

DEDICO ESTA TESIS

A DIOS

A MIS PADRES

FEDERICO A. SANCHEZ G.
MARINA HERNANDEZ de SANCHEZ

A MIS HERMANOS

LEONEL
FEDERICO
FLOR de MARIA

A MI SOBRINO

RODRIGO FEDERICO SANCHEZ SANDOVAL

A MIS AMIGOS

NOTA:

Los datos presentados en este trabajo de investigación fueron obtenidos con recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) por lo que la reproducción total o parcial de los mismos se deberá hacer con previa autorización de la Institución.

Te
UVF
agros.
S21h
1986

DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD DE OCHO CLONES ALARGADOS DE
PAPA RESISTENTES A Phytophthora infestans EN CINCO LOCALIDADES DEL
ALTIPLANO GUATEMALTECO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRICOLAS

DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD DE OCHO CLONES ALARGADOS DE
PAPA RESISTENTES A Phytophthora infestans EN CINCO LOCALIDADES DEL
ALTIPLANO GUATEMALTECO

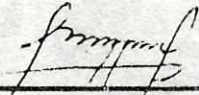
GUILLERMO E. SANCHEZ HERNANDEZ

Trabajo de investigación presentado para optar el título de Ingeniero Agrónomo
en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas

Guatemala

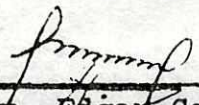
1986

Vo. Bo.

(f) 

Ing. Agr. Edgar Garcia Chiú
Asesor

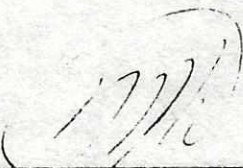
Comité de Tesis

(f) 

Ing. Agr. Edgar Garcia Chiú

(f) 

Ing. Agr. Cesar Menéndez

(f) 

Ing. Agr. Mario R. Vela

Fecha de aprobación: 7 de marzo de 1986

Agradezco a las siguientes personas e instituciones que me prestaron su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

A mi Asesor, Ing. Edgar García Chiú.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.

A todos los técnicos del Programa de Hortalizas del ICTA de las Regiones I y V, en especial a:

Ing. Agr. Julio Morales,

Ing. Agr. Luis Girón y

P. A. Virgilio Recinos

Dr. Salvador Monterroso.

CONTENIDO

	RESUMEN	PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	REVISION DE LITERATURA	3
	A. Importancia del cultivo	3
	B. Situación actual del cultivo en Guatemala	3
	C. Descripción general del tizón tardío de la papa	6
	1. Antecedentes históricos	6
	2. Características generales del hongo patógeno	7
	3. El patógeno: <u>Phytophthora infestans</u>	7
	4. Sintomatología	7
	5. Razas fisiológicas especializadas	8
	D. Métodos de control	8
	E. Resistencia hacia el tizón tardío	10
III	MATERIALES Y METODOS	11
	A. Localización de las áreas experimentales	11
	B. Materiales empleados	12
	C. Método experimental	13
	D. Manejo del experimento	14
	E. Pruebas estadísticas	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	19
	A. Análisis de varianza por localidad	19
	1. Santa Lucía Utatlán, Sololá	19
	2. Patzicía, Chimaltenango	21
	3. Paquix, Huehuetenango	22
	4. Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango	23
	5. San Pedro Sacatepéquez, San Marcos	24
	B. Análisis de estabilidad	25
	C. Análisis de regresión	31
	D. Comparación de epidemias	31
	E. Características físicas	32
V.	CONCLUSIONES	38
	BIBLIOGRAFIA	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición de la papa (100g) comparada con otros cultivos de raíces, tubérculos y con los principales cereales.	4
2	Cifras relativas de producción de papa a nivel nacional.	5
3	Sistema internacional de nomenclatura de genotipos y razas fisiológicas de <u>P. infestans</u> .	9
4	Valores promedios anuales de temperatura, precipitación, humedad relativa, altura y localización de las distintas áreas experimentales.	11
5	Identificación, procedencia y año de ingreso a Guatemala de los ocho clones evaluados.	12
6	Agroquímicos y dosificaciones aplicados en el área experimental de patzicía, Chimaltenango.	15
7	Interpretación de los parámetros de estabilidad según Carballo y Márquez (1970).	16
8	Análisis de varianza para estimación de parámetros de estabilidad.	17
9	Rendimiento de 8 clones alargados de papa con resistencia a <u>Phytophthora infestans</u> en "El Novillero", Sta. Lucía Utatlán, Sololá.	19
10	Análisis de varianza para la localidad de Sta. Lucía Utatlán, Sololá.	19
11	Rendimiento de 8 clones alargados de papa con resistencia a <u>Phytophthora infestans</u> en Patzicía, Chimaltenango.	21
12	Análisis de varianza para Patzicía, Chimaltenango.	21
13	Rendimiento de ocho clones alargados de papa con resistencia a <u>Phytophthora infestans</u> en Paquix, Huehuetenango.	22
14	Análisis de varianza para la localidad de Paquix, Huehuetenango.	22

Cuadro		Página
15	Rendimiento de ocho clones alargados de papa con resistencia a <u>Phytophthora infestans</u> en Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango.	23
16	Análisis de varianza para la localidad de Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango.	23
17	Rendimiento de ocho clones alargados de papa con resistencia a <u>Phytophthora infestans</u> en la aldea "La Grandeza", San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	24
18	Análisis de varianza para la localidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	24
19	Rendimiento de ocho clones alargados de papa resistentes a <u>Phytophthora infestans</u> en cinco localidades del altiplano guatemalteco en el año de 1985.	25
20	Análisis de varianza para estabilidad de 8 clones de papa evaluados en cinco localidades del antiplano guatemalteco (1985).	26
21	Cálculo del error conjunto.	27
22	Prueba Tukey y parámetros de estabilidad para ocho clones alargados de papa en 5 localidades del altiplano guatemalteco en 1985. (TM/Ha).	27

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribución del diseño experimental en el campo.	13
2	Líneas de regresión entre rendimiento e índices ambientales de 4 clones alargados de papa.	29
3	Líneas de regresión entre rendimiento e índices ambientales de 4 clones alargados de papa.	30
4	Representación gráfica del incremento de la epidemia de tizón tardío en la localidad de Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango.	33
5	Representación gráfica del incremento de la epidemia en Paquix, Huehuetenango.	34
6	Representación gráfica del incremento de la epidemia de tizón tardío en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	35
7	Representación gráfica del incremento de epidemia en Patzicía, Chimaltenango	36
8	Representación gráfica del incremento de la epidemia en Sta. Lucía Utatlán, Sololá	37

RESUMEN

La papa es un cultivo muy importante en la región del altiplano occidental guatemalteco. Un gran problema que enfrentan los agricultores, es el ataque de TIZON TARDIO (*Phytophthora infestans*) a que se ven expuestas sus plantaciones. Las condiciones del clima que se dan en la época de siembra son propicias para el desarrollo del hongo. Además la gran mayoría de cultivadores de papa prefieren la variedad LOMAN debido a sus características físicas, pero ésta es altamente susceptible al ataque del TIZON TARDIO. En cinco localidades del antiplano guatemalteco se evaluaron ocho materiales de papa, alargados resistentes a TIZON TARDIO; con los siguientes objetivos:

1. Determinar la estabilidad de los distintos clones en cinco ambientes de prueba.
2. Selección en función de resistencia y producción, de los mejores materiales.
3. Comparación del comportamiento de la epidemia en las distintas localidades. Para el efecto se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, sembrando en las cabezeras de las parcelas un clon susceptible a la enfermedad, como fuente de inóculo.

Los sitios experimentales se ubicaron en las siguientes localidades:

Patzicía, Chimaltenango

Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango

San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

Sta. Lucía Utatlán, Sololá y

Paquix, Huehuetenango

A los resultados se les aplicaron las siguientes pruebas estadísticas

Análisis de varianza por localidad y combinado.

Análisis de estabilidad según Eberhart y Russell.

Comparación de medias según Tukey.

Una comparación de epidemias. y

Análisis de regresión.

En los resultados se observó que ninguno de los clones presentó estabilidad aunque si hubo diferencias significativas de rendimiento entre los tratamientos, tanto por localidad como en el combinado. En la prueba de comparación de medias del análisis combinado se observan tres grupos con rendimientos estadísticamente distintos.

Al efectuar la comparación de epidemias se determinó que todos los clones mostraron una buena resistencia con excepción del tratamiento 6 (78-7-105) el cual se vió severamente afectado por el TIZON TARDIO en tres de los cinco ambientes de prueba. El material utilizado como fuente de inóculo se vió completamente afectado en todos los sitios experimentales. Al comparar las características físicas de la LOMAN con los materiales evaluados se óbserve que tres de los ocho clones mostraron similitud con la variedad mencionada.

En base a rendimiento y respuesta a los distintos ambientes de prueba, así como a resistencia al TIZON TARDIO y forma de tubérculo, se concluyó que los clones 575048-A77, 77-1A-26 y 77-18-205 fueron de los que mejor respuesta se obtuvo. El último de los mencionados superó significativamente a los otros dos en rendimiento y respuesta a los ambientes desfavorables.

I. INTRODUCCION

En el antiplano occidental guatemalteco, la papa ocupa un tercer lugar en importancia como cultivo, pues solamente le aventajan el maíz y el trigo (16).

