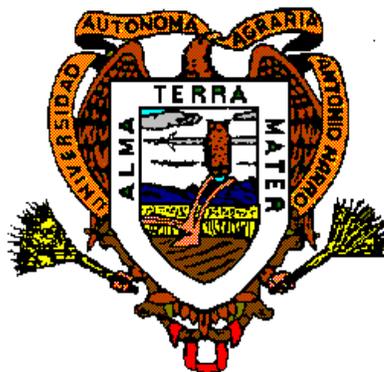


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Comportamiento Epidemiológico de la Enfermedad
Amarillamiento de Agujas en Pino Alepo (*Pinus halepensis* Mill.)
en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila.**

POR

ANACLETO CRUZ GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

**Comportamiento Epidemiológico de la Enfermedad Amarillamiento de
Agujas en Pino Alepo (*Pinus halepensis* Mill.) en la Sierra de Zapalinamé,
Saltillo, Coahuila.**

POR

ANACLETO CRUZ GONZÁLEZ

TESIS

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO PARASITOLOGO**

APROBADO

M.C. Ma. ELIZABETH GALINDO C.
Presidente del jurado

M.C. FAUSTINO LARA V.
Sinodal

M.C. JORGE DAVID FLORES F.
Sinodal

M.C. ABIEL SANCHEZ ARIZPE
Sinodal

M.C. REYNALDO ALONSO V.
Coordinador de la División de Agronomía

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

OCTUBRE DEL 2002

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido culminar con éxito una meta más de mi vida y por bendecir mi hogar manteniendo una armonía en la familia.

A mi Alma Terra Mater por haberme adoptado y ser instruido dentro de sus instalaciones, así como de todos los servicios brindados durante mi estancia.

Al Departamento de Parasitología por ocupar sus laboratorios en donde se pasan traspasadas que al final de cuentas se convierten en satisfacciones.

A la M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda, por la amistad que me ha brindado y por el gran apoyo durante la realización de este trabajo.

Al M.C. Faustino Lara Victoriano por ser parte del cuerpo de asesores y haberme apoyado en la conducción de este trabajo, así como de los consejos constantes que siempre me ha estado brindando.

Al M.C. Jorge David Flores Flores por las sugerencias y observaciones realizadas en esta investigación.

Al M.C. Abiel Sánchez Arizpe por su colaboración en la revisión del presente.

A la T.L.Q. Cristina Sánchez y Silvia Ovalle por apoyarnos durante la fase de laboratorio y sobre todo por el carisma y la amistad que me han brindado no me resta mas que decirles Muchas Gracias.

A toda la planta docente, Administrativa e intendentes del Departamento de Parasitología por haberme dado los conocimientos y herramientas para culminar con éxito.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Juan Cruz Torres y Agustina González Hernández

Por hacerme de mi un hombre de bien y haberme dejado que yo eligiera una carrera, por todos los rezos y desvelos de usted madre, las preocupaciones que le hice pasar, los consejos que siempre me ha transmitido desde mi niñez y por el gran cariño que les tengo esto es para ustedes.

A MIS ABUELITOS MATERNOS:

Hilario González (+) y Cecilia Hernández

Por estar siempre con nosotros y darnos felicidad.

A MIS HERMANOS:

Saturnino, Hilario, Carolina, Miguel Angel

Con grandes esfuerzos hemos podido salir adelante ayudándonos todos, hemos sabido hacer un gran equipo con éxito, gracias hermano mayor por apoyarnos económicamente, ejemplo a seguir, y a los hermanos menores los exortó a seguir echándole ganas (Caro, Mike) y sean de los triunfadores en esta vida.

A MI CUÑADA Y SOBRINO:

Patricia Reyes y Dulio Ronaldo Cruz

Ustedes ya son parte de la dinastía Cruz y han proporcionado más alegría en la familia, pero sobre todo lo que faltaba, la risa de un niño.

A MIS TIOS:

**Enrique Martínez, Carlos Sweet, Aurelio Cruz (+), Martín González, Ma.
Concepción González, María González.**

Los consejos siempre presentes hacia todos sus sobrinos, el gran cariño que nos
tienen no los defraudaremos tíos.

A MIS PRIMOS:

**Enrique sweet, Eduardo, Cirilo, Cecilia Martínez, Gustavo, Lizbeth, Cecilia
Sweet, Beatriz, Enrique Martínez.**

A LA GENERACIÓN 92 DE PARASITOLOGIA:

Por haber sido un gran equipo y estar siempre unidos además de compartir
momentos felices.

A MIS AMIGOS:

**Luis H. Ahumada, Alfonso Gamboa, Maximino Hdez., Esteban Cabrera,
Andrés Resendiz, Lilia Cruz, Juan García, Jaquelina Cruz, Juliana Paque,
Fanny Rubio, Marisol Rubio, Orbelin de la Cruz, Leonides García, Lupita
Godinez, Nectali López, Deyanira de la Cruz, Marisela.**

A LOS DEL CUARTO "HALL D":

Adrián Vargas, Juan de Dios, Pablo, Hugo, Edgar, Octavio.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE APÉNDICE	xi
RESUMEN	xii
I.- INTRODUCCIÓN-----	1
II.-OBJETIVOS-----	2
III.- REVISIÓN DE LITERATURA-----	3
3.1 Importancia de las Areas Forestales-----	3
3.2 Posición Taxonómica de <i>Pinus halepensis</i> Mill-----	4
3.3 Descripción Botánica de la Especie-----	4
3.4 Vegetación Principal Existente en la Sierra de Zapalinamé-----	6
3.5 Patógenos que Atacan a <i>Pinus halepensis</i> Mill -----	8
3.5.1 <i>Armillaria mellea</i> (Vahl) Quel. -----	8
3.5.2 <i>Fomes annosus</i> (Fr) Karst-----	9
3.5.3 <i>Fusarium subglutinans</i> f. sp. <i>pini</i> -----	11
3.5.4 <i>Crumenulopsis sororia</i> -----	12
3.5.5 <i>Cronartium flaccidum</i> -----	13
3.5.6 <i>Diplodia pinea</i> -----	14

3.5.7 <i>Lophodermium pinastri</i> -----	16
3.5.8 <i>Lophodermium seditiosum</i> -----	18
3.5.9 <i>Micosphaerella pini</i> -----	19
3.5.10 <i>Lecanosticta acicola</i> -----	21
3.6 Medición de la Enfermedad -----	23
3.7 Planeación y ejecución de un sistema de medición -----	23
3.8 Análisis de epidemias -----	24
3.9 Modelos no Flexibles -----	25
3.9.1 Modelo Exponencial-----	25
3.9.2 Modelo Monomolecular-----	26
3.9.3 Modelo Logístico-----	27
3.9.4 Modelo Gompertz-----	28
IV.- MATERIALES Y METODOS -----	30
4.1 Descripción del Área de Estudio -----	30
4.1.1 Clima-----	31
4.1.2 Suelo-----	31
4.2 Selección de Estratos y Sitios -----	32
4.3 Marcaje y Selección de árboles -----	32
4.4 Medición de la Enfermedad -----	33
4.4.1 Incidencia-----	33
4.4.2 Severidad-----	33
4.5 Elaboración del Diagrama de Severidad -----	34
4.6 Definición de la Enfermedad -----	34
4.7 Definición del comportamiento de la enfermedad -----	34

4.7.1 Modelo Exponencial-----	34
4.7.2 Modelo Monomolecular-----	34
4.7.3 Modelo Logístico-----	35
4.7.4 Modelo Gompertz-----	35
V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	36
5.1 Incidencia-----	36
5.2 Severidad -----	36
5.3 Comportamiento de la enfermedad-----	41
5.4 Modelo Exponencial-----	41
5.5 Modelo Monomolecular-----	76
5.6 Modelo Logístico-----	90
5.7 Moddelo Gompertz-----	99
VI.- CONCLUSIONES-----	106
VII.- LITERATURA CITADA-----	107
VIII.- APENDICE-----	111

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
2.1	Descripción de la reforestación de la Sierra de Zapalinamé-----	6
4.1	Escala de severidad utilizada para la evaluación de amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill.)-----	33
4.2	Formato de toma de datos-----	35
5.1	Porcentaje de severidad del pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) del mes de Diciembre del 2001 (severidad acumulada).-----	40
5.2	Estratos y sitios que se ajustaron al modelo exponencial.-----	42
5.3	Ajuste a un modelo de regresión lineal simple en el estrato 1 sitio 3 de la base del árbol, del modelo exponencial.-----	43
5.4	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 y sitio 3 estrato de la base del árbol.-----	44
5.5	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 3 estrato de la base del árbol.-----	44
5.6	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 1 estrato de la base del árbol.-----	46
5.7	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 1 estrato de la base del árbol.-----	46
5.8	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 2 estrato de la base del árbol.-----	48
5.9	Cuadro de análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 2 estrato de la base del árbol.-----	48
5.10	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 3 estrato de la base del árbol.-----	50
5.11	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 3 estrato de la base del árbol.-----	50

5.12	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.-----	52
5.13	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.-----	52
5.14	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.-----	54
5.15	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.-----	54
5.16	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.-----	56
5.17	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.-----	56
5.18	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.-----	58
5.19	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.-----	58
5.20	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.-----	60
5.21	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.-----	60
5.22	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.-----	62
5.23	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.-----	62
5.24	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 2 estrato de la parte media del árbol-----	64
5.25	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.-----	64
5.26	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el	

	estrato 1 sitio 1 estrato de la copa del árbol.-----	66
5.27	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 1 estrato de la copa del árbol.-----	66

5.28	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 2 estrato de la copa del árbol.-----	68
5.29	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 2 estrato de la copa del árbol.-----	68
5.30	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 3 estrato de la copa del árbol.-----	70
5.31	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 3 estrato de la copa del árbol.-----	70
5.32	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 1 estrato de la copa del árbol.-----	72
5.33	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 1 estrato de la copa del árbol.-----	72
5.34	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 2 estrato de la copa del árbol.-----	74
5.35	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 2 estrato de la copa del árbol.-----	74
5.36	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 3 estrato de la copa del árbol.-----	76
5.37	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 3 estrato de la copa del árbol.-----	76
5.38	Estratos y sitios que se ajustaron al modelo monomolecular-----	79
5.39	Ajuste a un modelo de regresión lineal simple en el estrato 3 sitio 1 estrato de la base del árbol, del modelo monomolecular.-----	80
5.40	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 1 estrato de la base del árbol.-----	81

5.41	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 1 estrato de la base del árbol.-----	81
5.42	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 1 estrato media del árbol.-----	83
5.43	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 1 estrato media del árbol.-----	83
5.44	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 3 estrato media del árbol.-----	85
5.45	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 3 estrato media del árbol.-----	85
5.46	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 1 estrato de la copa del árbol.-----	87
5.47	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 1 estrato de la copa del árbol.-----	87
5.48	Estratos y sitios que se ajustaron al modelo logístico-----	88
5.49	Ajuste a un modelo de regresión lineal simple en el estrato 3 sitio 2 del árbol copa, del modelo logístico.-----	89
5.50	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 1 estrato de la base del árbol.-----	92
5.51	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 1 estrato de la base del árbol-----	92
5.52	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 2 estrato de la base del árbol.-----	94
5.53	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 2 estrato de la base del árbol.-----	94
5.54	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 2 estrato de la copa del árbol.-----	96
5.55	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 2 estrato de la copa del árbol.-----	96

5.56	Estratos y sitios que se ajustaron al modelo gompertz.-----	99
5.57	Ajuste a un modelo de regresión lineal simple en el estrato 3 sitio 3 estrato de la copa del árbol, del modelo gompertz.-----	100
5.58	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 3 estrato de la base del árbol.-----	101
5.59	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 3 estrato de la base del árbol.-----	101
5.60	Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 3 estrato de la copa del árbol.-----	103
5.61	Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 3 estrato de la copa del árbol.-----	103

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 5.1. Diagramas de severidad para la medición del amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) del estrato del árbol base.-----	37
Figura 5.2. Diagramas de severidad para la medición del amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) del estrato del árbol media.-----	38
Figura 5.3. Diagrama de severidad para la medición del amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato del árbol copa.-----	39
Figura 5.4. A. Progreso del patosistema amarillamiento de ahujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 3, estrato de la base del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	45
Figura 5.5. A. Progreso del patosistema amarillamiento de ahujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 2 siito 1, estrato de la base del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo	

exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	47
Figura 5.6. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 2 sitio 2, estrato de la base del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	49
Figura 5.7. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 2 sitio 3, estrato de la base del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	51
Figura 5.8. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 1, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	53
Figura 5.9. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 2, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	55
Figura 5.10. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 3, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	57
Figura 5.11. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 2 sitio 1, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el	

	grado de dispersión de los valores ajustados.-----	59
Figura 5.12.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 2 sitio 2, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	61
Figura 5.13.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 2 sitio 3, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	63
Figura 5.14.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 3 sitio 2, estrato de la parte media del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	65
Figura 5.15.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 1, estrato de la copa del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	67
Figura 5.16.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 2, estrato de la copa del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	69
Figura 5.17.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 1 sitio 3, estrato de la copa del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	71
Figura 5.18.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino	

alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 1, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.----- 73

Figura 5.19. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 2, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.----- 75

Figura 5.20. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 3, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.----- 77

Figura 5.21. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 1, estrato de la base del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados----- 82

Figura 5.22. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 1, estrato media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados----- 84

Figura 5.23. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 3, estrato media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.----- 86

Figura 5.24. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 1, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de

	predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	88
Figura 5.25.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) estrato 1 sitio 1, estrato de la base del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	93
Figura 5.26.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 3 sitio 2, estrato de la base del árbol B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	95
Figura 5.27.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 3 sitio 2, estrato de la copa del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.-----	97
Figura 5.28.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 3 sitio 3, estrato de la base del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	102
Figura 5.29.	A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (<i>Pinus halepensis</i> Mill) del estrato 3 sitio 3, estrato de la copa del árbol. B. Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. C. Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. D. Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados-----	104

RESUMEN

La pérdida de árboles en la Sierra de Zapalinamé principalmente de *Pinus halepensis* Mill. es ocasionada por problemas fitopatológicos, esto ha ocasionado a que haya desequilibrio ecológico. El objetivo del estudio fue definir incidencia, severidad y comportamiento epidemiológico de la base, media y copa de los pinos. Para llevar esta evaluación se dividió una parte de la sierra en tres estratos y nueve sitios, cada sitio con diez árboles, estos a su vez se tomaron la base, media y Copa. El período de estudio fue de 226 días tomando datos de severidad cada 30 días. Como resultado se encontró que la incidencia era del 100% y la severidad avanzaba conforme transcurría el tiempo alcanzando niveles de muerte de la planta, en cada estrato y sitio, la base media y copa se ajustaron a modelos exponencial, monomolecular, logístico y gompertz. El avance de la enfermedad se comporto de una manera exponencial en la parte basal y la parte media del árbol en el estrato uno en los tres sitios. El incremento de la severidad de la enfermedad en un periodo corto tendría como consecuencia áreas más grandes de zonas deforestadas.

I. INTRODUCCION

Las áreas forestales juegan un papel importante en la población humana, pues, estas son las que filtran la atmósfera y la purifican, constituyendo así “los pulmones de las ciudades”. Además de que la vegetación forestal moldea y amortigua los cambios locales del clima; entre otras cualidades son de que evitan la erosión pluvial y con ello, los torrentes de aguas que se forman durante la temporada de lluvias y que son la causa de inundaciones, con graves consecuencias.

Los bosques forman un suelo poroso que, a manera de gigantesca esponja, absorbe el agua de lluvia, impidiendo que se pierda en forma de torrentes. La infiltra en el subsuelo, desde donde escurre lentamente durante todo el año, alimentando así manantiales que abastecen de agua potable a las poblaciones.

En árboles forestales las enfermedades se presentan en suelos pobres o condiciones climáticas desfavorables (heladas, granizos, sequía, etc.). Las especies que son más susceptibles al ataque de enfermedades son las exóticas.

Las enfermedades reportadas que atacan el área de foliar de *Pinus halepensis* Mill. Son: *Diplodia pinea*, *Lophodermium pinastri*, *Lophodermium seditiosum*, *Micosphaerella pini*, *Scirrhia acicola*, *Melampsora pinitorqua*.

En un recorrido que se hizo en la Reforestación de Zapalinamé, en el Sur de Saltillo, Coahuila se observó que los árboles presentaban un amarillamiento en las agujas y que la muerte es de forma ascendente. Esta enfermedad esta presente tanto en árboles jóvenes como en árboles de edad avanzada.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Importancia de las Areas Forestales

En el sentido ecológico el bosque es ecosistema, es decir que aunque la comunidad este caracterizada por especies arbóreas, son las interrelaciones entre los árboles y otras especies vegetales y animales, y con el medio físico, las que hacen posible la persistencia de la comunidad. Algunos de estos integrantes del ecosistema representan valores de uso para la sociedad, y por su carácter escaso se les define como recursos forestales (Mendoza, 1993).

Las áreas forestales son indispensables para la existencia y bienestar del género humano, ya que influyen de manera importante en nuestra vida; como en la formación y mantenimiento de una atmósfera favorable que contiene una calidad estable de oxígeno, la formación y protección de un monto de suelo que se utiliza (Daniel, 1982).

Estos también son fuente inagotable de madera y de otros productos indispensables en el uso cotidiano, en la industria, en la medicina, en las comunicaciones, en las artes y en todas las actividades organizadas. (Gutiérrez, 1970)

El área forestal de Zapalinamé es muy importante para la ciudad de Saltillo, Coahuila, ya que es uno de los principales fuentes de oxígeno, además de que sirven como almacén de agua para abastecer los mantos acuíferos y así proporcionar agua potable a toda la ciudad.

El comportamiento de la enfermedad y el agente causal se desconocen. Ante esto se plantean los siguientes:

II. OBJETIVOS

- 1.- Evaluar la incidencia de la enfermedad del amarillamiento de agujas en pino alepo *Pinus halepensis* Mill en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila.
2. - Determinar el grado de severidad de la enfermedad en cada estrato y sitio a evaluar.
- 3.- Definir el comportamiento del avance de la enfermedad en el tiempo mediante modelos epidemiológicos, de la base, media y copa de los árboles de cada estrato y sitio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Importancia de las Areas Forestales

En el sentido ecológico el bosque es ecosistema, es decir que aunque la comunidad este caracterizada por especies arbóreas, son las interrelaciones entre los árboles y otras especies vegetales y animales, y con el medio físico, las que hacen posible la persistencia de la comunidad. Algunos de estos integrantes del ecosistema representan valores de uso para la sociedad, y por su carácter escaso se les define como recursos forestales (Mendoza, 1993).

Las áreas forestales son indispensables para la existencia y bienestar del género humano, ya que influyen de manera importante en nuestra vida; como en la formación y mantenimiento de una atmósfera favorable que contiene una calidad estable de oxígeno, la formación y protección de un monto de suelo que se utiliza (Daniel, 1982).

Estos también son fuente inagotable de madera y de otros productos indispensables en el uso cotidiano, en la industria, en la medicina, en las comunicaciones, en las artes y en todas las actividades organizadas. (Gutiérrez, 1970)

El área forestal de Zapalinamé es muy importante para la ciudad de Saltillo, Coahuila, ya que es uno de los principales fuentes de oxígeno, además de que sirven como almacén de agua para abastecer los mantos acuíferos y así proporcionar agua potable a toda la ciudad.

3.2 Posición Taxonómica de *Pinus halepensis* Mill.

Según Benson y Darrov (1981) la clasifican de la siguiente manera:

Reino-----Vegetal
División -----Embryophyta
Subdivisión-----Gymnospermae
Clase-----Conopsida
Familia-----Pinaceae
Genero-----*Pinus*
Especie-----*halepensis*

3.3 Descripción Botánica de la Especie

***Pinus halepensis* Mill. “Pino alepo”, “pino carrasco”, “Pino Jerusalén”**

Es un pino que se encuentra ampliamente distribuida en la región del Mediterráneo. Hay bosques con esta especie en España, Grecia, Israel, Yugoslavia, Africa del norte, Costa de Siria, y el Líbano. También se ha establecido en Alemania, Australia, y algunas partes de Ucrania (Mirov, 1967).

En México se encuentra solo en ciertas áreas del territorio nacional, Coahuila es uno de los estados en el cual se ha plantado esta especie.

Es un árbol que se desarrolla en climas relativamente cálidos; en terrenos secos y pocos profundos, escasamente fértiles y casi estériles (Vidal, 1959).

Se adapta a regiones de escasa precipitación, principalmente invernal (Clima mediterráneo), entre 250 mm a 800 mm e inviernos suaves (Bereford-Peirse, 1968). Y una temperatura mínima de 10⁰ C (Goor y Barney, 1976).

Esta especie se puede plantar a altitudes variables, desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm. en el sureste de España se pueden establecer hasta 2000 msnm. (Goor y Barney, 1976).

Este pino tiene una altura de aproximadamente 20 mts.(Deodendron, 1979) y la cima es redonda, aplastada en la planta, generalmente simétrica y más desarrollada por donde recibe más luz, su raíz es pivotante muy desarrollada (Zarate, 1982).

Corteza. Es de color gris plateado, es lisa y brillante cuando esta joven y, después se torna con grietas, ampliamente escamosa de color rojo moreno, las ramillas en árboles jóvenes son de color verde claro y árboles de mayor edad de color moreno (Zarate, 1982).

Hojas. Acículas u hojas en forma de aguja, con un milímetro de grosor, fasciculadas en grupos de 2, finas de menos de 1 mm de grosor, de 6-10 cm de longitud, de color verde claro.

Flores. Florece de marzo a mayo madurando la piña a finales del segundo verano. Esta es alargada y tiene una longitud de entre 6 y 12 cm, presentándose recurvada en un pedúnculo de uno o dos centímetros. La semilla es un piñón gris oscuro provisto de un ala tres veces mas larga que el. La piña puede permanecer cerrada unos cuantos años hasta que por el calor generado en un incendio se abre para así reseminar la zona quemada.

Frutos. Piñas cónicas, pedunculadas y curvadas, de 6-12 cm de longitud, con escamas aplastadas y ombligo poco saliente. Son de color marrón brillante y persisten varios años sobre el árbol.

([http://www.seremirm.minagri.gob.cl/forestacion/Pinus halepensis/Principal.htm](http://www.seremirm.minagri.gob.cl/forestacion/Pinus_halepensis/Principal.htm))

3.4 Vegetación Principal Existente en la Sierra de Zapalinamé

Este bosque anteriormente se encontraba cubierta de masas boscosas con predominancia de *Pinus cembroides*. Estas masas desaparecieron, con el tiempo la causa principal fue la sobreutilización del recurso y aun pastoreo excesivo, ocasionando altos grados de erosión en el área (Oviedo, 1980).

Las alternativas para recuperar este bosque que consideraron pertinentes fue la introducción de especies forestales.

Llevándose a cabo en ocho diferentes etapas. Estas se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.1. Descripción de la reforestación de la Sierra de Zapalinamé.

Etapa	Año	Superficie (has.)	Especie
Primera etapa	1960 a 1962	200	<i>Pinus halepensis</i> <i>Pinus ayacahuite</i> <i>Pinus cembroides</i> <i>Cupressus arizonica</i> <i>Agave sp.</i>
Segunda etapa	1966 a 1968	154	<i>Pinus halepensis</i> <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Melia azedarach</i> <i>Fraxinus sp.</i> <i>Cupressus sempervirens</i>

Tercera etapa	1972	90	<i>Pinus halepensis</i>
Cuarta etapa	1973	112	<i>Pinus halepensis</i> <i>Cupressus arizonica</i>
Quinta etapa	1974	98	<i>Pinus halepensis</i> <i>Pinus halpensis var. Brutia.</i>
Sexta etapa	1975	256	<i>Pinus halepensis</i>
Séptima etapa	1976	434	<i>Pinus cembroides</i> <i>Pinus halepensis</i>
Octava etapa	1977	17	<i>Pinus halepensis</i> var. Brutia <i>Pinus cembroides</i> Zucc. <i>Cupressus sempervirens</i> Linn. <i>Cupressus arizonica</i> Greene <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Melia azedarach</i> Linn. <i>Fraxinus</i> sp.

(Oviedo, 1980).

3.5 Descripción de los patógenos que atacan a *Pinus halepensis* Mill.

Patógenos de la raíz: *Armillaria mellea*, *Fomes annosus*, de la corteza: *Fusarium subglutinans*, *Crumenulopsis sororia*, *Cronartium flaccidum*, de las agujas: *Diplodia pinea*, *Lophodermium pinastri*, *Lophodermium seditiosum*, *Micosphaerella pini*, *Scirrhia acicola*, *Melampsora pinitorqua*.

3.5.1 *Armillaria mellea* (Vahl) Quel.

Etiología

Hongo Basidiomiceto de la familia, Agaricaceae que causa pudrición de la raíz y base del tallo. Presenta cuerpos fructíferos en forma de seta comestible de color miel, tienen la parte superior cubierta de escamas de color pardo oscuro y aparecen generalmente en otoño formando masas que surgen en la base de los troncos de los árboles enfermos. Se propagan rápidamente mediante unos cordones miceliares oscuros llamados rizomorfos, formados por hifas diferenciadas que son de dos clases: subcorticales y subterráneas (Torres, 1993).

Forma basidiocarpio suave y carnoso de color amarillento, que generalmente crece en racimos alrededor de los troncos de los árboles. El píleo de los basidiocarpos al principio tienen forma de cúpula pero después se deprime por el centro y el margen se vuelve hacia arriba, dejando a las laminillas completamente expuestas. En los estípetes jóvenes es muy notoria la presencia de un anillo membranoso blanco (Romero,1988).

Sintomatología

Presenta una masa laminar de micelio blanco que se observa al descortezar la zona de cuello de la raíz de los árboles, que viene acompañado de los rizomorfos subcorticales (Torres, 1993).

Reducción en el crecimiento de las plantas en forma ya sea en repentino o gradual. Presenta follaje reducido, amarillento y caída prematura de las agujas. Muerte de ramas en la parte superior de la corona que toma rápidamente un color castaño y después la muerte total de la planta durante el verano. Hay un crecimiento reducido que se observa en forma más apreciable después de que alrededor del sistema central de la raíz muere. La madera primero se ve levemente empapada de agua, ligeramente gris, con el tiempo esto se convierte en amarillo ligero casi blanco, suave, esponjoso, frecuentemente fibroso y marcado por líneas negras sobre la superficie (Sinclair *et al.* , 1987).

Epidemiología

Se desarrollan en todos los países del mundo. Son hongos parásitos facultativos de los más peligrosos, mata rápidamente a las plantas afectadas tanto a jóvenes así como a los adultos. Viven en tocones o en raíces de los árboles. La infección normalmente se produce en los puntos de contacto de sus raíces con otras raíces enfermas o mediante rizomorfos, sin necesidad de que las plantas presenten heridas (Torres, 1993). Crece en todo tipo de suelos, aunque crece mejor en suelos alcalinos (Llácer; *et al.*, 1996) y pH neutros (Crop Protection, 2000).

3.5.2 *Formes annosus* (Fr) Karst sin; *Heterobasidium annosus* anámorfo: *Trametes radiciperda* (Fr.) Karst

Esta extendido en Europa, Asia, África, Oceanía. En España produce sus mayores daños en los pinares (Crop Protection 2000).

Etiología

Basidiomiceto de la familia Poliporaceae que causa la enfermedad podredumbre del abeto rojo. Los cuerpos fructíferos se forman

generalmente debajo de la superficie del suelo, son leñosos de tamaño muy variado, su parte superior es de color pardo y el himenoforo de color blanco o amarillento (Torres, 1993).

Sintomatología

Presenta flujos resinosos que se presentan en la parte baja de los troncos enfermos y caída general de las acículas cuando son golpeados los árboles (Torres, 1993).

Árboles muertos o declinados solos o en grupos y árboles tumbados con pudriciones en las raíces. En árboles jóvenes de pinos el follaje torna de un color gris y se caen rápidamente con ningún síntoma con anterioridad de peligro, la caída de la agujas indica la muerte de la corteza y del cambium del cuello de las raíces. Los árboles quizás se tardan en caerse de un año a más antes de su muerte. Muchas veces sus agujas están cloróticas en la punta de los mechones y vástagos (Sinclair et al.,1987).

