la distribución espacial de la severidad en focos de agregación, así como los gradientes que presentó. Tal comportamiento de agregación permite el manejo desde la perspectiva de sitio o punto específico (De Carvalho Alves *et al.*, 2009) en la que se apliquen las diversas acciones de control y las actividades de muestreo sobre las áreas o sitios específicos (Navas-Cortés *et al.*, 2008) donde se presente la enfermedad, así como a fuentes de inóculo que originan la posterior propagación de la enfermedad.

Los mapas de diseminación de las enfermedades de estudio tanto para *Ascochyta* spp., y *Botrytis* spp., sugieren un control focalizado en las primeras expresiones de la enfermedad con aplicaciones fúngicas de manera sistémica y de contacto a partir de los 90 DDS, para *Ascochyta* spp., mientras que para *Botrytis* spp., indican que el control debe realizarse a partir de los 60 DDS con aplicaciones fúngicas de contacto para obtener un eficiente control con respecto a la enfermedad y a los 90 DDS realizar control sistémico de contacto con la finalidad de reducir la diseminación del patógeno de estudio, esto concuerda con lo mencionado por Sánchez-Pale *et al.*, (2015).

VIII. CONCLUSIONES GENERALES

El daño de las enfermedades ocasionada por *Ascochyta* spp., y *Botrytis* spp., presentaron una distribución espacial de tipo agregado en cada uno de los tres estratos de la planta de haba, lográndose modelizarla, visualizándose en los mapas generados.

Ascochyta spp., solo se presentó en los estratos medios y altos a partir de los 60 DDS, en la etapa fenológica de inducción floral en las parcelas evaluadas de los tres municipios previamente seleccionados.

Botrytis spp., se expresó a partir de los 45 DDS y en algunos casos a partir de los 60 DDS, precisamente en la etapa fenológica de amacollamiento en los tres estratos de la planta (bajo, medio y alto).

La escala diagramática para evaluar la severidad de la mancha café del haba causada por *Ascochyta* spp., creada y compuesta por seis clases de severidad, proporcionó una alta reproducibilidad con niveles de exactitud y precisión aceptables.

Por otro lado, la escala diagramática para evaluar la severidad de la mancha café del haba causada por *Botrytis* spp., creada y compuesta por seis clases de severidad, proporcionó una alta reproducibilidad con niveles de exactitud y precisión aceptables.

Ascochyta spp., y *Botrytis* spp., modelos teóricos de semivariograma que se ajustaron fueron el pentaesférico, gaussiano y esférico con el nivel de dependencia espacial en su

mayoría alto y el tipo de kriging universal, teniendo una dispersión de forma agregada teniendo una gran capacidad de diseminación de las enfermedades de forma puntual.

Los mapas de dispersión sugieren que se deben realizar aplicaciones de contacto y sistémico con el objetivo de disminuir la dispersión del patógeno de estudio.

Por otro lado, se sugiere que se realicen manejos culturales a los residuos sobrantes de tejido vegetal que se encuentran en las parcelas, ya que es el principal inóculo de las enfermedades de estudio, así como aplicar mejoradores de suelo con el objetivo de mejorar la estructura del suelo y de combate a las innumerables enfermedades presentes en el, empleando controladores biológicos para reducir los inóculos.

Por último, las enfermedades de estudio se lograron modelizar a través del tiempo, con el objeto de realizar un mejor control para los patógenos de estudio y así reducir la severidad, incidencia y diseminación de estos, también se logró obtener escalas diagramáticas de severidad para comprender de mejor manera las enfermedades de estudio.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achicano, L. H. (2000). Descripción cuantitativa de las epidemias de las plantas. *Fac. Nal. Agr. Medellín.*, 53 (1), 941–968.

Aday Díaz, Osmany de la Caridad, & García Pérez, Héctor. (2020). Distribución espacial en el limbo foliar de la roya naranja (*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler) en caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 47 (20), 22–30. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200022&lng=es&tIng=es.

Agrios G. N. (2005). *Fitopatología*. (N. E. Limusa – Grupo, Ed.; Segunda ed).

Aguilar-Luna, J. M. E., López-López, S., & Loeza-Corte, J. M. (2021). Susceptibility of fungi, mainly chocolate spot (*Botrytis fabae* sard.), to gamma irradiation in the faba bean crop (*Vicia faba* L.) *Bioagro*, 33 (1), 29–40. <https://doi.org/10.51372/BIOAGRO331.4>

Aldana, L. F. (2010). Producción comercial y de semilla de haba (*Vicia faba* L.).