Esta región está comprendida por los siguientes departamentos:

Chimaltenango,
Sololá,
Quiché,
San Marcos,
Huehuetenango y
Quetzaltenango.

La enfermedad que más pérdidas causa a nivel nacional, en el caso de las plantaciones de papa es el TIZON TARDIO, causada por el hongo Phytophthora infestans (Mont) de Bary.

Debido a las distintas condiciones de clima y suelos que se dan en el antiplano, la siembra de la papa se hace posible en casi todos los meses del año, aunque el mayor volúmen de siembra se registra de abril a agosto (26). El problema es que las condiciones que se dan en este período, son propicias también para el desarrollo del hongo; esta situación provoca grandes pérdidas y puede llegar a la destrucción total o parcial del cultivo si no se controla la enfermedad.

La gran mayoría de cultivadores de papa en Guatemala producen la variedad LOMAN⁽²²⁾, pero esta variedad es altamente susceptible al TIZON TARDIO, por lo que el costo de producción aumenta considerablemente debido a los tratamientos que son necesarios para controlar el hongo.

Actualmente, existen algunas variedades mejoradas con tolerancia hacia el TIZON TARDIO, tal es el caso de TOLLOCAN y ATZIMBA.

Sin embargo, estas variedades no cumplen todavía los requerimientos del consumidor nacional, el cual exige las características físicas de la LOMAN, las cuales son:

Tubérculos alargados,
Piel blanca y
Ojos superficiales,

El objetivo general del presente trabajo consiste en determinar la estabilidad de ocho clones de papa, resistentes al TIZON TARDIO, en cinco localidades del antiplano guatemalteco. Dichos clones poseen las características físicas ya mencionadas.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- A. Seleccionar en función de producción y resistencia los mejores clones de papa en condiciones de campo.
- B. Se hará una comparación del comportamiento de la epidemia de TIZON TARDIO en los distintos materiales evaluados en las diferentes localidades.

Las hipótesis planteadas son:

- A. Todos los materiales evaluados son estables en los cinco ambientes de prueba.
- B. Todos los materiales evaluados tienen el mismo rendimiento en peso de tubérculos por unidad de superficie.
- C. La tasa de incremento de la epidemia de TIZON TARDIO no guarda relación con el rendimiento de los materiales en estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

A. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

La papa es una especie tuberífera perteneciente al género Solanum. Entre los diez principales cultivos alimenticios en relación a una unidad de superficie, ocupa el primer lugar en la producción de calorías diarias y el segundo lugar en la producción de proteínas (18).

Este tubérculo contiene además, cantidades significativas de:

Carbohidratos
Niacina
Tiamina
Vitamina C
Hierro
Fósforo (19) (cuadro 1).

B. SITUACION ACTUAL DEL CULTIVO EN GUATEMALA

La papa es cultivada en varias regiones geográficas distantes unas de otras debido a que gran parte del territorio nacional está conformado por cadenas montañosas, algunas de las cuales sobrepasan los 3,000 m. de altura. A esto se le puede agregar condiciones favorables de clima y suelo, los cuales en conjunto, crean zonas propicias para este cultivo.

Este tubérculo se cultiva principalmente con fines comerciales y su siembra se realiza durante todo el año, siendo la mayoría de sus cultivadores campesinos indígenas (22). De esta manera la papa se convierte en una buena alternativa cuando los otros cultivos tradicionales ya no son rentables; como un medio de proveerse de recursos económicos que les permiten un mejor nivel de vida (7).

Es importante mencionar que existen algunas zonas del país en las cuales por su gran altitud, la papa se convierte en el cultivo alimenticio más sembrado. En esos lugares la papa se transforma de un cultivo comercial a un alimento básico de los productores (22).

El área sembrada de papa a nivel nacional, es de aproximadamente 10,000 ha con una producción estimada de 54,772 tm; (17) el 40 o/o de esta producción se destina para la exportación (26).

Esta área se divide en cuatro regiones, como se puede ver en el Cuadro 2.

**Cuadro 1 COMPOSICION DE LA PAPA (1000 g) COMPARADA CON OTROS CULTIVOS DE RAICES,
TUBERCULOS Y CON LOS PRINCIPALES CEREALES**

	HUMEDAD	Riboflavina	Niacina	Tiamina	Vitamina C	Vitamina AUI	Fe	Ca	Grasas	CHON	CHO	ENERGIA
	gr	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	g	g	cal
Papa	780	0.3	14	1	100	tz*	7	80	1	20	189	760
Batata	700	0.5	6	1	230	5000	1	340	4	13	273	1140
Yuca	625	0.3	6	0.6	360	tz	7	330	3	12	347	1530
Ñames	726	0.2	4	1.3	30	tz	13	140	2	20	243	1040
Zanahoria	893	0.8	5	0.6	50	80000	6	420	20	10	79	220
Maíz:												
Harina Integral	120	1.1	20	4.5	-	4500	23	210	43	95	729	3630
Harina Refinada	120	0.8	46	1.8	-	3006	12	50	12	84	773	
Trigo:												
Harina Integral	120	1.0	46	4.1	-	40	360	23	122	778	3440	
Harina Refinada	120	0.4	11	1.3	-	0	10	160	11	109	755	
Arroz												
Paddy	130	4.5	46	3.3	-	0	14	150	18	75	767	3520

*trazas

Fuente: Montaldo, A., Cultivo y mejoramiento de la papa 1981.

Cuadro 2. Cifras relativas de producción de papa a nivel nacional.

REGION	DEPARTAMENTOS	PARTICIPACION EN LA PRODUCCIÓN	
		DEL TOTAL NACIONAL (o/o)	DEL TOTAL REGIONAL (o/o)
I		63	
	Huehuetenango		43.3
	San Marcos		41.6
	Quetzaltenango		11.6
	El Quiché		1.6
	Sololá		1.0
	Totonicapán		0.9
V		20.4	
	Chimaltenango		49.9
	Guatemala		49.2
	Sacatepéquez		0.9
VI		16.3	
	Santa Rosa		55.3
	Jutiapa		28.0
	Jalapa		16.7
Otras		0.3	

Fuente: Banco de Guatemala, 1977. Informe económico, Enero - Marzo

El 90 o/o de los productores de papa son pequeños agricultores que siembran entre 0.1 y 1.5 ha, siendo el 10 o/o restante los agricultores llamados "GRANDES" y grupos cooperativistas que cultivan entre 2.0 y 10.0 ha como máximo (9).

C. Descripción general del tizón tardío de la papa

1. Antecedentes históricos

En Irlanda en el año de 1845, ocurrió una gran epidemia debida al hongo Phytophthora infestans que fue responsable de la muerte de cientos de miles de personas por inanición e hizo emigrar a muchos otros (19).

Por otro lado, Alemania no hubiera perdido la primera guerra mundial si en el frente interno no hubiera faltado el cobre, principal componente del caldo de bordelés que dejó a los sembradores de papa sin protección alguna contra el hongo del TIZÓN TARDIO (19).

Luego del desastre ocurrido en Irlanda, se inició una extensa investigación con el fin de determinar qué había causado la tragedia así como sus posibles medidas de control. Montagne encontró en 1845 un hongo en todas las plantas enfermas y lo denominó Botrytis infestans (11).

Años más tarde, de Bary comprobó que el hongo era el agente causante de la enfermedad, pero juzgó incorrecta su clasificación y dado que ninguno de los géneros conocidos hasta la fecha podía incluir apropiadamente al hongo aludido, sugirió el género Phytophthora que proviene del griego PTEREIN=destruir. De esta manera, el hongo patógeno del TIZÓN TARDIO se conoce desde 1876 como Phytophthora infestans (Mont) de Bary (5).

El TIZÓN TARDIO no ha vuelto a causar otra tragedia similar a la de Irlanda, pero se ha establecido progresivamente en la mayor parte de las áreas del cultivo del mundo (18) sin ser Guatemala la excepción.

2. Características generales del Hongo Patógeno

El agente causante del TIZÓN TARDIO en la papa pertenece a la clase Phycomycetes, sub-clase Oomycetes, orden Peronosporales, familia Phytiaceae (1) y puede causar la destrucción total de una plantación en una o dos semanas cuando las condiciones climáticas son favorables o no se aplican medidas de control. Las pérdidas sin embargo, varían entre un área y otra, así como entre un año y otro, dependiendo de las temperaturas prevalecientes. Otros factores igualmente importantes para el desarrollo del hongo son la humedad relativa en ciertas etapas del desarrollo de la planta y las medidas de control aplicadas (1).

Las condiciones climáticas apropiadas para el desarrollo del hongo se dan cuando la precipitación pluvial alcanza 27 mm o más en un término de diez días (12). La temperatura es otro factor importante y la ideal para la esporulación es de 7 a 12°C por 14 horas consecutivas, 12 a 15°C por 12 horas o bien

16 a 21°C por 10 horas.⁽⁶⁾ En cuanto a la humedad relativa, se requiere de 90 a 100 o/o para que se de la aparición de esporangios sobre los tejidos infectados. Bajo condiciones ideales, las esporas son producidas en 14 horas⁽¹²⁾.