Epidemiología

Vive como saprofito en el suelo, ataca cuando encuentra árboles debilitados debido a que están en condiciones desfavorables de suelo o clima. Sus daños son menores en las masas naturales que en las artificiales al igual que en árboles adultos que en jóvenes. Destruye los tejidos de la raíz, del cuello de la raíz y del tronco y produce una pudrición blanca de la madera. Cuando el árbol muere *Fomes annosus* sigue viviendo en forma saprofita, alimentándose de la lignina de la madera. Se propaga al ponerse en contacto las raíces externas con las sanas (Torres,1993). Requiere una temperatura entre 20° y 30°C, optimo de 27°C, pH ácido entre 4.5 –5.5 (Llácer, et al 1996).

3.5.3 Fusarium oxysporum var. subglutinans, sin: Fusarium subglutinans f.sp. pini. Su estado sexual es Gibberella fujikurai var. subglutinans

Etiología

Produce macroconidias en un esporodoquio anaranjado pálido, son largos, usualmente delgados, casi rectos, usualmente de 3 a 5 septos y con pared delgado, están producidas por monofiálides sobre cadenas de conodioforos en un esporodoquio raramente por monofiálides formadas directamente sobre las hifas. Microconidias usualmente ovals, elípticas o alantoides de 0 a 1 septo (Burguess *et al.*, 1988).

Sintomatología

El primer síntoma es la filtración de resina en las lesiones de los vástagos, el desarrollo de pequeñas ramas y canceres sobre ramas grandes y troncos de plantas perennes. El cáncer en plantas perennes es eventualmente rodeado por partes afectada de los restos de la cara de la corteza. Usualmente forman exudados de resina en la lesión y puede correr debajo de la de la corteza o gotear en el follaje. Las agujas rodeadas de vástagos y ramas tornan de un color amarillo a gris. El síntoma más común quizás sea la muerte por heridas del limbo canceres del tronco dependiendo de que parte es la especie (Sinclair *et al.*, 1987).

Los primeros síntomas están asociados con canceres sobre los árboles. El síntoma clásico es el exudado resinoso de cáncer sobre los troncos terminales, ramas grandes y raíces expuestas. El cáncer es usualmente sumido o hundido en corteza retenida y la madera de abajo.

Otros síntomas es la muerte descendente en la corona superior resultante de la formación de canceres en las ramas. Como en las ramas con heridas son rodeados por el hongo, las agujas tornan de un color amarillo a rojizo castaño. La muerte por las heridas severas quizás permanecen en la corona por años y sirve de indicador de las enfermedades. Presenta infecciones de estructuras vegetativas y reproductivas, es decir, causa la muerte de flores hembras, de conos maduros, deterioro de semillas y reducción de crecimiento de las plantas (Hansen and Lewis, 1997).

3.5.4 *Crumenulopsis sororia* (P. Karsten) Groves sin; *Crumenula sororia*;

Se encuentra en Finlandia, Francia, Reino Unido, Holanda y en URSS.

Etiología

Presenta apotecios negros con un himenio gris de 1-1.5mm de diámetro. Ascosporas incoloras con ascas septadas con 0-5 septos, que normalmente miden de 17-23X 5-6um (Batko & Pawsey, 1964, citado por Smith, 1992), picnidios negros subgloboides de 0.5mm de diámetro con conidias multicelulares que miden de 30-50X3.5-5.5um esporulan en Agosto y Septiembre; la formación de chancros probablemente empieza en otoño, principalmente en los nudos siendo su desarrollo más rápido en la primavera siguiente (Smith *et al.* ,1992).

Sintomatología

En la corteza presenta pequeñas gotas de resina, presenta chancros en los entrenudos, cuando los chancros están bien desarrollados la muerte de las células cambiables lleva a un aplastamiento de la rama. La enfermedad se desarrolla con rapidez si hay heridas, en árboles con mal crecimiento debido a deficiencia de

nutrientes, con mal drenaje, con profundidad y estructuras de suelos inadecuados (Smith *et al.* ,1992).

3.5.5 *Cronartium flaccidum* (Alb y Schw) sin; *Peridermium pini* var. (Will) *Coleosporium senecionis* (Fr).

Esta distribuido por Europa, Siberia, China, India y Japón.

Etiología

Basidiomiceto de la familia Cronarciaceae que provoca la roya vesicular de la corteza de pinos. Presenta picnidios redondos o irregulares de 2-3mm de color pardo-amarillo. Peridermios salientes, redondeados u oblongos de 3-8mm de color amarillo anaranjado que se abren lateralmente o por la parte superior, dejando las ecidiosporas (cuerpo fructífero en forma de taza y provista de una externa). Los peridermios vacíos son de color blanco. Los uredosoros y teleutosoros se forman en el envés de las hojas de las plantas que presentan la forma de pequeñas pústulas de color anaranjado. La diseminación o propagación es por medio de ecidiosporas, cuyo micelio penetra en la parte viva del árbol, donde inverna y produce los picnidios y peridermios (Torres, 1993)

Sintomatología

El micelio destruye el liber y cambium de las partes atacadas y se originan deformaciones y chancros acompañados de resinosis que convierten la madera en tea. Formación de anillos anuales excéntricos debido a la muerte parcial del cambium. Desecación de sitios en donde se encuentra el hongo y las acículas presentan ligeros necrosis y por lo tanto se forman pequeñas manchas (Torres,1993).

Epidemiología

Requiere una temperatura de 18-22°C y una Humedad Relativa entre 60 y 80% (Smith *et al.* , 1992).

3.5.6 *Diplodia pinea* (Desm) Kickx **sin:** *Botriodiplodia pinea* (Desm) Petr.
anámorfo: *Sphaeropsis ellisii* Sacc

Esta ampliamente distribuida por Africa, América del Sur, Australia y Nueva Zelanda. En Europa ha sido citada en Italia, Francia, Portugal, Rumania y España (Torres, 1993).

Este esta generalmente distribuida en el nordeste de Estados Unidos así como en California en donde se presenta en el pino Monterrey (French, 1988).

Etiología

Deuteromyceto de la familia Sphaeropsidaceae, forma picnidios pequeños de color negro más o menos esféricos, en su interior se van formando las conidias de forma elíptica con extremos redondos. Al principio son de tipo *Sphaeropsis* hialinos y desprovistos del tabique, pero al madurar van adquiriendo gradualmente el color pardo y el tabique transversal característico del tipo *Diplodia*. Pueden penetrar por medio heridas de podas, picaduras de cercópidos y áfido, lesiones por heladas, granizo, viento o a través de las aberturas naturales como son los estomas o lenticelas de las hojas (Torres, 1993).

Sintomatología

Los síntomas más características de esta micosis son la de coloración pardo-rojiza del follaje de los pinos afectadas a la que no sigue, como en otros casos, su defoliación inmediato y los brotes periféricos, curvados,

secos y quebradizos de las ramillas más externas de la copa. Otros síntomas complementarias son las lesiones en forma de acanaladura, depresiones, estrangulamientos y otras deformaciones e irregularidades, acompañados generalmente de resinosis, que aparecen en el tronco y ramas de los pinos enfermos. Los flujos resinosos que fluyen, especialmente de la corteza de las zonas necrosadas, forman regueros de resina sobre el tronco o masas blandas, que se quedan pegadas a los brotes o las acículas (Torres, 1993).

Marchitez y muerte de ramas inferiores causada ambas por cáncer y después la destrucción y herida acumulativa de yemas y vástagos. La destrucción anual de muchas yemas y vástagos causa gradualmente la caída de las agujas. Lesiones de los tejidos presentan resina y una coloración parda rojiza oscura y estos frecuentemente exudan la resina. Cuando la enfermedad es muy severa los racimos de yemas se marchitan y las ramas están deformadas. Las lesiones aumentan rápidamente e infectan las yemas y retoños y estos suspenden antes su crecimiento o durante la elongación de las agujas (Sinclair *et al.* , 1987). La madera presenta una decoloración negra y después la muerte de los árboles (Scharpf, 1993).

Durante la primavera recién emergida el follaje ocurre el bronceado de inmediato en la base de las agujas y hacia las puntas hasta que estas se mueren completamente. Usualmente las agujas infectadas están debilitadas y se tornan o se ponen amarillas antes de morir. La infección se propaga sobre los vástagos de las agujas y ocurre totalmente en el follaje del año y sobre la infección de las heridas es usualmente muerto y próxima muerte descendente en las ramas (Terry, 1978).

Bajo condiciones favorables, las ramas grandes pueden ser estranguladas a un determinado nivel por la fusión de varios cánceres y después, se observa un desprendimiento de la cubierta cortical, que deja expuestos parcialmente cuerpos fructíferos del hongo (Romero, 1988).

Epidemiología

D. pinea (Desm.)Petr. es un hongo que vive normalmente en forma saprófita sobre los restos leñosos, pero que como se ha podido observar ahora, puede adquirir virulencia y llegar a producir daños de consideración bajo el efecto de ciertos factores, tales como las podas, plagas de insectos, sequías, suelos poco profundos, pobres y pedregosos, y la utilización en las repoblaciones artificiales de especies forestales alejadas de sus áreas naturales de distribución.

Los árboles dan la predisposición, las epidemias son promovidas por primaveras húmedas tiempos favorables para la producción de esporas, dispersión, e infección. Las conidias son capaces de germinar dentro de un poco de horas en temperaturas de 12 – 36 ° C. En períodos húmedos de 12 horas suficiente para la germinación e infección. En tiempos calurosos los síntomas aparecen de 3-4 días de retraso. El patógeno crece más rápidamente a temperatura de aproximadamente de 28° C (Sinclair *et al.*, 1987).

3.5.7 *Lophodermium pinastri* (Fr) Chev sin: *Leptostroma pinastri* Des.

Se encuentra reportado en Carolina del Sur, en el Oeste de Washington y Oregón.

Etiología

Causa la caída de las agujas de los pinos enfermedad llamada Tizón de las agujas de los pinos. El hongo infecta las agujas de los pinos durante el verano y caen en invierno en la siguiente primavera se desarrollan manchas pardas, con márgenes amarillas y estas infecciones vuelven nuevamente a finales de Abril,

Mayo y hasta Junio. La infección es menor cuando ataca partes de la planta que cuando ataca en su totalidad, que es lo más frecuente (French, 1988)

Las fructificaciones del hongo pueden formarse cuando las hojas aun están en el árbol, o hasta que caen al suelo, aunque la maduración normalmente ocurre en este ultimo (Romero, 1988)

Durante el próximo verano se forma la histerotecia y como por Agosto hasta Octubre estos ascocarpos absorben humedad, se maduran y se liberan las ascosporas las cuales son diseminados por el viento (French,1988)

Hongo de color gris oscuro ligero en las agujas, con obscurecimiento definido en el margen de la pared con o sin ostiolas, es un parásito obligado (Vázquez,1992).

Presenta apotecios, cubierto por un estroma negro grueso, se abre al madurar y presenta ascosporas alargadas (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Sintomatología

En otoño, hojas infectadas de un color verde opaco a rojo púrpura y en la primavera siguiente se forman manchas necróticas, las hojas mueren y finalmente se caen (Romero, 1988).

En las agujas hay líneas estromáticas negras. En condiciones de estrés hay una caída prematura de agujas (Smith *et al.*, 1992)

En la primavera siguiente se forman pequeñas manchas con halos amarillos alrededor de ellas, esto ocurre en las agujas del año anterior, es más severo en la parte baja del árbol aunque quizás es infectado uniformemente (Terry, 1978).

Epidemiología

Es favorecida por inviernos benignos y veranos húmedos.

3.5.8 *Lophodermium seditiosum* Minter, Stanley & Millar

Se encuentra en Polonia, Holanda, Escandinavia, Reino Unido, Yugoslavia, Europa del Norte y Central y América del Norte (Hansen and Lewis, 1997).

Etiología

Produce cuerpos fructíferos negros elípticos, es decir, apotecio o histerotecia. Apotecio de 0.5-1.8mm de largo, produce picnidios (Smith, 1992). Presenta un ascomata conspicuo, brillante, negro, ovoide o elipsoide levantado sobre la superficie de las agujas. Las ascosporas son largas y filiformes con una cubierta gelatinosa (Hansen and Lewis, 1997).

Sintomatología

Causa empardecimiento y caída de agujas de las plántulas, transplante y árboles jóvenes en plantación. Defoliación prematura de agujas verdes en árboles maduros. En árboles jóvenes se presenta empardecimiento ocasional de las agujas, en las ramas y hasta en el árbol totalmente, en árboles viejos a veces solo empardecen las agujas de un lado de la rama. En las células epidérmicas se presentan manchas amarillas diminutas que después se empardecen. En árboles de un año las agujas presentan manchas castaño con bordes amarillos y muerte de las puntas de las agujas, a lo largo los vástagos muestran como si las agujas estuvieran tiradas. Presenta una reducción en la capacidad fotosintética (Smith *et al.*, 1992).

Epidemiología

El hongo germina a una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 100% (Smith *et al.*,1992).

3.5.9 *Micosphaerella pini* Funk y Parker sin: *Scirrhia pini*, *Dothistroma pini*, *Septoria pini* Anamorfo: *Dothistroma septospora*

Esta extendido por América del Norte y del Sur, Africa Oriental y Meridional, India, Japón, Nueva Zelanda y por Europa, donde sus daños más intensos se han producido en Austria, Francia, Rumania, Rusia, Yugoslavia, y España (Torres, 1993).

Etiología

Presenta picnidios oscuros, separados, globosos, ostiolados, conidias hialinos, alargados o filiformes multiseptados (Romero,1988).

Forma picnidios negros en estromas con conidias filiformes septados; 1-5 septos.

Sintomatología

Manchas amarillas aparentemente nunca al final de la estación del crecimiento. Estas manchas que son en forma circular u oblonga torna de un color gris a pardo rojizo , la decoloración de las agujas en circulo resulta superior al final de la banda y la decoloración del tejido torna a gris (French,1988).

Presenta manchas necróticas más o menos circulares bien delimitadas, rara vez difusas y con numerosos puntos negros que son los picnidios, se presenta una defoliación y debilitamiento de las plantas (Romero,1988).

Los primeros síntomas son manchas amarillas en el sitio de la infección, estas se tornan a pardo rojizo y son alargados, producen bandas rojas características cerca de las agujas. La parte distal de las agujas aunque no la base infectada pueden quedar restos de color verde durante algún tiempo. Frecuentemente casi o todo el follaje de los árboles se infecta, los que son severamente infectados exhiben una apariencia de cola de león y solamente con muy pocas agujas se quedan al final en las ramas (Scharpf, 1993).

En especies muy susceptibles hay caída prematura de las agujas (Smith, 1992).

Epidemiología

Lo mismo que en el caso de la enfermedad de los chopos producida por la *Dothichiza populea*, recientemente se ha comprobado que esta micosis solo se presenta con carácter epidémico alarmante en determinadas circunstancias muy especiales, poco conocidas, relacionados con ciertas condiciones climatológicas (distribución de las precipitaciones y temperaturas) en determinados meses del año, especialmente durante la primavera y principios de verano (Torres, 1993).

La dispersión de las conidias requiere lluvias ligeras o nieblas espesas (Smith et al., 1992).

Las infecciones ocurren por el crecimiento de los tubos germinativos conidiales o hifas a través de estomas. Este proceso toma en menos de 3 días pero a menudo tarda cuando la temperatura y el nivel de humedad son subóptimos. En general, días severos de frío, lluvia, o tiempo nublado son necesarios para la dispersión de conidias. Las temperaturas de 5 – 25 ° C permiten la germinación de conidias y crecimiento del micelio. Estos procesos son más rápidos a 17 –20 ° C. El período de infección hasta la aparición de síntomas varía de 5 semanas a 6 meses, dependiendo del medio ambiente y factores del hospedero (Sinclair et al., 1987).

3.5.10 *Lecanosticta acicola*, anámorfo: *Septoria acicola*, teléomorfo: *Micosphaerella dearnessii*, *Scirrhia acicola* (Dearn).

Es un hongo causante de caída de acículas de pino, importante en América del Norte, que se ha señalado también en Yugoslavia, en donde ha causado daños similares (Aunque se ha controlado con éxito), y en Austria, donde hasta la fecha ha resultado sin importancia. Se considero un organismo sujeto a cuarentena en Europa (EPPO 22). (Smith *et al.*, 1992).

Se encuentra en Europa y Norte de Siberia (Hansen and Lewis, 1997).

Etiología

Presenta un estroma conidial, la conidia forma un acérvulo en un estroma negro, son cilíndricos, curvados de color verde olivo o castaño y tienen de 1-4 septos. Las células son hialinas, oblongas y bicelulares (Hansen and Lewis, 1997). Son maduradas cuando hay lluvia, rocío y neblina y son dispersadas por el viento (French, 1988).

Sintomatología

Se presentan manchas circulares pequeñas e irregulares de un ligero color verde-grisáceo apareciendo primero en las agujas. Estas manchas se tornan de café y rodean las agujas. Las áreas infectadas se incrementan en tamaño sobre las agujas muertas. Las estructuras fructificadas, acervulo, desarrollado en la parte apical de las agujas (French, 1988).

La mancha café afecta a árboles de todos tamaños pero es más dañino en pinos pequeños. Los síntomas aparecen como manchas que a menudo aumentan

a bandas que rodean las agujas y causan muerte hasta la parte más lejana de la banda (Sinclair *et al.*, 1987).

Epidemiología

Las infecciones son aparentemente de conidias; los pseudotecios y ascosporas no se han encontrado. La conidia infecta agujas nuevas en Junio-Septiembre, principalmente en Junio –Julio, y los hongos producen otra generación de estroma conidial empezando en agosto. Aunque estos liberan muchas esporas en veranos tardíos y otoños tempranos, al parecer pequeñas infecciones ocurren entonces, el período mayor de infección es al final de la primavera, cuando las esporas estromadas en verano son dispersadas y estas se desarrollan en agujas. Después de la germinación de esporas, los hongos entran por los estomas de las agujas.

El período de inoculación a la muestra de síntomas varía con la temperatura, tiempo del año, y especies de pino aproximadamente de un mes o jóvenes.

En general en tejido de agujas suculentas es más susceptible que en tejidos maduros. El tiempo, caluroso, mojado favorece decaimiento de agujas de mancha café. Los cuerpos fructíferos deben estar mojados para producir y expulsar esporas. Estas germinan y penetran en agujas únicamente cuando están mojados. Aunque la infección puede ocurrir sobre un amplio rango de temperatura, esto es más rápido en pino de hojas largas si los días y noches las temperaturas son aproximadamente 30 °C y 21° C, respectivamente (French, 1988).

3.6 Medición de la Enfermedad

La medición de la intensidad (incidencia o severidad) de una enfermedad es un requisito imprescindible en estudios epidemiológicos. Las complejas interacciones que ocurren entre el patógeno, el hospedante, y el ambiente se expresan en la magnitud de la incidencia o severidad de una enfermedad determinada. Existen dos tipos generales de medición de enfermedades: Cuantitativas, a la cual pertenecen la incidencia o severidad, y la cualitativa, la cual incluye mediciones del efecto de la enfermedad en la fisiología del hospedante, contenido de azúcar, aceite, proteína olor, color, materia seca, etc.(Campbell y Maden, 1990).

3.7 Planeación y ejecución de un sistema de medición

- ◆ Definición de un intervalo y frecuencia de medición
- ◆ Determinar el tipo de medición: cualitativa, cuantitativa , o ambas
- ◆ Establecer la técnica de muestreo
- ◆ Especificar la técnica de medición

El tiempo y frecuencia de mediciones de una enfermedad es determinada por el patosistema y el objetivo del estudio. La caracterización de epidemias de

cultivos anuales, solanaceas, cucurbitaceas, algunas poaceas, etc., pueden requerir evaluaciones a intervalos semanales o a n-número de días.

Epidemias en cultivos perennes o semiperennes pueden requerir mediciones a intervalos mensuales o anuales. El tipo de medición es un componente fundamental en la planeación y ejecución de un sistema de medición.

La caracterización temporal y espacial de epidemias requiere de mediciones cuantitativas (incidencia y severidad).

La incidencia determina el porcentaje o proporción de plantas o partes de plantas enfermas en una muestra o población independientemente del grado de severidad (Kranz, 1988). En cuestiones prácticas las estimaciones de la incidencia han sido más usadas en enfermedades sistémicas causadas por virus, marchitamientos, ahogamientos, y carbonos o en casos en los que plantas enfermas representan pérdida total (Gaunt, 1987; Kranz, 1988; Larsson y Gerhardson, 1992).

Severidad es el porcentaje o proporción del tejido u órgano del hospedante cubierto con síntomas de la enfermedad. La severidad resulta de integrar el número y tamaño de lesiones (Kranz, 1988). Para evaluar la severidad existen varios métodos lo que refleja intereses diversos de los especialistas relacionados con estudios epidemiológicos, de resistencia y con estimaciones de pérdidas (Gaunt, 1987).

La medición de la enfermedad es usada para cuantificar el desarrollo de epidemias en el tiempo y en el espacio, para el análisis de los factores que afectan el desarrollo de una enfermedad, para medir la resistencia en plantas y la eficiencia de pesticidas, como base para la predicción de enfermedades y rendimientos y para la definición de umbrales para programas de manejo (Gaunt, 1987).

3.8 Análisis de epidemias

La epidemia es definida como un cambio en la enfermedad con el tiempo cuya descripción fundamental se muestra a través de la curva de progreso la cual expresa la interacción del patógeno, hospedero y ambiente a través del tiempo (Campbell y Madden, 1990).

El progreso de la enfermedad en el tiempo es probablemente el primer paso par describir una epidemia, ya que el control de enfermedades comúnmente se dirige a la prevención de un incremento en la enfermedad (Van der Plank, 1963).

La curva del progreso de la enfermedad es una representación gráfica del progreso de un enfermedad obtenida mediante la graficación de mediciones de la intensidad de una enfermedad (Y, ordenada) contra el tiempo (X, absisa).

Para llevar a cabo el análisis del progreso de las enfermedades en el tiempo se han utilizado diferentes modelos matemáticos, de tal manera que las epidemias pueden ser clasificadas de acuerdo al modelo que asegure el mejor ajuste de la curva a los valores de enfermedad observados (Campbell y Madden, 1990).

En general, un modelo representa una realidad con los objetivos de: Describir, explicar y predecir. (Campbell *et al.*, 1988). Los elementos de estos modelos representan constantes o variables útiles para ser usados como criterios o elementos para hacer comparaciones de epidemias (Kranz, 1974).

Una aproximación útil para la elección del modelo podría basarse en tres puntos: a) fijar claramente el objetivo de la modelización, b) seleccionar el tipo de curva (modelos que más se aproximan a los datos experimentales), y c) elegir el número y tipo de parámetros en el modelo concreto a utilizar. (Llácer *et al.*, 1996).

3.9 Modelos no flexibles

3.9.1 Modelo exponencial

El modelo exponencial (Zadoks y Shein, 1979) u originalmente llamado logarítmico (Van der Plank, 1963) tiene el siguiente supuesto biológico:

La tasa de intensidad de enfermedad en cualquier punto en el tiempo es una constante proporción de la cantidad de enfermedad y existente en ese tiempo.

Este modelo es uno de los más simples que se han usado en la ecología para estudiar el crecimiento de una población. Aparentemente fue originalmente propuesto por Malthus (1778, citado por Campbell y Madden, 1990) para predecir el incremento de la población humana.

El modelo exponencial en general no es apropiado para caracterizar epidemias “completas” de la mayoría de los patosistemas. Sin embargo, debido a que las tasas de intensidad de enfermedad obtenidas con este modelo tipifican el estado inicial de una curva logística o sigmoidea, dicho modelo se puede usar para describir los estados iniciales de una epidemia que exhibe una curva del tipo mencionado. Van der Plank (1963) sugirió que el modelo exponencial se podría usar con $y_f < 0.15$ cuando el tejido vegetal no es limitante.

3.9.2 Modelo Monomolecular

Este modelo también es conocido como interés simple (Van der Plank, 1963), y exponencial negativo (Zadoks y Shein, 1979); sin embargo, este último nombre puede generar confusión con un modelo análogo usado en estudios de epidemiología espacial

Van der Plank (1963) tomó este modelo de la química cuantitativa (de ahí la fracción “molecular” en el nombre) para describir epidemias cuyo incremento se debe al inóculo existente al tiempo $t=0$. Es decir, para epidemias que no generan su propio inóculo durante el período de medición de la enfermedad; dicho de otra manera, para epidemias donde las plantas infectadas o tejido infectado no contribuye a futuras infecciones. Van der Plank (1963) le llamo a este proceso “interés simple” y Zadoks y Shein (1979) lo identifican como “monocíclico”.

El modelo Monomolecular tiene el siguiente supuesto biológico:

La tasa absoluta de intensidad de enfermedad en cualquier punto en el tiempo t es una constante proporción de la cantidad del tejido o plantas aparentemente sanas $1 - y$ existente en ese tiempo t .

Este supuesto biológico se puede representar como:

$$dy / dt = r_M (1-y)$$

donde dy/dt es la tasa absoluta expresada como cambio de intensidad de enfermedad(i.e., severidad o incidencia) por unidad de tiempo; r_M es el parámetro de tasa (también llamado tasa relativa- Rouse, 1985) específico al modelo monomolecular; Van der Plank le dio a este parámetro el nombre de QR, aunque no lo uso extensivamente. Zadoks y Shein (1979) lo llamaron “tasa de infección de interés simple”. $(1-y)$ representa el tejido (plantas) “sano”.

De la ecuación se deduce que la máxima proporción de enfermedad que se puede alcanzar es 1 (ó 100 en porciento), ya que $(1-y)=1-1=0$ tejido (plantas) “sano” disponible.

3.9.3 Modelo Logístico

Este modelo también es implícitamente conocido como interés compuesto (Van der Plank, 1963) o autocatalítico por su uso para describir reacciones químicas de esta naturaleza.

Van der Plank (1963) utilizó este modelo para describir epidemias cuyo incremento se debe al inóculo producido durante la duración de la epidemia en el tiempo t . Es decir, para epidemias donde las plantas infectadas o tejido infectado contribuye a futuras infecciones. Van der Plank (1963) le llamó a este proceso “interés compuesto” y Zadoks y Shein (1979) lo identifican como “policíclico”.

El modelo logístico tiene el siguiente supuesto biológico:

La tasa absoluta de intensidad de enfermedad en cualquier punto en el tiempo t es una constante proporción de la cantidad de enfermedad y y del tejido o plantas aparentemente sanas $1-y$ existente en ese tiempo t .

Este supuesto biológico se puede representar como:

$$dy / dt = r_L y (1-y)$$

donde dy/dt es la tasa absoluta expresada como cambio de intensidad de enfermedad (i.e., severidad o incidencia) por unidad de tiempo ; r_L es el parámetro de tasa específico al modelo logístico; Van der Plank (1963) le dio a este parámetro el nombre de *tasa de infección aparente* debido a que en realidad este parámetro no toma en cuenta todo el tejido o plantas infectadas. Resulta claro que sólo tejido o plantas sintomáticas, y no aquellas que están en periodo de incubación, son tomadas en cuenta durante la medición de la enfermedad. La y representa intensidad de enfermedad por lo que $(1-y)$ representa el tejido o plantas “sanas”.

3.9.4 Modelo Gompertz

Este modelo fue aplicado en la fitopatología al inicio de los 70's por S. Analytis, un estudiante de J. Kranz. El modelo fue originalmente propuesto por Benjamin Gompertz (1838, citado por Berger, 1981) para estudiar mortalidad de individuos en relación a seguros de vida.

A diferencia de los modelos anteriores, el modelo de Gompertz es aplicado en la epidemiología sin intentar interpretar biológicamente los parámetros. Al igual que el logístico, este modelo describe curvas sigmoidales del progreso de enfermedades, de ahí que sugiera evitar el uso del término *logístico* para describir curvas que pudieran tener un mejor ajuste al modelo de Gompertz. En la práctica, el modelo aparentemente tiene una mejor capacidad de ajuste que el logístico. Berger (1981) reportó estimadores de tasas de infección aparente más apropiados con Gompertz para 113 epidemias de nueve patosistemas foliares. En este trabajo, en lugar del patrón lineal esperado se observó una tendencia curva en los datos transformados con el modelo logístico.

No obstante, a que el modelo de Gompertz carece de un supuesto biológico se describirá aquí de manera análoga a los modelos anteriores:

La tasa absoluta de intensidad de enfermedad en cualquier punto en el tiempo t es una constante proporción de la cantidad de enfermedad y , dada en dimensiones lineales y logarítmicas, existente en ese tiempo t .

