

ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PUDRICIÓN BLANCA (*Sclerotium cepivorum* Berk.) DE LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.) BAJO TRES NIVELES DE INÓCULO DEL PATÓGENO

TEMPORAL ANALYSIS OF WHITE ROT (*Sclerotium cepivorum* Berk.) IN ONION (*Allium cepa* L.) UNDER THREE PATHOGEN INOCULUM DENSITIES

Víctor Ponce-Herrera, Roberto García-Espinoza, Ma. del Pilar Rodríguez-Guzmán y Emma Zavaleta-Mejía

Fitopatología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México (vicponcehe@yahoo.com.mx)

RESUMEN

Se estudió el comportamiento temporal de la enfermedad pudrición blanca, causada por el hongo *Sclerotium cepivorum*, en tres lotes de cultivo de cebolla, ubicados en el Rancho Agua Nueva, municipio de Juventino Rosas, Guanajuato, con densidades de inóculo (DI) de 0.021, 0.052 y 0.44 esclerocios g^{-1} de suelo, catalogadas como baja, media y alta densidad. Las primeras plantas con síntomas se observaron 30 d después del trasplante (ddt) y las últimas a los 160 ddt. Para este tiempo la incidencia acumulada fue 51.93, 67.75 y 82.9% para las DI baja, media y alta. La relación entre las curvas del progreso de la enfermedad y la fenología del cultivo mostraron que a mayor densidad de inóculo la incidencia máxima de la enfermedad (y_{max}) se presenta en etapas más tempranas. El progreso temporal de la pudrición blanca fue descrita por el modelo de crecimiento Gompertz cuando la DI fue 0.021 y 0.052 esclerocios g^{-1} de suelo, y por el modelo Monomolecular cuando la DI fue 0.44 esclerocios g^{-1} de suelo. La comparación de epidemias se realizó tomando en cuenta las tasas de crecimiento homologadas al modelo Gompertz (Rho) y mediante el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), mostrándose diferencias significativas ($p \leq 0.01$). La DI inicial de *S. cepivorum* en el suelo determina características epidemiológicas importantes como la tasa de incremento de la enfermedad (r), la forma de la curva, el estado fenológico de máxima incidencia (y_{max}) y la incidencia final de enfermedad (y_p); características útiles para entender y predecir el desarrollo de la enfermedad en el campo y tomar decisiones de manejo.

Palabras clave: Epidemiología, modelos de crecimiento.

INTRODUCCIÓN

El Estado de Guanajuato es el principal productor de cebolla (*Allium cepa* L.) en México, con 26% de la producción (SIAP-SAGARPA, 2002). Sin embargo, el cultivo está fuertemente afectado por la enfermedad pudrición blanca, ocasionada por el hongo *Sclerotium cepivorum* Berk. Esta enfermedad

ABSTRACT

Temporal behavior of white rot disease, caused by the fungus *Sclerotium cepivorum*, was assessed on three onion plots, located at Rancho Agua Nueva, municipality of Juventino Rosas, Guanajuato, México. The plots had different soil inoculum density (ID) of the pathogen: 0.021, 0.052, and 0.44 sclerotia g^{-1} soil, classified as low, medium, and high. The first plants with symptoms were observed 30 d after transplanting (dat), and the last diseased plants were recorded 160 dat. At this time, accumulated disease incidence was 51.93, 67.75, and 82.9%, corresponding to low, medium, and high ID. The relationship between disease progress curves and crop phenology showed that at the highest soil ID, maximum disease incidence (y_{max}) occurs at the earliest phenology stages. Temporal progress of white rot at low and medium ID (0.021 and 0.052 sclerotia g^{-1} soil) was described by Gompertz growth model, while high ID (0.44 sclerotia g^{-1} soil) was described by the monomolecular model. The comparison of epidemics was performed taking into account the growth rates homologized to the Gompertz model (Rho) and by the area under the disease progress curve (AUDPC) showing significant differences ($p \leq 0.01$). Initial ID of *S. cepivorum* in soil determines important epidemiological characteristics like disease increase rate (r), form of disease progress curve, phenological stage of maximum incidence (y_{max}), and final disease incidence (y_p), useful for understanding and predicting disease development in field and taking decisions on disease management.

Key words: Epidemiology, growth models.

INTRODUCTION

The State of Guanajuato is with 26% of the production the main producer of onion (*Allium cepa* L.) in México (SIAP-SAGARPA, 2002). However, the crop is severely affected by white rot disease provoked by the fungus *Sclerotium cepivorum* Berk. This disease causes serious damages in onion and garlic crops and in other species of genus *Allium*. Several studies have been made on *S. cepivorum*, focused mainly on its control in onion crop, but not

Recibido: Julio, 2006. Aprobado: Noviembre, 2007.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 42: 71-83. 2008.

causa serios daños en los cultivos de cebolla y ajo y en otras especies del género *Allium*. Se han realizado diversas investigaciones sobre *S. cepivorum* enfocadas principalmente a su control en el cultivo de la cebolla, pero no suficientes estudios epidemiológicos que ayuden a describir y entender el comportamiento temporal de la enfermedad. Cano (2003)^[1] estudió la cantidad de inóculo presente en el suelo y el progreso temporal de epidemias durante dos ciclos de cultivo de ajo con una variedad diferente en cada uno, encontrando que la cantidad de inóculo presente en el suelo tiene un efecto directo en el porcentaje de incidencia de la enfermedad. En el cultivo de la cebolla es también importante realizar estudios epidemiológicos para un mejor entendimiento de la dinámica temporal de la pudrición blanca y su interacción con el hospedante. El objetivo del presente trabajo fue determinar y comparar el desarrollo temporal de la incidencia de la enfermedad pudrición blanca, inducida por *S. cepivorum*, en el cultivo de la cebolla bajo tres diferentes densidades de inóculo del patógeno en el suelo, en relación con el desarrollo fenológico del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Este trabajo se realizó de diciembre de 1989 a mayo de 1990, en el Estado de Guanajuato, municipio de Juventino Rosas, en el Rancho Agua Nueva. El clima predominante fue semiseco con lluvias en verano, temperatura media anual entre 18 y 22 °C. Se usaron tres lotes de cultivo con 0.021, 0.052 y 0.44 esclerocios g⁻¹ de suelo. La extracción de esclerocios desde el suelo se hizo con la técnica de Papavizas (1972). Estos lotes de clasificaron como de baja, media y alta densidad de inóculo (DI). El trabajo de laboratorio se hizo en el Laboratorio de Ecología de Fitopatógenos del Suelo del Colegio de Postgraduados.

Establecimiento del cultivo

El cultivo se estableció en el ciclo invierno-primavera, de mediados de diciembre a fines de mayo. Dentro de cada lote se trazaron cuadrantes, cada uno con tres surcos con una separación de 0.90 m por 2.0 m de largo (5.4 m² cuadrante⁻¹). Cada cuadrante se delimitó con estacas e hilo. La superficie que abarcó cada lote fue 2160 m², 972 m² y 1890 m² con 400, 180 y 350 cuadrantes para las DI baja, media y alta. Se sembró el híbrido de cebolla Suprema F1, trasplantado a doble hilera con distancia de 8 a 10 cm entre plantas y 15 entre hileras, dando un promedio de 100 plantas por cuadrante. Las prácticas de manejo fueron las típicas de la región, e incluyeron

enough epidemiological studies helping to describe and understand the temporal behavior of the disease. Cano (2003)^[1] assessed the amount of inoculum present in soil and the temporal progress of epidemics during two garlic crop cycles with a different variety in each, detecting that the inoculum quantity present in soil has a direct effect on the percentage of the disease incidence. In onion crop it is also important to carry out epidemiological research for better understanding of the temporal dynamics of white rot and its interaction with the host. The objective of the present paper was to determine and compare the temporal development of incidence of white rot disease, induced to onion crop by *S. cepivorum*, under three different soil inoculum densities of the pathogen, with relation to the phenological crop development.