3. El patógeno: Phytophthora infestans

El micelio del patógeno produce esporangioforos ramificados de crecimiento irrestricto. Esporangios con forma de limón y papilados son reproducidos en las puntas de las ramas de los esporangioforos, pero a medida que éstas puntas continúan su crecimiento los esporangios son empujados a un lado para desprenderse posteriormente. En los lugares donde se producen los esporangios, los esporangioforos forman unas hinchazones que son características de este hongo⁽¹⁾.

Los esporangios germinan casi enteramente por medio de zoosporas a una temperatura entre los 12 y 15°C., mientras que arriba de los 15°C. los esporangios pueden germinar directamente por medio de un tubo germinativo. Cada esporangio produce de 3 a 8 zoosporas las cuales son liberadas por el rompimiento de la pared del esporangio en la papila⁽¹⁾.

4. Sintomatología

El TIZON TARDIO afecta tanto al follaje como a los tubérculos.

Las lesiones foliares son altamente variables, dependiendo de la temperatura, humedad, intensidad lumínica y del cultivar huésped.

Los síntomas iniciales son típicamente puntos pequeños, de verde pálido a verde oscuro y de forma irregular. Bajo condiciones ambientales favorables estos puntos crecen rápidamente y forman manchas grandes, que van desde un color café hasta una coloración negruzca. Estas lesiones necróticas pueden matar hojas enteras y dirigirse hasta el tallo a través de los peciolo acabando eventualmente con toda la planta. Un halo verde-amarillento se encuentra frecuentemente alrededor del área necrótica de la hoja. Bajo condiciones de humedad adecuadas un micelio blanco aparece en las lesiones; este micelio se encuentra localizado en el envés de las hojas⁽²³⁾.

En las estructuras florales se observa una necrosis en peciolo y flores, así como en los tallos, los cuales se caen posteriormente⁽²⁰⁾. Los tubérculos infectados se caracterizan por tener zonas de pudrición blanda y de color café, lo que se pueden extender de 5 a 15 mm hacia el interior del tubérculo⁽¹⁾

5 Razas fisiológicas especializadas

La especialización patológica de razas de Phytophthora fue descubierto desde 1932 por SCHICK y 1933 por MULLER en distintos cultivares de papa obtenidos de cruzamientos entre Solanum demissum X Solanum tuberosum. Más tarde nuevas razas adicionales fueron identificadas por distintos investigadores. Con base en estos descubrimientos, Black et al (1953) determinó cuatro genes dominantes de resistencia (R_1, R_2, R_3, R_4)⁽¹⁴⁾

De acuerdo a este sistema, una raza particular recibe el número del gene resistente que contiene la planta a la cual puede infectar⁽¹⁴⁾.

De esta manera, una cepa del hongo será llamada raza 0 si ataca solamente la diferencial sin genes de resistencia (r). De igual manera, otra será denominada raza 1 si ataca a los diferenciales r y R_1 ⁽¹⁸⁾.

La raza dos puede infectar plantas con el gene R_2 además de las plantas sin genes de resistencia (r).

Las razas que pueden infectar plantas con genes dominantes R_1 y R_2 así como plantas que no contengan genes de resistencia, son denominadas razas 1.2⁽¹⁴⁾.

Los cuatro genes R producen 16 combinaciones posibles. 15 de los 16 han sido identificados experimentalmente⁽¹⁴⁾. Así, el sistema internacional de nomenclatura fue propuesto por Black en 1953 (cuadro 3)⁽⁴⁾.

Lapwood en 1971, hizo ver la identificación incompleta de las 16 razas del hongo Phytophthora infestans, mencionando 10 genes R y que podían distinguirse 210 razas⁽¹⁹⁾

C. Métodos de control

Un buen programa de control para el TIZON TARDIO debe tomar como base tres aspectos principales:

1. Fecha de Siembra
2. Condiciones Climáticas
3. Fungicida apropiado, concentración y frecuencia de aplicación.

En el caso de Guatemala, la época de siembra de la papa coincide con las condiciones climáticas apropiadas para el desarrollo del hongo, porque se aprovecha la estación lluviosa que es cuando se cuenta con la humedad suficiente para un crecimiento adecuado del cultivo. Por esta razón, el método de control para Phytophthora infestans está basado casi exclusivamente en su control químico. Además, se cuenta con el agravante de la preferencia del consumidor por una variedad muy susceptible al TIZON, tal es el caso de LOMAN.

Cuadro 3. Sistema Internacional de nomenclatura de genotipos y razas fisiológicas de *P. infestans* (Black et al. 1953)

GENOTIPOS	RAZAS FISIOLÓGICAS																
	0	1	2	3	4	1.2	1.3	1.4	2.3	2.4	3.4	1.2.3	1.2.4	1.3.4	2.3.4	1.2	
r	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	
R1	-	,	-	-	-	,	,	,	-	-	-	,	,	,	,	-	
R2	-	-	,	-	-	,	-	-	,	,	-	,	,	-	,		
R3	-	-	-	,	-	-	,	-	,	-	,	,	-	,	,		
R4	-	-	-	-	,	-	-	,	-	,	,	-	,	,	,		
R1R2	-	-	-	-	-	,	-	-	-	-	-	,	,	-	-		
R1R3	-	-	-	-	-	-	,	-	-	-	-	,	-	,	-		
R1R4	-	-	-	-	-	-	-	,	-	-	-	-	,	,	-		
R2R3	-	-	-	-	-	-	-	-	,	-	-	,	-	-	,		
R2R4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	,	-	-	,	-	,		
R3R4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	,	-	-	,	,		
R1R2R3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	,	-	-	-		
R1R2R4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	,	-	-		
R1R3R4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	,	-		
R2R3R4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
R1R2R3R4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

, = Indica que la planta con el genotipo correspondiente es susceptible a tal raza del hongo.

- = Indica que la planta con el genotipo correspondiente es resistente a tal raza del hongo.

Fuente:

El fungicida más utilizado en Guatemala para combatir el hongo es el DITHANE M-45, un derivado de los ditiocarbamatos que tiene como ingrediente activo al Mancozeb (2).

Su frecuencia de aplicación es de una vez por semana, aunque se llegan a realizar aplicaciones cada cuatro días si el daño de la enfermedad es severo.

Para el caso de variedades tolerantes a Phytophthora, como TOLLOCAN o ATZIMBA, se realizan aproximadamente 4 aplicaciones en total; la primera cuando la planta tiene 10 cm. de altura y la última después de la floración (17).

Como se puede observar, el costo de producción se aumenta considerablemente debido a la cantidad de aplicaciones de fungicida que se realizan para controlar el daño causado por Phytophthora infestans. Por esta razón, se deben buscar métodos más económicos y efectivos, tales como la resistencia que presentan algunas variedades distintas a las comúnmente utilizadas y recientemente introducidas al país.

E. RESISTENCIA HACIA EL TIZON TARDIO

Contra el TIZON TARDIO las plantas representan dos tipos de resistencia, la resistencia debido a "hipersensibilidad" y la de "campo" (14).

A la resistencia de hipersensibilidad se le conoce también como vertical o monogénica.(18). En las plantas que presentan este tipo de resistencia, el hongo penetra en los tejidos del huésped y es capaz de infectar algunas células. Al ocurrir esto la planta produce una sustancia tóxica que detiene el desarrollo del hongo (19). Esta resistencia está determinada por la presencia de genes de resistencia - R - que funcionan como aceleradores de la reacción del huésped al patógeno (19).

La resistencia de campo es llamada también poligénica u horizontal. Al contrario de la hipersensibilidad, ésta es efectiva para todas las razas conocidas de Phytophthora y depende de la interacción de varios genes (14). Cuando una planta con resistencia de campo es infectada, el período de incubación del hongo se alarga, la esporulación es escasa y las hojas más viejas son las que se ven afectadas (18).

Estas plantas generalmente necesitan de alguna protección fungicida cuando se encuentran en condiciones de ataque severo (14).

III. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION

La ubicación de las áreas experimentales fue la siguiente:

1. Aldea "La Canoa", Municipio de Patzicía, Departamento de Chimaltenango
2. Concepción Chiquirichapa, Departamento de Quetzaltenango
3. Aldea "El Novillero", Municipio de Santa Lucía Utatlán, Departamento de Sololá
4. Aldea "La Grandeza", Municipio de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos.
5. Paquix, Departamento de Huehuetenango.

Cuadro 4. Valores promedios anuales de temperatura, precipitación, humedad relativa, altura y localización de las distintas áreas esperimentales. (10, 24).

LOCALIDAD	TEMP. °C. X	PRECIP. PLUVIAL mm	H.R. ^{a/} o/o	ALTURA m	LONGITUD oeste	LATITUD norte
La canoa	20	2500	75	2100	90°58'13"	14°40'13"
Concepción Ch.	16	3000	75	2600	91°37'28"	14°51'15"
La Grandeza	14	2500	80	2500	90°46'53"	14°59'42"
El Novillero	18	1400	80	2400	91°16'05"	14°47'37"
Paquix	15	1500		3100		

^{a/} HR=Humedad Relativa

Fuente: INSIVUMEH

B. MATERIALES EMPLEADOS

1. Materiales biológicos: Ocho clones de papa largados y resistentes a Phytophthora infestans (cuadro 5).

Cuadro 5. Identificación, procedencia y año de ingreso a Guatemala de los ocho clones evaluados

IDENTIFICACION	PROCEDENCIA	AÑO DE INGRESO
776943	México	1983
IND- 903	México	1983
676089	México	1982
676077	México	1982
77- 18- 205	México	1983
78- 7- 105	México	1983
77- 1A- 26	Mexico	1983
575048- A77	México	1983

2. Los materiales utilizados en el manejo y control de las áreas experimentales fueron:

- a. Herramienta y equipo:

azadones, machetes, estacas de madera, cordel, balanza, sacos, bomba de mochila, cajas germinadoras de 25 lbs..