Este planteamiento se puede representar como:

$$\begin{aligned} dy/dt &= r_G [\ln(1) - \ln y] \\ &= r_G y [-\ln y] \end{aligned}$$

donde dy/dt es la tasa absoluta expresada como cambio de intensidad de enfermedad (i.e., severidad o incidencia) por unidad de tiempo; r_G es la *tasa de infección aparente*. Esta ecuación es similar al modelo logístico pero con cada componente de la diferencia $(1-y)$ escrita en términos logarítmicos.

Por la similitud de las curvas ajustados por los modelos de Gompertz y logístico podemos extender la idea discutida anteriormente acerca de la relación entre modelos. Podemos decir entonces que Gompertz describe epidemias que tienen un progreso *exponencial* de enfermedad con $\gamma < 0.05$ y un progreso tipo *monomolecular* en la última fase. En general, se ha podido observar que las epidemias descritas por el modelo de Gompertz tienden a incrementar muy rápido al inicio y decrecen posteriormente a una tasa menor que el logístico (Rouse, 1985).

IV. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo del 2001 al 2002 en la zona de reforestación de Zapalinamé y laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

4.1 Descripción del área de estudio

La zona de reforestación de Zapalinamé se ubica en el Sureste del Estado de Coahuila, abarcando parte de los municipios de Saltillo y Arteaga e inmediatamente aledaña a la ciudad de Saltillo por su parte norte. Geográficamente se encuentra comprendida entre las coordenadas que van desde los $101^{\circ} 05' 3.8''$ a los $100^{\circ} 47' 14.5''$ de longitud Oeste, y de los $25^{\circ} 15' 00''$ a los $25^{\circ} 25' 58.35''$ de Latitud Norte, con una superficie aproximada de 25,768.8 has.

Esta es un área protegida y su área de amortiguamiento comprenden todo el macizo montañoso de la sierra y parte de los valles, con una superficie aproximada de 45,226.8192ha. sus colindancias; al Norte esta limitada por la carretera federal 57 Piedras Negras –México tramo Saltillo que la circunda hasta al Sureste; al Oeste la limita la carretera federal 54-Zacatecas tramo Saltillo y al Sur la limita la coordenada de latitud $25^{\circ} 15'$.

El área tiene diferentes vías de acceso que influyen carreteras, caminos de terracería, brechas y veredas. Por el Este se entra al área a través de los ejidos Sierra Hermosa, El Diamante, San José de los Cerritos y el Cedrito ubicados entre 9 y 15 kilómetros de Arteaga hacia el Sur por la carretera 57 Piedras Negras –

México tramo Saltillo. Desde el Sur se entra por el ejido los Llanos que se ubica a 10 kilómetros de la carretera libre a México y por la carretera 54 Zacatecas tramo Saltillo, entrando por el ejido Cuauhtemoc localizado a 42 kilómetros hacia el Sur de la ciudad de Saltillo. Por el Oeste y Norte las vías de acceso son varias y de diferente tipo, carretera, veredas y trazos urbanos, todos ellos conectados a carretera 54 – Zacatecas tramo Saltillo y a la carretera 57 Piedras Negras-México. (Portes, 1996).

4.1.1 Clima

El clima general del área esta clasificado en la parte más baja altitudinalmente que corresponde al valle de Saltillo como: Bsok(x')(e), el cual se interpreta como clima seco, templado, con verano cálido extremo, temperatura media anual entre 12 y 18 ° C, la del mes más frío entre 3 y 18 ° C y la del mes más caliente superior a 18 ° C, con un régimen de lluvias intermedio entre el verano y el invierno. Para la parte del macizo montañoso de la sierra, el clima se clasifica como Bsokw"(e), el cual es un clima seco, templado cálido semifrío, temperatura media anual entre 5 y 12 ° C, la del mes más frío entre 3 ° C y 18 ° C y la del mes más caliente menor a 18 ° C, con un régimen de lluvias de verano, por lo menos 10 veces mayor de lluvia en el mes más lluvioso de la mitad más caliente que el mes más seco, extremos con una oscilación térmica de entre 7 y 14 ° C.

4.1.2 Suelo

En la zona donde se encuentra la Sierra de Zapalinamé los suelos son en su mayoría aluviales con componentes calcáreo arcilloso, originados de depósitos aluviales y fluviales constituidos por arenas y arcillas, varía en su profundidad de unos cuantos a cientos de metros, constituye planicies con clásticos finos o abanicos aluviales al pie de las sierras. (SSP, 1983b). Por su carácter de zona de montaña, abundan los suelos Litosoles y Rendzinas, constituyendo ambos casi un 80% de la superficie del área protegida.

El pH varía desde 7.5 a 8.5, mientras que el espesor del suelo es de 30 cm a 2 m. (De Luna, 1989).

4.2 Selección de Estratos y Sitios

Para llevar a cabo el estudio epidemiológico del amarillamiento de agujas primeramente se hizo un recorrido en gran parte de la reforestación de Zapalinamé y posteriormente se planteo dividirlo por estratos y sitios, la división por estratos se llevaría conforme a edades de los árboles, el primer estrato estarían los árboles de edad avanzada (entre 31 a 40 años), el segundo estrato serían lo que se localizan en la parte media de la Sierra (entre 20 y 30 años) y el tercer estrato entrarían los árboles más jóvenes (menos de 20 años) los cuales están en el este de la sierra.

En la selección de sitios para cada estrato lo que se hizo fue elegir tres de ellos al azar, teniendo así tres estratos y nueve sitios en total. Dichos sitios presentaban una medida de 50 metros de largo y 20 metros de ancho ocupando un superficie de 1000 m².

4.3 Marcaje y Selección de Árboles

Al tener los sitios se procedió a marcar todos los árboles que se encontraban en cada uno de ellos, el marcaje se hizo con pintura de aceite, con el fin de que la lluvia no lo borrara. Para la selección de árboles se anotaron en pedazos de papel el número de cada árbol de los que se encontraban en cada sitio, después se colocaron en un bote y se fueron sacando uno a uno al azar hasta a completar los diez árboles para llevar a cabo la evaluación.

4.4 Medición de la Enfermedad en los Árboles

4.4.1 Incidencia

Una vez marcado cada uno de los árboles de cada sitio y estrato se inicio la evaluación de incidencia. Tomando en cuenta la presencia de la enfermedad en Base, Media y Copa, la manera en que se determino fue: Se observaron los árboles y aquellas que presentaron algún síntoma de enfermedad se denominaban enfermas y por lo contrario las que no presentaran síntomas se consideran plantas sanas.

4.4.2 Severidad

Para llevar a cabo la medición primeramente se planteo dividir el árbol en estratos (base, media, copa), esto se hizo con el fin de llevar una toma de datos de incidencia y severidad lo más cerca posible al verdadero valor de la intensidad y además para observar el comportamiento en cada uno de los estratos.

La toma de datos se hizo en forma visual y periódicamente durante 8 meses tomando los datos en un lapso de 30 días para esto se estableció una escala de severidad y quedo de la siguiente manera:

Cuadro 4.1. Escala de severidad utilizada para la evaluación del amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill).

0=	Sin amarillamiento (sano)
1=	25% de agujas amarillamientas
2=	25-50 %
3=	50-75 %
4=	75-100 %

4.5 Elaboración del Diagrama de Severidad

El método que se utilizó para la elaboración del diagrama de severidad fue el arbitrario. Este diagrama se elabora basándose en la escala de severidad (Cuadro 4.1) arbitrariamente dentro del rango probable de severidad de la enfermedad con el fin de ir a campo y comparar con los árboles que presentan la enfermedad y poder proporcionarle un valor más exacto.

4.6 Comportamiento de la Enfermedad

Para determinar el comportamiento de la enfermedad en el tiempo se llevó a cabo la toma de datos en aproximadamente 30 días completando un período de 226 días durante los meses Mayo del 2001- Diciembre del 2001. Para esto se elaboró un formato (Cuadro 4.2) previo en el cual se llegaba al estrato y al sitio a evaluar y se tomaban los datos de incidencia y del grado de severidad de cada árbol.

CUADRO 4.2. Formato de toma de datos.

NUMERO DE ESTRATO: _____ SITIO: _____ FECHA: _____

No. de árbol	Incidencia	% DE SEVERIDAD		
		Estrato 1(Base)	Estrato 2 (Media)	Estrato 3 (Copa)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

4.7 Definición del comportamiento de la enfermedad

4.7.1 Modelo Exponencial

Los datos de cada estrato y sitio de base, media y copa que se ajustan a la transformación del modelo exponencial $\ln(y) = \ln Y_0 + \ln Y_1 t$ donde se tomo en cuenta la r^2 , el error estándar y las gráficas de Predichos y residuales.

4.7.2 Modelo Monomolecular

Los datos obtenidos del estrato y sitio de la base, media y copa que se ajustan a la transformación del modelo Monomolecular $\ln(y) = \ln Y_0 + \ln Y_1 t$; tomando en cuenta la r^2 , el error estándar y las gráficas de Predichos y residuales.

4.7.3 Modelo Logístico

Los datos obtenidos de cada estrato y sitio de la base, media y copa que se ajustan a la transformación del modelo Logístico $\ln(y) = \ln Y_0 + \ln Y_1 t$; tomando en cuenta la r^2 , el error estándar y las gráficas de Predichos y residuales.

4.7.4 Modelo Gompertz

Los datos obtenidos del estrato y sitio de la base, media y copa que se ajustan a la transformación del modelo Gompertz $\ln(y) = \ln Y_0 + \ln Y_1 t$; tomando en cuenta la r^2 , el error estándar y las gráficas de Predichos y residuales.

VI. CONCLUSIONES

La incidencia del amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill.) fue del 100% en todos los estrato y sitios que se evaluaron.

El grado de severidad más marcado fue en el estrato 1 en los 3 sitios, observándose mayor porcentaje daño en la parte basal del árbol.

La mayoría de los niveles base, media y copa del árbol de los diferentes estratos y sitios se ajustaron al modelo exponencial comportándose así la enfermedad de una manera logarítmica, además en este modelo la parte media del árbol fue el que más se ajusto siguiendole la copa y por último la base. Los demás modelos se ajustaron pero con menos elementos.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Incidencia

En el recorrido de evaluación; todos los árboles presentaron síntomas de enfermedad en los niveles de base, media y copa se presento un 100% de incidencia en los diferentes estratos y/o sitios.

5.2 Severidad

Los árboles mostraron diferentes niveles de infección, apoyándonos con la escala se determino el diagrama de severidad; primeramente en la parte basal del árbol, comprendiendo desde el cuello de la raíz hasta antes de llegar en la parte media como se muestra en la figura 5.1., en segundo lugar a la parte media donde se encuentra el mayor número de ramas desarrolladas del árbol (figura 5.2.), por último la parte de la copa donde se encuentra la mayoría de los ápices de crecimiento y es en donde la enfermedad se expresa hasta el final. Esto se puede ver en la figura 5.3.

El avance de la enfermedad en la planta, al paso del tiempo tiende a ser más severo pues las condiciones del huésped, del medio ambiente hacen más favorable la presencia del patógeno.

La severidad desde el momento en que empezó la evaluación se observó que el incremento es gradual con respecto al tiempo. Los resultados que se muestran son los de la última evaluación donde podemos constatar que los niveles de la enfermedad son muy altos principalmente en la base; y donde los niveles son pocos severos son los de la copa.

Cuadro 5.1. Porcentaje de severidad del pino alepo (*Pinus halepensis* Mill.) del mes de Diciembre del 2001 (severidad acumulada).

ESTRATO	SITIO	ESTRATO DEL ARBOL	DICIEMBRE %	CLASE
1	1	BASE	87	4
1	1	MEDIA	61	3
1	1	COPA	37	2
1	2	BASE	—	—
1	2	MEDIA	83	4
1	2	COPA	55	3
1	3	BASE	94	4
1	3	MEDIA	61	3
1	3	COPA	37	2
2	1	BASE	86	4
2	1	MEDIA	72	3
2	1	COPA	37	2
2	2	BASE	80	4
2	2	MEDIA	65	3
2	2	COPA	44	2
2	3	BASE	68	3
2	3	MEDIA	51	3
2	3	COPA	34	2
3	1	BASE	55	3
3	1	MEDIA	43	2
3	1	COPA	28	1

3	2	BASE	63	3
3	2	MEDIA	57	3
3	2	COPA	46	2
3	3	BASE	62	3
3	3	MEDIA	54	3
3	3	COPA	40	2

La enfermedad mostró diferentes grados de severidad en cada estrato y/o sitio, así también en los niveles de base, media y copa; como se muestra en la severidad acumulada del mes de Diciembre en el cuadro 5.1. En este cuadro se observa como en el estrato 3 sitio 1 en la base del árbol la severidad se ubica en la clase 3, en la parte media la clase 2 y en la copa la clase 1, esto quiere decir que la enfermedad avanza a una tasa creciente, además de que este sitio fue el único que ubico la clase 1 en una parte del árbol a comparación de todos los demás. También en el estrato 1 sitio 2 en la parte basal del árbol se encontró las ramas eliminadas, esto indica que esta parte estaba completamente dañada, sin embargo no se le acomodo en ninguna clase, en la parte media se observa como el grado de severidad es muy alto manteniéndose en la clase 4 alcanzando el nivel de severidad muy alto, la copa se encontró en la clase 3, el cual rebasa más de la mitad del nivel de daño. Los demás estrato y/o sitios se ubicaron en términos medios.

En el primer estrato “árboles viejos” mostraron un nivel de severidad más alto en la parte basal, la media y copa. En tanto los árboles del tercer estrato presentaron menor daño en todos los niveles del árbol, como se puede constatar en el cuadro 5.1.

5.3 Comportamiento de la enfermedad

Los resultados muestran una gran variabilidad en la severidad de las enfermedades, lo cual tal vez manifiesta la influencia que sobre ellas ejercen las

características de cada lote (sitio) tales como cantidad de inoculó, tipo de suelo, factores ambientales (Campbell *et al.*, 1984)

5.3.1. MODELO EXPONENCIAL

En el patosistema amarillamiento de agujas de pino alepo se observó que la enfermedad avanzaba de manera continua durante el periodo de evaluación. En este modelo se ajustaron los diferentes niveles del árbol (base, media y copa) así como también los diferentes estrato y/o sitios que se evaluaron, esto quiere decir que hay una acumulación de la enfermedad presentándose de una manera logarítmica tanto en árboles del primer estrato (31-40 años), como en el segundo estrato (entre 20 y 30 años) y en el tercer estrato (menos de 20 años). La mayoría de la parte media del árbol se ajusto a este modelo, siguiendo la parte de copa y por ultimo la base esto se puede ver en el cuadro 5.2, sin embargo dentro de los elementos (cuadro5.2) que están en este modelo, analizando la r^2 la que más se ajusta son las partes basales del árbol.

Cuadro 5.2. Estratos y sitios que se ajustaron al modelo exponencial.

ESTRATO	SITIO	ESTRATO DEL ARBOL	CUADROS
1	3	Base	5.5
2	1	Base	5.7
2	2	Base	5.9
2	3	Base	5.11
1	1	Media	5.13
1	2	Media	5.15
1	3	Media	5.17
2	1	Media	5.19
2	2	Media	5.21
2	3	Media	5.23
3	2	Media	5.25
1	1	Copa	5.27
1	2	Copa	5.29
1	3	Copa	5.31
2	1	Copa	5.33
2	2	Copa	5.35
2	3	Copa	5.37

Los cuadros y figuras que a continuación se plasman son resultados de cada estrato y su respectivo sitio; así como los niveles del árbol (base, media y copa) que se ajustaron al modelo exponencial.

Cuadro 5.4. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 y sitio 3 estrato de la base del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.83333	-0.18233	1.79174	1.60941	1.70196
2	24	0.83333	-0.18233	1.79174	1.60941	1.70196
3	60	0.85667	-0.15470	1.94261	1.78790	1.86625
4	87	0.88333	-0.12406	2.14841	2.02435	2.08702
5	123	0.88667	-0.12028	2.17745	2.05717	2.11791
6	154	0.91000	-0.09431	2.40795	2.31363	2.36116
7	183	0.92000	-0.08338	2.52573	2.44235	2.48433
8	226	0.94167	-0.06010	2.84164	2.78154	2.81174

Cuadro 5.5. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 3 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -0.186 + 0.0006t$	0.977714	-0.1861585678 y 0.0005691755	0.00003508
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 1.706 + 0.005t$	0.969183	1.706149676 y 0.004641841	0.00033791
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = 1.520 + 0.0052t$	0.972949	1.519991108 y 0.005211016	0.00035473
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 1.614 + 0.0050t$	0.971186	1.614431958 y 0.004920511	0.00034601

En las gráficas podemos observar como fue progresando la enfermedad de manera exponencial y estadísticamente se obtuvo el pronóstico de desarrollo de la enfermedad $\ln y = \ln y_0 + \ln y_1 t$ donde se consideró la r^2 , el error estándar, así

también se comprobó mediante las gráficas de predichos y residuales si verdaderamente se ajustaba por lo cual se tuvo que comparar con los otros modelos para elegir el más apropiado.

Los predichos y residuales muestran que el grado de dispersión de los datos oscilan en la línea del modelo exponencial.

Campbell y Madden 1990. Menciona que cuando hay disposición del material la enfermedad no encuentra limitante y avanza de manera logarítmica y tiene un comportamiento exponencial como sucedió en el patosistema citado.

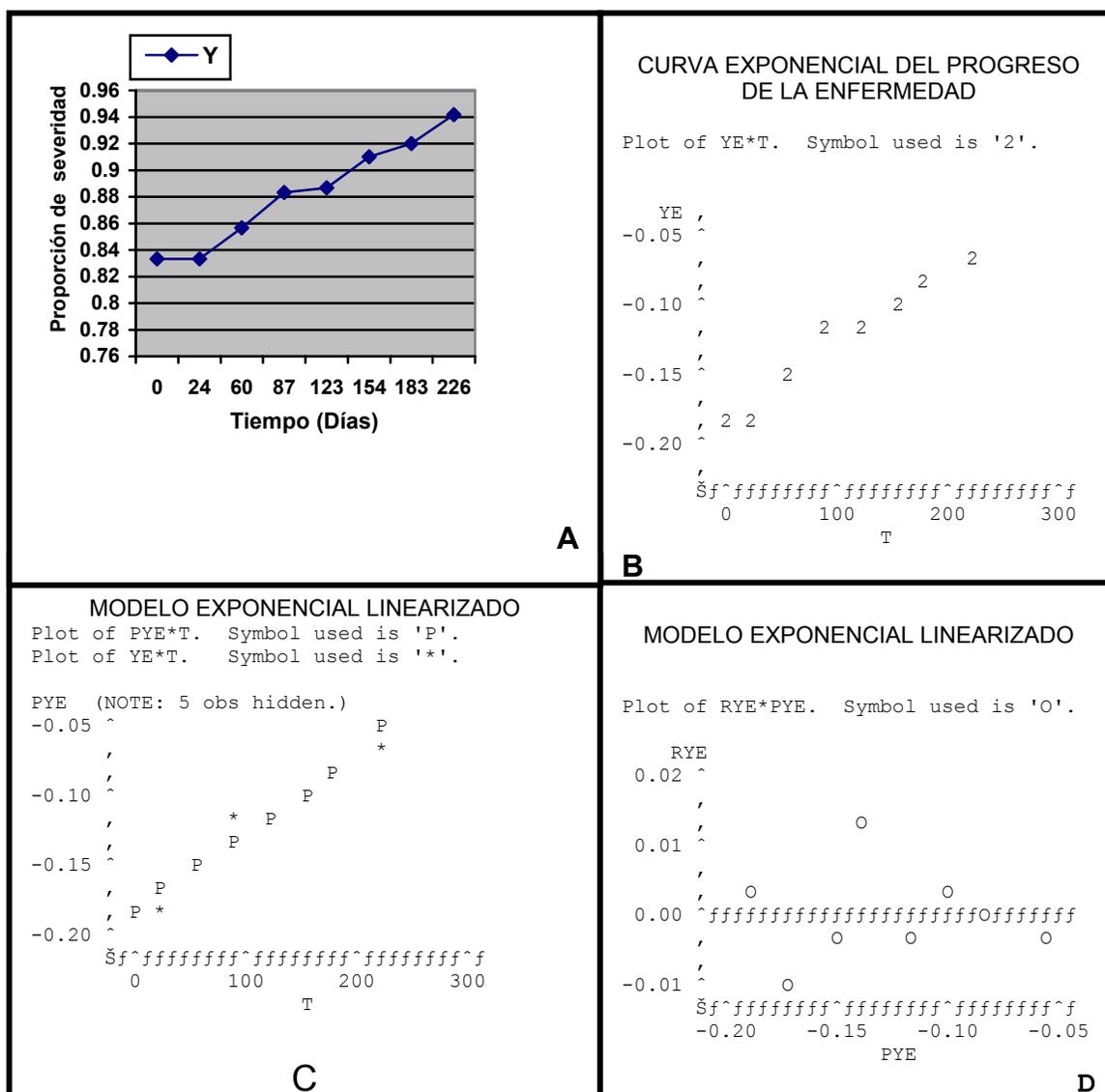


Figura 5.4. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 1 sitio 3, estrato de la base del árbol. **B.**

Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.

Cuadro 5.6. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 1 estrato de la base del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.705	-0.34956	1.22078	0.87122	1.05109
2	24	0.715	-0.33547	1.25527	0.91979	1.09221
3	60	0.746	-0.29303	1.37042	1.07739	1.22748
4	87	0.764	-0.26919	1.44392	1.17474	1.31235
5	123	0.787	-0.23953	1.54646	1.30694	1.42909
6	154	0.815	-0.20457	1.68740	1.48283	1.58686
7	183	0.835	-0.18032	1.80181	1.62149	1.71300
8	226	0.862	-0.14850	1.98050	1.83200	1.90717

Cuadro 5.7. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 1 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos Estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -0.351 + 0.00092t$	0.996843	-0.3509555581 y 0.0009188790	0.00002111
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 1.175 + 0.0034t$	0.986955	1.174972522 y 0.003391814	0.00015920
logístico	$\ln[y/(1-y)] = 0.824 + 0.0043t$	0.992138	0.8240169699 y 0.0043106926	0.00015665
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 1.0044 + 0.0038t$	0.989847	1.004396635 y 0.003832063	0.00015844

Cuadro 5.8. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 2 estrato de la base del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.605	-0.50253	0.92887	0.42634	0.68811
2	24	0.633	-0.45728	1.00239	0.54511	0.78245
3	60	0.643	-0.44161	1.03002	0.58841	0.81733
4	87	0.664	-0.40947	1.09064	0.68117	0.89288
5	123	0.697	-0.36097	1.19402	0.83305	1.01896
6	154	0.731	-0.31334	1.31304	0.99970	1.16046
7	183	0.764	-0.26919	1.44392	1.17474	1.31235
8	226	0.799	-0.22439	1.60445	1.38006	1.49435

Cuadro 5.9. Cuadro de análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 2 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -0.504 + 0.0012t$	0.988709	-0.5042597573 y 0.0012313759	0.00005372
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.886 + 0.0029t$	0.962884	0.8859063866 y 0.0029406251	0.00023570
Logístico	$-\ln [y/(1-y)] = 0.382 + 0.0042t$	0.973797	0.3816466293 y 0.0041720010	0.00027939
Gompertz	$-\ln [-\ln(y)] = 0.644 + 0.00352t$	0.968996	0.6438805986 y 0.0035190665	0.00025711

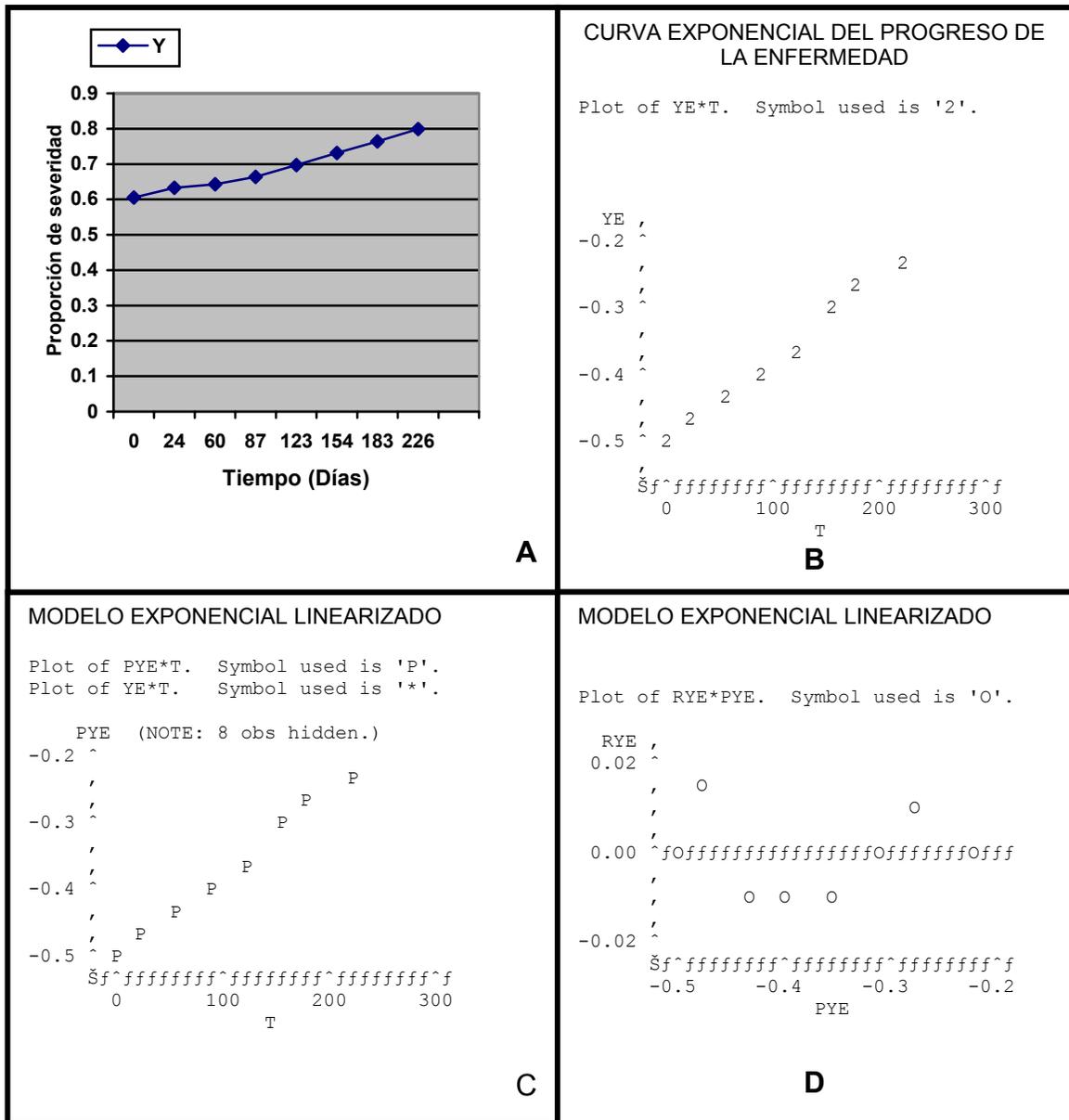


Figura 5.6. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 2, estrato de la base del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.10. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 3 estrato de la base del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.420	-0.86750	0.54473	-0.32277	0.14214
2	24	0.437	-0.82782	0.57448	-0.25335	0.18896
3	60	0.475	-0.74444	0.64436	-0.10008	0.29512
4	87	0.508	-0.67727	0.70928	0.03200	0.38968
5	123	0.551	-0.59602	0.80073	0.20471	0.51748
6	154	0.599	-0.51249	0.91379	0.40130	0.66847
7	183	0.638	-0.44942	1.01611	0.56669	0.79980
8	226	0.682	-0.38273	1.14570	0.76298	0.96044

Cuadro 5.11. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 3 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , Sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -0.873 + 0.00225t$	0.996279	-0.8728466906 y 0.0022463008	0.00005604
Monomolecular	$\ln 1/(1-y) = 0.502 + 0.0027t$	0.982849	0.5018148454 y 0.0027242227	0.00014692
Logístico	$\ln y/(1-y) = -0.371 + 0.0050t$	0.994280	-0.3710318452 y 0.0049705235	0.00015392
Gompertz	$-\ln -\ln(y) = 0.096 + 0.0037t$	0.990144	0.0956066749 y 0.0037307269	0.00015195