MATERIALS AND METHODS

Study site

This study was carried out from December 1989 to May 1990 in the State of Guanajuato, municipality Juventino Rosas, at Rancho Agua Nueva. The predominant climate was semidry, with rainfalls in the summer and annual mean temperature between 18 and 22 °C. Three crop plots with 0.021, 0.052, and 0.44 sclerotia g⁻¹ of soil were used. Sclerotia extraction from soil was made following the technique of Papavizas (1972). The plots were classified as of low, medium, and high inoculum density (ID). Laboratory work was conducted in the Laboratory of Soil Phytopathogen Ecology of the Colegio de Postgraduados.

Crop establishment

The crop was established in the winter-spring cycle, from the middle of December to the end of May. Within each plot, quadrants were traced with three furrows each, of 2.0 m length, separated by 0.90 m (5.4 m² quadrant⁻¹). Every quadrant was delimited with stakes and string. The area covering each plot was 2160 m², 972 m², and 1890 m² with 400, 180, and 350 quadrants for low, medium, and high ID. The onion hybrid, Suprema F1, was sown and transplanted into a double row, with a distance of 8 to 10 cm between plants, and 15 cm between rows, an average of 100 plants resulting per quadrant. The management practices were typical of the region and included fertilization, irrigation, herbicide and insecticide application, farming, weeding, bulb covering, and harvest. Phenological crop stages were registered as well, based on field experience and according to Brewster (2001).

¹ Cano S., A. 2003. Análisis epidemiológico de la enfermedad "pudrición blanca" inducida por *Sclerotium cepivorum* Berk. en el cultivo del ajo (*Allium cepa* L.) en Cortazar, Edo. de Guanajuato. Tesis de M. en C. Instituto de Fitosanidad, Programa de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 112 p.

fertilización, riego, aplicación de herbicidas e insecticidas, cultivo, desquelite, tapado de bulbo y cosecha. También se registraron las etapas fenológicas del cultivo con base en la experiencia en campo, y de acuerdo con Brewster (2001).

Medición de la enfermedad

La evaluación de la enfermedad se realizó mediante censos a los 30, 45, 65, 81, 102, 124, 138 y 160 d después del transplante (ddt). En cada censo se registró la incidencia de plantas con síntomas de amarillamiento y marchitez de las hojas. Las plantas enfermas se marcaron con banderillas de diferente color por fecha; el registro se llevó por cuadrante.

Variables climáticas

El registro mensual de temperatura ambiental (°C), temperatura del suelo sin cubierta (°C) y precipitación pluvial (mm) se obtuvo de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Celaya, Guanajuato, situada a 0.5 km del lugar de estudio.

Análisis del progreso temporal de la curva de la enfermedad

Los datos de incidencia se usaron para obtener la curva de progreso de la enfermedad acumulada y absoluta en el tiempo; también se ajustaron a modelos de crecimiento en su forma linealizada: logístico, $\ln(y/(1-y)) = \ln[y_0/(1-y_0)] + r_L t$; Gompertz, $-\ln(-\ln y) = -\ln(-\ln y_0) + r_G t$; y monomolecular, $\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + r_M t$ (Campbell y Madden, 1990). Los parámetros de tasa: modelo logístico (r_L), modelo Gompertz (r_G) y modelo monomolecular (r_M), se estimaron con el Modelo Lineal General (GLM) usando el método de mínimos cuadrados y el paquete estadístico SAS. Se eligió el modelo que describió mejor el crecimiento de la enfermedad en los tres diferentes lotes con base en el coeficiente de determinación (R^2), el cuadrado medio del error (CME), el error estándar de los estimadores de los parámetros $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ y sus probabilidades, así como en el comportamiento de los residuales. Para estandarizar las tres epidemias a un mismo modelo y compararlas, se calculó el parámetro de tasa absoluta media ponderada (Rho), con la ecuación $\text{Rho}(\rho) = r^*/2m + 2$, donde r^* adquiere los valores de la tasa de infección aparente del modelo monomolecular, Gompertz y logístico, y m adquiere los valores 0, 1, y 2. Una vez calculada Rho, ésta se substituyó en la ecuación anterior para calcular r^* , la cual correspondió al valor de la tasa de infección aparente del modelo menos frecuente homologada al modelo de mayor frecuencia de ajuste (Campbell y Madden, 1990). Una vez homologadas las tasas de crecimiento de las diferentes epidemias éstas se compararon mediante una prueba de t para determinar diferencias estadísticas significativas al 0.01 (Infante y Zárate, 1990).

También se compararon de las epidemias mediante la estimación del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), aplicando el método de integración trapezoidal (Campbell y Madden, 1990)

Disease determination

To evaluate the disease, a census was conducted at 30, 45, 65, 81, 102, 124, 138, and 160 d after transplant (dat). At each census, incidence of plants with symptoms of leaf yellowing and plant wilt was recorded. The diseased plants were marked with strips of different colors per date; they were registered per quadrant.

Climatic variables

The monthly record of environmental temperature (°C), uncovered soil temperature (°C), and rainfall (mm) was obtained from the weather station of the National Institute of Research into Forest, Agriculture and Livestock (INIFAP), located in Celaya, Guanajuato, which is situated at 0.5 km from the study site.

Analysis of the temporal disease progress curve

The data of incidence were used to obtain the progress curve of accumulated and absolute disease in time; they also were adjusted to growth models in their linearized form: logistic, $\ln(y/(1-y)) = \ln[y_0/(1-y_0)] + r_L t$; Gompertz, $-\ln(-\ln y) = -\ln(-\ln y_0) + r_G t$; and monomolecular, $\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + r_M t$ (Campbell and Madden, 1990). Rate parameters: logistic model (r_L), Gompertz model (r_G), and monomolecular model (r_M) were estimated with the General Linear Model (GLM), utilizing the method of minimum squares and the statistical SAS package. The model which best described disease growth in the three different plots was chosen based on the determination coefficient (R^2), mean square error (MSE), standard error of estimators of the parameters $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ and their probabilities as well as on the behavior of residuals. In order to standardize the three epidemics to one and the same model and compare them, the parameter of absolute weighted mean rate (Rho) was calculated, with the equation $\text{Rho}(\rho) = r^*/2m + 2$, where r^* acquires the values of the apparent infection rate of the monomolecular, Gompertz, and the logistic model, and m acquires the values 0, 1, and 2. Once Rho was calculated, it is substituted in the previous equation to calculate r^* , which corresponded to the value of the apparent infection rate of the less frequent model, homologized to the model of highest frequency of adjustment (Campbell and Madden, 1990). Once the growth rates of the different epidemics homologized, they were compared by means of a t-test in order to determine significant statistical differences at 0.01 (Infante and Zárate, 1990).