- b. Insumos

- Fertilizantes: Fórmula completa 15- 15- 15, Urea al 46 o/o
- Insecticidas: Folidol, Tamarón, Furadán 5 o/o
- Fungicidas: Pentacloronitrobenceno (PCNB)

C. METODO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar; con ocho tratamientos y cuatro repeticiones por localidad. La distancia de siembra fue de 0.9 m entre surcos y 0.3 entre plantas. Debido a la escasa cantidad de semilla disponible se sembraron siete plantas por parcela; cada parcela constó de un solo surco. El área útil de una parcela fue de 1.89 m². Como testigo se utilizó el clon 637982 el cual es una selección del cultivar LOMAN. Se colocó una planta del testigo en las cabeceras de cada parcela.

I	X	X	X	X	X	X	X	X
	1	6	4	5	3	8	2	7
	X	X	X	X	X	X	X	X
II	X	X	X	X	X	X	X	X
	6	2	8	3	1	7	5	4
	X	X	X	X	X	X	X	X
III	X	X	X	X	X	X	X	X
	8	4	1	5	3	6	7	2
	X	X	X	X	X	X	X	X
IV	X	X	X	X	X	X	X	X
	2	7	5	4	6	8	1	3
	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 1. Distribución del diseño experimental en el campo

A cada clon se le asignó un número de tratamiento quedando distribuídos de la siguiente manera:

TRATAMIENTO No.	TRATAMIENTO
1	77-69-43
2	Ind-903
3	67-60-89
4	67-60-77
5	77-18-205
6	78-7-105
7	575048-A77
8	77-1A-26

Entre las repeticiones se dejó un metro de calle. De esta manera el área total de cada ensayo fue de 104.49 m².

D. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Dado que se siguió el mismo procedimiento en las cinco localidades, se ha tomado el área experimental de Chimaltenango como ejemplo para mostrar el manejo y control fitosanitario aplicados en los ensayos.

Quince días antes de la siembra se procedió a preparar el terreno picándolo con azadón a una profundidad de 0.3 m.

La siembra se efectuó el día 21 de junio de 1985. Al momento de la siembra se aplicó FURAD-DAN al 5 o/o y fertilizante 15-15-15. Después se cubrieron estos productos con un poco de tierra y enseguida se colocaron los tubérculos procediendo a asperjarlos con PCNB para evitar cualquier ataque de hongos. Estos quedaron sembrados a una profundidad de 0.1 a 0.15 m.

La primera limpia se efectuó el día 11 de julio. A los 35 días se hizo la calza aplicando al momento de la misma, urea al 46 o/o; con esta aplicación nitrogenada se aprovechó para efectuar la segunda limpia al cultivo. El 23 de septiembre se hizo la defoliación y se esperaron 15 días para la cosecha. Se efectuaron aplicaciones periódicas de insecticidas alternando TAMARON 600 y FOLIDOL cada 15 días para control de áfidos y pulgones. La primera aspersión de éstos productos se efectuó a los 15 días de la germinación.

El cuadro 6 muestra los fertilizantes e insecticidas usados

CUADRO 6 Agroquímicos y dosificaciones aplicados en el área experimental de Patzicía, Chimaltenango.

AGROQUIMICO FERTILIZANTE	DOSIFICACION
15- 15- 15	590 Kgs/ha
Urea al 46 o/o	395 Kgs/ha
Tamarón 600	25 cc/15 lts
Folidol	25 cc/15 lts
Furadán	33 Kgs/ha
PCNB	0.45 Kgs/15 lts.

Las lecturas de la epidemia de Phytophthora infestans se tomaron cada 30 días de la siembra. En Chimaltenango las fechas fueron las siguientes:

- 1o. Lectura: Julio 22, 1985
- 2o. Lectura: Agosto 10, 1985
- 3o. Lectura: Septiembre 20, 1985

E. PRUEBAS ESTADISTICAS

Se efectuaron las siguientes pruebas estadísticas a los resultados obtenidos:

1. Análisis de varianza para bloques completos al azar por localidad y combinado.
2. Comparación de medias por localidad y combinado utilizando la prueba de TUKEY.
3. Análisis de estabilidad según el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1968). Los parámetros por este modelo se aplican en las medias de rendimiento de las distintas localidades para estimar el afecto del ambiente sobre el rendimiento de los distintos clones. Debido a esto a cada sitio experimental se le consideró un ambiente. El modelo propuesto es el siguiente:

$$Y_{ij} = U_i + B_i + I_j + S^2 d_{ij}$$

donde:

Y_{ij} : es la media varietal de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente
($i = 1, 2, \dots, v$; $j = 1, 2, \dots, n$)

U_i : Es la media de i -ésima variedad a través de todos los ambientes.

B_i : Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varios ambientes.

I_j : Índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades en el j -ésimo ambiente menos la media general.

S^2_{dij} : Desviación de regresión de la variedad en el ambiente j .

Los parámetros utilizados para determinar la estabilidad son el coeficiente de regresión y de las desviaciones de regresión; la forma de interpretación es por medio de la propuesta de Carballo y Márquez (1970).

Cuadro 7 Interpretación de los parámetros de estabilidad según Carballo y Márquez (1970). ^{8/}

CATEGORIA	B_i	S^2_{di}	DESCRIPCION
a	=1	=0	Variedad estable
b	=1	>0	Buena respuesta en todos los ambientes, inconsistente.
c	<1	=0	Responde mejor en ambientes desfavorables, consistente
d	<1	>0	Responde mejor en ambientes desfavorables, inconsistente
e	>1	=0	Responde mejor en buenos ambientes, consistente
f	>1	>0	Responde mejor en buenos ambientes.

Utilizando este modelo, se puede dividir la interacción genotipo-ambiente en dos partes:

- a. La variación debida a la respuesta de la variedad a los diferentes índices ambientales (suma de cuadrados de la regresión).
- b. Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre los índices ambientales. 15/

El análisis de varianza apropiado para la estimación de los parámetros de estabilidad es el siguiente:

Cuadro 8 Análisis de varianza para estimación de parámetros de estabilidad (15).

FUENTES DE VARIACION	G. L.	S. C. SUMA DE CUADRADOS
Total	$nv-1$	$E_i E_j Y_{ij}^2 - F. C.$
Variedades (V)	$v - 1$	$\frac{1}{n} E_i Y_i^2 - F. C.$
Ambiente (A)	$n - 1$	Total - Variedades
V x A	$(v-1)(n-1)$	
Ambiente (lineal)	1	$\frac{1}{v} (E_j Y_{.j})^2 / E_j I_j^2$
Vars X Amb (lineal)	$v-1$	$E_i (E_j Y_{ij} / E_j I_j^2) - S. C. A. (lineal)$
Desv. Ponderadas	$v(n-2)$	A- Amb. (lineal) - Vars. x Amb. (lin)
Variedad 1	$n-2$	$(E_j Y_{ij}^2 - (\frac{Y_i}{n})^2) - (E_j Y_{i1})^2 / E_j I_j^2$
Variedad v	$n-2$	$(E_j Y_{ij}^2 - (\frac{Y_i}{n})^2) - (E_j Y_{ij1})^2 / E_j I_j^2$
Error ponderado	$n(r-1)(v-1)$	

El cuadrado medio del error ponderado se obtiene por sumar las S.C. del error experimental del análisis de varianza de cada localidad. Esta sumatoria se divide entre el total de los grados de libertad del error experimental resultantes de sumar los grados de libertad del error de cada sitio experimental.

El valor resultante se divide entre el número de repeticiones utilizadas por localidad.

Las S^2 di se obtienen restando el cuadrado medio de la variedad menos $Se^2/r =$ al cuadrado medio del error conjunto (error ponderado).

El coeficiente de regresión se estima con la fórmula

$$b_i = EY_{ij} / E I_j^2$$

4. COMPARACION DE EPIDEMIAS

La tasa de incremento de la epidemia se determinó por un coeficiente "r" que se define como la capacidad que tiene la enfermedad para desarrollarse en función del tiempo.

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left(\log \frac{x^o_f}{1 - x_f} - \log \frac{x^{oo}}{1^o - x_o} \right)$$

donde:

- t₂: 90 días
- t₁: 30 días
- o : Porcentaje de infección final
- oo: Porcentaje de infección inicial

El comportamiento de la epidemia se muestra con la transformación de porcentaje de daño a $\log \frac{x^o}{1 - x}$. Este valor logarítmico se graficó en función del tiempo.

- o : Porcentaje de infección

5. Análisis de regresión entre rendimiento e índices ambientales de los materiales evaluados.

En esta localidad no hubo significancia entre repeticiones y tampoco existió entre tratamientos. A partir de los resultados obtenidos se deduce que los tratamientos se comportaron estadísticamente igual. El coeficiente de variación (27.29 o/o) resultó ser un poco alto aunque se encuentra aún dentro de los límites considerados como confiables.