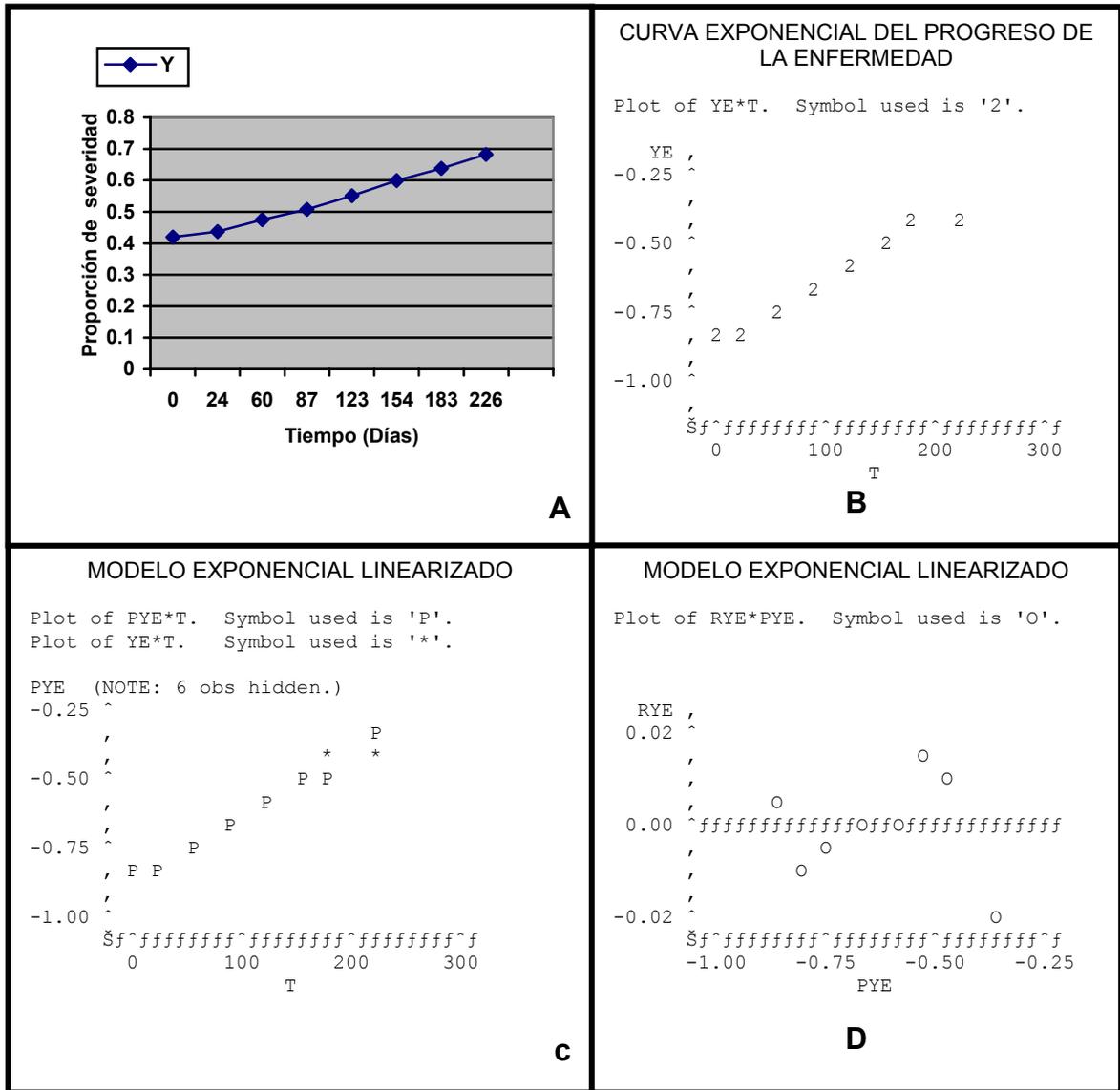


Figura 5.7. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 3, estrato de la base del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.12. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.345	-1.06421	0.42312	-0.64109	-0.06223
2	24	0.361	-1.01888	0.44785	-0.57103	-0.01870
3	60	0.399	-0.91879	0.50916	-0.40963	0.08469
4	87	0.437	-0.82782	0.57448	-0.25335	0.18896
5	123	0.478	-0.73814	0.65009	-0.08806	0.30362
6	154	0.526	-0.64245	0.74655	0.10409	0.44246
7	183	0.570	-0.56212	0.84397	0.28185	0.57604
8	226	0.615	-0.48613	0.95451	0.46838	0.72127

Cuadro 5.13. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.

Modelo	Modelos Estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , Sig.	Significancia bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -1.070 + 0.0027t$	0.995597	-1.069928220 y 0.002684797	0.00007289
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.385 + 0.0024t$	0.983230	0.3849566892 y 0.0024154854	0.00012879
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -0.685 + 0.0051t$	0.995459	-0.6849715303 y 0.0051002825	0.00014063
Gompertz	$-\ln [-\ln(y)] = -0.105 + 0.0036t$	0.991560	-0.1046049323 y 0.0035857007	0.00013506

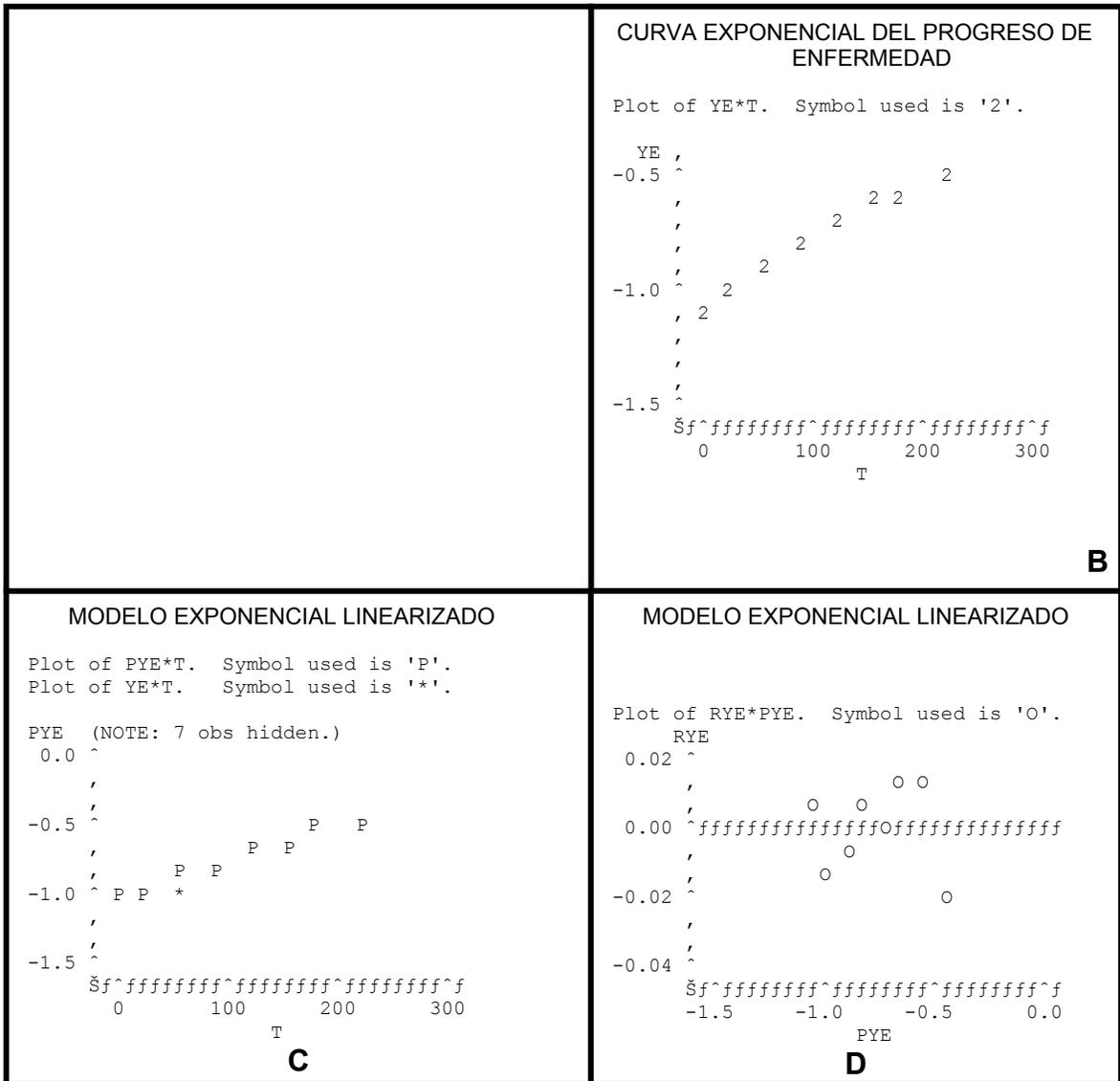


Figura 5.8. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 1 sitio 1, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.14. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.

OBS.	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.620	-0.47804	0.96758	0.48955	0.73807
2	24	0.627	-0.46681	0.98618	0.51937	0.76184
3	60	0.659	-0.41703	1.07587	0.65884	0.87459
4	87	0.695	-0.36384	1.18744	0.82360	1.01103
5	123	0.734	-0.30925	1.32426	1.01501	1.17362
6	154	0.766	-0.26657	1.45243	1.18586	1.32211
7	183	0.795	-0.22941	1.58475	1.35533	1.47223
8	226	0.831	-0.18513	1.77786	1.59273	1.68672

Cuadro 5.15. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , sig.	Significancia Bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -0.488 + 0.0014t$	0.992038	-0.4882026225 y 0.0013880318	0.00005077
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.898 + 0.0037t$	0.981965	0.8980019501 y 0.0037016996	0.00020480
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = 0.41 + 0.0051t$	0.989172	0.4097993276 y 0.0050897314	0.00021740
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 0.663 + 0.0043t$	0.986147	0.6632997169 y 0.0043568359	0.00021082

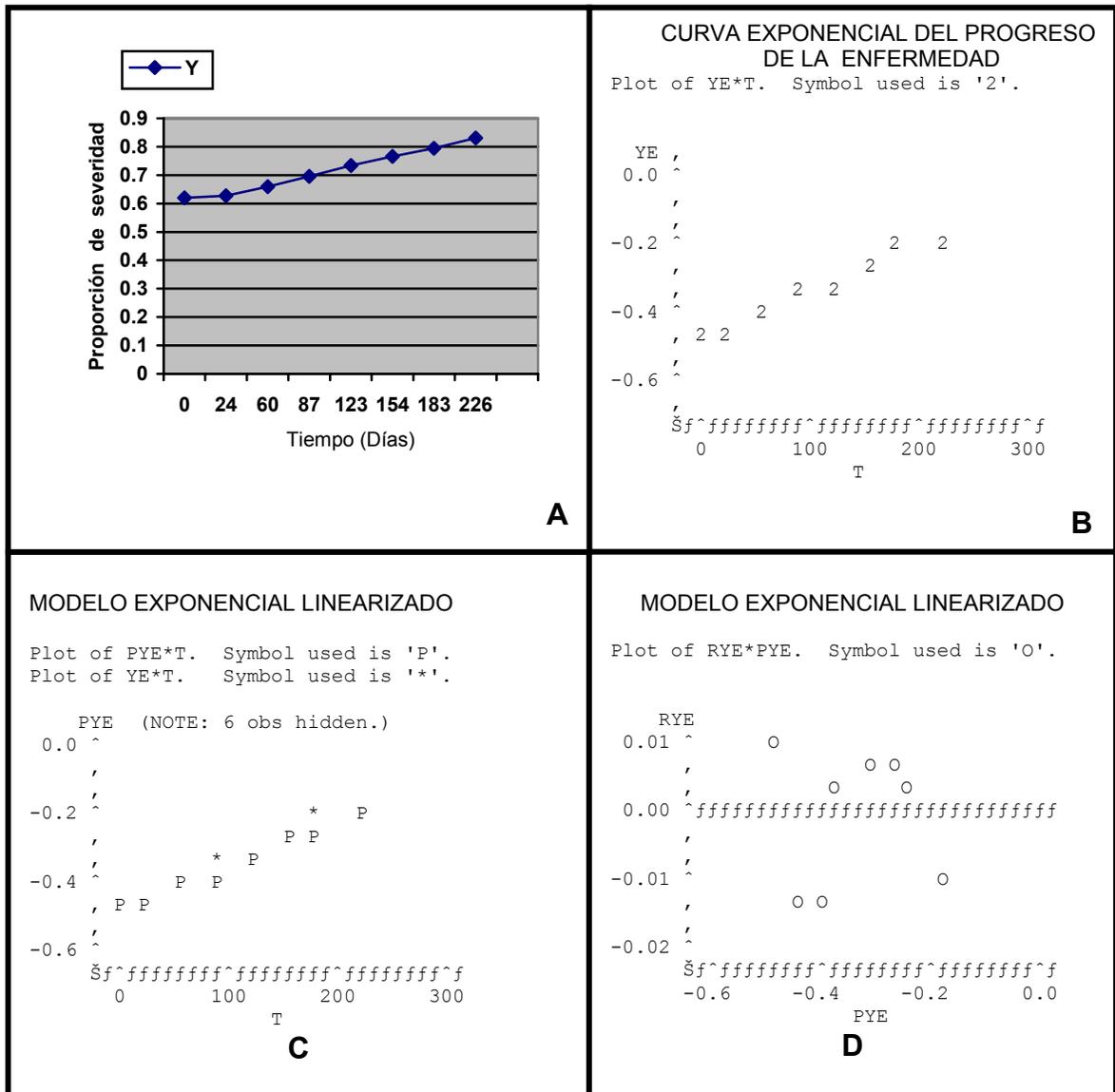


Figura 5.9. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 1 sitio 2, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados.

Cuadro 5.16. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.180	-1.71480	0.19845	-1.51635	-0.53930
2	24	0.182	-1.70375	0.20089	-1.50286	-0.53283
3	60	0.214	-1.54178	0.24080	-1.30098	-0.43294
4	87	0.235	-1.44817	0.26788	-1.18029	-0.37030
5	123	0.249	-1.39030	0.28635	-1.10395	-0.32952
6	154	0.293	-1.22758	0.34672	-0.88086	-0.20505
7	183	0.329	-1.11170	0.39899	-0.71271	-0.10589
8	226	0.370	-0.99425	0.46204	-0.53222	0.00576

Cuadro 5.17. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , sig.	Significancia Bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -1.75 + 0.0033t$	0.987805	-1.749787708 y 0.003344190	0.00015170
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.173 + 0.0012t$	0.962178	0.1734929534 y 0.0011834003	0.00009579
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -1.58 + 0.0045t$	0.984854	-1.576294754 y 0.004527590	0.00022922
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.58 + 0.0025t$	0.978361	-0.5799733881 y 0.0024851004	0.00015088

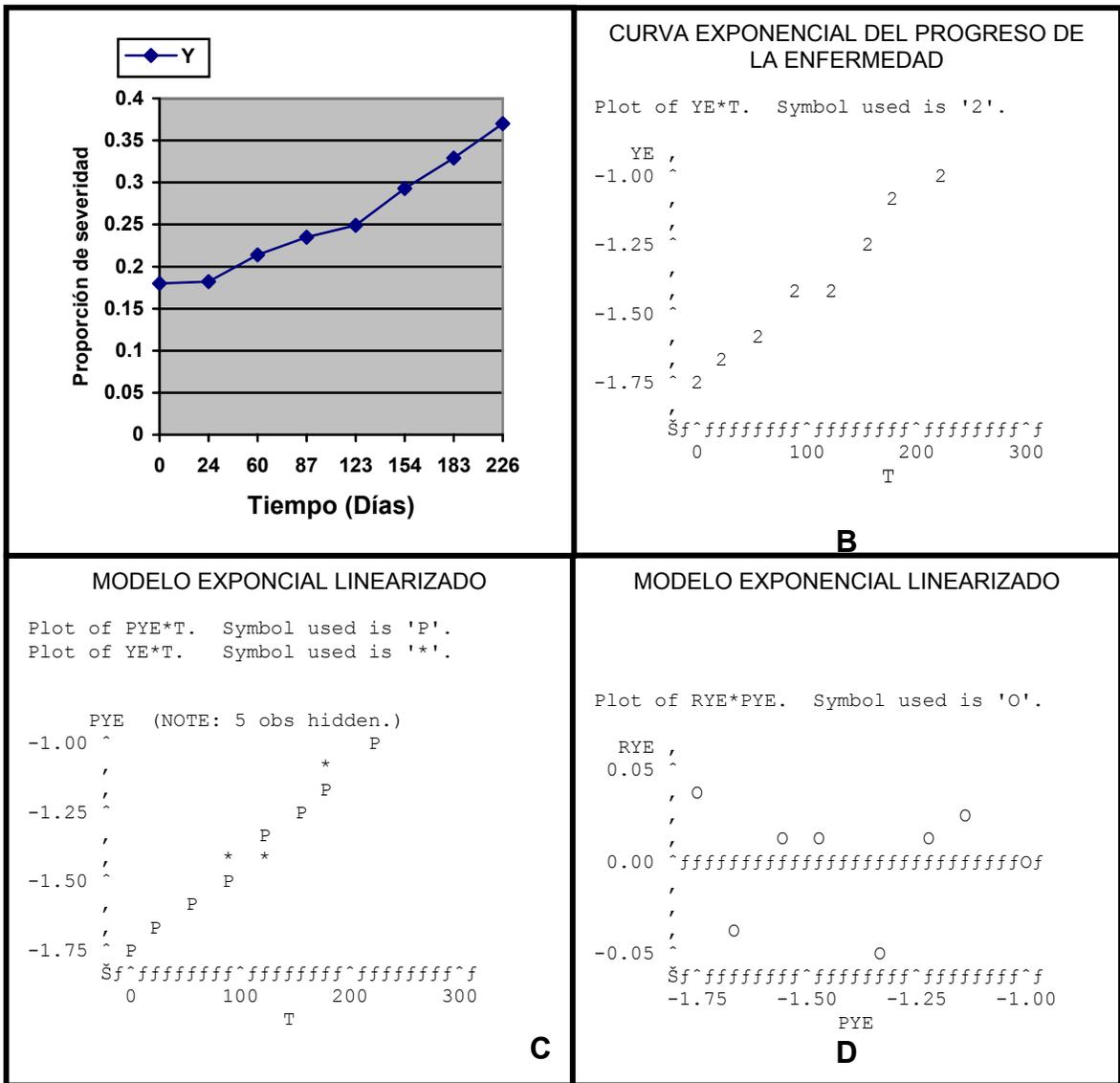


Figura 5.10. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 1 sitio 3, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.18. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.495	-0.70320	0.68320	-0.02000	0.35212
2	24	0.498	-0.69716	0.68916	-0.00800	0.36075
3	60	0.540	-0.61619	0.77653	0.16034	0.48421
4	87	0.561	-0.57803	0.82326	0.24522	0.54812
5	123	0.594	-0.52088	0.90140	0.38053	0.65224
6	154	0.634	-0.45571	1.00512	0.54942	0.78591
7	183	0.671	-0.39899	1.11170	0.71271	0.91883
8	226	0.722	-0.32573	1.28013	0.95440	1.12169

Cuadro 5.19. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 1 estrato de la parte media del árbol.

Modelos	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1t$	r^2 , sig.	Significancia B_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -0.723 + 0.00174t$	0.993318	-0.7231352104 y 0.0017377012	0.00005818
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.626 + 0.0026t$	0.965161	0.6263119638 y 0.0026371023	0.00020454
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -0.097 + 0.0044t$	0.980948	-0.0968232466 y 0.0043748035	0.00024890
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 0.286 + 0.0034t$	0.974424	0.2855266855 y 0.0034301564	0.00022687

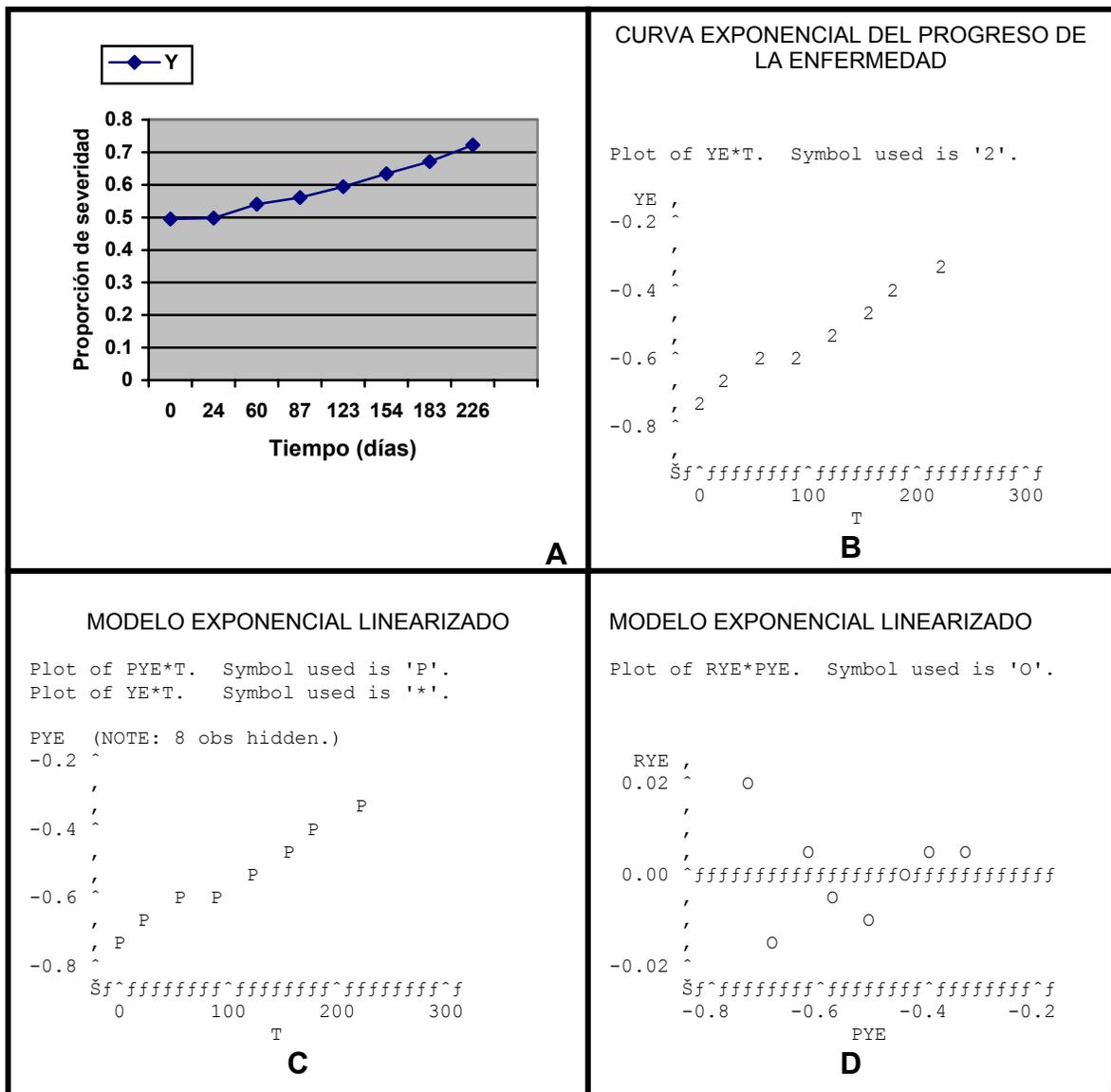


Figura 5.11. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 1, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.20. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.415	-0.87948	0.53614	-0.34333	0.12843
2	24	0.425	-0.85567	0.55339	-0.30228	0.15588
3	60	0.455	-0.78746	0.60697	-0.18049	0.23895
4	87	0.482	-0.72981	0.65778	-0.07203	0.31497
5	123	0.515	-0.66359	0.72361	0.06002	0.41009
6	154	0.558	-0.58340	0.81645	0.23305	0.53889
7	183	0.600	-0.51083	0.91629	0.40547	0.67173
8	226	0.655	-0.42312	1.06421	0.64109	0.86010

Cuadro 5.21. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , Sig.	Significancia Bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -0.902 + 0.0021t$	0.993661	-0.9020705121 y 0.0020807723	0.00006785
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.486 + 0.0023t$	0.959551	0.4859608730 y 0.0023187216	0.00019435
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -0.416 + 0.0044t$	0.980228	-0.4161096392 y 0.0043994941	0.00025509
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 0.067 + 0.0032t$	0.980228	0.0672549615 y 0.0032450251	0.00022522

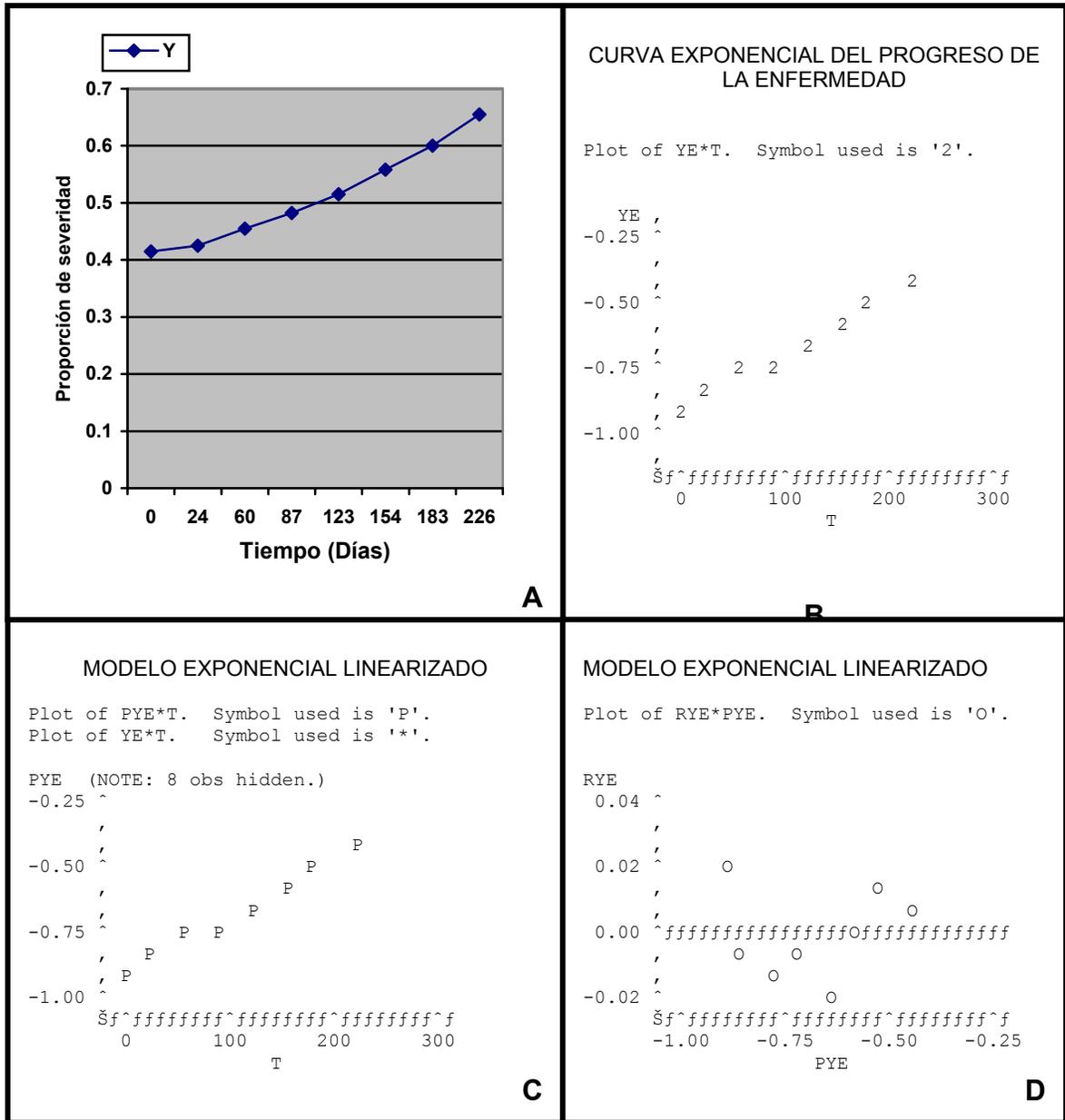


Figura 5.12. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 2, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.22. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	Y
1	0	0.280	-1.27297	0.32850	-0.94446	-0.24135
2	24	0.285	-1.25527	0.33547	-0.91979	-0.22735
3	60	0.311	-1.16796	0.37251	-0.79545	-0.15526
4	87	0.343	-1.07002	0.42007	-0.64995	-0.06768
5	123	0.380	-0.96758	0.47804	-0.48955	0.03295
6	154	0.418	-0.87227	0.54128	-0.33099	0.13665
7	183	0.460	-0.77653	0.61619	-0.16034	0.25292
8	226	0.508	-0.67727	0.70928	0.03200	0.38968