Altunta,s E, & Yıldız M. (2007). Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering*, 78, 174–183.

Alves, M. C., Pozza, E. A., Machado, J. C., Araújo, D. V., Talamini, V., & Oliveira, M. S. (2006). Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. *Fitopatologia Brasileira*, 31 (6), 557–563. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000600004>

Arauz. C. L, F. (1998). *Fitopatología, un enfoque agroecológico* (Universidad de Costa Rica, Ed.).

Arauz Cavallini Luis Felipe. (2011). *Fitopatología: un enfoque agroecológico* (Universidad de Costa Rica, Ed.; 2a ed.). 9789968462655.

ArcGIS Pro-3.0. (2023). *Cómo funciona Kriging*. Esri.

Arneson, P. A. (2001). Epidemiología de las enfermedades de las plantas: Los Aspectos Temporales. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/ PHI-A-2001-0524-01>.

Asociación Geoinnova. (2019). ¿Qué es la geoestadística y cuáles son los principales análisis geoestadísticos? <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-geoestadistica-analisis-geoestadisticos/>

Ávila-Quezada, G., Mora-Aguilera, G., & Teliz-Ortiz, D. (2001). Sistemas de medición de roña y antracnosis en frutos de aguacate *Persea americana*. In Memorias XXXVI Congreso Nacional de Entomología- XXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. (p. 105).

Ayuntamiento de Calimaya. (2023, February 21). Tu Municipio. 2023.

Ayuntamiento de Toluca. (2019). Índice de Biodiversidad Urbana.

Bahr, L., Castelli, M. V., Barolo, M. I., Ruiz Mostacero, N., Tosello, M. E., & López, S. N. (2016). Ascochyta blight: isolation, characterization, and development of a rapid method to detect inhibitors of the chickpea fungal pathogen *Ascochyta rabiei*. *Fungal Biology*, 120 (3), 424–432. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.12.002>

Barbosa, M. A. G., Michereff, S. J., & Mora-Aguilera, G. (2006). Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem branca do crisântemo. *Summa Phytopathologica*, 32 (1), 57–62.
<https://doi.org/10.1590/S0100-54052006000100008>

Belan, L. L., Pozza, E. A., Freitas, M. L. de O., de Souza, R. M., de Jesus Junior, W. C., & Oliveira, J. M. (2014). Diagrammatic Scale for Assessment of Bacterial *Blight* in Coffee Leaves. *Journal of Phytopathology*, 162 (11–12), 801–810.
<https://doi.org/10.1111/jph.12272>

Bertsch F. (1995). Fertilidad de suelos y su manejo. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo (ACCS)., 157.

Bozdağ, A., Yavuz, F., & Günay, A. S. (2016). AHP and GIS based land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) County. *Environmental Earth Sciences*, 75 (9), 813.
<https://doi.org/10.1007/s12665-016-5558-9>

Buffara, C. R. S., Angelotti, F., Vieira, R. A., Bogo, A., Tessmann, D. J., & Bem, B. P. de. (2014). Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. *Ciência Rural*, 44 (8), 1384–1391.
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131548>

Campbell, C. L., & Madden, L. L. V. (1990). Introduction to Plant Disease Epidemiology. (John Wiley & Sons, Ed.).

Cheung, N., Tian, L., Liu, X., & Li, X. (2020a). The Destructive Fungal Pathogen *Botrytis cinerea*—Insights from Genes Studied with Mutant Analysis. *Pathogens*, 9 (11), 923. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110923>

Cheung, N., Tian, L., Liu, X., & Li, X. (2020b). The destructive fungal pathogen *Botrytis cinerea*—Insights from Genes Studied with Mutant Analysis. *Pathogens*, 9 (11), 923. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110923>

Cintra de Jesus, J. W., Valadares, J., R., Avelino, C., R., Bucker, M., W., Ribeiro, D.V., F. X., Ramos, A., F., Anderson, P., P. (2008). Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. *Scientia Agricola*, 65 (1678-992X). <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000700008>

Clay D.E., Kitchen N., Carlson C.G., Kleinjan J., C. H. (2007). Using historical management to reduce soil sampling errors. *GIS Applications in Agriculture/Francis J. Pierce and David Clay*, 49–64.

Coca, M. (2004). Enfermedades foliares del Haba (*Vicia fabae*) en el altiplano de La Paz y su manejo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Coca, M. (2005). Enfermedades foliares del Haba (*Vicia faba* L.): Nuevas y emergentes enfermedades del haba en el altiplano de La Paz – Bolivia. Boletín Técnico 1:1, 4.