Aún cuando no hay diferencia estadística significativa entre los rendimientos de los materiales evaluados se observa que existe una diferencia de 8.95 tm/ha entre los dos tratamientos que obtuvieron los dos mayores rendimientos.

2. PATZICIA, CHIMALTENANGOCuadro 11. Rendimiento de 8 clones alargados de papa con resistencia a Phytophthora infestans en Patzicia, Chimaltenango. (tm/Ha).

TRAT. No.	TRATAMIENTOS	REPETICION				TOTAL	X
		I	II	III	IV		
1	776943	54.79	53.97	39.79	37.43	185.98	46.50
2	IND-903	53.44	42.59	46.30	52.12	194.45	48.61
3	676089	56.59	45.08	53.49	44.60	199.76	49.94
4	676077	58.57	37.91	50.42	52.70	199.60	49.60
5	77- 18- 205	49.47	40.34	55.19	52.68	197.68	49.42
6	78- 7- 105	6.11	7.78	10.79	5.69	30.37	7.59
7	575048- A77	43.15	48.57	35.03	51.38	178.13	44.53
8	77- 1A- 26	53.23	42.22	45.50	45.82	186.77	46.69
		375.35	318.46	336.51	342.42	1372.74	42.86

Cuadro 12. Análisis de varianza para la localidad de Patzicia, Chimaltenango.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	0.05 F _t	0.01
Repetición	3	211.38	70.46	1.81	3.07	4.87
Tratamiento	7	5801.19	828.74	21.32	2.49	3.64
Error	21	816.42	38.88			
Total	31	6828.99				

C.V. = 14.55 o/o

W = 12.21

Se puede observar una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($F_c=21.32$). A partir de la diferencia mínima significativa, W., se deduce que esta significancia está dada más que todo por el bajo rendimiento del clon 78-7-105 el cual se vió severamente afectado por Phytophthora infestans. En comparación, los demás tratamientos mostraron un buen rendimiento al no verse afectados por la enfermedad.

3. PAQUIX, HUEHUETENANGO

Cuadro 13 Rendimiento de clones alargados de papa con resistencia a *Phytophthora infestans* en Paquix, Huehuetenango. (tm/Ha).

TRAT. No.	TRATAMIENTOS	REPETICION				TOTAL	X
		I	II	III	IV		
1	776943	39.62	51.59	56.40	50.58	198.19	49.55
2	IND-903	43.44	44.92	46.67	52.67	187.70	46.93
3	676089	45.03	46.46	47.67	50.53	189.69	47.42
4	676077	51.75	54.97	40.11	51.16	197.99	49.49
5	77- 18- 205	55.13	61.96	58.47	39.71	215.27	53.82
6	78- 7- 105	63.33	49.05	51.69	38.99	203.06	50.77
7	575048- A77	55.93	41.75	37.94	41.85	177.47	44.37
8	77- 1A- 26	51.43	43.86	53.02	54.60	202.91	50.73
		405.66	394.56	391.97	380.09	1572.28	49.14

Cuadro 14 Análisis de varianza de la localidad de Paquix, Huehuetenango.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	0.05	Ft	0.01
Repetición	3	41.30	13.77	0.252	3.07	4.87	
Tratamiento	7	231.86	33.12	0.610	2.49	3.64	
Error	21	1146.09	54.58				
Total	31	1419.25					

C.V. = 15.03 o/o

W= 14.47

Al igual que en la localidad 1 no hubo diferencia significativa entre tratamientos o repeticiones por los que desde un punto de vista estadístico los tratamientos se comportaron de una manera similar, al comparar los tratamientos de mayor y menor rendimiento da una diferencia de 9.45 tm/ha lo que resulta en definitiva un factor importante en la selección de los materiales aún cuando sean estadísticamente similares.

El coeficiente de variación señala que los datos proporcionados en la tabla son confiables.

4. CONCEPCION CHIQUIRICHAPA, QUETZALTENANGO

Cuadro 15. Rendimiento de 8 clones alargados de papa con resistencia a *Phytophthora infestans* en Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango. (tm/Ha).

TRAT. No.	TRATAMIENTOS	REPETICION				TOTAL	X
		I	II	III	IV		
1	776943	49.10	27.94	41.38	46.61	165.03	41.26
2	IND-903	19.31	37.04	48.15	42.06	146.56	36.64
3	676089	36.11	26.14	30.95	37.41	130.61	32.65
4	676077	43.52	49.34	46.03	35.34	174.23	43.56
5	77- 18- 205	27.51	40.53	45.01	39.52	152.57	38.14
6	78- 7- 105	8.09	10.98	7.41	7.83	34.31	8.58
7	575048- A77	10.18	18.76	23.55	36.77	98.26	24.57
8	77- 1A- 26	26.88	27.20	40.37	32.54	126.99	31.75
		229.70	237.09	282.85	278.01	1028.56	32.14

Cuadro 16 Análisis de varianza para la localidad de Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	0.05 Ft	0.01
Repetición	3	277.68	92.56	1.69	3.07	4.87
Tratamiento	7	3531.04	504.43	9.24	2.49	3.64
Error	21	1146.95	54.62			
Total	31	4955.65				

C.V. 22.99 o/o

W. 14.47

Este ambiente de prueba mostró una gran variación entre los rendimientos de los distintos clones sobresaliendo los tratamientos 1, 4 y 5 de los demás materiales evaluados.

En esta localidad se observa una similitud con Chimaltenango ya que parte de la diferencia estadísticamente significativa que muestra la prueba de F se debe al tratamiento 6; sumado a éste se encuentra el tratamiento 7. Al aplicar la prueba de Tukey los tratamientos 6 y 7 resultan ser estadísticamente distintos.

5. SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOSCuadro 17. Rendimiento de 8 clones alargados de papa con resistencia a *Phytophthora infestans* en aldea "La Grandeza", San Pedro Sacatepequez, San Marcos. (tm/Ha).

TRAT. No.	TRATAMIENTOS	REPETICION				TOTAL	X
		I	II	III	IV		
1	776943	24.33	43.73	40.31	38.27	146.64	36.66
2	IND-903	18.38	16.54	13.92	15.15	63.99	15.99
3	676089	32.96	12.96	8.10	29.07	83.09	20.77
4	676077	32.99	44.22	24.46	30.39	132.09	33.02
5	77- 18- 205	47.10	28.26	41.00	45.83	162.19	40.55
6	78- 7- 105	26.98	29.60	20.59	28.30	105.47	26.38
7	575048- A77	18.92	33.32	27.62	17.36	97.22	24.31
8	77- 1A- 26	29.57	37.04	52.93	24.72	144.26	36.07
		231.23	245.67	228.93	229.09	934.92	29.30

Cuadro 18. Análisis de varianza para la localidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t	
					0.05	0.01
Repetición	3	24.17	8.06	0.097	3.07	4.87
Tratamiento	7	2093.64	299.09	73.60	2.49	3.64
Error	21	1715.14	83.10			
Total	31	3862.95				

C.V.=31.14 o/o

W.= 14.04 tm/Ha

Las diferencias entre tratamientos, desde un punto de vista estadístico, fueron significativas en esta localidad. Como se puede observar en la tabla de rendimientos hubo mucha variación en los rendimientos con una frecuencia de 34.56 tm/ha entre los clones 77- 18- 205 y el IND-903. Si se compara la W con los distintos rendimientos se encontrará que los tratamientos 6 y 7 de nuevo son estadísticamente distintos, uniéndoseles el tratamiento 2.

El coeficiente de variación resultó elevado en esta localidad encontrándose en los límites superiores permitidos.

B. ANALISIS DE ESTABILIDAD

Cuadro 19. Rendimiento de 8 clones alargados de papa resistentes a Phytophthora infestans en cinco localidades del Altiplano guatemalteco en el año de 1985. (tm/Ha)

TRATAMIENTO	LOCALIDAD					Y _i	Y _{.i}
	1	2	3	4	5		
776943	48.36	46.50	49.55	41.26	36.66	222.33	44.47
IND-903	37.13	48.61	46.93	36.64	15.99	185.30	37.06
676077-89	36.64	49.94	47.42	32.65	20.77	187.39	37.48
676077	30.41	49.60	49.49	43.56	33.02	206.08	41.22
77-18-205	39.41	49.42	53.82	38.14	40.55	221.34	44.29
78-7-105	33.93	7.59	50.77	8.58	27.04	127.91	25.58
575048-A77	34.84	44.53	44.37	24.57	24.31	172.62	34.52
77-1A-26	33.13	46.69	50.73	31.75	36.07	198.37	39.67
Y _{.j}	36.73	42.86	49.14	32.14	29.30		38.04
l _{.j}	-1.303	4.826	11.101	-5.891	-8.733		
Y _{j.}	293.85	342.88	393.08	257.15	234.41	1521.34	

Cuadro 20. Análisis de varianza para estabilidad de 8 clones de papa evaluados en cinco localidades del altiplano guatemalteco (1985).