Cuadro 5.23. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 3 estrato de la parte media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia B_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.308 + 0.003t$	0.992290	-1.308002790 y 0.002805301	0.00010095
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.289 + 0.0017t$	0.969302	0.2899641536 y 0.0017288590	0.00012561
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -1.02 + 0.0045t$	0.987732	-1.018038636 y 0.004534160	0.00020529
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.296 + 0.003t$	0.981523	-0.2959922832 y 0.0029037396	0.00022522

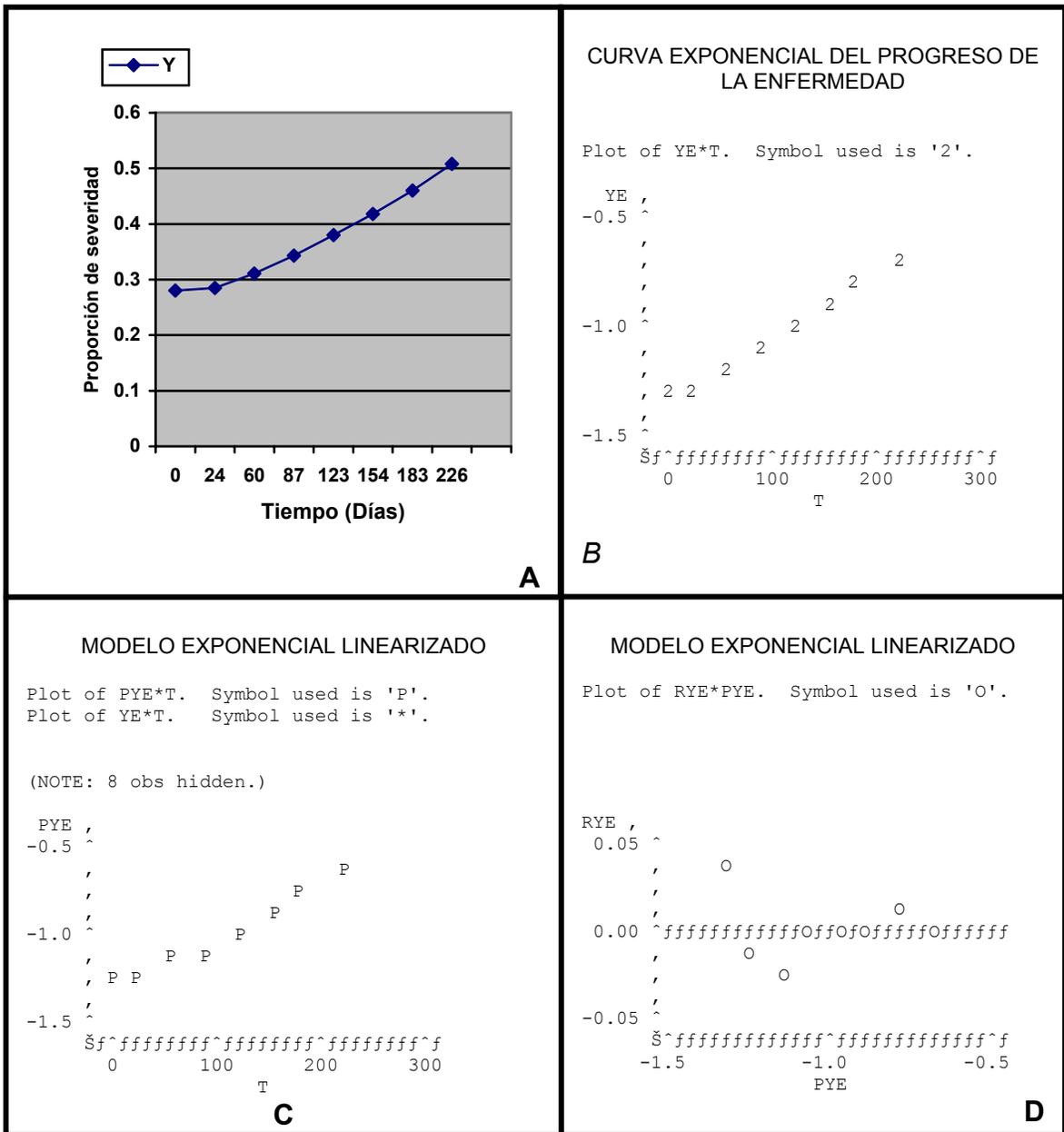


Figura 5.13. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 3, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.24. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.368	-0.99967	0.45887	-0.54081	0.00033
2	24	0.370	-0.99425	0.46204	-0.53222	0.00576
3	60	0.403	-0.90882	0.51584	-0.39298	0.09561
4	87	0.430	-0.84397	0.56212	-0.28185	0.16964
5	123	0.467	-0.76143	0.62923	-0.13219	0.27256
6	154	0.500	-0.69315	0.69315	0.00000	0.36651
7	183	0.531	-0.63299	0.75715	0.12416	0.45730
8	226	0.575	-0.55339	0.85567	0.30228	0.59170

Cuadro 5.25. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 2 estrato de la parte media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , Sig.	Significancia bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -1.024 + 0.0021t$	0.993397	-1.023733288 y 0.002102919	0.00006999
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.423 + 0.0018t$	0.980670	0.4228587096 y 0.0018100215	0.00010374
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -0.601 + 0.0039t$	0.991006	-0.6008745782 y 0.0039129400	0.00015218
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.047 + 0.0027t$	0.987453	-0.0469482568 y 0.0027246179	0.00012538

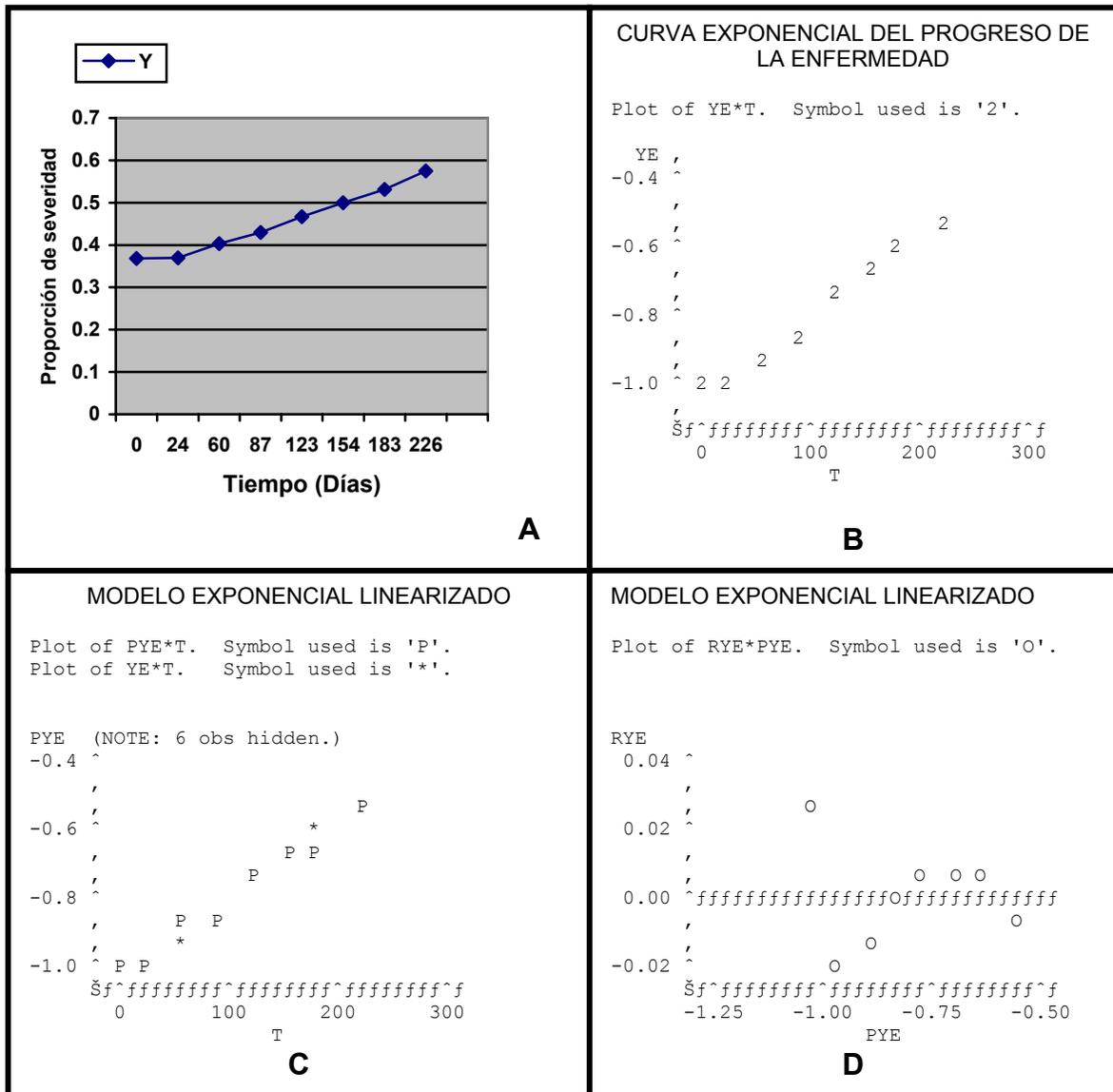


Figura 5.14. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 2, estrato de la parte media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.26. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 1 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.165	-1.80181	0.18032	-1.62149	-0.58879
2	24	0.175	-1.74297	0.19237	-1.55060	-0.55559
3	60	0.201	-1.60445	0.22439	-1.38006	-0.47278
4	87	0.226	-1.48722	0.25618	-1.23104	-0.39691
5	123	0.251	-1.38230	0.28902	-1.09329	-0.32375
6	154	0.281	-1.26940	0.32989	-0.93951	-0.23854
7	183	0.327	-1.11780	0.39601	-0.72179	-0.11136
8	226	0.375	-0.98083	0.47000	-0.51083	0.01936

Cuadro 5.27. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 1 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , sig.	Significancia Bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -1.820 + 0.0037t$	0.996752	-1.820195005 y 0.003704531	0.0000863
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.157 + 0.0013t$	0.964170	0.1565238335 y 0.0012672186	0.0000993
Logístico	$-\ln [y/(1-y)] = -1.664 + 0.0050t$	0.993206	-1.663671171 y 0.004971749	0.0001677
Gompertz	$-\ln [-\ln(y)] = -0.623 + 0.0027t$	0.985052	-0.6228176499 y 0.0027003184	0.0001350

Cuadro 5.28. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 2 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.345	-1.06421	0.42312	-0.64109	-0.06223
2	24	0.345	-1.06421	0.42312	-0.64109	-0.06223
3	60	0.370	-0.99425	0.46204	-0.53222	0.00576
4	87	0.392	-0.93649	0.49758	-0.43891	0.06561
5	123	0.422	-0.86275	0.54818	-0.31457	0.14763
6	154	0.456	-0.78526	0.60881	-0.17646	0.24174
7	183	0.501	-0.69115	0.69515	0.00400	0.36940
8	226	0.550	-0.59784	0.79851	0.20067	0.51444

Cuadro 5.29. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 2 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.107 + 0.0022t$	0.981160	-1.107194471 y 0.002171983	0.00012287
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.378 + 0.0017t$	0.946267	0.3775984319 y 0.0016752775	0.00016298
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -0.730 + 0.0038t$	0.969176	-0.7295960389 y 0.0038472608	0.00028011
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.127 + 0.0025t$	0.960231	-0.1269935986 y 0.0025091752	0.00021678

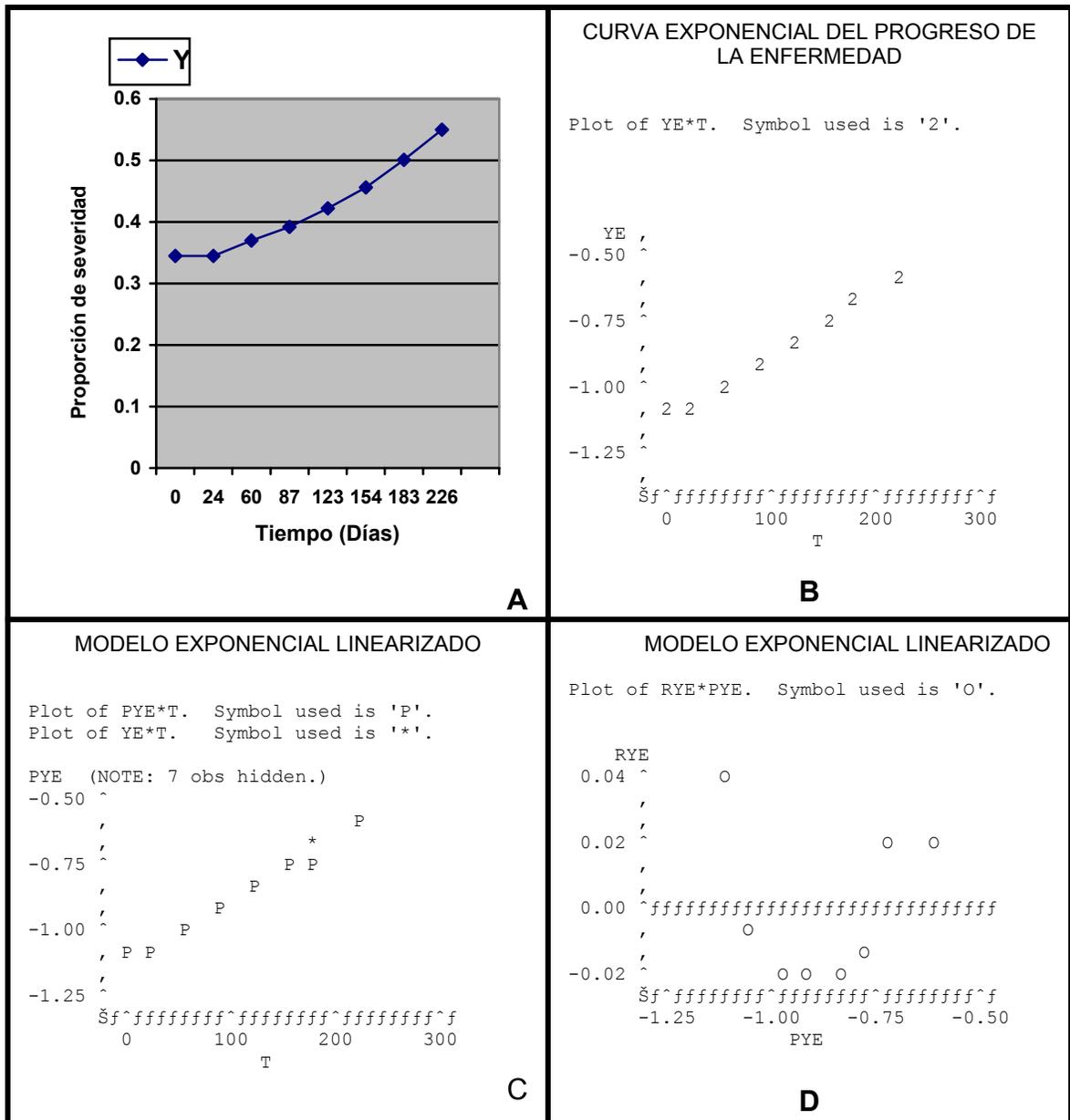


Figura 5.16. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 1 sitio 2, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.30. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 3 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.180	-1.71480	0.19845	-1.51635	-0.53930
2	24	0.182	-1.70375	0.20089	-1.50286	-0.53283
3	60	0.214	-1.54178	0.24080	-1.30098	-0.43294
4	87	0.235	-1.44817	0.26788	-1.18029	-0.37030
5	123	0.249	-1.39030	0.28635	-1.10395	-0.32952
6	154	0.293	-1.22758	0.34672	-0.88086	-0.20505
7	183	0.329	-1.11170	0.39899	-0.71271	-0.10589
8	226	0.370	-0.99425	0.46204	-0.53222	0.00576

Cuadro 5.31. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio 3 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.75 + 0.0033t$	0.987805	-1.749787708 Y 0.003344190	0.00015170
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.1735 + 0.0012t$	0.962178	0.1734929534 y 0.0011834003	0.00009579
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -1.576 + 0.0045t$	0.984854	-1.576294754 y 0.004527590	0.00022922
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.580 + 0.0025t$	0.978361	-0.5799733881 y 0.0024851004	0.00015088

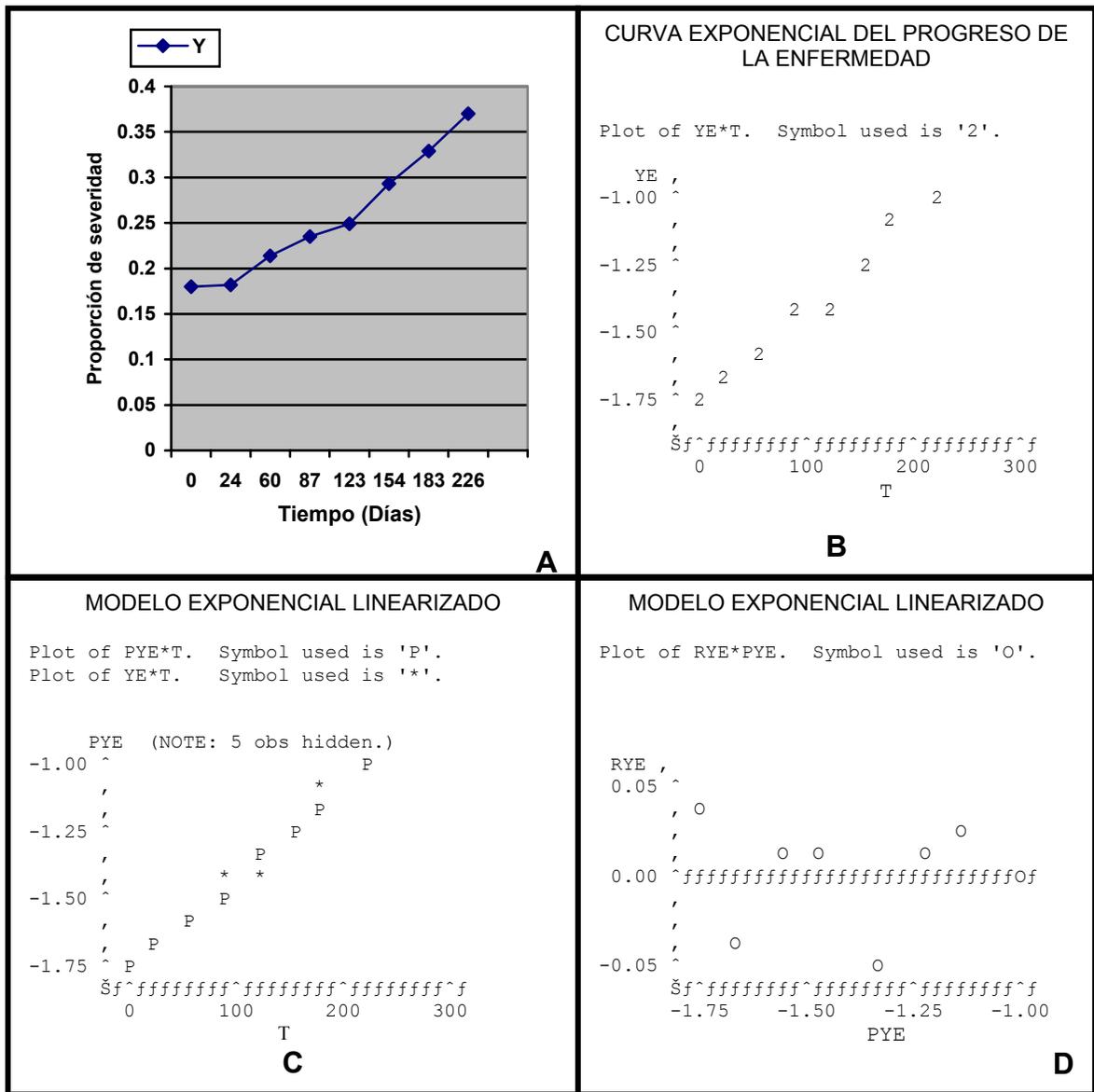


Figura 5.17. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 1 sitio 3, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.32. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 1 estrato de la copa del árbol.

OBS .	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.180	-1.71480	0.19845	-1.51635	-0.53930
2	24	0.180	-1.71480	0.19845	-1.51635	-0.53930
3	60	0.210	-1.56065	0.23572	-1.32493	-0.44510
4	87	0.234	-1.45243	0.26657	-1.18586	-0.37324
5	123	0.264	-1.33181	0.30653	-1.02528	-0.28654
6	154	0.296	-1.21740	0.35098	-0.86642	-0.19671
7	183	0.326	-1.12086	0.39453	-0.72633	-0.11409
8	226	0.378	-0.97286	0.47482	-0.49805	0.02751

Cuadro 5.33. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 1 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = bo + b1t$	r^2 , sig.	Significancia bo y b1	Error estándar de b1
Exponencial	$\ln(y) = -1.757 + 0.0035t$	0.993040	-1.756666931 y 0.003462935	0.00011836
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.171 + 0.0012t$	0.970906	0.1711235590 y 0.0012334321	0.00008717
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -1.586 + 0.0047t$	0.991486	-1.585543372 y 0.004696368	0.00017767
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.585 + 0.003t$	0.986214	-0.5849548270 y 0.0025821181	0.00012463

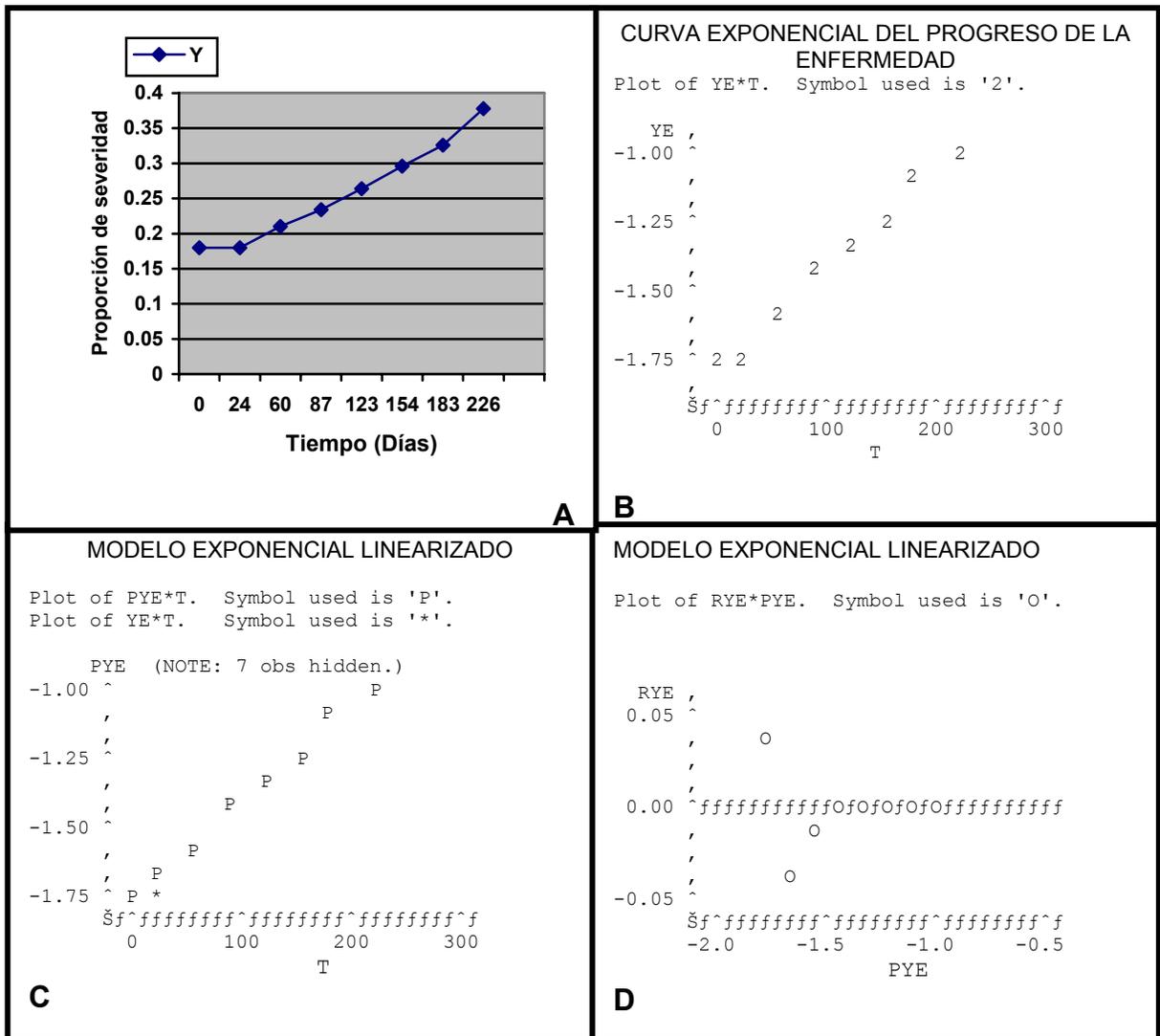


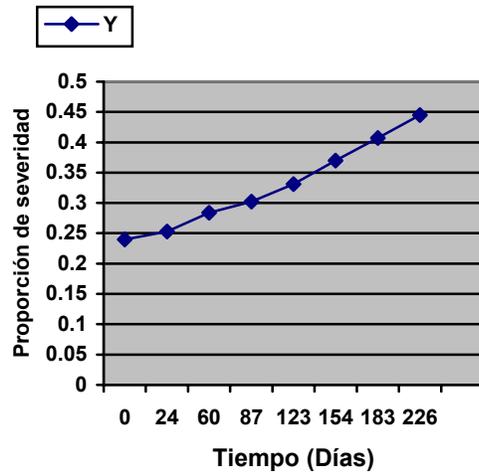
Figura 5.18. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 1, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.34. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 2 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.240	-1.42712	0.27444	-1.15268	-0.35566
2	24	0.253	-1.37437	0.29169	-1.08268	-0.31799
3	60	0.284	-1.25878	0.33408	-0.92471	-0.23014
4	87	0.302	-1.19733	0.35954	-0.83779	-0.18009
5	123	0.331	-1.10564	0.40197	-0.70367	-0.10042
6	154	0.370	-0.99425	0.46204	-0.53222	0.00576
7	183	0.407	-0.89894	0.52256	-0.37638	0.10654
8	226	0.445	-0.80968	0.58879	-0.22089	0.21111

Cuadro 5.35. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 2 estrato de la copa del árbol.

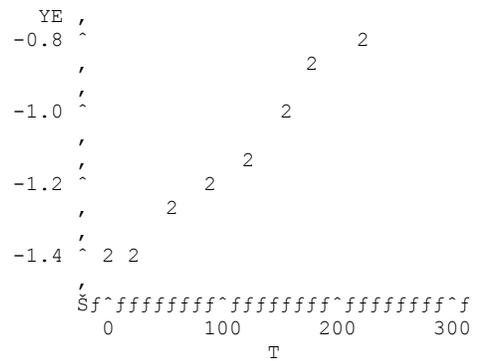
Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia B_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.435 + 0.003t$	0.996778	-1.434566735 y 0.002812637	0.00006528
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.254 + 0.0014t$	0.978996	0.2535036401 y 0.0014084759	0.00008422
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -1.181 + 0.0042t$	0.994562	-1.181063095 y 0.004221113	0.00012742
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.382 + 0.0023t$	0.989870	-0.3815678224 y 0.002557353	0.00010562



A

CURVA EXPONENCIAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of YE*T. Symbol used is '2'.

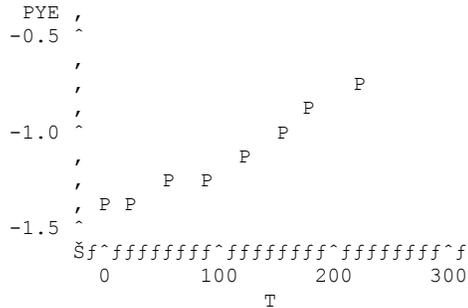


B

MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO

Plot of PYE*T. Symbol used is 'P'.
Plot of YE*T. Symbol used is '*'.