Condori, M. M. (2010). “Evaluación de manchas fungosas foliares del haba (*Vicia faba* L.) con relación a los cambios climáticos en la comunidad de Chirapaca provincia Los Andes - Departamento de la Paz.” Universidad Mayor de San Andrés.

Confalone, A. (2008). Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de cropgro-fababean. Universidad Santiago de Compostela.

Crepón, K., P. Marget, C. Peyronnet, B. Carrouée, P. Arese, and G. D. (2010). Nutritional value of faba Bean (*Vicia faba* L.) seed for feed and food. Field Crops Research, 115 (3), 329-339. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.016>

Cressie, N. (1985). Fitting variogram models by weighted least squares. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 17 (5), 563–586. <https://doi.org/10.1007/BF01032109>

Cristiane-Delmadi, L., De Pieri, C., Sander-Porcena, A., & Luiz-Furtado, E. (2018). Escala diagramática para cuantificación de la severidad de la roya en hojas de teca. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36 (2). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1708-5>

Cruz-Cárdenas, G., Villaseñor, J. L., López-Mata, L., & Ortiz, E. (2013). Distribución espacial de la riqueza de especies de plantas vasculares en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84 (4), 1189–1199. <https://doi.org/10.7550/rmb.31811>

De Carvalho Alves, M., da Silva, F. M., Pozza, E. A., & de Oliveira, M. S. (2009). Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. *Journal of Pest Science*, 82 (2), 137–148. <https://doi.org/10.1007/s10340-008-0232-y>

Díaz-Ruiz, R. (2009). Diversidad morfológica de las habas (*Vicia faba* L.) cultivadas en regiones productoras de México y rendimiento de grano. In: Martínez, R. R.

Fang, L., Yan, L., Liang, S., de Vlas, S. J., Feng, D., Han, X., ... & Cao, W. (2006). Spatial analysis of hemorrhagic fever with renal syndrome in China. *BMC Infectious Diseases*, 6 (1), 1–10. <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2334-6-77>

García, G. C. Rojo, M. G. E y Ramírez, V. B. (Coord.). *Tecnologías de Granos y Semillas*. Universidad Autónoma Indígena de México. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, Colegio de Postgraduados-Campus Puebla, 263–278.

FAOSTAT. (2019). *Datos Sobre Alimentación y Agricultura. Cultivos*. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

Fragoso-Benhumea, J. M., Sánchez-Pale, J. R., Castañeda-Vildózola, Á., Franco-Mora, O., Gutiérrez-Ibáñez, A. T., Contreras-Rendón, A., & García-Velasco, R. (2022). Diagrammatic scale for rust severity assessment in broad bean (*Vicia faba*). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40 (3). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2206-2>

Gallardo, A. (2006). *Geostadística. Ecosistemas*, 15 (3), 48–58.

Gallardo A, & Maestre T F. (2008). Métodos geoestadísticos para el análisis de datos ecológicos espacialmente explícitos. In Dykinson S.L. (Ed.), *Introducción al análisis espacial de datos en ecología y ciencias ambientales: Métodos y Aplicaciones* (1st ed., Vol. 1, pp. 215–272).

Giraldo Henao Ramón. (2002). *Introducción a la Geoestadística. Teoría y Aplicación* (Universidad Nacional de Colombia, Ed.; Vol. 1).

González Becerril Alejandra, & Morales Méndez Carlos Constantino. (2013). El clima urbano en la ciudad de Toluca, México. In observatoriogeograficoamericalatina.org.mx (pp. 3–10).

Hendawey, M. H., & Younes, A. M. A. (2013). Biochemical evaluation of some faba bean cultivars under rainfed conditions at El-Sheikh Zuwayid. *Annals of Agricultural Sciences*, 58 (2), 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2013.07.010>

Hernández, R. L., & Sandoval, I., J. S. (2015). Escala Diagramática de Severidad para el Complejo Mancha de Asfalto del Maíz. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33, 95–103.

Ibáñez Gual María Victoria, & Simón Vidal Amelia. (2003). Modelos Estadísticos Espaciotemporales en Perimetría [Doctoral]. Universitat Jaume I.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (1990). Estudio, identificación y control de principales enfermedades y plagas del haba (*Vicia faba*) Subregión. Prociandino Ed., Boletín Técnico N. 5.

Isaaks E. H., & Srivastava R. M. (1989). An Introduction to Applied Geostatistics (Oxford University Press, Ed.; 1st ed.).