Furthermore, the comparison of the epidemics by estimate of the area under the disease progress curve (AUDPC) was made, applying the method of trapezoidal integration (Campbell and Madden, 1990) and utilizing the equation: $AUDPC = \sum [(y_i + y_{i+1})/2](t_{i+1} - t_i)$; where n is the number of measurements of the disease in time; the term $(y_i + y_{i+1})/2$, is the middle point between $(y_i$ y $y_{i+1})$ which represents the quantity of diseased plants in a time interval, corresponding to the height of each rectangle; and the term $(t_{i+1} - t_i)$ represents the time (d) between two evaluations of the

y usando la ecuación: $ABCPE = \sum [(y_i + y_{i+1})/2](t_{i+1} - t_i)$; donde n es el número de mediciones de la enfermedad en el tiempo; el término $(y_i + y_{i+1})/2$, es el punto medio entre $(y_i$ y $y_{i+1})$ que representa la cantidad de enfermedad en un intervalo de tiempo, correspondiente a la altura de cada rectángulo; y el término $(t_{i+1} - t_i)$ representa el tiempo (d) entre dos evaluaciones de la enfermedad e indica la anchura de cada rectángulo. Los cálculos se hicieron usando el paquete estadístico SAS. Se realizó un análisis de varianza para comparar el $ABCPE$ de las tres epidemias con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos para el presente trabajo se generaron en 1990, por lo que la información pudiera parecer obsoleta, pero no lo es porque se debe considerar que las epidemias que induce *S. cepivorum* en el cultivo de cebolla, una vez establecido el patógeno, son fenómenos biológicos que están siempre presentes en el agroecosistema. Son también fenómenos dinámicos caracterizados por su estructura espacial y temporal, descripción a la que se dedica el presente trabajo. Para apreciar el valor de la información generada y analizada en el presente trabajo, así como su actualidad, valdría la pena preguntar. ¿Qué condiciones podrían haber cambiado respecto a la estructura y el comportamiento de las epidemias de *S. cepivorum* en el Bajío de 1990 a la fecha?

- 1) Las variedades cultivadas en la región no han cambiado y no cambiarán mientras siga la dependencia de semillas importadas, que son precisamente las más vulnerables a la enfermedad.
- 2) Las condiciones climáticas y edáficas conducentes al desarrollo de las epidemias no han cambiado.
- 3) El manejo agronómico no ha cambiado (monocultivo continuo) y es el que logra la máxima productividad del agroecosistema, aunque conduce también a la expresión máxima de la epidemia.

En la búsqueda de literatura pertinente al tema no se encontró, de 1990 a la fecha, ningún trabajo parecido siquiera al presente, tal vez porque, por ocurrir en el suelo, un cuerpo opaco que no permite ver los fenómenos que en él ocurren, el seguimiento de la dinámica poblacional de *S. cepivorum* puede hacerse sólo mediante métodos de investigación indirectos (muestreos, extracción, cuantificación) que no son particularmente preferidos por los investigadores.

Desarrollo fenológico de la cebolla

El ciclo de cultivo desde el transplante hasta la cosecha duró 160 d de diciembre a mayo. Se registraron las

disease and indicates the width of each rectangle. The calculations were made utilizing the statistical SAS package. An analysis of variance was conducted in order to compare the $AUDPC$ of the three epidemics, based on the Tukey test ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

The present paper is based on data generated in 1990; therefore, the information could seem to be obsolete, but it is not. It must be considered that, once the pathogen established, the epidemics induced in onion crops by *S. cepivorum*, are biologic phenomena, which are always present in the agricultural ecosystem. They also are dynamic phenomena, characterized by their spatial and temporal structure, to whose description the present paper is dedicated. Considering the value of the information, generated and analyzed in the present study, as well as its up-to-date-ness, it may be worth asking, What conditions concerning structure and behavior of *S. cepivorum* epidemics in the Bajío might have changed since 1990 up to now?

- 1) The cultivated varieties in the region have not changed and will not change while the country continues depending on imported seeds, which precisely are the most vulnerable to the disease.
- 2) The climatic and edaphic conditions leading to the development of epidemics have not changed.
- 3) The agronomic management has not changed (continuous monoculture) and it achieves maximum productivity of the agricultural ecosystem, although it also leads to the maximum expression of epidemics.

In the search for pertinent literature on this topic, no paper, not even similar to the present one, was found since 1990; perhaps because soil, an opaque body, does not allow to perceive the phenomena occurring within it. Monitoring of *S. cepivorum* population dynamics can only be carried out through indirect research methods (sampling, extraction, quantification), which researchers do not particularly prefer.

Phenological development of onion

The crop cycle from transplant to harvest lasted 160 d, from December to May. The following phenological stages were recorded, according to Brewster (2001): Development of the fourth leaf, formation of new leaves, emergence of leaves six and seven, beginning of bulb formation, bulb thickening, formed bulb, neck drop or soft neck (Figure 1).

siguientes etapas fenológicas según Brewster (2001): desarrollo de la cuarta hoja, formación de hojas nuevas, aparición de las hojas seis y siete, inicio de formación de bulbo, engrosamiento de bulbo, bulbo formado y caída de cuello o cuello blando (Figura 1).

Clima

Las medias mensuales de temperatura ambiental (°C), temperatura del suelo sin cubierta (°C), y precipitación (mm) durante el ciclo de cultivo se presentan en el Cuadro 1. Las temperaturas ambiental y del suelo aumentaron durante el ciclo de cultivo de 13.6 a 21.15 °C y de 9.9 a 21 °C. Las mayores precipitaciones se registraron en mayo (72.2 mm) y junio (76.9 mm).

Incidencia de la enfermedad

En las tres densidades de inóculo (alta, media y baja) las primeras plantas con síntomas de la enfermedad se

Climate

Monthly means of environmental temperature (°C), temperature of uncovered soil (°C), and precipitation (mm) during crop cycle are shown in Table 1. Environmental and soil temperature increased during crop cycle from 13.6 to 21.15 °C and from 9.9 to 21 °C. The most abundant precipitations were registered in May (72.2 mm) and June (76.9 mm).

Disease incidence

In the inoculum densities (high, medium, and low), the first plants with symptoms of the disease were observed at 30 dat, and the last record of diseased plants was made at 160 dat, at harvesting.

The epidemic in the plot with low ID began at 30 dat, recording an initial incidence of 0.03%, at 45 dat, an increase in diseased plants was observed, incidence reaching 0.36%, which coincided with the emergence of leaves 6 and 7. The harvest was carried out at

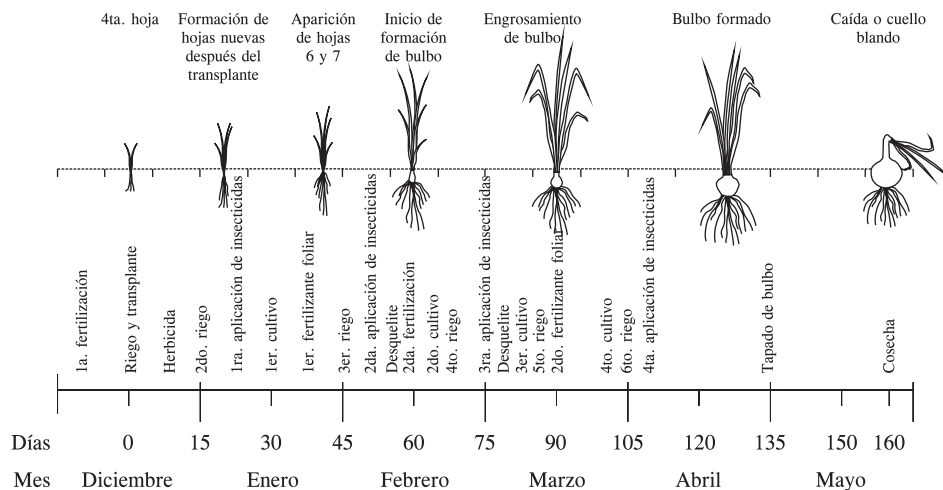


Figura 1. Principales etapas fenológicas de la cebolla (*A. cepa* L.) híbrido Suprema F1, y prácticas de manejo aplicadas bajo las condiciones climáticas del Rancho Agua Nueva, Guanajuato, durante el ciclo de cultivo de invierno de 1989-1990.