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	Fc
Total	39	5189.87		
Variedades (V)	7	1308.39	186.913	2.69*
Ambiente (A)	4	3881.48		
V X A	28			
Ambiente (lineal)	1	32.42		
V X A (lineal)	7	2181.08	311.582	4.48**
Desv. ponderada	24	1667.98	69.499	
Variedad 1	3	31.58	10.530	0.635
2	3	197.74	65.913	3.975*
3	3	95.57	31.857	1.921
4	3	167.38	55.793	3.365*
5	3	29.35	9.783	0.590
6	3	1040.76	346.920	20.924**
7	3	41.62	13.873	0.837
8	3	61.73	20.577	1.241
Error Ponderado	105		16.58	

C. V. = 10.70 o/o

* Significativo al 5 o/o

**Significativo al 1 o/o

Cuadro 21. Cálculo del error conjunto.

LOCALIDAD	G. L.	S. C. E.	C. V.
San Marcos	21	1745.14	31.14
Huehuetenango	21	1146.09	15.03
Sololá	21	2109.77	27.29
Chimaltenango	21	816.42	14.55
Quetzaltenango	21	1146.95	22.99
Total	105	6964.96	

$$Se^2/r = \frac{6964.96}{105} / 4 = 16.58$$

Cuadro 22 Prueba de Tukey y parámetros de estabilidad para 8 clones alargados de papa en 5 localidades del Altiplano guatemalteco. 1985 (tm/Ha).

CLON	RENDIMIENTO	CATEGORIA	bi	S^2_{di}
776943	44.47	a	0.321	6.05
77- 18- 205	44.29	a	0.622	49.333
676077	41.22	ab	0.613	15.277
77- 1A- 26	39.67	ab	0.827	39.213
676089	37.48	ab	1.769	6.797
IND-903	37.06	ab	1.828	330.34
575048- A77	34.52	b	1.374	2.707
78- 7- 105	25.58	c	1.074	3.997

W.= 7.72 TM/Ha

C. V.=10.70 o/o

En el cuadro 22 se observa que los rendimientos superiores fueron obtenidos por los clones 776943 y 77- 18- 205 siendo mínima la diferencia entre ellos. Al aplicar la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey se determinó que los clones 575048- A77 y 78- 7- 105, T_7 y T_6 respectivamente, son estadísticamente distintos de los mencionados anteriormente. En el caso del clon 575048- A77 (T_7) se obtuvo un 77o/o del rendimiento máximo (obtenido por T_1) mientras que el tratamiento 6 (78- 7- 195) logró apenas un 57.52o/o.

Continuando el análisis del mismo Cuadro 22, se observan grandes diferencias en los índices ambientales (I_j) siendo los positivos ambientes "ricos" y los I_j con valores negativos, ambientes "pobres". Entre los ambientes de prueba utilizados sobresale la localidad 3 como un ambiente "rico" o altamente favorable ya que tuvo un I_j bastante elevado. ($I_j = 11.1$). Por otro lado, resalta también la negatividad mostrada por la localidad de San Marcos con un $I_j = -8.74$ el cual indica un ambiente desfavorable para los materiales evaluados. De esta manera, la diversidad de los ambientes puestos a prueba queda demostrada por la variación existente entre los índices ambientales.

Los coeficientes de variación se encuentran dentro de los límites permitidos, lo que da una indicación de la validez de los resultados.

El análisis de varianza utilizado para estimar los parámetros de estabilidad se muestran en el Cuadro 20. Las fuentes de variación de variedades y variedades por ambiente (lineal) son significativos lo que indica que los clones se comportaron de manera distinta en los distintos sitios experimentales, con lo cual se rechaza la hipótesis que plantea una estabilidad similar para todos los clones evaluados.

Al comparar las desviaciones de regresión (S^2_{di}) y los coeficientes de regresión (b_i) obtenidos con los parámetros de Carballo y Márques se deduce que ninguno de los clones evaluados es consistente pues todas las desviaciones de regresión son mayores a la unidad.

En cambio al analizar los coeficientes de regresión se observa que existen algunos clones que tienen una buena respuesta a los ambientes desfavorables, tal es el caso del clon 77- 18- 205 ($b_i:0.622$).

Otros responden mejor en ambientes favorables como el IND-903 ($b_i:1.828$) con base a lo expuesto anteriormente se rechaza la hipótesis que planteaba la misma estabilidad para todos los clones y se afirma que ninguno de los materiales presenta estabilidad.

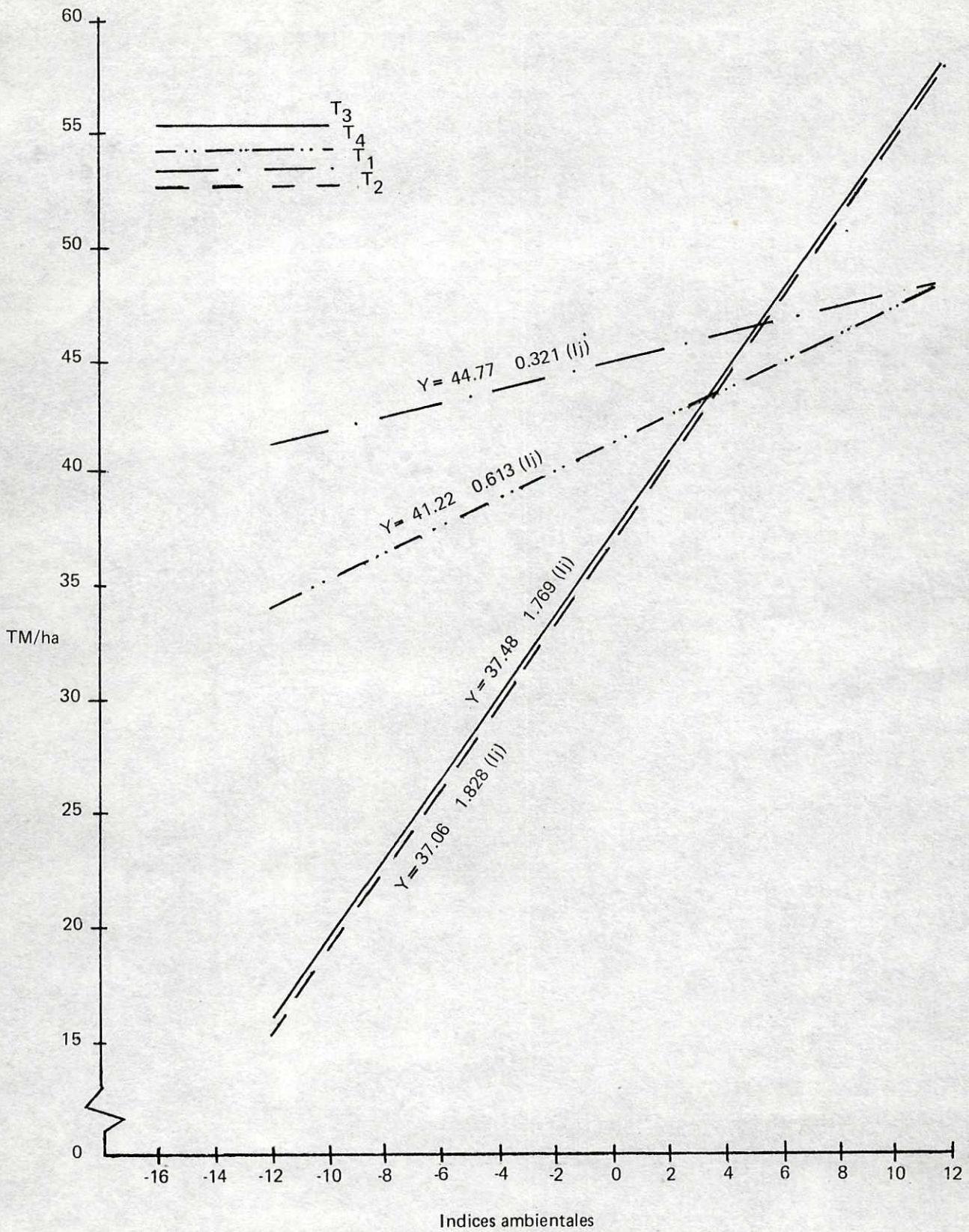


Fig. 2 Líneas de regresión entre rendimiento e índices ambientales de 4 clones alargados de papa.