Johnson, R. M., Grisham, M. P., & Richard, E. P. (2007). Relationship Between Sugarcane Rust Severity and Soil Properties in Louisiana. *Phytopathology*®, 97 (6), 748–755. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-6-0748>

Kalia, P. and S. Sood. (2004). Genetic variation association analyses for pod yield and other agronomic and quality characters in and Indian Himalayan collection of broad beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Breeding and Genetics*, 36 (2), 55-61.

Lamari, L. (2008). *Assess: Image Analysis software helpdesk, Version 2 (2.0)*. APS Press. <https://doi.org/10.1094/AssessHelp>

Lavilla, M., & Petta, A. (2022). Determinación de una escala diagramática de severidad para mancha en red en cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 49035. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.49035>

Liebhold A.M., & Sharov A. A. (1998). *Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation* (CRC Press, Ed.; 1st ed.).

López, R. M. (2013). Tecnología de producción del cultivo de haba para el Estado de México (ICAMEX, Ed.; Primera).

López-Bonilla, J. L., Ponce-Rojas, Y., Vidal-Beltrán, S., & Zamudio-Castro, I. (2011). Aplicación del método de Krige para el análisis de cobertura de un nodo B. *Nova Scientia*, 3 (6), 16–31. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052011000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=

López-Granados, F., Jurado-Expósito, M., Atenciano, S., García-Ferrer, A., Sánchez de la Orden, M., & García-Torres, L. (2002). Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant and Soil*, 246 (1), 97–105. <https://doi.org/10.1023/A:1021568415380>

Madden, L., G. Hughes, and B. Vander. (2008). The Study of Plant Disease Epidemics. In The American Phytopathological Society.

Mamani, F. (2007). Uso de *Trichoderma* sp para el control de enfermedades fungosas foliares en haba (*Vicia faba* L.) en el Altiplano Norte, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés.

Mayorga, C. F. (2001). Producción mundial de haba. Mensual Claridades Agropecuarias, 0, 38.

Meza, J. (2018). Evaluación de insecticidas orgánicos y químicos para el control del pulgón negro (*Aphis Fabae* s.) en el cultivo de haba (*Vicia Faba* L.) en San Mateo Atenco, Edo. de México. Universidad Autónoma del Estado de México.

Moreno López José Luis. (2009). Introducción a la Geoestadística y su Aplicación.

Nascimento, A. R. P., Michereff, S. J., L. R. R., & Gomes, M. A. (2005). Elaboração e validação de escala diagramática para cancro bacteriano da videira. Summa Phytopathologica, 31, 59–64.

Navas-Cortés, J. A., Landa, B. B., Mercado-Blanco, J., Trapero-Casas, J. L., Rodríguez-Jurado, D., & Jiménez-Díaz, R. M. (2008). Spatiotemporal Analysis of Spread of Infections by *Verticillium dahliae* Pathotypes Within a High Tree Density Olive Orchard in Southern Spain. *Phytopathology*®, 98 (2), 167–180. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-2-0167>

NCBI. (2021). National Center for Biotechnology Information. Vicia Faba. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=3906&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock>

Nutter, F. W., Esker, P. D., & Netto, R. A. C. (2006). Disease Assessment Concepts and the Advancements Made in Improving the Accuracy and Precision of Plant Disease Data. *European Journal of Plant Pathology*, 115 (1), 95–103. <https://doi.org/10.1007/s10658-005-1230-z>

ORSLP. (2005). Producción de haba para consumo y semilla.

Ortega-Acosta, S. A., Velasco-Cruz, C., Hernández-Morales, J., Ochoa-Martínez, D. L., & Hernández-Ruiz, J. (2016). Escalas logarítmicas diagramáticas para evaluar la severidad del manchado de hojas y cálices de Jamaica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34 (3). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1606-6>

Ortiz, S. (1988). Edafología (UACH, Ed.; 6th ed.).

Pérez, L. D. J., y A. G. H. (2003). Cultivo y Mejoramiento de Haba (Primera).

Porras Velázquez Alberto. (2017). Método Kriging de inferencia espacial.