Figure 1. Principal phenological stages of onion (*A. cepa* L.), hybrid Suprema F1, and management practices applied under climatic conditions of Rancho Agua Nueva, Guanajuato, during crop cycle, winter 1989-1990.

Cuadro 1. Medias mensuales de la temperatura ambiental y del suelo, de la precipitación y de la humedad relativa, registradas durante el ciclo de cultivo de invierno de la cebolla, en el Rancho Agua Nueva, Guanajuato, durante 1989-1990.

Table 1. Monthly means of environmental and soil temperature, of precipitation and relative humidity, registered during winter crop cycle of onion, Rancho Agua Nueva, Guanajuato. 1989-1990.

Variable climática	Mes						
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Temperatura ambiental (°C)	13.6	14.8	14.9	17.0	19.4	21.1	21.1
T° Suelo s/cubierta	9.9	10.8	11.6	15.7	17.3	21.3	21.0
Precipitación (mm)	14.7	5.2	17.8	8.4	0.0	72.2	76.9

observaron a los 30 ddt y el último registro de plantas enfermas fue a los 160 ddt en la cosecha.

La epidemia en el lote con DI baja se inició a los 30 ddt registrándose una incidencia inicial de 0.03%, a los 45 ddt aumentó la cantidad de enfermedad llegando a 0.36% de incidencia, la cual coincidió con la aparición de las hojas 6 y 7. La cosecha se realizó a los 160 ddt y se registró una incidencia acumulada de 51.93% de plantas enfermas (Cuadro 2; Figura 2). La curva de incidencia absoluta (Figura 3) para esta epidemia indicó que a los 138 ddt hubo la mayor cantidad de plantas enfermas con 11.85% de incidencia, correspondiendo con la etapa de bulbo formado (Cuadro 3; Figura 3).

En el lote con DI media, la epidemia se inició también a los 30 ddt, registrándose una incidencia inicial de 0.087%. De manera similar a lo sucedido en el lote de DI baja, a los 45 ddt se observó un incremento de 0.76% en la cantidad de enfermedad que coincidió con la aparición de las hojas 6 y 7; mientras que a la cosecha (160 ddt) se registró una incidencia acumulada de 67.75% (Cuadro 2; Figura 2). La gráfica de incidencia absoluta en este lote de DI media (Figura 3) reveló dos picos con alta incidencia de plantas enfermas: el primero a los 81 ddt (etapa de engrosamiento de bulbo) con 10.27% y el otro en la cosecha (160 ddt) con 22.47% de incidencia, coincidiendo con el período fenológico de caída o cuello blando del cultivo (Cuadro 3, Figura 3).

En el lote con DI alta, la epidemia se inició a los 30 ddt con 0.128% de incidencia. A los 45 ddt se observó un incremento de 1.3% en la enfermedad, que coincidió con la aparición de las hojas 6 y 7; a la cosecha (160 ddt) se registró una incidencia acumulada de 82.9% (Cuadro 2; Figura 2). La curva de incidencia absoluta (Figura 3) mostró un incremento de la enfermedad de 24.4% de incidencia entre los 45 y 81 ddt coincidiendo con las etapas de inicio de formación de bulbo y de engrosamiento del bulbo (Cuadro 3;

160 dat, when an accumulated incidence of 51.93% of diseased plants was registered (Table 2; Figure 2). The absolute curve of incidence (Figure 3) for this epidemic indicated that at 138 dat there was the largest amount of diseased plants with 11.85% of incidence, corresponding to the phase of formed bulbs (Table 3; Figure 3).

In the plot with medium ID, the epidemic also began at 30 dat, an initial incidence of 0.087% being registered. Similarly to what happened in the plot of low ID, at 45 d after transplant, an increase of 0.76% in severity of the disease was observed, coinciding with the appearance of leaves 6 and 7, whereas at harvest (160 dat) an accumulated incidence of 67.75% was registered (Table 2; Figure 2). The graph of absolute incidence in the plot of medium ID (Figure 3) revealed two peaks with high incidence of diseased plants: the first at 81 dat (phase of bulb thickening) with 10.27%, and the other at harvest (160 dat) with 22.47% incidence, coinciding with the phenological crop period of drop or soft neck (Table 3; Figure 3).

In the plot with high ID, the epidemic began at 30 dat with 0.128% incidence. At 45 dat, an increment of 1.3% in disease was observed, which coincided with the emergence of leaves 6 and 7; for harvest (160 dat) an accumulated incidence of 82.9% was recorded (Table 2; Figure 2). The absolute incidence curve (Figure 3) showed an increase of the disease by 24.4% incidence between 45 and 81 dat, which agreed with the phases of beginning of bulb formation and bulb thickening (Table 3; Figure 3). In the three plots of the crop, the epidemic began at 30 dat, in the phase of new leaf formation. Furthermore, a direct relation between initial inoculum density and accumulated final incidence was observed, since with initial ID of 0.021, 0.052, and 0.44 sclerotia g⁻¹ soil, final incidences were 51.93, 62.75, and 82.9%.

Cuadro 2. Incidencia acumulada de la enfermedad pudrición blanca durante las principales etapas fenológicas del cultivo de cebolla, híbrido Suprema F1, para tres lotes con diferente densidad de inóculo (DI), en el Rancho Agua Nueva, municipio Juventino Rosas, Guanajuato.

Table 2. Accumulated incidence of white rot disease, during main phenological stages of onion crop, hybrid Suprema F1, for three plots with different inoculum density (ID) at Rancho Agua Nueva, municipality Juventino Rosas, Guanajuato.

Lote	DI	Incidencia acumulada (%)					
		Formación hojas nuevas (30 ddt)	Aparición de hojas 6 y 7 (45 ddt)	Inicio formación de bulbo (65 ddt)	Engrosamiento de bulbo (90 ddt)	Bulbo formado (124 ddt)	Cuello blando (160 ddt)
Baja	0.021	0.03	0.39	3.05	12.89	24.70	51.93
Media	0.052	0.08	0.76	5.41	24.37	32.01	67.75
Alta	0.440	0.12	1.30	25.70	59.67	69.51	82.90

ddt = días después del transplante ❖ dap = days after transplant.