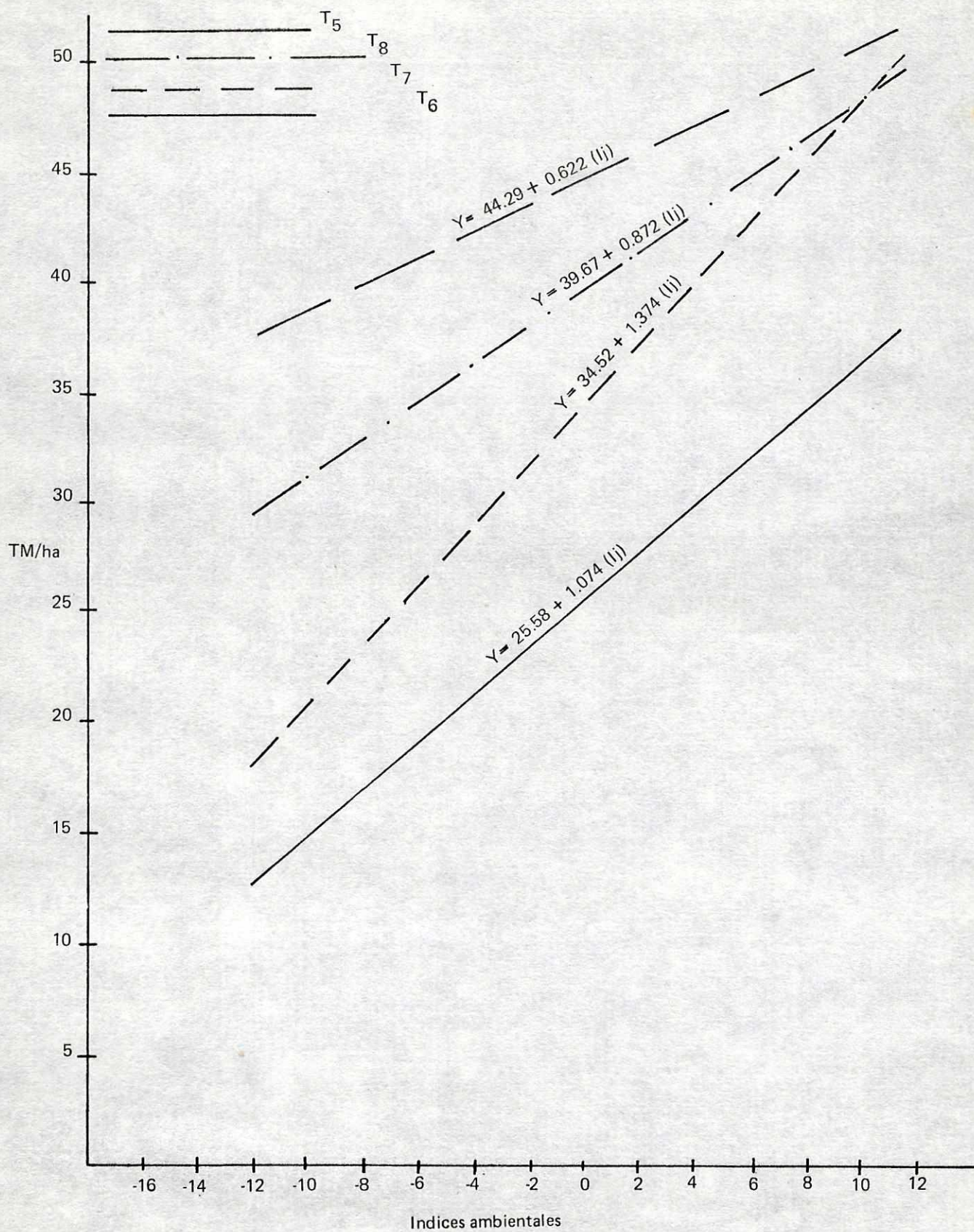


Fig. 3. Líneas de regresión entre rendimiento e índices ambientales de 4 clones alargados de papa.

C. ANALISIS DE REGRESION

Las figuras 1 y 2 muestran el comportamiento de cada clon en base a la variable independiente, I_j , y la variable dependiente, rendimiento. En la gráfica 1 se observa que los clones T3 y T2 muestran un bajo rendimiento en los ambientes pobres ($I_j < 0$) y un alto rendimiento en los ambientes ricos ($I_j > 0$) lo cual es un indicio de inestabilidad. El mismo comportamiento es mostrado por los tratamientos 7 y 6 en la figura 2. Por el contrario los clones 77-18-205 y 776943 muestran una buena respuesta a los ambientes pobres, corroborando así la comparación efectuada a los parámetros de estabilidad en la discusión anterior.

Como se puede observar en las figuras 1 y 2 no existe variedad alguna que sea estable, ya que si la hubiese su línea de regresión tendería a la horizontal (pendiente=0) es decir, un rendimiento similar en todos los ambientes. Estos resultados nos inducen a pensar que los clones con mejor respuesta al estudio son el 776943 y el 77-18-205.

D. COMPARACION DE EPIDEMIAS

Es notable en todas las figuras el incremento que tuvo la epidemia en los testigos de todas las localidades. En cuatro de los cinco sitios experimentales se observa un valor superior al 1.5 (eje X) lo cual indica un porcentaje de infección mayor al 75 o/o.

Este es una indicación del alto grado de susceptibilidad por parte del testigo.

En la localidad de Quetzaltenango (Fig. 4) se observa a cuatro clones afectados de los ocho evaluados, siendo el que más daño presenta el 78-7-105. Los bajos índices mostrados por T5, T8 y T1 a lo largo de todo el ciclo, apoyan la idea de una resistencia horizontal.

En Huehuetenango (Figura 5) las razas son simples, evidencia de esto es el leve ataque que mostraron los materiales. Resalta en este ambiente la falsa inmunidad que presenta el clon 78-7-105 por su bajo índice de infección. Se observa también, la susceptibilidad del testigo a las razas simples de Phytophthora infestans. De nuevo la baja tasa de incremento de la epidemia del T5 indica la posesión de una resistencia horizontal.

En la aldea "La Grandeza" departamento de San Marcos (Figura 6) solamente el testigo evidenció ataque, y de poca severidad. Esto indica una vez más, la simplicidad de las razas existentes en esa localidad.

Los materiales evaluados en Chimaltenango (Figura 7) se vieron expuestos a un ataque severo de Phytophthora infestans como se deduce al observar el daño al testigo el cual a los 60 días tenía un 90 - 100 o/o de infección. Además el comportamiento mostrado por T5 y T1 (77-18-205 y 776943)

señalan un incremento acelerado de la epidemia en los últimos 30 días del ciclo del cultivo, lo cual indica la aparición de razas más complejas de *Phytophthora infestans* así como una resistencia vertical de estos dos clones. Parece ser que mientras no se desarrollen razas muy complejas del patógeno, estos materiales son capaces de frenar el ataque del TIZON TARDIO.

De esta manera, se deduce que en Chimaltenango y Quetzaltenango existen una mayor cantidad de razas que en las otras localidades y que el tratamiento que mayor susceptibilidad mostró fue el T6 (78-7-105).

Comparando el porcentaje de infección causado por *Phytophthora* al tratamiento 6 y su rendimiento, notablemente inferior en las localidades donde fue severamente afectado, podemos rechazar la hipótesis que plantea la falta de relación entre el incremento de la epidemia y el rendimiento de los materiales evaluados.

E. CARACTERISTICAS FISICAS

Otro aspecto muy importante a tomar en cuenta son las características físicas de los materiales en estudio. Solamente tres de los ocho clones evaluados mostraron características alargadas similares a la LOMAN siendo ellos el 77-18-205, 575048-A77 y 77-1A-26.

El tratamiento 1, compuesto por el clon 776943 mostró una buena respuesta a las pruebas estadísticas aplicadas en el presente estudio pero su forma es similar a LOMAN ya que resultó ser un material de características redondas. El hecho de escoger materiales completamente alargados sobresale debido a la necesidad de poner a la disposición del agricultor una nueva variedad de papa que presente características físicas similares a LOMAN, un buen grado de resistencia y alto rendimiento