Quiñones Valdez, R., Sánchez Pale, J. R., Castañeda Vildozola, Á., Franco Mora, O., & Ruíz Orta, A. (2018). Incidencia, severidad y distribución espacial de *Uromyces transversalis* en una nueva región del Estado de México. *Scientia Fungorum*, 48, 87–94. <https://doi.org/10.33885/sf.2018.48.1242>

Quiñones-Valdez, R., Sánchez-Pale, J. R., Castañeda-Vildozola, Á., Franco Mora, O., Johansen-Naime, R., & Mejorada-Gómez, E. (2020). Comportamiento espacial y temporal de *Thrips simplex* Morison (Thysanoptera: *Thripidae*) en la región norte del Estado de México. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 1–15. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3611161>

Quiton, H. (2000). Enfermedades de haba. (*H. W. Milan, Ed.*) Cochabamba, Bolivia: Programa Nacional de Leguminosas de Grano.

Rebaa, F., Abid, G., Aouida, M., Abdelkarim, S., Aroua, I., Muhovski, Y., Baudoin, J.-P., M'hamdi, M., Sassi, K., & Jebara, M. (2017). Genetic variability in Tunisian populations of faba bean (*Vicia faba* L. var. major) assessed by morphological and SSR markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23 (2), 397–409. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0419-x>

Redondo Figuero, C. G. (2017). El programa R, herramienta clave en investigación. Editorial de la Universidad de Cantabria. <https://doi.org/10.22429/Euc2017.036>

Sahile S, F. C. S. P. A. S. (2009). Valuation of pathogenic isolates in Ethiopia for the control of chocolate spot in faba bean. *African Crop Science Journal*, 17 (4) (1021-9730/2009), 187–197.

Salman, M., Hawamda, A.-A., Amarni, A. A.-A., Rahil, M., Hajjeh, H., Natsheh, B., & Abuamsha, R. (2011). Evaluation of the Incidence and Severity of Olive Leaf Spot Caused by *Spilocaea oleagina* on Olive Trees in Palestine. *American Journal of Plant Sciences*, 02 (03), 457–460. <https://doi.org/10.4236/ajps.2011.23053>

Sanchez-Pale, J. R., Ramirez-Davila, J. F., Gonzalez-Huerta, A., & De Leon, C. (2011). Modelization of the spatial distribution of corn head smut (*Sporisorium reilianum* Langdon and Fullerton) in Mexico. Spanish Journal of Agricultural Research, 9 (3), 882. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-277-10>

Sánchez-Pale, J. R., Ramírez-Dávila, J. F., González-Huerta, A., & de León, C. (2015). Patrón espacial del carbón de la espiga del maíz en diferentes localidades del Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6 (7), 1467–1480. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000700004&lng=es&tlng=es.

SEDATU. (2013). Atlas de Riesgos del Municipio de Zinacantepec.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Producción Anual Agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

Siddique, K.H.M., Johansen, C., Turner, N.C., Jeuffroy, M.-H., Hashem, A., Sakar, D., Gan, Y., Alghamdi, S. S. (2012). Innovations in agronomy for food legumes. A review. Agronomy for Sustainable Development, 32, 45-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13593-011-0021-5>

Tang, C. K. (2020). SAS in Windows Environment. In *SAS® Coding Primer and Reference Guide* (pp. 9–15). Auerbach Publications.
<https://doi.org/10.1201/9781003051299-2>

Tomcza M. (1998). Spatial interpolation and its uncertainty using automated anisotropic inverse distance weighting (IDW) cross validation-Jackknife approach. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2 (2), 18–30.

Trangmar, B.B., Post, R.S., Uehara, G. (1996). Variability of soil properties in a tropical Alfisol used for shifting cultivation. *Advances in Agronomy*, 38, 45–94.

Turpin, J. E., Robertson, M. J., Hillcoat, N. S., & Herridge, D. F. (2002). Fababean (*Vicia faba*) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53 (2), 227. <https://doi.org/10.1071/AR00186>

Twizeyimana, M., Ojiambo, P. S., Sonder, K., Ikotun, T., Hartman, G. L., & Bandyopadhyay, R. (2009). Pathogenic Variation of *Phakopsora pachyrhizi* Infecting Soybean in Nigeria. *Phytopathology®*, 99 (4), 353–361.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-4-0353>

UNAM. (2021). 5.3.1 Distribución espacial.
http://catalogacionrua.unam.mx/enciclopedia/biologia/Text/74_tema_05_5.3.1.html

Weather Atlas. (2022, November 5). Weather Atlas. <https://Www.Weather-Atlas.Com/En>.

Wendroth, O. (2014). Geoestadística Aplicada: una herramienta al servicio de la agricultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias.
<https://agrarias.uach.cl/geoestadistica-aplicada-una-herramienta-al-servicio-de-la-agricultura/>

Zadoks J.C., Chang T.T., and K. C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415–421.