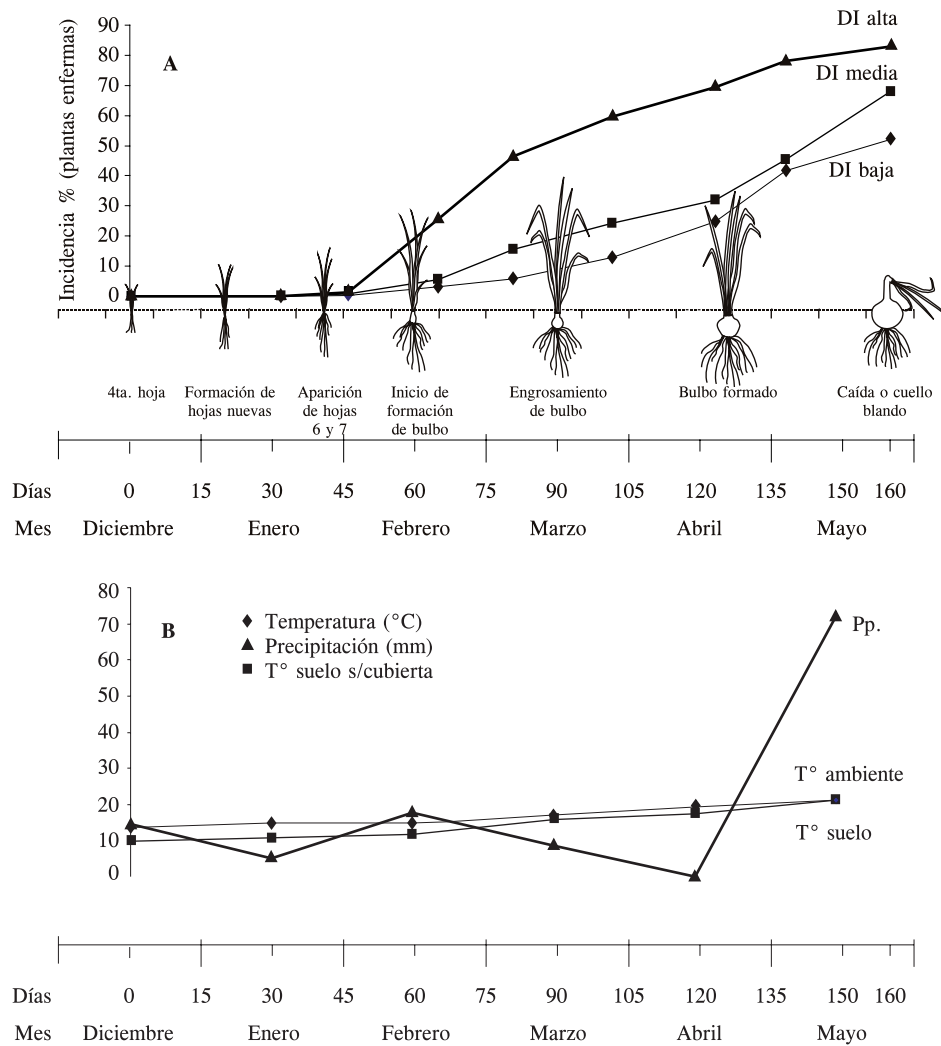


Figura 2. A) Porcentaje de incidencia acumulada de la enfermedad pudrición blanca causada por el hongo *Sclerotium cepivorum* Berk, en el cultivo de cebolla (*A. cepa* L.) híbrido Suprema F1, cultivada en tres lotes: con baja densidad de inóculo (0.021 esclerocios g^{-1} de suelo), con media densidad de inóculo (0.052 esclerocios g^{-1} de suelo), y con alta densidad de inóculo (0.44 esclerocios g^{-1} de suelo); y su relación con las etapas fenológicas más importantes del cultivo identificados en el Rancho Agua Nueva, Guanajuato. **B)** Representación gráfica de las medias mensuales de temperatura ambiental ($^{\circ}C$), precipitación (mm) y temperatura del suelo sin cubierta ($^{\circ}C$, a una profundidad de 10 cm), durante el ciclo de cultivo de invierno.

Figure 2. A) Percentage of accumulated incidence of white rot disease caused by the fungus *Sclerotium cepivorum* Berk. in onion crop (*A. cepa* L.), hybrid Suprema F1, cultivated in three plots: with low inoculum density (0.021 sclerotia g^{-1} soil), with medium inoculum density (0.052 sclerotia g^{-1} soil), and with high inoculum density (0.44 sclerotia g^{-1} soil); their relation with the most important phenological crop stages, identified at Rancho Agua Nueva, Guanajuato. **B)** Graph of monthly environmental mean temperatures ($^{\circ}C$), precipitation (mm), and temperatures of uncovered soil ($^{\circ}C$, at 10 cm depth) during winter crop cycle.

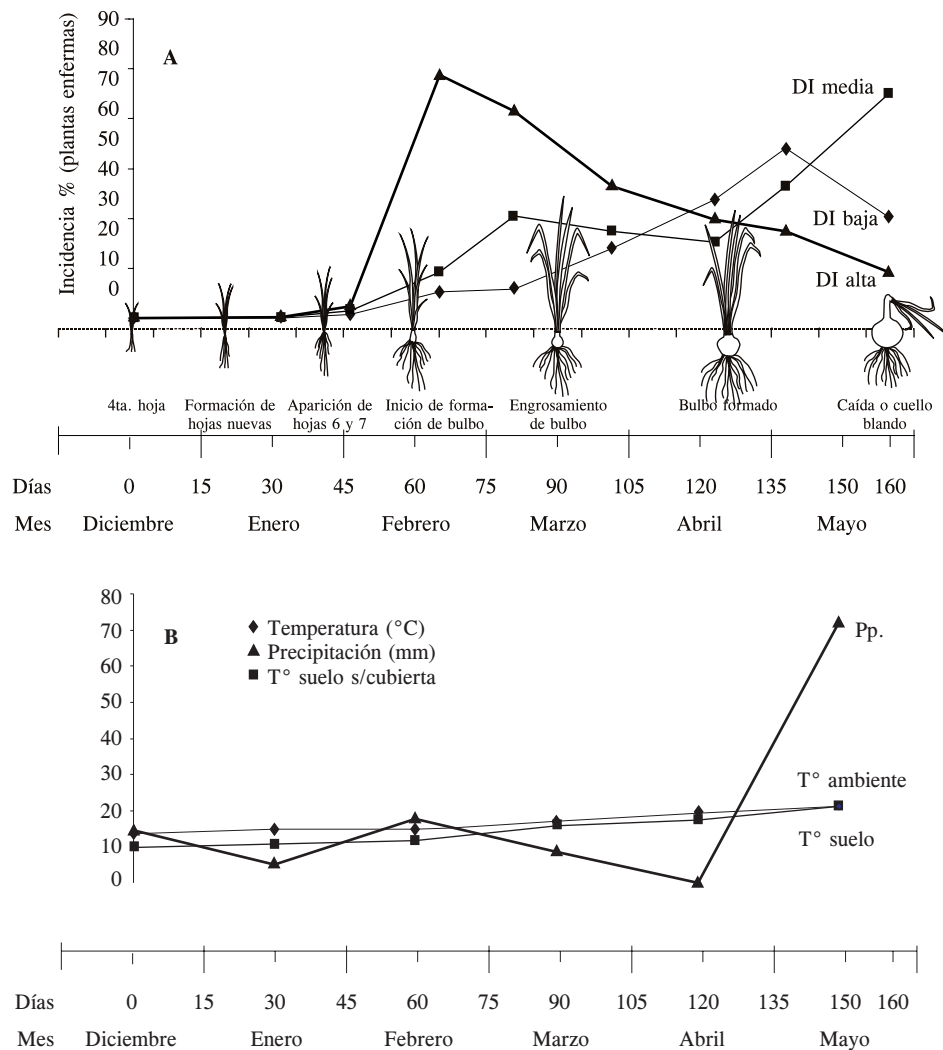


Figura 3. A) Porcentaje de incidencia absoluta de la enfermedad pudrición blanca en el cultivo de la cebolla (*A. cepa* L.) híbrido Suprema F1, cultivada en tres lotes: con baja densidad de inóculo (0.021 esclerocios g^{-1} de suelo), con media densidad de inóculo (0.052 esclerocios g^{-1} de suelo), y con alta densidad de inóculo (0.44 esclerocios g^{-1} de suelo); y su relación con los procesos biológicos más importantes del cultivo identificados en el Rancho Agua Nueva, Guanajuato. B) Representación gráfica de las medias mensuales de temperatura ambiental ($^{\circ}C$), precipitación (mm) y temperatura del suelo sin cubierta ($^{\circ}C$, a una profundidad de 10 cm), durante el ciclo de cultivo.