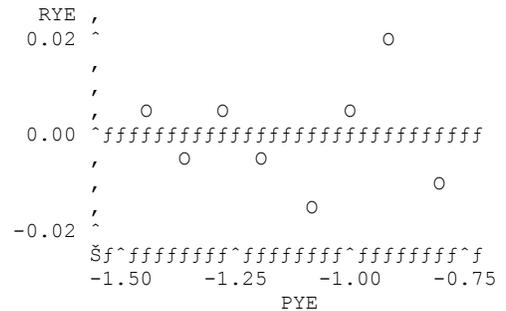
(NOTE: 8 obs hidden.)



C

MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO

Plot of RYE*PYE. Symbol used is 'O'.



D

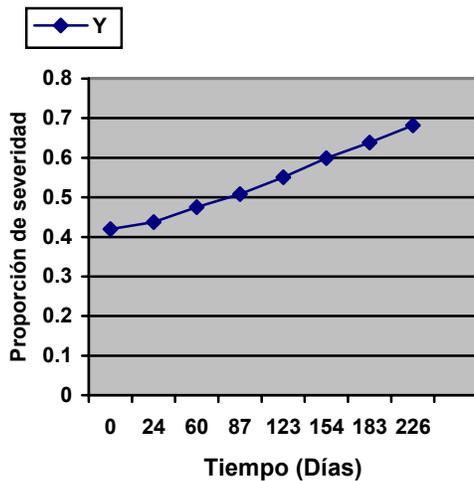
Figura 5.19. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 2, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.36. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 2 sitio 3 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.420	-0.86750	0.54473	-0.32277	0.14214
2	24	0.437	-0.82782	0.57448	-0.25335	0.18896
3	60	0.475	-0.74444	0.64436	-0.10008	0.29512
4	87	0.508	-0.67727	0.70928	0.03200	0.38968
5	123	0.551	-0.59602	0.80073	0.20471	0.51748
6	154	0.599	-0.51249	0.91379	0.40130	0.66847
7	183	0.638	-0.44942	1.01611	0.56669	0.79980
8	226	0.682	-0.38273	1.14570	0.76298	0.96044

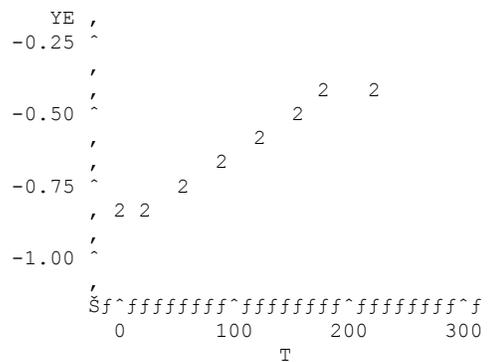
Cuadro 5.37. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 2 sitio 3 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1t$	r^2 , sig.	Significancia b ₀ y b ₁	Error estándar de b ₁
Exponencial	$\ln(y) = -0.873 + 0.0022t$	0.996279	-0.8728466906 y 0.0022463008	0.00005604
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.502 + 0.003t$	0.982849	0.5018148454 y 0.0027242227	0.00014692
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -0.371 + 0.005t$	0.994280	-0.3710318452 y 0.0049705235	0.00015392
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 0.096 + 0.004t$	0.990144	0.0956066749 y 0.0037307269	0.00015195



CURVA EXPONENCIAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

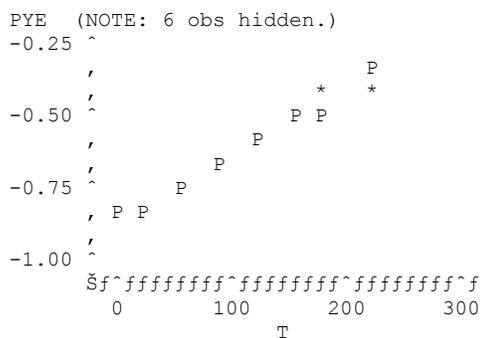
Plot of YE*T. Symbol used is '2'.



B

MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO

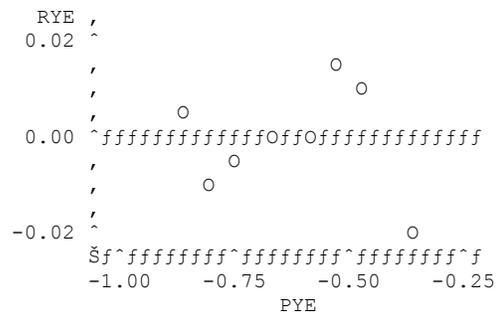
Plot of PYE*T. Symbol used is 'P'.
Plot of YE*T. Symbol used is '*'.



C

MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO

Plot of RYE*PYE. Symbol used is 'O'.



D

Figura 5.20. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 2 sitio 3, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

MODELO EXPONENCIAL

En este modelo la enfermedad tiene un comportamiento en forma ascendente; es decir, la enfermedad aumenta a una tasa creciente, el patógeno va encontrando las condiciones, así mismo él inóculo tiende a incrementar, el huésped se predispone entonces la enfermedad avanza de tal manera que alcanza su máximo nivel y tiende a estabilizarse.

Este modelo se ajusta generalmente a enfermedades en donde no se lleva a cabo ninguna práctica de control, o bien se podría estar llevando a cabo pero de una manera no adecuada dejando que la enfermedad se comporte de esta manera logarítmica.

3.1.2 MODELO MONOMOLECULAR

Este tipo de comportamiento quedó manifestado en esta ocasión primeramente por el mayor crecimiento observado al inicio de la epidemia para posteriormente mantenerse con cierta estabilidad al alcanzar su severidad máxima; y por otra parte por la participación destacada que jugó la velocidad de incremento de la epidemia ya que esta ejerció un fuerte efecto sobre los valores de severidad alcanzados.

En este modelo se puede ver en el (cuadro 5.38) que en el estrato 3 sitio 1 se ajustaron la base, media y copa, aquí la enfermedad se incrementa muy rápido mientras encuentra tejido sano y las condiciones necesarias, después tiende a decrecer, en este sitio quizá encontró estos factores, lo cual hicieron que se

comportara de esta manera, además el otro sitio que se comporto de esta manera es del estrato 3, lo cual nos dice que en este estrato la enfermedad tiende a incrementar muy rápido, pues presenta altos valores de severidad principalmente en el sitio 1.

Cuadro 5.38. Estratos y sitios que se ajustaron al modelo monomolecular.

ESTRATO	SITIO	ESTRATO DEL ARBOL	CUADROS
3	1	<i>Base</i>	5.41
3	1		5.43
3	3	Media	5.45
3	1	Media Copa	5.47

Los cuadros y figuras que a continuación se plasman son resultados de cada estrato y su respectivo sitio; así como los niveles del árbol (base, media y copa) que se ajustaron al modelo monomolecular.

Cuadro 5.40. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 1 estrato de la base del árbol.

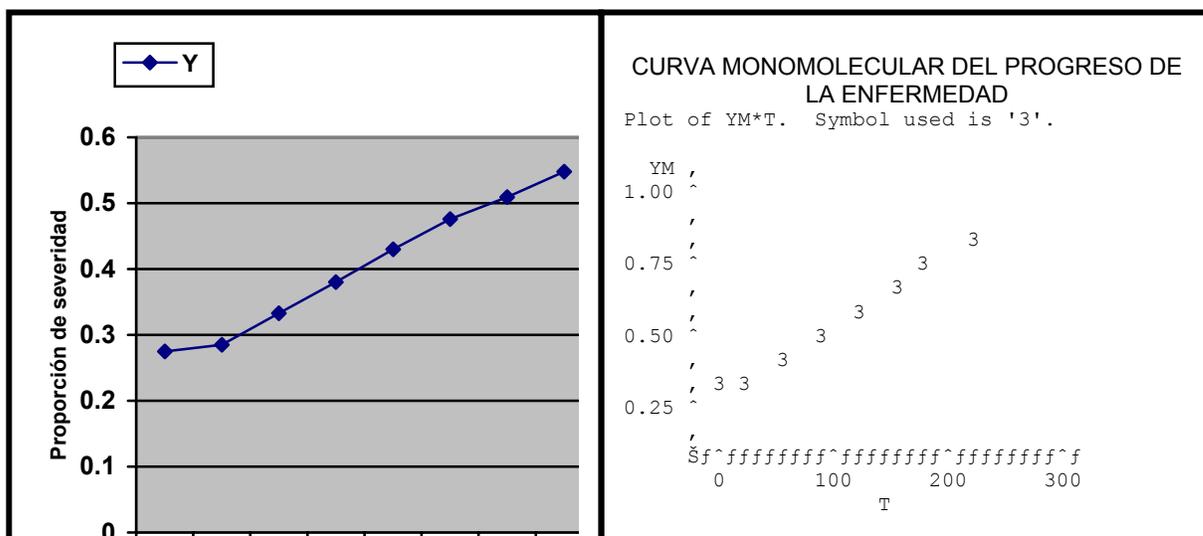
OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.275	-1.29098 0.25540	0.32158	-0.96940	-
2	24	0.285	-1.25527 0.22735	0.33547	-0.91979	-
3	60	0.333	-1.09961 0.09496	0.40497	-0.69465	-
4	87	0.380	-0.96758 0.03295	0.47804	-0.48955	
5	123	0.430	-0.84397 0.16964	0.56212	-0.28185	
6	154	0.476	-0.74234 0.29795	0.64626	-0.09607	
7	183	0.509	-0.67531 0.39259	0.71131	0.03600	
8	226	0.548	-0.60148	0.79407	0.19259	0.50836

Cuadro 5.41. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 1 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b ₀ y b ₁	Error estándar de b ₁
Exponencial	$\ln(y) = -1.288 + 0.0033t$	0.979609	-1.287947536 y 0.003298761	0.00019430
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.293 + 0.0022t$	0.992007	0.2931477982 y 0.0022271199	0.00008161
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -0.995 + 0.0055t$	0.990203	-0.9947997381 y 0.0055258812	0.00022439
Gompertz	$-\ln [-\ln(y)] = -0.285 + 0.0036t$	0.992915	-0.2848837934 y 0.0036205974	0.00012486

En las gráficas podemos observar como fue progresando la enfermedad de manera monomolecular y estadísticamente se obtuvo el pronóstico de desarrollo de la enfermedad $\ln y = \ln y_0 + \ln y_1 t$ donde se consideró la r^2 , error estándar así también se comprobó mediante las gráficas de predichos y residuales si verdaderamente se ajustaba por lo cual se tuvo que comparar con los otros modelos.

Los predichos y residuales muestran que el grado de dispersión de los datos oscilan en la línea del modelo Monomolecular.



3	60	0.249	-1.39030	0.28635	-1.10395	-0.32952
4	87	0.295	-1.22078	0.34956	-0.87122	-0.19949
5	123	0.343	-1.07002	0.42007	-0.64995	-0.06768
6	154	0.379	-0.97022	0.47642	-0.49379	0.03023
7	183	0.409	-0.89404	0.52594	-0.36810	0.11200
8	226	0.433	-0.83702	0.56740	-0.26962	0.17791

Cuadro 5.43. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 1 estrato media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.631 + 0.00039t$	0.959215	-1.631559075 y 0.003967234	0.00033397
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.198 + 0.0017t$	0.988584	0.1978384028 y 0.0017233316	0.00007550
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -1.434 + 0.0057t$	0.972580	-1.433720672 y 0.005690566	0.00038935
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.512 + 0.0033t$	0.981560	-0.5119131855 y 0.0033087721	0.00018515

Cuadro 5.44. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 3 estrato media del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.245	-1.40650	0.28104	-1.12546	-0.34110
2	24	0.250	-1.38629	0.28768	-1.09861	-0.32663
3	60	0.287	-1.24827	0.33827	-0.91000	-0.22176
4	87	0.365	-1.00786	0.45413	-0.55373	-0.00783
5	123	0.398	-0.92130	0.50750	-0.41381	0.08197
6	154	0.445	-0.80968	0.58879	-0.22089	0.21111
7	183	0.489	-0.71539	0.67139	-0.04401	0.33492
8	226	0.540	-0.61619	0.77653	0.16034	0.48421

Cuadro 5.45. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 3 estrato media del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.421 + 0.0038t$	0.97208	-1.421455424 y 0.003804151	0.00026317
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.241 + 0.0023t$	0.982276	0.2415196147 y 0.0023024111	0.00012626
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -1.18 + 0.0061t$	0.982951	-1.179935809 y 0.006106563	0.00032832
Gompertz	$-\ln [-\ln(y)] = -0.389 + 0.0039t$	0.985415	-0.3894562905 y 0.0038863666	0.00019302

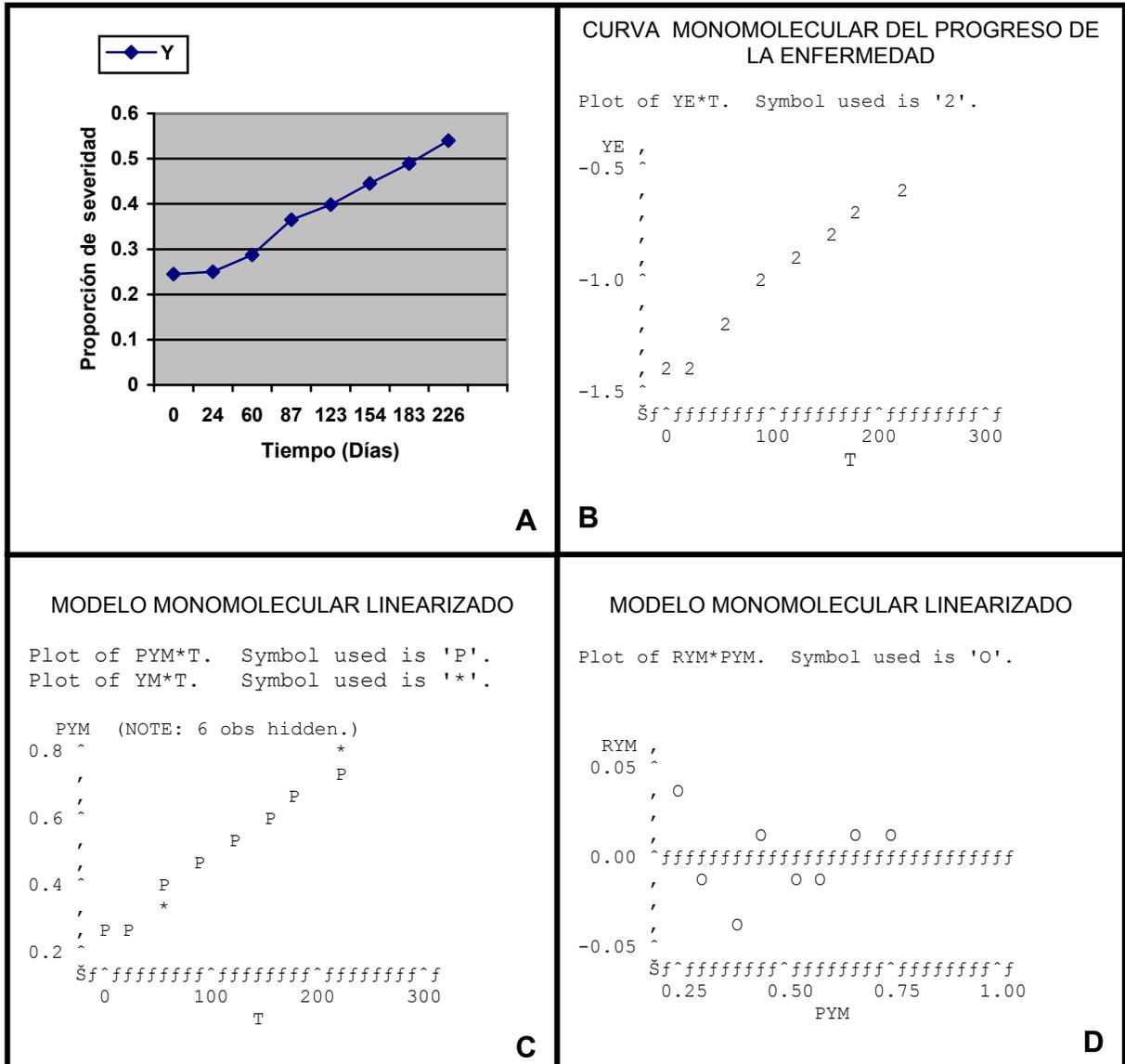


Figura 5.23. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 3, estrato media del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.46. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 1 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.050	-2.99573	0.05129	-2.94444	-1.09719
2	24	0.071	-2.64508	0.07365	-2.57143	-0.97270
3	60	0.106	-2.24432	0.11205	-2.13227	-0.80840
4	87	0.147	-1.91732	0.15900	-1.75833	-0.65093
5	123	0.164	-1.80789	0.17913	-1.62876	-0.59216
6	154	0.197	-1.62455	0.21940	-1.40515	-0.48523
7	183	0.236	-1.44392	0.26919	-1.17474	-0.36736
8	226	0.280	-1.27297	0.32850	-0.94446	-0.24135

Cuadro 5.47. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 1 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -2.783 + 0.0074t$	0.945358	-2.783299022 y 0.007368280	0.00072319
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.044 + 0.0012t$	0.990484	0.0442692153 y 0.0012112604	0.00004847
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -2.74 + 0.0086t$	0.960541	-2.739029806 y 0.008579540	0.00070991
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -1.05 + 0.0037t$	0.984351	-1.049481673 y 0.003711236	0.00019103

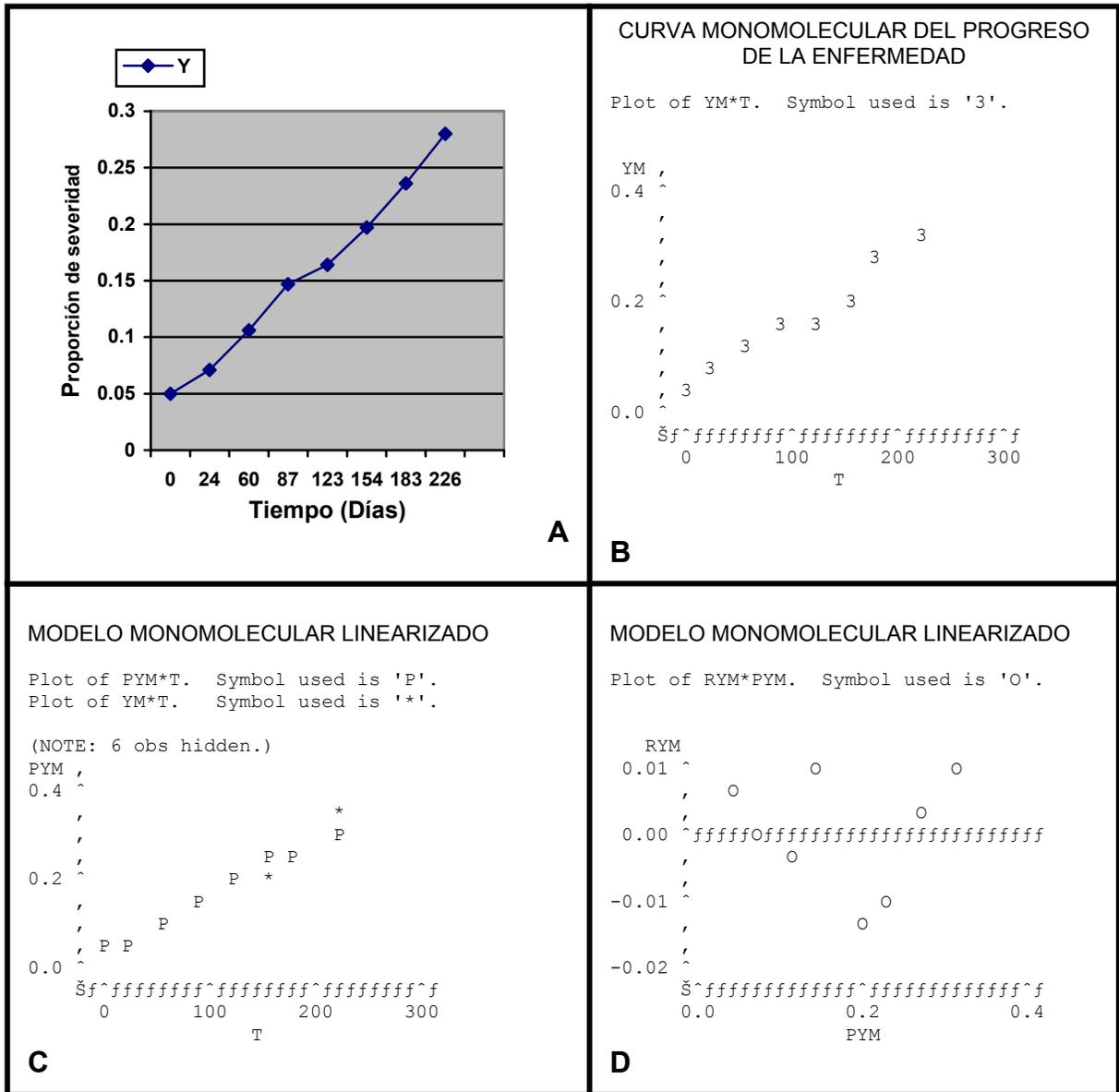


Figura 5.24. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 1, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un

modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

MODELO MONOMOLECULAR

La mayor tasa de intensidad de la enfermedad ocurre al comienzo de la epidemia. En este punto existe mayor cantidad de tejido sano es por eso que el patógeno encuentra disponible su alimento y tiende a incrementar el inóculo haciendo su mayor daño al inicio y después una vez que vaya disminuyendo el tejido sano tiende a decrecer la enfermedad poco a poco, haciendo que el patógeno tienda a buscar su alimento en otros árboles sanos.

Este modelo se ajusta a enfermedades que tienden a incrementar de manera rápida causando pérdidas fuertes en este caso de árboles forestales, pero en el caso de cultivos hay pérdidas considerables de cosechas.

3.1.3 MODELO LOGISTICO

(Campbell y Madden, 1990) mencionan que esta tasa de infección podría caracterizar una epidemia explosiva propiciada por abundante inoculo, hospedante altamente susceptible y condiciones ambientales favorables.

Como se puede observar en el cuadro 5.48. son pocos los estratos del árbol en que se ajusto este modelo quizás había las condiciones favorables, abundante inoculo por lo que se presento de esta manera, la enfermedad tiende a incrementar poco a poco como se puede observar en la figura 5.25A y después tiende a comportarse de una manera monomolecular.

Cuadro 5.48. Estrato y sitios que se ajustaron al modelo logístico.

ESTRATO	SITIO	ESTRATO DEL ARBOL	FIGURAS
1	1	Base	5.51
3	2	Base	5.53
3	2	Copa	5.55

Los cuadros y figuras que a continuación se plasman son resultados de cada estrato y su respectivo sitio; así como los niveles del árbol (base, media y copa) que se ajustaron al modelo logístico.

Cuadro 5.50. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 1 sitio 1estrato de la base del árbol.

OBS.	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.690	-0.37106	1.17118	0.80012	0.99138
2	24	0.695	-0.36384	1.18744	0.82360	1.01103
3	60	0.737	-0.30517	1.33560	1.03043	1.18689
4	87	0.767	-0.26527	1.45672	1.19145	1.32701
5	123	0.789	-0.23699	1.55590	1.31891	1.43974
6	154	0.813	-0.20702	1.67665	1.46962	1.57492
7	183	0.842	-0.17198	1.84516	1.67318	1.76040
8	226	0.872	-0.13697	2.05573	1.91876	1.98802

CUADRO 5.51. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 1 sitio1 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -0.373 + 0.0011t$	0.988905	-0.3732306146 y 0.0010823194	0.00004580
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 1.112 + 0.004t$	0.984813	1.112366836 y 0.003950337	0.00020027
logístico	$\ln [y/(1-y)] = 0.739 + 0.005t$	0.990223	0.7391362211 y 0.0050326565	0.00020416
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = 0.931 + 0.0044t$	0.987930	0.9312617068 y 0.0044682812	0.00020163

En las gráficas podemos observar como fue progresando la enfermedad de manera logística y estadísticamente se obtuvo el pronóstico de desarrollo de la enfermedad $\ln y = \ln y_0 + \ln y_1 t$ donde se consideró la r^2 , error estándar, así

también se comprobó mediante las gráficas de predichos y residuales si verdaderamente se ajustaba por lo cual se tuvo que comparar con los otros modelos.

Los predichos y residuales muestran que el grado de dispersión de los datos oscilan en la línea del modelo logístico.

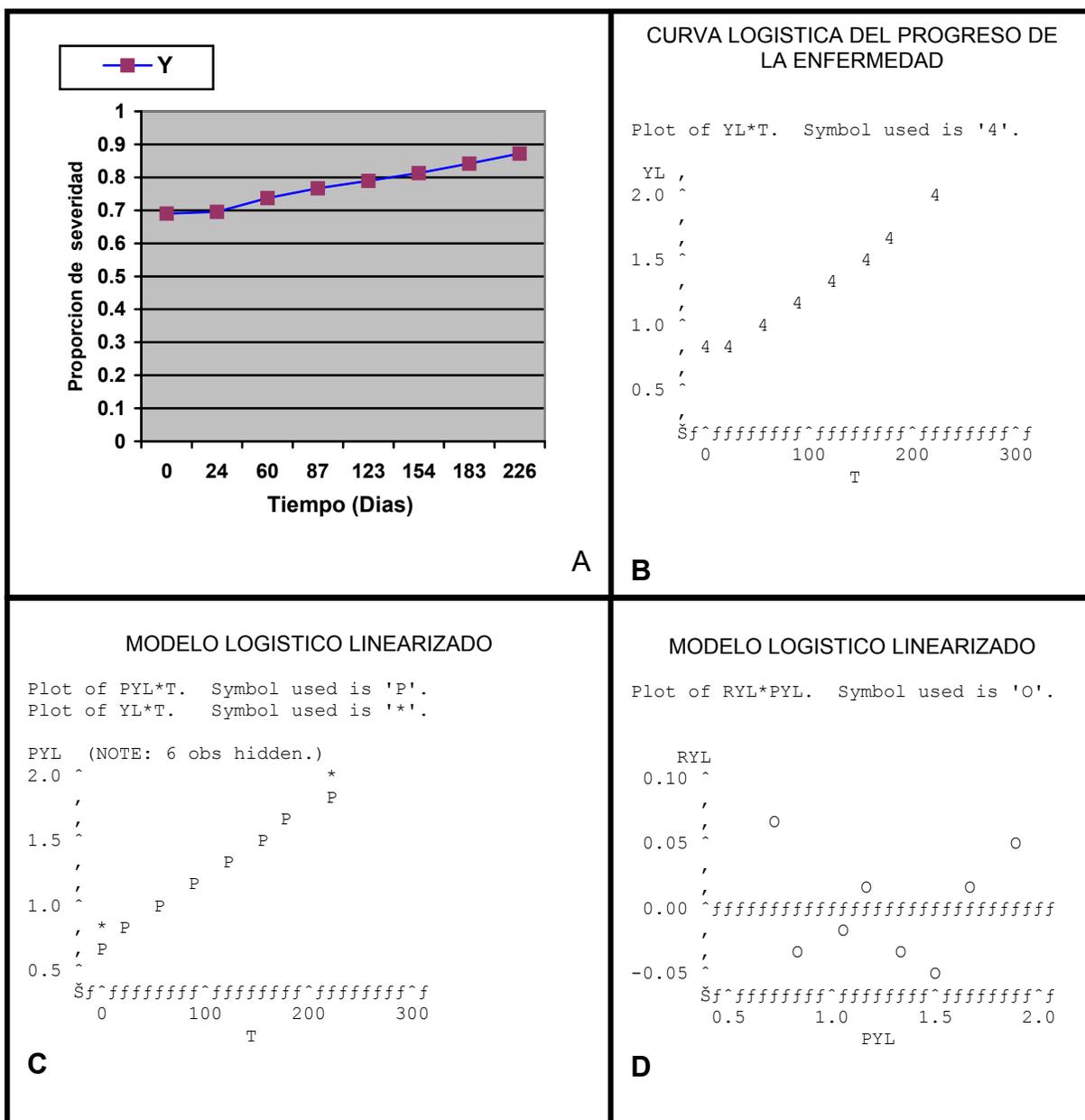


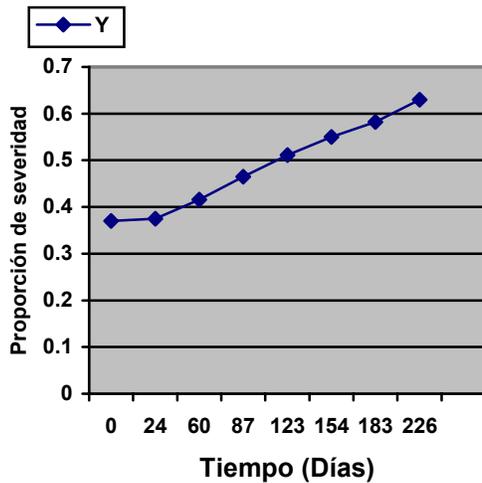
Figura 5.25. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill estrato 1 sitio 1, estrato de la base del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.52. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 2 estrato de la base del árbol.