Figure 3. A) Percentage of absolute incidence of white rot disease in onion crop (*A. cepa* L.), hybrid Suprema F1, grown in three plots: with low inoculum density (0.021 sclerotia g^{-1} soil), with medium inoculum density (0.052 sclerotia g^{-1} soil), and with high inoculum density (0.44 sclerotia g^{-1} soil); their relation with the most important biologic processes of the crop, identified at Rancho Agua Nueva, Guanajuato. B) Graph of monthly means of environmental temperature ($^{\circ}C$), precipitation (mm), and temperature of uncovered soil ($^{\circ}C$ at 10 cm depth) during crop cycle.

Cuadro 3. Incidencia absoluta de la enfermedad pudrición blanca durante las principales etapas fenológicas del cultivo de la cebolla, híbrido Suprema F1, para tres lotes con diferente densidad de inóculo (DI), en el Rancho Agua Nueva, municipio Juventino Rosas, Guanajuato.**Table 3. Absolute incidence of white rot disease during principal phenological stages of onion crop, hybrid Suprema F1, for three plots with different inoculum density (ID) at Rancho Agua Nueva, municipality Juventino Rosas, Guanajuato.**

Lote	DI	Incidencia acumulada (%)					
		Formación hojas nuevas (30 ddt)	Aparición de hojas 6 y 7 (45 ddt)	Inicio formación de bulbo (65 ddt)	Engrosamiento de bulbo (90 ddt)	Bulbo formado (124 ddt)	Cuello blando (160 ddt)
Baja	0.021	0.03	0.36	2.66	6.98	11.85	10.13
Media	0.052	0.08	0.68	4.65	8.69	7.64	22.47
Alta	0.440	0.12	1.16	24.40	13.25	9.83	4.64

ddt = días después del trasplante ❖ dat = days after transplant.

Figura 3). En los tres lotes de cultivo, la epidemia inició a los 30 ddt, en la etapa de formación de hojas nuevas. También se observó una relación directa entre la densidad de inóculo (DI) inicial y la incidencia final acumulada, ya que con DI iniciales de 0.021, 0.052 y 0.44 esclerocios g^{-1} de suelo las incidencias finales fueron 51.93, 62.75 y 82.9% respectivamente.

La temperatura del suelo es el elemento climático que más influye en la germinación y desarrollo de *S. cepivorum*, así como de la enfermedad que causa. Crowe y Hall (1980) encontraron que en el campo, la germinación e infección de *S. cepivorum* ocurre entre los 9 y 24 °C con un óptimo de 15 °C y su viabilidad disminuye en un intervalo de 21 a 30 °C. Adams y Papavizas (1971) mencionan que los esclerocios son la primera fuente de inóculo y éstos infectan en cualquier etapa de crecimiento del hospedante, si se presentan temperaturas de 15 a 25 °C, con un óptimo de 20 °C, mientras que el desarrollo de la infección tiene un intervalo de 10 a 18 °C y un óptimo de 15 °C. En el presente estudio, de diciembre a junio hubo temperaturas de 9 a 21 °C, lo cual fue apropiado para la germinación e infección de *S. cepivorum* en el hospedante, coincidiendo con lo reportado por los dos autores mencionados. La temperatura de 21 °C al final de su ciclo pudieron participar en la disminución de la viabilidad e infección en el hospedante.

Ajuste de curvas de progreso de la enfermedad

El ajuste de los datos de incidencia de la enfermedad para las tres densidades de inóculo a los modelos de crecimiento monomolecular, logístico y Gompertz en su forma linealizada, permitió elegir el modelo que mejor describe a las tres epidemias. Los criterios estadísticos considerados para evaluar y seleccionar los modelos se presentan en el Cuadro 4.

Soil temperature is the climatic element that most influences germination and development of *S. cepivorum*, as well as of the disease that it causes. Crowe and Hall (1980) found that in the field, germination and infection of *S. cepivorum* occurs between 9 and 24 °C with an optimum of 15 °C, and their viability diminishes in an interval of 21 and 30 °C. Adams and Papavizas (1971) mention that sclerotia are the first source of inoculum and they infect at any growth stage of the host, whenever temperatures from 15 to 25 °C with an optimum of 20 °C occur, whereas the development of the infection has an interval of 10 to 18 °C and an optimum of 15 °C. In our study, from December to June there were temperatures between 9 to 21 °C, which were appropriate for germination and infection of *S. cepivorum* in the host, agreeing with the data reported by the two authors mentioned above. The temperature of 21 °C at the end of their cycle could participate in the diminution of viability and infection in the host.

Adjustment of disease progress curves

The adjustment of disease incidence data for the three inoculum densities to the monomolecular, logistic, and Gompertz models in their linearized form allowed choosing the model that best describes the three epidemics. The statistical criteria considered for evaluation and selection of the models are presented in Table 4.

In low ID, the progress of white rot incidence was satisfactorily described by the Gompertz model with: $R^2=98.9$, $CME=0.007$, $\hat{S}_{B0}=0.025$, $\hat{S}_{B1}=0.0002$. The distribution of residuals was random, in other words, the predicted values of the model are very close to the real values of incidence. The obtained regression model was: $-\ln[-\ln(y)] = -2.59 + 0.018(t)$, where -2.59 is the intercept, 0.018 is the slope, and t is

En la DI baja, el progreso de la incidencia de la pudrición blanca fue descrito satisfactoriamente por el modelo Gompertz con: $R^2=98.9$, $CME=0.007$, $\hat{S}_{B0}=0.025$, $\hat{S}_{B1}=0.0002$. La distribución de residuales fue aleatoria, es decir, los valores predichos del modelo son muy cercanos a los valores reales de incidencia. El modelo de regresión obtenido fue: $-\ln[-\ln(y)] = -2.59 + 0.018(t)$, donde -2.59 es el intercepto, 0.018 es la pendiente y t es el tiempo. En la DI media, el modelo que mejor describió los datos de la enfermedad fue el Gompertz con: $R^2=97.6$, $CME=0.017$, $\hat{S}_{B0}=0.054$, $\hat{S}_{B1}=0.0005$ y una distribución de residuales aleatoria. El modelo de regresión obtenido fue: $-\ln[-\ln(y)] = -2.497 + 0.020(t)$, donde -2.497 es el intercepto, 0.020 es la pendiente y t es el tiempo. En la DI alta, el progreso temporal de la incidencia fue mejor descrito por el modelo monomolecular con: $R^2=98.4$, $CME=0.007$, $\hat{S}_{B0}=0.026$, $\hat{S}_{B1}=0.0002$, así como una distribución de residuales aleatoria. El modelo de regresión obtenido fue: $\ln(1/1-y) = -0.565 + 0.014(t)$, donde -0.565 es el intercepto, 0.014 es la pendiente y t es el tiempo.

En el presente estudio se encontró que las epidemias en los lotes con baja y media DI se ajustaron al modelo Gompertz, que es un modelo sigmoidal. Crowe y Hall (1980) mencionan que las hifas de esclerocios germinados crecen a través del suelo infectando a raíces que están a 1 y 2 cm de distancia. Cuando la densidad de inóculo es baja y el patógeno tiene movilidad limitada, es el crecimiento de las raíces el que incrementa la probabilidad de contacto entre el patógeno y el hospedero, por lo que la curva de crecimiento sigmoidal de la raíz explica la curva de progreso sigmoidal de la enfermedad (Campbell *et al.*, 1984). En

time. For the average ID, the model that best described the data of the disease was that of Gompertz with: $R^2=97.6$, $CME=0.017$, $\hat{S}_{B0}=0.054$, $\hat{S}_{B1}=0.0005$ and a random distribution of residuals. The regression model obtained was: $-\ln[-\ln(y)] = -2.497 + 0.020(t)$, where -2.497 is the intercept, 0.029 is the slope, and t is time. For the high ID, the temporal progress of incidence was best described by the monomolecular model with: $R^2=98.4$, $CME=0.007$, $\hat{S}_{B0}=0.026$, $\hat{S}_{B1}=0.0002$, as well as a random distribution of residuals. The obtained regression model was: $\ln(1/1-y) = -0.565 + 0.014(t)$, where -0.565 is the intercept, 0.014 is the slope, and t is time.

In our study, it was found that the epidemics in the plots of low and medium ID were adjusted to the Gompertz model, which is a sigmoidal model. Crowe and Hall (1980) mention that the hyphae of germinated sclerotia grow through the soil, infecting roots which are at a distance between 1 and 2 cm. When inoculum density is low and the pathogen has limited mobility, it is the growth of roots that increases the likelihood of contact between pathogen and host; that is why the curve of sigmoidal root growth explains the curve of sigmoidal disease progress (Campbell *et al.*, 1984). In the plot with high ID, there was a larger amount of sclerotia and, apparently, an early explosive infection at the first phenological stages, occurring mass plant death, which avoided that there might be a higher production of healthy tissue available for future infections. With these results, it may be inferred that the differences in ID of the pathogen in soil will influence the form of the curve of temporal epidemic progress, that is, they determine the time (or phenological stage), the maximum intensity of

Cuadro 4. Estadísticas consideradas para el ajuste y selección de modelos de crecimiento aplicados para describir el progreso temporal de la incidencia de la pudrición blanca de la cebolla en tres lotes con diferente densidad de inóculo.

Table 4. Statistics considered for adjustment and selection of growth models, applied to describe temporal progress of onion white rot incidence in three plots with different inoculum density.

DI	Modelo	R ² (%)	CME	Significancia	\hat{S}_{B0}	Significancia	\hat{S}_{B1}	Significancia	Re
0.021	Monomolecular	83.99	0.011	0.0001	0.031	0.0001	0.0003	0.0001	NA
	Logístico	90.01	0.697	0.0001	0.249	0.0001	0.002	0.0001	NA
	Gompertz	98.92	0.007	0.0001	0.025	0.0001	0.0002	0.0001	A
0.052	Monomolecular	82.89	0.023	0.0001	0.057	0.0001	0.0005	0.0001	NA
	Logístico	88.06	0.776	0.0001	0.332	0.0001	0.003	0.0001	NA
	Gompertz	97.57	0.020	0.0001	0.054	0.0001	0.0005	0.0001	A
0.440	Monomolecular	98.37	0.006	0.0001	0.026	0.0001	0.0002	0.0001	A
	Logístico	80.59	1.550	0.0001	0.397	0.0001	0.003	0.0001	NA
	Gompertz	94.35	0.087	0.0001	0.094	0.0001	0.0009	0.0001	A

R² = coeficiente de determinación; CME = cuadrado medio del error; \hat{S}_{B0} = error estándar del intercepto; \hat{S}_{B1} = error estándar de la pendiente; Re = residuales; NA = no adecuado; A = adecuado ♦ R² = determination coefficient; CME = mean square error; \hat{S}_{B0} = standard error of intercept; \hat{S}_{B1} = standard error of slope; Re = residuals; NA = not adequate; A = adequate.

el lote con alta DI hubo mayor cantidad de esclerocios y aparentemente una infección explosiva temprana, en las primeras etapas fenológicas, presentándose muerte masiva de plantas, lo cual evitó que hubiera mayor producción de tejido sano disponible para futuras infecciones. Con estos resultados se puede inferir que las diferencias en la DI del patógeno en el suelo van a influir en la forma de la curva de progreso temporal de la epidemia, es decir, determinan el tiempo (o etapa fenológica), la máxima cantidad de enfermedad y la cantidad del daño causado al cultivo.

Las tasas de crecimiento de la enfermedad estimadas para los sitios en estudio con DI baja, media y alta fueron 0.018, 0.02 y 0.014. Dado que los parámetros de cambio se derivaron a partir de diferentes modelos, se homologaron usando el parámetro Rho o tasa absoluta media ponderada, resultando 0.004, 0.005 y 0.007 para DI baja, media y alta. Estos valores permitieron calcular la tasa de infección aparente homologada al modelo de mayor frecuencia de ajuste, en este caso el de Gompertz obteniendo valores de r_G de 0.018, 0.020 y 0.028 para los lotes con DI baja, media y alta (Cuadro 5).

Comparación de epidemias

Para comparar las tasas homologadas al modelo Gompertz se usó la prueba de t para comparación de dos parámetros (Infante y Zárate, 1990) (Cuadro 6). Los resultados mostraron que la comparación de las tasas de densidad baja y media, media y alta, baja y alta, fueron estadísticamente distintas ($p \leq 0.01$), es decir, las tres densidades de inóculo de *S. cepivorum* seleccionados en este trabajo provocaron epidemias significativamente diferentes. Al parecer, la tasa de crecimiento de la enfermedad depende de la DI existente en el suelo: cuando ésta es mayor, la tasa de crecimiento aumenta.

La comparación de las tres epidemias mediante el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) indicó que la DI alta tuvo la mayor área (6225.54), seguida por la DI media (3063.98) y la más baja fue para la DI baja (2180.12) (Cuadro 7).

La comparación de epidemias (o curvas del progreso de la enfermedad) es una práctica común en

the disease, and the amount of damage caused to the crop.

The disease growth rate, estimated for the study sites with low, medium, and high ID, was 0.018, 0.02, and 0.014. Given that the parameters of change were derived from different models, they were homologized by the use of the Rho parameter or weighted absolute mean rate, resulting for ID low, medium, and high in 0.004, 0.005, and 0.007. These values allowed calculating the apparent infection rate, homologized to the model of highest adjustment frequency, in this case, that of Gompertz, obtaining values of r_G of 0.018, 0.020, and 0.028 for the plots with low, medium, and high ID, (Table 5).

Comparison of epidemics

In order to compare the rates homologized to the Gompertz model, the t-test was used for the comparison of two parameters (Infante and Zárate, 1990) (Table 6). The results showed that the comparison of low and medium, medium and high, low and high density rates were statistically different ($p \leq 0.01$), that is, the three inoculum densities of *S. cepivorum* selected in this study provoked significantly different epidemics. Apparently, the disease growth rate depends on the ID existing in the soil, when it is higher, the growth rate increases.