OBS .	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.370	-0.99425	0.46204	-0.53222	0.00576
2	24	0.375	-0.98083	0.47000	-0.51083	0.01936
3	60	0.416	-0.87707	0.53785	-0.33922	0.13117
4	87	0.465	-0.76572	0.62549	-0.14023	0.26694
5	123	0.511	-0.67139	0.71539	0.04401	0.39841
6	154	0.550	-0.59784	0.79851	0.20067	0.51444
7	183	0.582	-0.54128	0.87227	0.33099	0.61381
8	226	0.630	-0.46204	0.99425	0.53222	0.77211

Cuadro 5.53. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 2 estrato de la base del árbol.

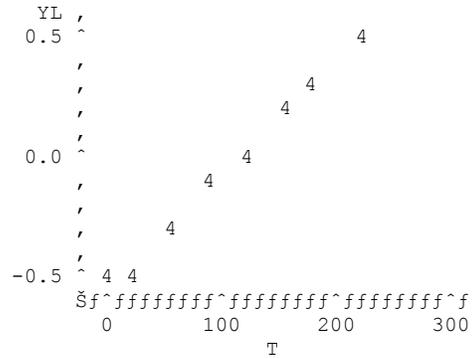
Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.0084 + 0.0025t$	0.985960	-1.008399672 y 0.002540006	0.00012374
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.421 + 0.0024t$	0.987992	0.4208861602 y 0.0024605825	0.00011074
Logístico	$\ln [y/(1-y)] = -0.588 + 0.005t$	0.992239	-0.5875135118 y 0.0050005884	0.00018055
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.043 + 0.0036t$	0.991659	-0.0428316033 y 0.0035760279	0.00013390



A

CURVA LOGISTICA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

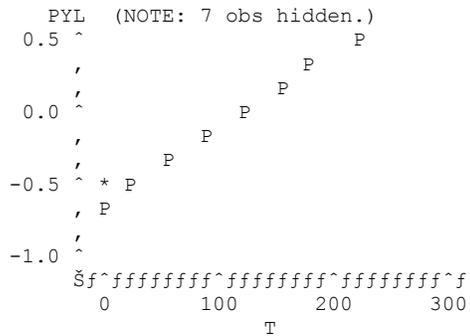
Plot of YL*T. Symbol used is '4'.



B

MODELO LOGISTICO LINEARIZADO

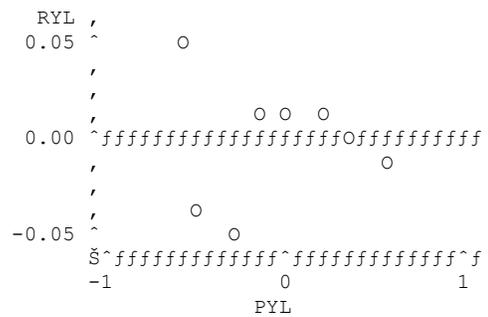
Plot of PYL*T. Symbol used is 'P'.
Plot of YL*T. Symbol used is '*'.



C

MODELO LOGISTICO LINEARIZADO

Plot of RYL*PYL. Symbol used is 'O'.



D

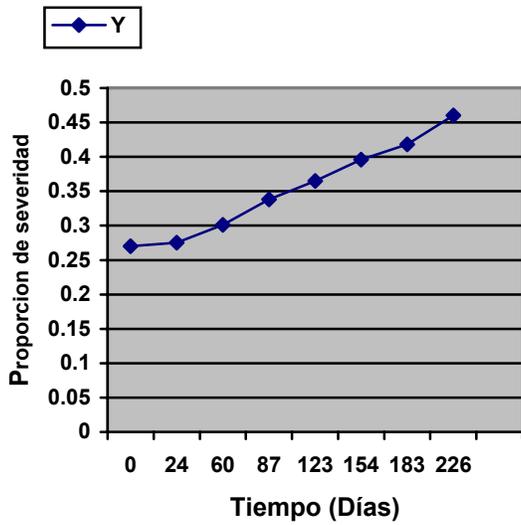
Figura 5.26. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 2, estrato de la base del árbol **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.54. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 2 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.270	-1.30933	0.31471	-0.99462	-0.26952
2	24	0.275	-1.29098	0.32158	-0.96940	-0.25540
3	60	0.301	-1.20065	0.35810	-0.84254	-0.18286
4	87	0.338	-1.08471	0.41249	-0.67222	-0.08131
5	123	0.365	-1.00786	0.45413	-0.55373	-0.00783
6	154	0.396	-0.92634	0.50418	-0.42216	0.07651
7	183	0.418	-0.87227	0.54128	-0.33099	0.13665
8	226	0.460	-0.77653	0.61619	-0.16034	0.25292

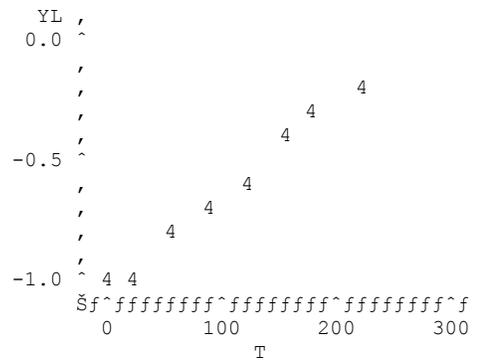
Cuadro 5.55. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 2 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b ₀ y b ₁	Error estándar de b ₁
Exponencial	$\ln(y) = -1.326 + 0.0025t$	0.990240	-1.325649779 y 0.002493028	0.00010104
Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.293 + 0.0014t$	0.987640	0.2931972348 y 0.0013735042	0.00006273
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -1.032 + 0.0038t$	0.992457	-1.032452545 y 0.003866532	0.00013762
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.299 + 0.0024t$	0.991806	-0.2989876086 y 0.0024049777	0.00008924



CURVA LOGISTICA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of YL*T. Symbol used is '4'.

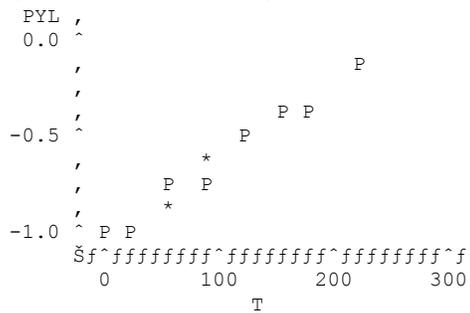


A B

MODELO LOGISTICO LINEARIZADO

Plot of PYL*T. Symbol used is 'P'.
Plot of YL*T. Symbol used is '*'.

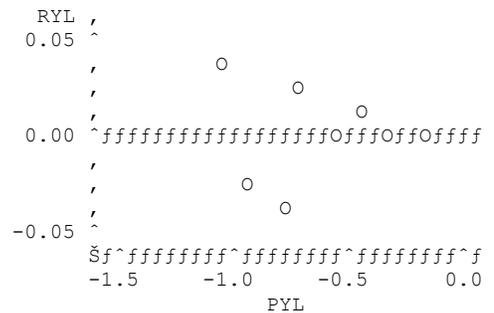
(NOTE: 6 obs hidden.)



C

MODELO LOGISTICO LINEARIZADO

Plot of RYL*PYL. Symbol used is 'O'.



D

Figura 5.27. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 2, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

MODELO LOGISTICO

El comportamiento de la enfermedad es sigmoideal o de s. Este modelo se ajusta a lotes que generan su propio inculo durante el período de medición de la enfermedad. Al principio la epidemia tiende a incrementar de manera exponencial y al final decrece de una manera monomolecular. El punto de inflexión es del 50%, este valor es observable cuando el valor máximo de enfermedad que se observa es de 100%.

En este punto de inflexión la enfermedad tiende a dispararse, de ahí que se dice que la tasa de infección aparente podría caracterizar una epidemia explosiva propiciada por abundante inculo, hospedante altamente susceptible y condiciones ambientales favorables.

3.1.4 MODELO GOMPERTZ

La enfermedad tuvo todas las condiciones que requiere para presentarse de manera Gompertz en el cuadro 5.56 se puede ver que se comportó de esta manera en este estrato 3 sitio 3 lo cual los niveles de daño fueron menores a comparación de los demás.

Cuadro 5.56. Estratos y sitios que se ajustaron al modelo monomolecular.

ESTRATO	SITIO	ESTRATO DEL ARBOL	FIGURAS
3	3	Base	5.59
3	3	Copa	5.61

Los cuadros y figuras que a continuación se plasman son resultados de cada estrato y su respectivo sitio; así como los niveles del árbol (base y copa) que se ajustaron al modelo Gompertz.

Cuadro 5.58. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 3 estrato de la base del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.290	-1.23787	0.34249	-0.89538	-0.21340
2	24	0.310	-1.17118	0.37106	-0.80012	-0.15801
3	60	0.356	-1.03282	0.44006	-0.59277	-0.03230
4	87	0.435	-0.83241	0.57093	-0.26148	0.18343
5	123	0.480	-0.73397	0.65393	-0.08004	0.30929
6	154	0.528	-0.63866	0.75078	0.11212	0.44838
7	183	0.572	-0.55862	0.84863	0.29002	0.58229
8	226	0.618	-0.48127	0.96233	0.48107	0.73133

Cuadro 5.59. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 3 estrato de la base del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.217 + 0.0035t$	0.971303	-1.216917440 y 0.003557219	0.00024962
Monomolecular	$\ln [1/(1-y)] = 0.31 + 0.0028t$	0.990880	0.3096119246 y 0.0028743456	0.00011257

Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -0.907 + 0.0064t$	0.988037	$-0.9073055158y + 0.0064315651$	0.00028892
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.24 + 0.0044t$	0.991633	$-0.2403108649y + 0.0044031615$	0.00016512

En las gráficas podemos observar como fue progresando la enfermedad de manera Gompertz y estadísticamente se obtuvo el pronóstico de desarrollo de la enfermedad $\ln y = \ln y_0 + \ln y_1 t$ donde se consideró la r^2 , error estándar así también se comprobó mediante las gráficas de predichos y residuales si verdaderamente se ajustaba por lo cual se tuvo que comparar con los otros modelos.

Los predichos y residuales muestran que el grado de dispersión de los datos oscilan en la línea del modelo Gompertz.

Como se puede observar la epidemia tiende a incrementar muy rápido al inicio y decrecen posteriormente a una tasa menor que el logístico (Rouse, 1985)

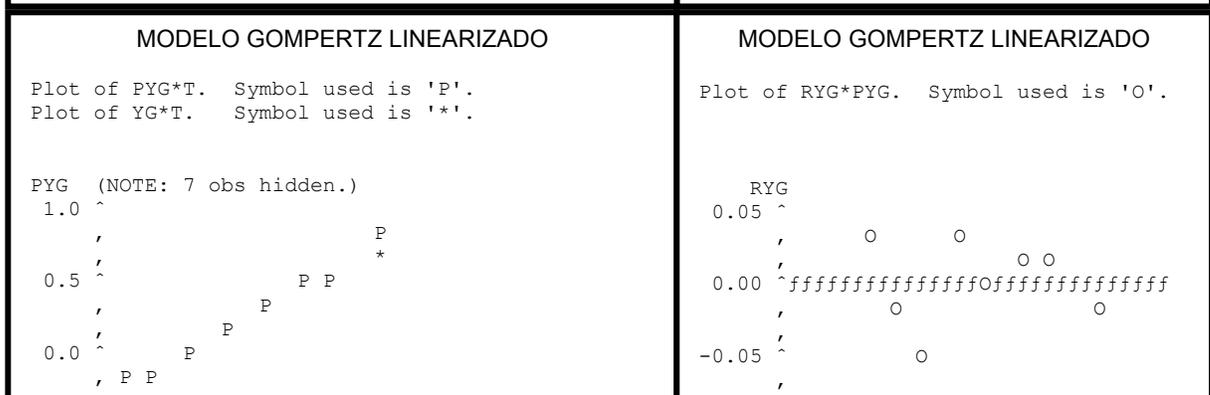
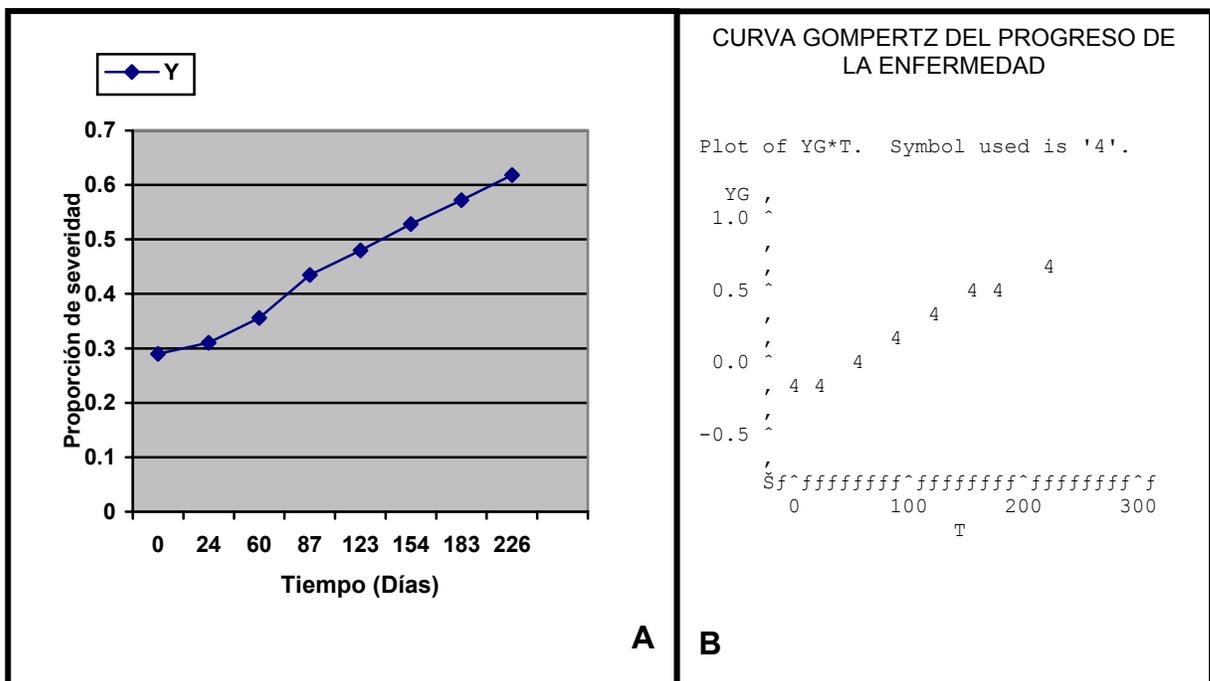


Figura 5.28. **A.** Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 3, estrato de la base del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

Cuadro 5.60. Datos transformados en los diferentes modelos no flexibles en el estrato 3 sitio 3 estrato de la copa del árbol.

OBS	T	Y	YE	YM	YL	YG
1	0	0.140	-1.96611	0.15082	-1.81529	-0.67606
2	24	0.155	-1.86433	0.16842	-1.69591	-0.62290
3	60	0.184	-1.69282	0.20334	-1.48948	-0.52640
4	87	0.245	-1.40650	0.28104	-1.12546	-0.34110
5	123	0.269	-1.31304	0.31334	-0.99970	-0.27235
6	154	0.310	-1.17118	0.37106	-0.80012	-0.15801
7	183	0.345	-1.06421	0.42312	-0.64109	-0.06223
8	226	0.400	-0.91629	0.51083	-0.40547	0.08742

Cuadro 5.61. Análisis de los modelos Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz en un patosistema del estrato 3 sitio 3 estrato de la copa del árbol.

Modelo	Modelos estimados $E(y) = b_0 + b_1 t$	r^2 , sig.	Significancia b_0 y b_1	Error estándar de b_1
Exponencial	$\ln(y) = -1.939 + 0.0048t$	0.977263	-1.938962563 y 0.004804215	0.00029916

Monomolecular	$\ln[1/(1-y)] = 0.130 + 0.0016t$	0.985554	$0.1302508576 y$ 0.0016102267	0.00007959
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = -1.809 + 0.0064t$	0.986317	$-1.808711705 y$ 0.006414442	0.00030844
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -0.592 + 0.0034t$	0.990902	$-0.5916747166 y$ 0.00345559689	0.00013519

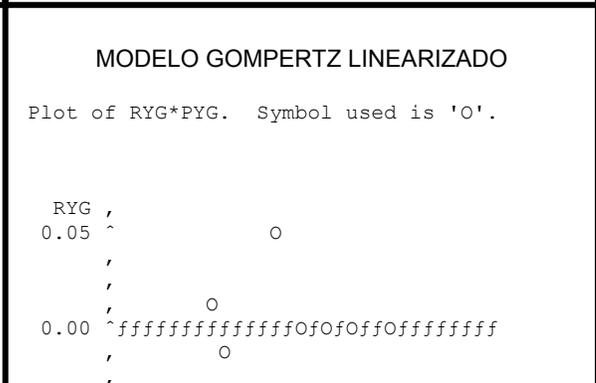
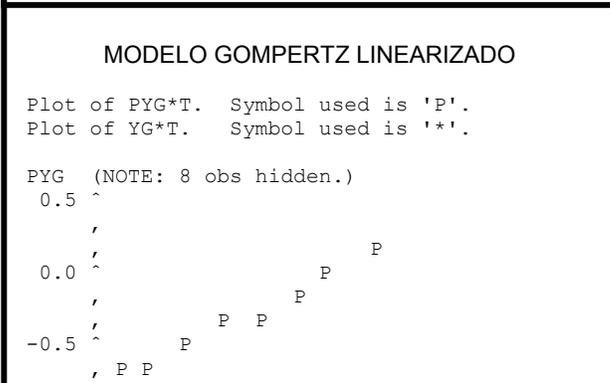
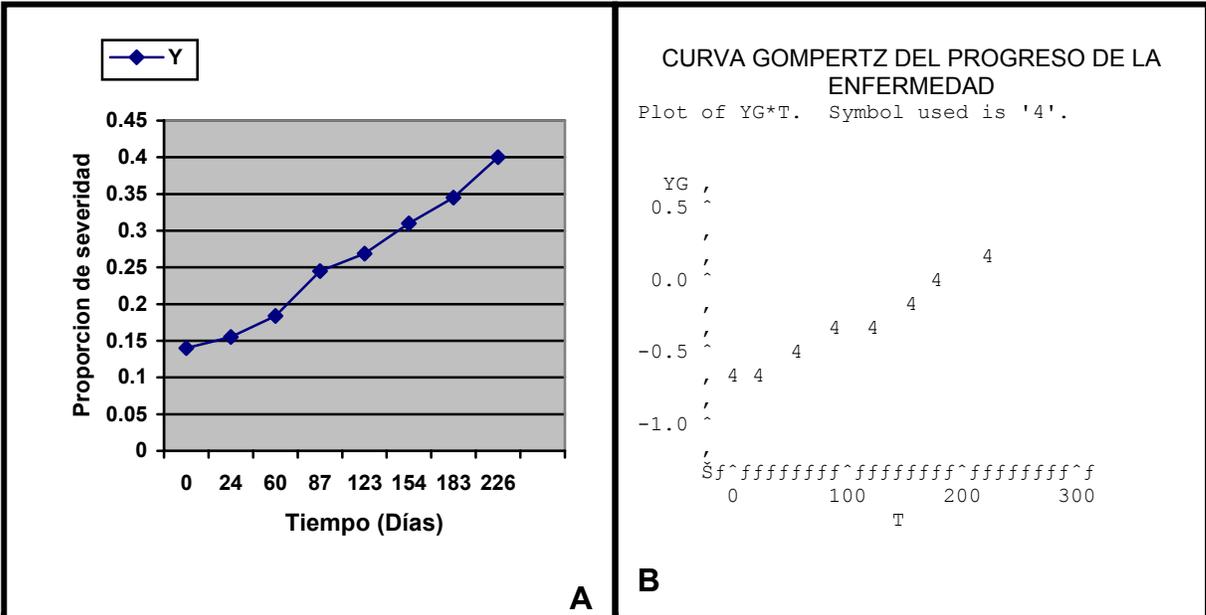


Figura 5.29. A. Progreso del patosistema amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) del estrato 3 sitio 3, estrato de la copa del árbol. **B.** Progreso de patosistema de acuerdo al modelo exponencial el cual fue el que más se ajusto al comportamiento de este. **C.** Predichos. Gráfica de valores de un modelo de predicción. **D.** Residuales. Gráfica donde se muestra el grado de dispersión de los valores ajustados

MODELO GOMPERTZ

Este modelo al principio presenta un progreso exponencial de enfermedad y un progreso tipo monomolecular al final, es decir que incrementa muy rápido al inicio y posteriormente decrece a una tasa menor.

En este modelo el comportamiento de la enfermedad va ser sigmoideal o de S, la diferencia con el logístico es el punto de inflexión que es de 37 % de intensidad de la enfermedad, en este punto la enfermedad se dispara y va decreciendo poco a poco, este incremento se puede dar por condiciones favorables o algún otro factor que le permita al patógeno estar más en contacto con el huésped.

VII. LITERATURA CITADA

- Benson, L. and R.A. Darrow. 1981. Trees and shrubs of the southwestern. 3th. The university of Arizona Press. U.S.A. 386 p.
- Beresford-Pearse, H. 1968. El bosque los alimentos y el hombre. FAO, Roma. 83 p.
- Berger, R.D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71: 716-719 pp.
- Burgess, L.W., C.M. Liddell, B.A. Summrell. 1988. Laboratory Manual For *Fusarium* Research. 2^a Edición. The University of Sydney. 156 p.
- Campbell, C.L. and L.V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons. New York. 532 p.
- Campbell, C.L., K.M. Reynolds, and L.V. Madden. 1988. Modelling epidemics of root diseases and development of simulators. 253-265pp. In: Experimental techniques in plant disease epidemiology. Krantz, J. and Rotem, J. eds. Springer-Verlag. Berlín Heidelberg.
- Crop Protection Compendium. Global Module. 2000. CAB Internacional. 2^{da} Edición.
- Daniel, W.T. 1982. Principios de Silvicultura. 2^a . Edición. McGRAW-HILL. Utah State University. 492 p.

De Luna, R.M. 1989. Influencia de las Edades de la Reforestación Zapalinamé sobre la Infiltración y la Producción de Sedimentos. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 45 p.

Deodendron, Chanes R. 1979. Arboles y arbustos de Jardín en Clima Templado. 2ª Edición. Blume. España. 547 p.

French, D.W. 1988. Forest and Shade Tree Pathology. University of Minnesota. Department of Plant Pathology. St. Paul, U.S.A. 271 p.

Gaunt, R.E. 1987. Measurement of disease and pathogens. In: Teny, P.S. (Ed). Crop Loss Assessment and Pest Management. APS Press. St. Paul, Minnesota. 6-18 pp.

Goor, A.Y. and C.W. Barney. 1976. Forest Tree Planting in Arid Zones. 2ª edición. The Ronal Press Company. New York. U.S.A. 504 p.

Gutiérrez, P.A. 1970. Texto guía. Departamento de Divulgación Forestal y de la Fauna. 186 p.

Hansen, E.M., K.J. Lewis, 1997. Compedium of Conifer Diseases. The American Phytopathological Society. 127 p.

Kranz, J. 1974. Comparison of epidemics. Anual Review Phytopathology 12: 355-374 pp.

Kranz, J. 1988. Measuring Plant Disease . pp. 35-50. in: Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. J. Kranz and Rotem, J.(eds) Springer –Verlag Berlinn Heidelberg.

- Larsson , M. And B. Gerhardson. 1992. Disease progression and yield losses from root diseases caused by soilborne pathogens of spinach. *Phytopathology* 82: 403-406 pp.
- Llácer, G., López, M.M., Trapero A. y Bello, A. 1996. *Patología Vegetal. Conceptos Básicos de Manejo Forestal*. 1ª edición. UTEHA, Noriega Editores, México. Tomo II. 701- 1165 pp.
- Mendoza, B.M.A. 1993. *Conceptos Básicos de Manejo Forestal*. 1ª Edición. UTEHA, México. 161 p.
- Mirov, N.T. 1967. *The Genus Pinus*. The Ronald Press Company New York, U.S.A. 602 p.
- Oviedo, R. J.L. 1980. *Inventario de las Alternativas de Transformación de Especies Forestales de la Sierra de Zapalinamé*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 88 p.
- Portes, V.L. 1996. *Análisis de Cambios de Usos de Suelo en la Sierra Zapalinamé, Municipios de Arteaga y Saltillo, Coahuila*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 110 p.
- Romero, C.S. 1988. *Hongos Fitopatogenos*. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México. 348 p.
- Rouse, D.L. 1985. *Construction of Temporal Models: 1.Disease Progress of Air-Borne Pathogens*. 11-29 pp. in *Mathematical Modeling of Crop Disease*. Gilligan, C.A. ed. Academic Press Inc. London, New York.

Scharpf, R.F. 1993. Diseases of Pacific Coast Conifers. Department of Agriculture, Forest Service. 14 p.

Sinclair, W.A., H.H. Lyon, W.T. Johnson. 1987. Disease of Tree an Shrubs. Comstock Publishing Asocieties. Cornell University Press Ithaca and London. 574 p.

Smith, I.M., J. Dunez, D.H. Phillips, R.A. Lelliot, y S.A. Archer. 1992. Manual de Enfermedades de las Plantas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.671p

Terry, A.T. 1978. Disease of Shade Trees. 1ª edición. Academic Press, Inc. New York, San Francisco London. 260 p.

Torres, J.J. 1993. Patología Vegetal. Principales enfermedades de nuestras especies forestales. Ediciones Mundi-Prensa. Primera Edición. Impreso en España. 270 p.

Van der Plank, J.E. 1963. Plant diseases: Epidemics and control. Academic Press. New York. 344-349 pp.

Vázquez, S.J.A., 1992. Determinación del Agente Causal del Amarillamiento y Caída de las Agujas en Pinos (*Pinus spp*) en Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Vidal, A.R. 1959. Iniciación a la Ciencia Forestal. 1ª edición. SALVAT Barcelona-Madrid. 547 p.

Zadoks, J.C. and R.D. Schein. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford Univ. Press. New York. 427 p.

Zarate, L.A. 1982. Ensayo de Dos Especies y Una Variedad de Pinus con Diferentes Sistemas de Plantación Para Trabajos de Reforestación en Zonas Semiáridas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 96 p.

[http://www.seremirm.minagri.gob.cl/forestacion/Pinus halepensis/ Principal.htm](http://www.seremirm.minagri.gob.cl/forestacion/Pinus_halepensis/Principal.htm)

APÉNDICE

Apéndice 1. Programa en SAS del Modelo Exponencial tomando como ejemplo al estrato 1 sitio 3 estrato del árbol base.

```
OPTIONS PS=62;
DATA BASES1;
INPUT T Y;
Y=Y/100;
YE=LOG(Y);
CARDS;
0      83.333
24     83.333
60     85.667
87     88.333
123    88.667
154    91
183    92
226    94.167

PROC PRINT;
/*CURVA ORIGINAL DEL PROGESO DE ENFERMEDAD BASE 1-3 */
TITLE 'CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT Y*T='1' / VPOS=12 HPOS=30;
TITLE 'CURVA EXPONENCIAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT YE*T = '2' / VPOS=12 HPOS=30;

/*MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO */
PROC GLM DATA=BASES1;
MODEL YE=T;
OUTPUT OUT = PLOTDAT1 PREDICTED=PYE RESIDUALS = RYE;
TITLE 'MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO';
PROC PLOT DATA = PLOTDAT1;
PLOT PYE*T='P' YE*T='*' / OVERLAY VPOS=10 HPOS=30;
PLOT RYE*PYE='O'/VREF=0 VPOS=10 HPOS=30;

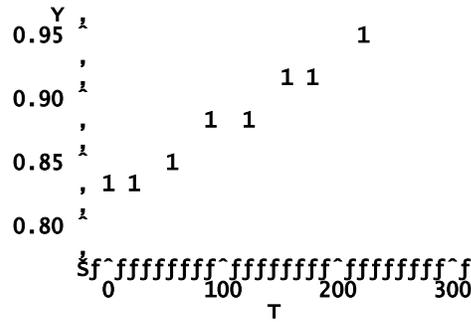
RUN;
```

OBS	T	Y	YE
1	0	0.83333	-0.18233
2	24	0.83333	-0.18233

3	60	0.85667	-0.15470
4	87	0.88333	-0.12406
5	123	0.88667	-0.12028
6	154	0.91000	-0.09431
7	183	0.92000	-0.08338
8	226	0.94167	-0.06010

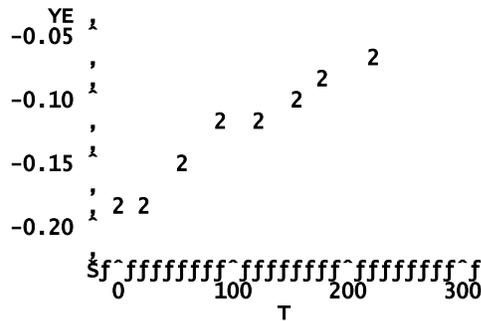
CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of Y*T. Symbol used is '1'.



CURVA EXPONENCIAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of YE*T. Symbol used is '2'.



MODELO EXPONENCIAL LINEARIZADO

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: YE

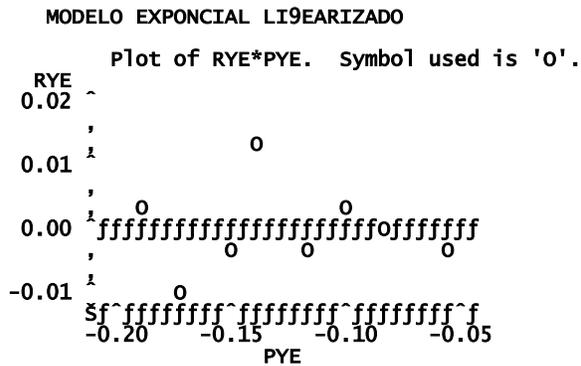
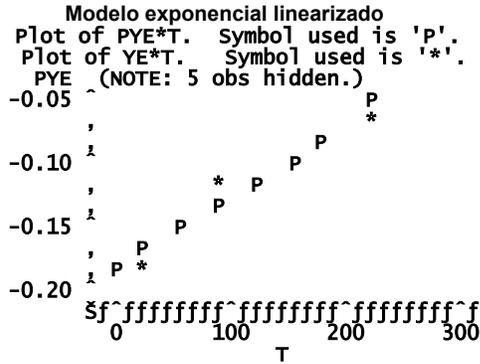
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.01404334	0.01404334	263.23	0.0001
Error	6	0.00032010	0.00005335		
Corrected Total	7	0.01436343			

R-Square	C.V.	Root MSE	YE Mean
0.977714	-5.834596	0.00730408	-0.12518564

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.01404334	0.01404334	263.23	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.01404334	0.01404334	263.23	0.0001

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	-.1861585678	-40.83	0.0001	0.00455982
T	0.0005691755	16.22	0.0001	0.00003508



Apéndice 2. Programa en SAS del Modelo monomolecular tomando como ejemplo al estrato 3 sitio 1 estrato del árbol base.

```

OPTIONS PS=62;
DATA BASES1;
INPUT T Y;
Y=Y/100;
YM=LOG(1/(1-Y));
CARDS;
0 27.5
24 28.5
60 33.3
87 38
123 43
154 47.6
183 50.9
226 54.8
PROC PRINT;
/*CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE ENFERMEDAD BASE 3-1 */
TITLE 'CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT Y*T='1' / VPOS=12 HPOS=30;
TITLE 'CURVA MONOMOLECULAR DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT YM*T = '3' / VPOS=12 HPOS=30;
/*MODELO MONOMOLECULAR LINEARIZADO */

```

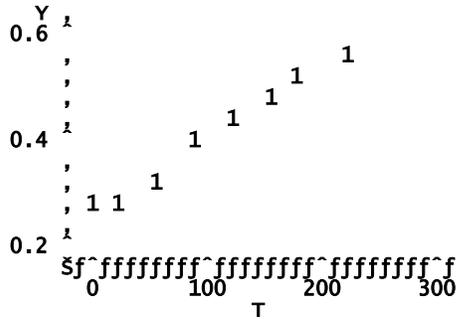
```
PROC GLM DATA=BASES1;  
MODEL YM=T;  
OUTPUT OUT = PLOTDAT1 PREDICTED=PYM RESIDUALS = RYM;  
TITLE 'MODELO MONOMOLECULAR LINEARIZADO';  
PROC PLOT DATA = PLOTDAT1;  
PLOT PYM*T='P' YM*T='*' / OVERLAY VPOS=10 HPOS=30;  
PLOT RYM*PYM='O'/VREF=0 VPOS=10 HPOS=30;  
RUN;
```

CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

OBS	T	Y	YM
1	0	0.275	0.32158
2	24	0.285	0.33547
3	60	0.333	0.40497
4	87	0.380	0.47804
5	123	0.430	0.56212
6	154	0.476	0.64626
7	183	0.509	0.71131
8	226	0.548	0.79407

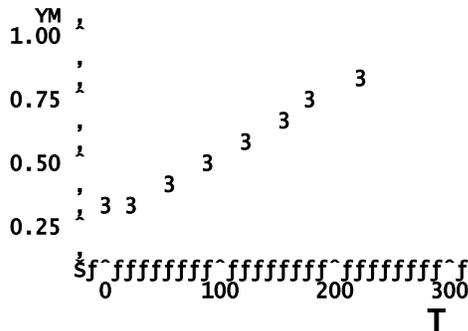
CURVA MONOMOLECULAR DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of Y*T. Symbol used is '1'.



CURVA MONOMOLECULAR DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of YM*T. Symbol used is '3'.



MODELO MONOMOLECULAR LINEARIZADO
 General Linear Models Procedure
 Number of observations in data set = 8

MODELO MONOMOLECULAR LINEARIZADO

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: YM

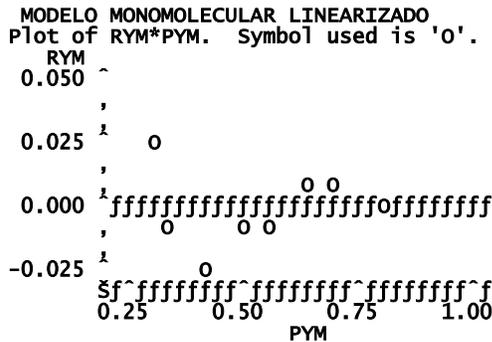
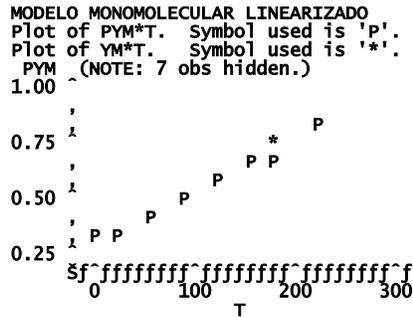
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.21501316	0.21501316	744.70	0.0001
Error	6	0.00173235	0.00028873		
Corrected Total	7	0.21674551			

R-Square	C.V.	Root MSE	YM Mean
0.992007	3.195603	0.01699192	0.53172802

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.21501316	0.21501316	744.70	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.21501316	0.21501316	744.70	0.0001

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
-----------	----------	--------------------------	---------	--------------------------

INTERCEPT	0.2931477982	27.64	0.0001	0.01060778
T	0.0022271199	27.29	0.0001	0.00008161



Apendice 3. Programa en SAS del Modelo Logistico tomando como ejemplo al estrato 3 sitio 2 estrato del árbol copa.

```

OPTIONS PS=62;
DATA BASES1;
INPUT T Y;
Y=Y/100;
YL=LOG(Y/(1-Y));
CARDS;
0 27
24 27.5
60 30.1
87 33.8
123 36.5
154 39.6
183 41.8
226 46

```

```
PROC PRINT;
```

```

/*CURVA ORIGINAL DEL PROGESO DE ENFERMEDAD COPA 3-2 */
TITLE 'CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT Y*T='1' / VPOS=12 HPOS=30;
TITLE 'CURVA LOGISTICA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;

```

```

PLOT YL*T = '4' / VPOS=12 HPOS=30;

/* /*MODELO LOGISTICO LINEARIZADO */
PROC GLM DATA=BASES1;
MODEL YL=T;
OUTPUT OUT = PLOTDAT1 PREDICTED=PYL RESIDUALS = RYL;
TITLE 'MODELO LOGISTICO LINEARIZADO';
PROC PLOT DATA = PLOTDAT1;
PLOT PYL*T='P' YL*T='*' / OVERLAY VPOS=10 HPOS=30;
PLOT RYL*PYL='O'/VREF=0 VPOS=10 HPOS=30;

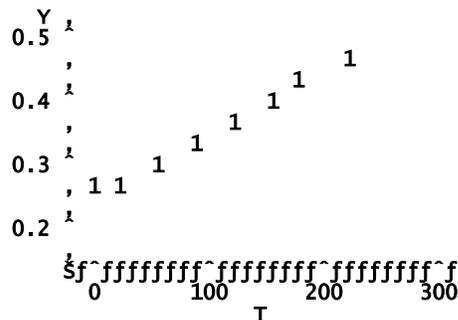
RUN;

```

CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

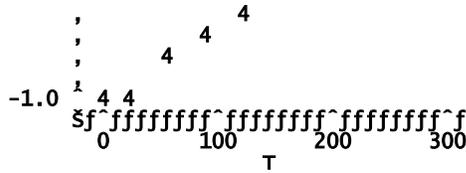
OBS	T	Y	YL
1	0	0.270	-0.99462
2	24	0.275	-0.96940
3	60	0.301	-0.84254
4	87	0.338	-0.67222
5	123	0.365	-0.55373
6	154	0.396	-0.42216
7	183	0.418	-0.33099
8	226	0.460	-0.16034

CURVA LOGISTICA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD
Plot of Y*T. Symbol used is '1'.



CURVA LOGISTICA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD
Plot of YL*T. Symbol used is '4'.





MODELO LOGISTICO LINEARIZADO
 General Linear Models Procedure
 Number of observations in data set = 8
 MODELO LOGISTICO LINEARIZADO

Dependent Variable: YL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.64806865	0.64806865	789.40	0.0001
Error	6	0.00492576	0.00082096		
Corrected Total	7	0.65299441			

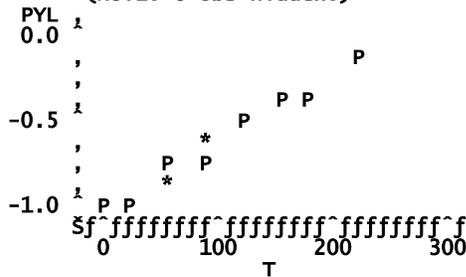
	R-Square	C.V.	Root MSE	YL Mean
	0.992457	-4.634435	0.02865241	-0.61825032

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.64806865	0.64806865	789.40	0.0001

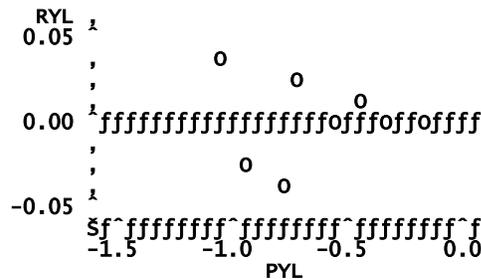
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.64806865	0.64806865	789.40	0.0001

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	-1.032452545	-57.72	0.0001	0.01788724
T	0.003866532	28.10	0.0001	0.00013762

MODELO LOGISTICO LINEARIZADO
 Plot of PYL*T. Symbol used is 'P'.
 Plot of YL*T. Symbol used is '*'.
 (NOTE: 6 obs hidden.)



MODELO LOGISTICO LINEARIZADO
 Plot of RYL*PYL. Symbol used is 'o'.



Apéndice 4. Programa en SAS del Modelo Gompertz tomando como ejemplo al estrato 3 sitio 1 estrato del árbol base.

```

OPTIONS PS=62;
DATA BASES1;
INPUT T Y;
Y=Y/100;
YG= -LOG(-LOG(Y));
CARDS;
0      14
24     15.5
60     18.4
87     24.5
123    26.9
154    31
183    34.5
226    40

```

```
PROC PRINT;
```

```

/*CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE ENFERMEDAD COPA 3-3 */
TITLE 'CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT Y*T='1' / VPOS=12 HPOS=30;

```

```

TITLE 'CURVA GOMPERTZ DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD';
PROC PLOT;
PLOT YG*T = '4' / VPOS=12 HPOS=30;

```

```

/*MODELO GOMPERTZ LINEARIZADO */
PROC GLM DATA=BASES1;
MODEL YG=T;
OUTPUT OUT = PLOTDAT1 PREDICTED=PYG RESIDUALS = RYG;
TITLE 'MODELO GOMPERTZ LINEARIZADO';
PROC PLOT DATA = PLOTDAT1;
PLOT PYG*T='P' YG*T='*' / OVERLAY VPOS=10 HPOS=30;
PLOT RYG*PYG='O'/VREF=0 VPOS=10 HPOS=30;

```

```
RUN;
```

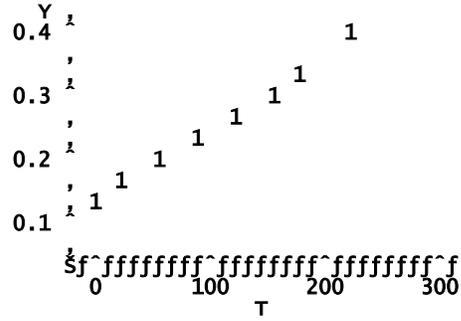
CURVA ORIGINAL DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

OBS	T	Y	YG
1	0	0.140	-0.67606
2	24	0.155	-0.62290

3	60	0.184	-0.52640
4	87	0.245	-0.34110
5	123	0.269	-0.27235
6	154	0.310	-0.15801
7	183	0.345	-0.06223
8	226	0.400	0.08742

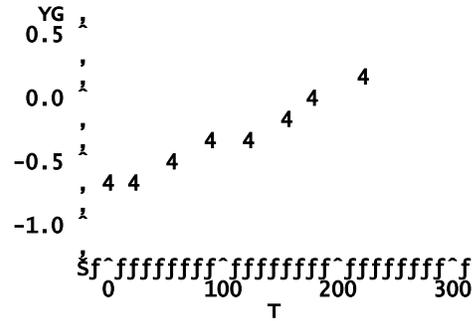
CURVA GOMPERTZ DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of Y*T. Symbol used is '1'.



CURVA GOMPERTZ DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

Plot of YG*T. Symbol used is '4'.



MODELO GOMPERTZ LINEARIZADO
 General Linear Models Procedure
 Number of observations in data set = 8

MODELO GOMPERTZ LINEARIZADO

Dependent Variable: YG

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.51774688	0.51774688	653.49	0.0001
Error	6	0.00475367	0.00079228		
Corrected Total	7	0.52250056			

R-Square	C.V.	Root MSE	YG Mean
0.990902	-8.756290	0.02814745	-0.32145404

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.51774688	0.51774688	653.49	0.0001

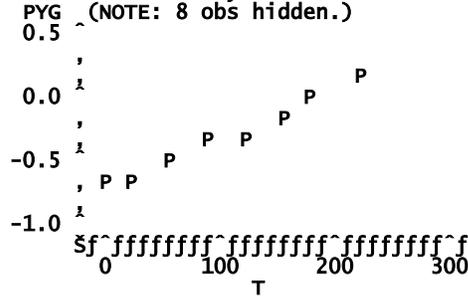
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	0.51774688	0.51774688	653.49	0.0001

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	-.6916747166	-39.36	0.0001	0.01757200
T	0.0034559689	25.56	0.0001	0.00013519

MODELO GOMPERTZ LINEARIZADO

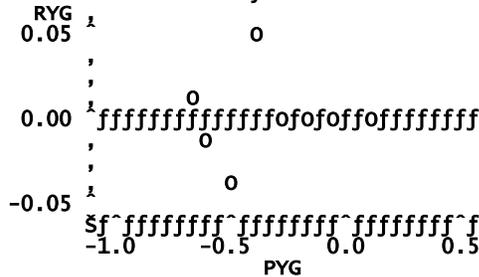
Plot of PYG*T. Symbol used is 'P'.

Plot of YG*T. Symbol used is '*'.
 PYG (NOTE: 8 obs hidden.)



MODELO GOMPERTZ LINEARIZADO

Plot of RYG*PYG. Symbol used is 'O'.



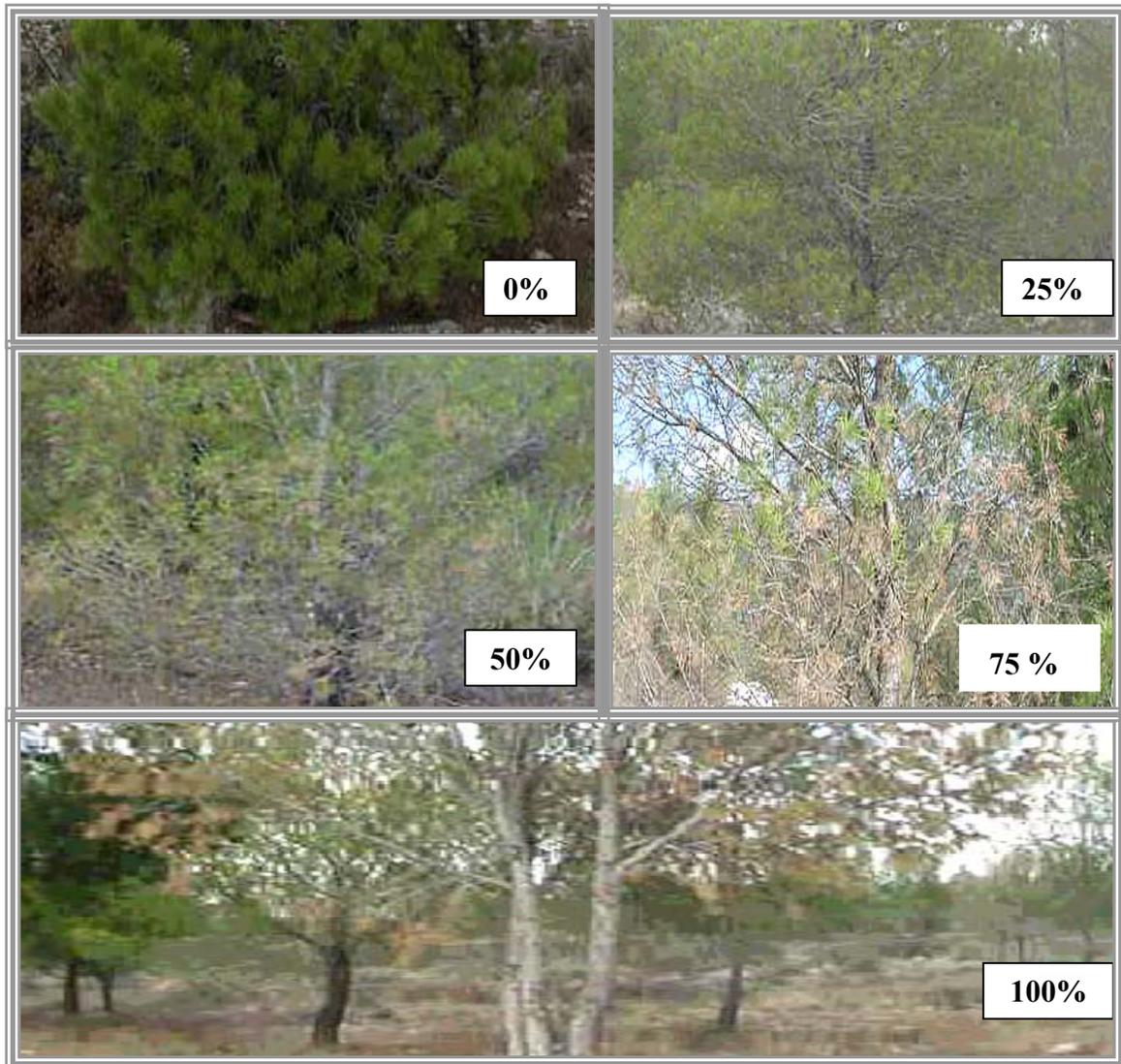


Figura 5.1. Diagramas de severidad para la medición del amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) de la base del árbol.

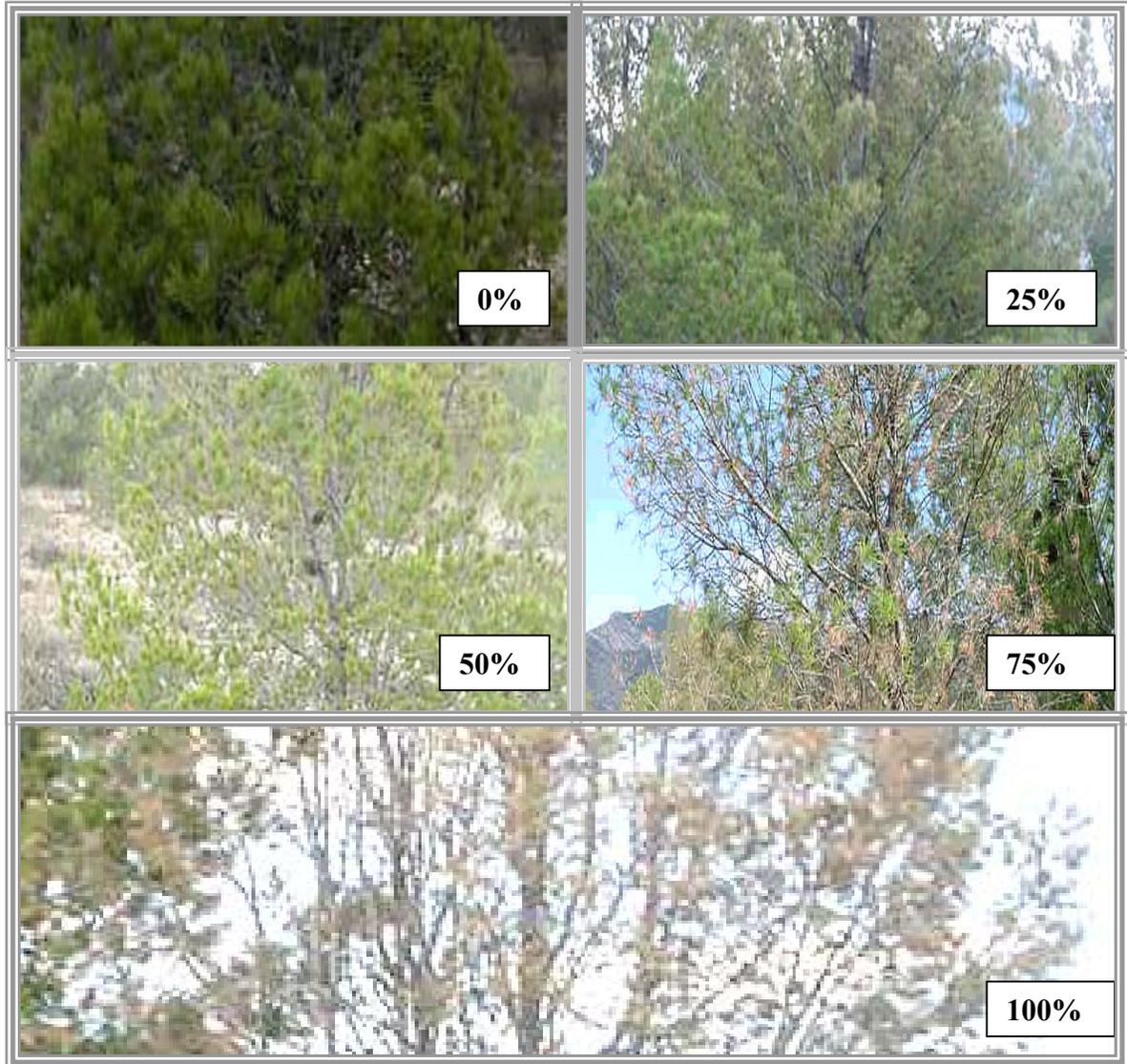


Figura 5.2. Diagramas de severidad para la medición del amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) de la parte media del árbol.

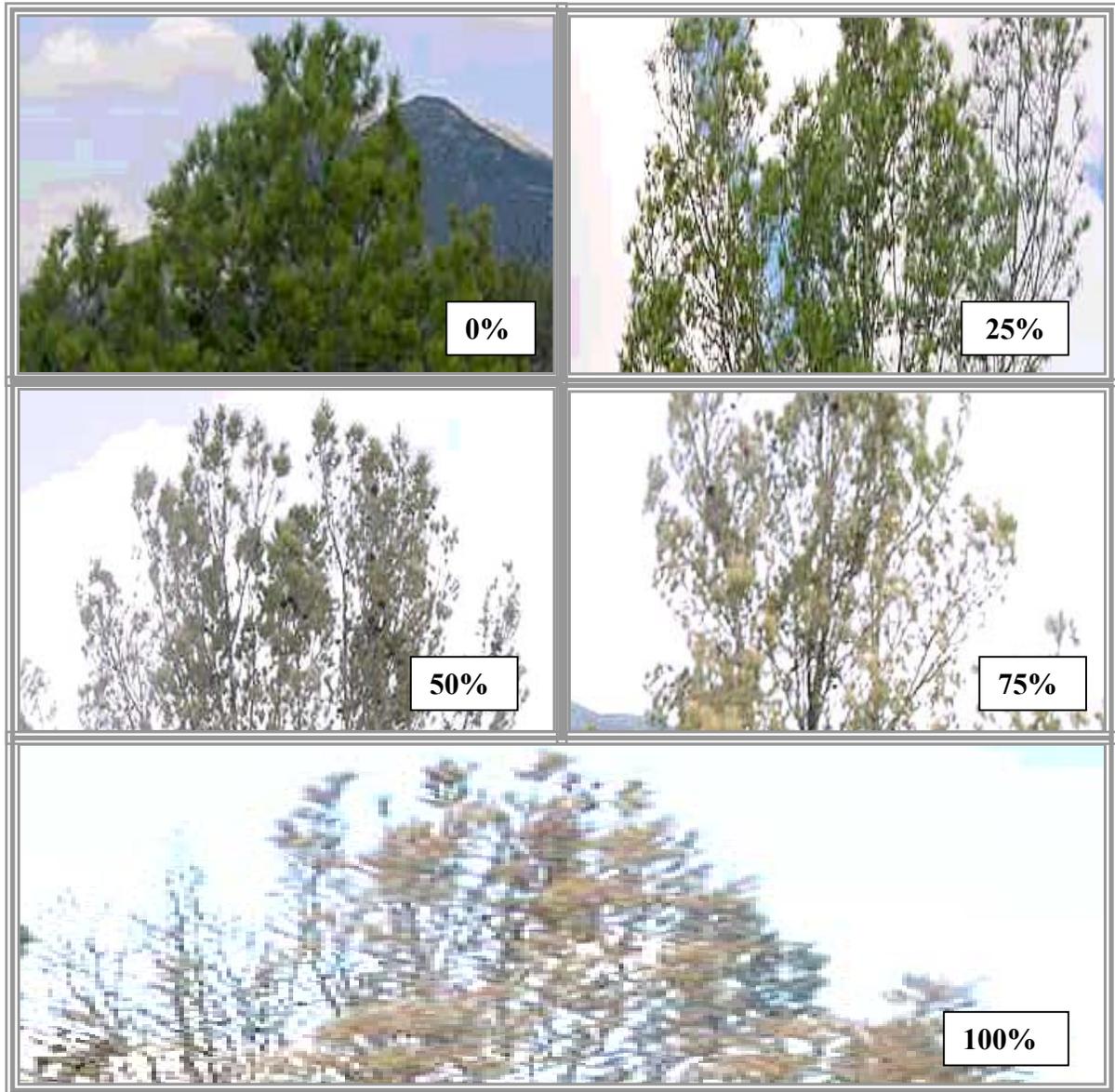


Figura. 5.3. Diagrama de severidad para la medición del amarillamiento de agujas en pino alepo (*Pinus halepensis* Mill) de la copa del árbol.