The comparison of the three epidemics by the area under the curve of disease progress (AUCDP) indicated that high ID had the largest area (6225.54), followed by medium ID (3063.98) and the lowest area was for the low ID (2180.12) (Table 7).

The comparison of epidemics (or disease progress curves) is a common practice in epidemiology. In this case, it allowed to corroborate the indicated relation: the higher the inoculum density, the greater the disease incidence. Therefore, it is considered that initial ID is important for the understanding and perhaps predicting the development of the disease within a plant population in the field, and for taking decisions and the establishment of pathogen and disease management strategies. Temporal analysis of epidemics and their components (plant, pathogen, and environment) helped to understand that initial

Cuadro 5. Parámetros usados para comparar el progreso de la incidencia de la pudrición blanca en cebolla.

Table 5. Parameters used for the comparison of white rot incidence progress in onion.

DI	Modelo	Tasa de crecimiento (r)	Tasa absoluta media (Rho)	Tasa homologada (r_G)
0.021	Gompertz	0.018	0.004	0.018
0.052	Gompertz	0.020	0.005	0.020
0.440	Monomolecular	0.014	0.007	0.028

DI = densidad de inóculo ❖ ID = inoculum density.

Cuadro 6. Comparación de las tasas de incremento de la incidencia de la pudrición blanca en cebolla mediante la prueba de t.
Table 6. Comparison of incidence increase rates of white rot in onion by means of the t-test.

DI	Tasa homologada (r_G)	t_c	$t_{r, 0.01/2, n1+n2}$	Regla de decisión Si $t_c \geq t_r$ hay diferencia entre tasas Si $t_c \leq t_r$ no diferencia entre tasas
Baja vs Media	$r_G=0.018$ vs $r_G=0.020$	13.65	2.60	Las tasas son distintas con significancia de 0.01
Media vs Alta	$r_G=0.020$ vs $r_M=0.028$	43.52	2.63	Las tasas son distintas con significancia de 0.01
Baja vs Alta	$r_G=0.018$ vs $r_M=0.028$	90.00	2.62	Las tasas son distintas con significancia de 0.01

epidemiología. En este caso permitió corroborar la relación indicada de a mayor densidad de inóculo la incidencia de la enfermedad es mayor. Por tanto, se considera que la DI inicial es importante para entender y quizá predecir el desarrollo de la enfermedad dentro de una población de plantas en campo y para tomar decisiones y el establecimiento de estrategias de manejo del patógeno y de la enfermedad. El análisis temporal de las epidemias y sus componentes (planta, patógeno y ambiente) permitió entender que la densidad de inóculo inicial del patógeno altera la intensidad de la epidemia, la tasa del progreso de la enfermedad (r), la forma de la curva del progreso de la enfermedad, el tiempo en que se presenta la cantidad máxima (y_{max}) de enfermedad y la enfermedad final observada (y_f).

CONCLUSIONES

El inicio de la enfermedad ocurrió en la formación de hojas nuevas después del trasplante, independientemente de la DI. La relación entre las curvas del progreso de la enfermedad y la fenología, demostraron que a mayor densidad de inóculo, la máxima incidencia absoluta (y_{max}) se presenta en etapas más tempranas de desarrollo del cultivo. Las curvas del progreso de la enfermedad se ajustaron mejor, para el caso de la densidad de inóculo baja y media, al modelo Gompertz; y la alta al monomolecular.

La comparación de epidemias basadas en las tasas de crecimiento homologadas al modelo Gompertz, así como en el *ABCPE*, indicaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres diferentes densidades de inóculo, correspondiendo a la densidad de inóculo alta la mayor tasa de crecimiento y la mayor *ABCPE*.

Las condiciones de temperatura ambiental y del suelo registradas en la zona de estudio son adecuadas para la germinación e infección de *S. cepivorum* en el hospedante durante el ciclo de cultivo invierno-primavera (diciembre-mayo). El análisis temporal de la enfermedad y sus componentes (planta, patógeno y ambiente) mostró que la DI inicial determina características epidemiológicas importantes como: tasa de

inoculum density of the pathogen alters the intensity of the epidemic, the disease progress rate (r), the form of the disease progress curve, the time in which the maximum intensity of the disease (y_{max}) and the observed final disease (y_f) occurs.

CONCLUSIONS

The beginning of the disease occurred in the phase of formation of new leaves after the transplant, independently of ID. The relation between disease progress curve and phenology demonstrated that at greatest inoculum density, the absolute maximum incidence (y_{max}) appears in the earliest phases of crop development. For the case of low and medium inoculum density, the disease progress curves were best adjusted to the Gompertz model, and for high ID, to the monomolecular model.

The comparison of epidemics based on the growth rates homologized to the Gompertz model, as well as on the *AUDPC*, indicated statistically significant differences among the three different inoculum densities, the highest growth rate and the greatest *AUDPC* corresponding to high inoculum density.

Environmental and soil temperature, registered in the study zone, proved to be adequate conditions for germination and infection of *S. cepivorum* in the host during the winter-spring crop cycle (December-May).

Cuadro 7. Prueba de separación de medias múltiple de Tukey para los valores medios del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), obtenidos con tres diferentes densidades de inóculo de *Sclerotium cepivorum* en cebolla.

Table 7. Multiple Range Tukey test of separation of means for mean values of the area under disease progress curve (AUDPC), obtained under three different inoculum densities of *Sclerotium cepivorum* in onion.

Densidad de inóculo	Media de <i>ABCPE</i>	Grupo
0.021	6225.54	A
0.052	3063.98	B
0.440	2180.12	C

Cifras con diferentes letras dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) ♦ Figures with different letters within the same column are statistically different ($p \leq 0.05$).

progreso (r), intensidad de la enfermedad, tiempo de y_{max} y cantidad de enfermedad final (y_f), en este pato-sistema.

LITERATURA CITADA

- Adams, P. B., and G. C. Papavizas. 1971. Effect of inoculum density of *Sclerotium cepivorum* and some soil environmental factors on disease severity. *Phytopathology* 61: 1253.
- Brewster, J. L. 2001. Las Cebollas y otros Alliums. Editorial Acri-bia S. A. Zaragoza, España. pp: 21-43.
- Campbell, C. L., and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. Wiley & Sons. USA. 532 p.
- Campbell, C. L., R. W. Jacobi, N. T. Powell, and C. E. Main. 1984. Analysis of disease progression and the randomness of occurrence of infected plants during tobacco black shank epidemics. *Phytopathology* 74: 230-235.
- Crowe, F. J., and D. H. Hall. 1980. Vertical distribution of Sclerotia of *Sclerotium cepivorum* and host root systems relative to white rot of onion and garlic. *Phytopathology* 70: 70-73.

Temporal analysis of the disease and its components (plant, pathogen, and environment) showed that initial ID determines important epidemiological characteristics, such as: progress rate (r), disease intensity, time of y_{max} and severity of final disease (y_f) in this pathology system.

—End of the English version—



- Infante-Gil, S., y G. P. Zárate de Lara. 1990. Métodos Estadísticos. Ed. Trillas, México. 643 p.
- Papavizas, G. C. 1972. Isolation and enumeration of propagules of *Sclerotium cepivorum* from soil. *Phytopathology* 62:545-549.
- SIAP, SAGARPA. 2002. Avance comparativo de siembras y cosechas a nivel nacional. Cultivo de Cebolla. www.siap.org.mx (consultado el 30 de septiembre de 2002).