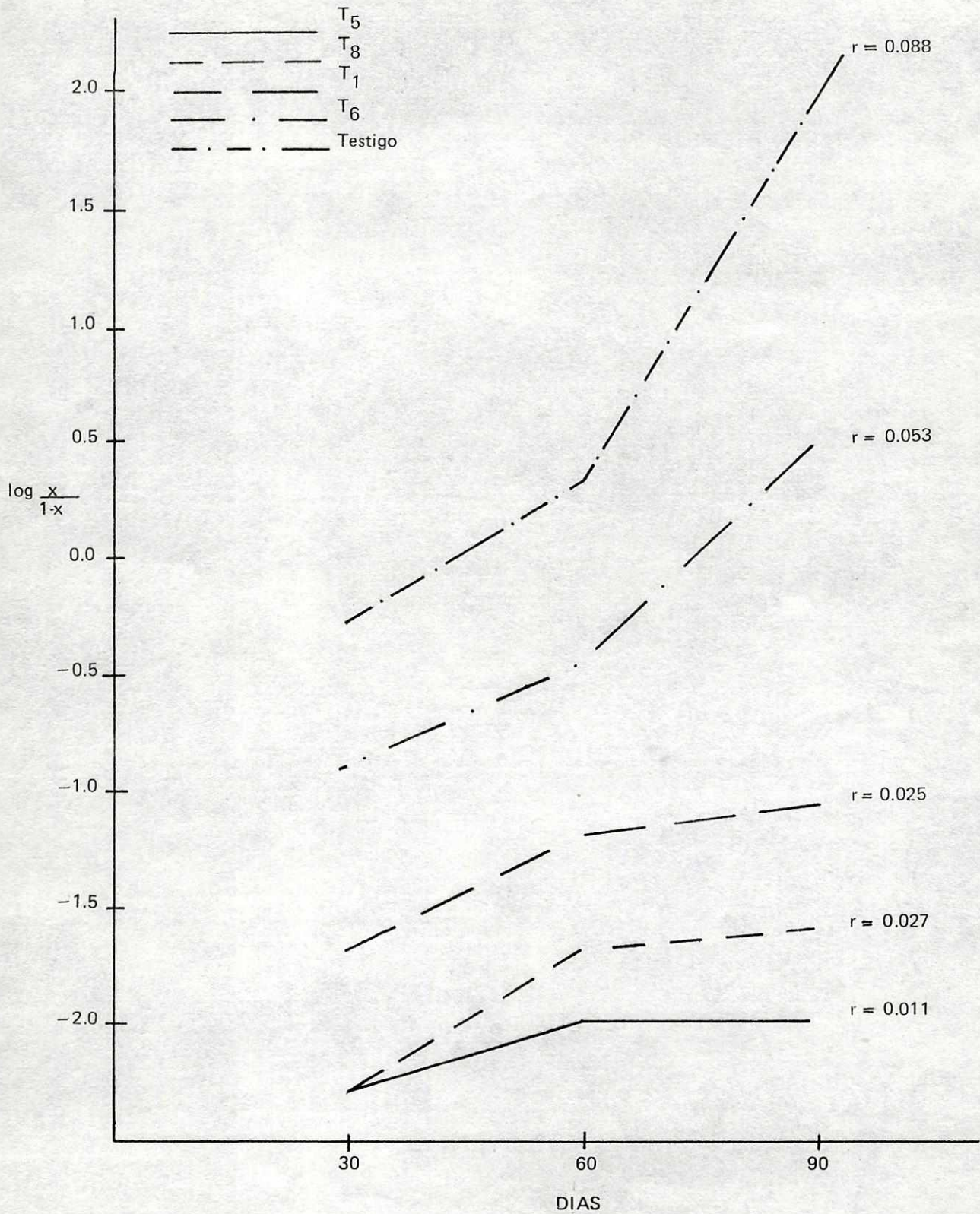


Fig. 4. Representación gráfica del incremento de la epidemia de tizón tardío en la localidad de Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango.

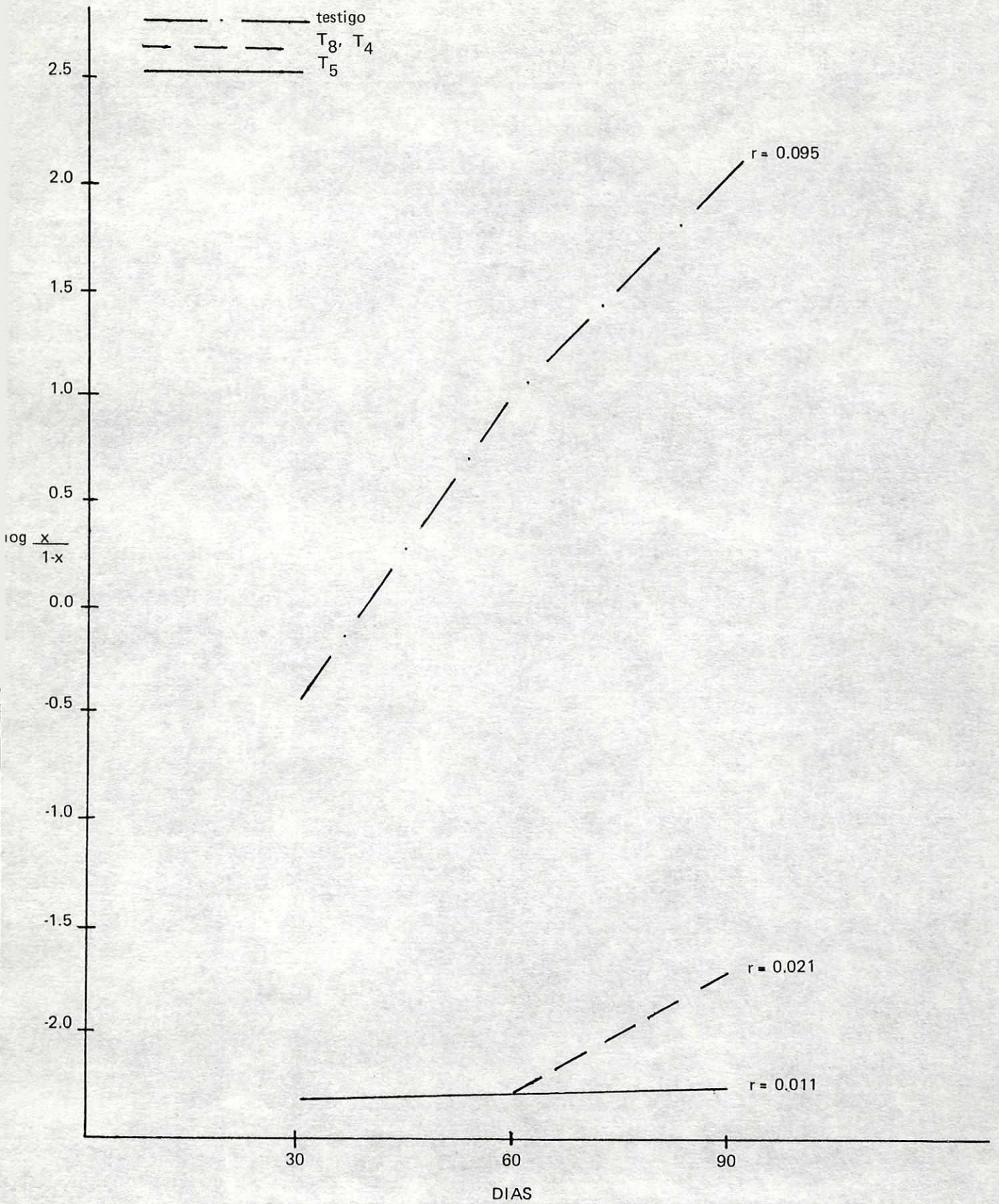


Fig. 5. Representación gráfica del incremento de la epidemia en Paquix, Huehuetenango.

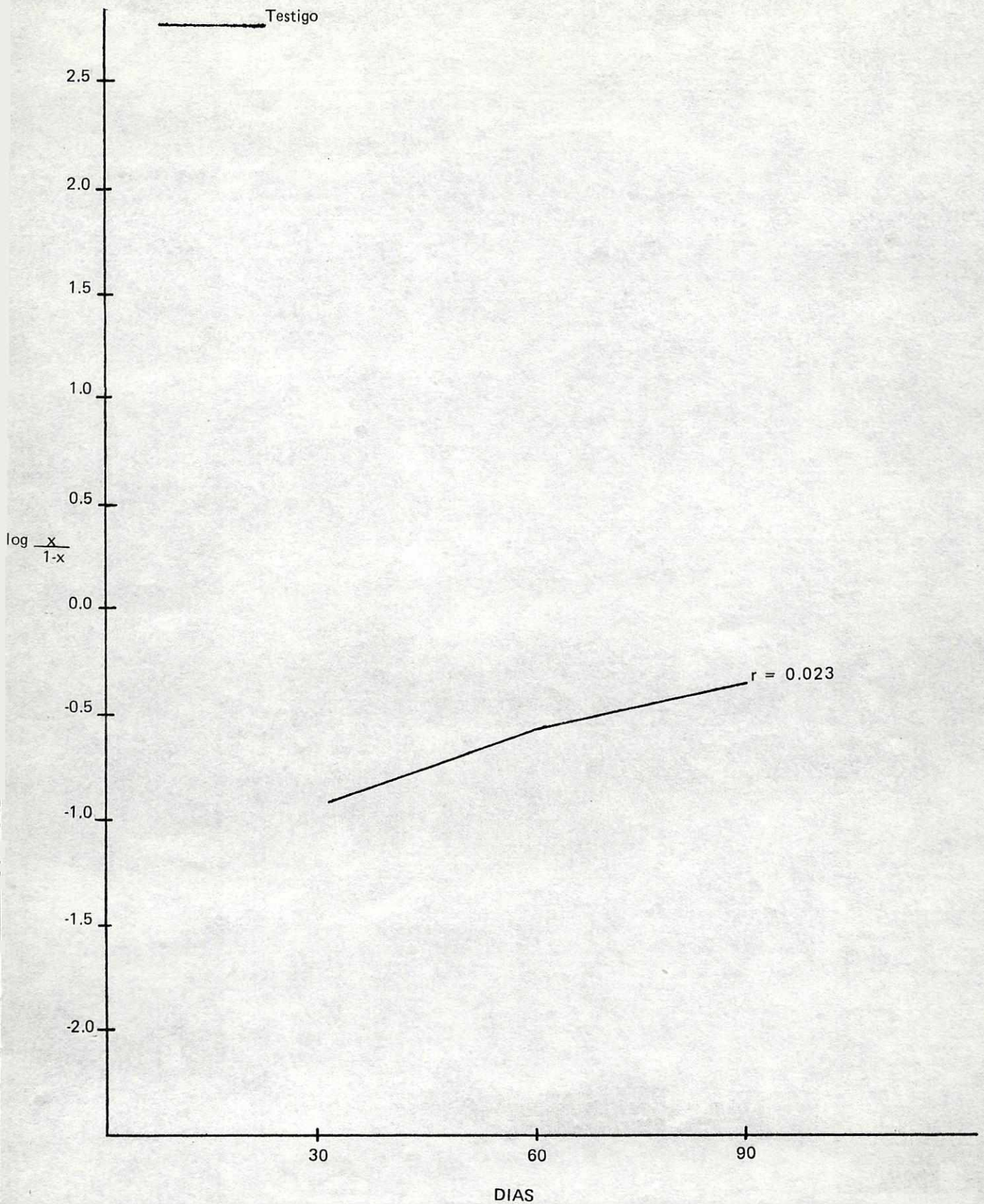


Fig. 6. Representación gráfica del incremento de la epidemia de tizón tardío en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

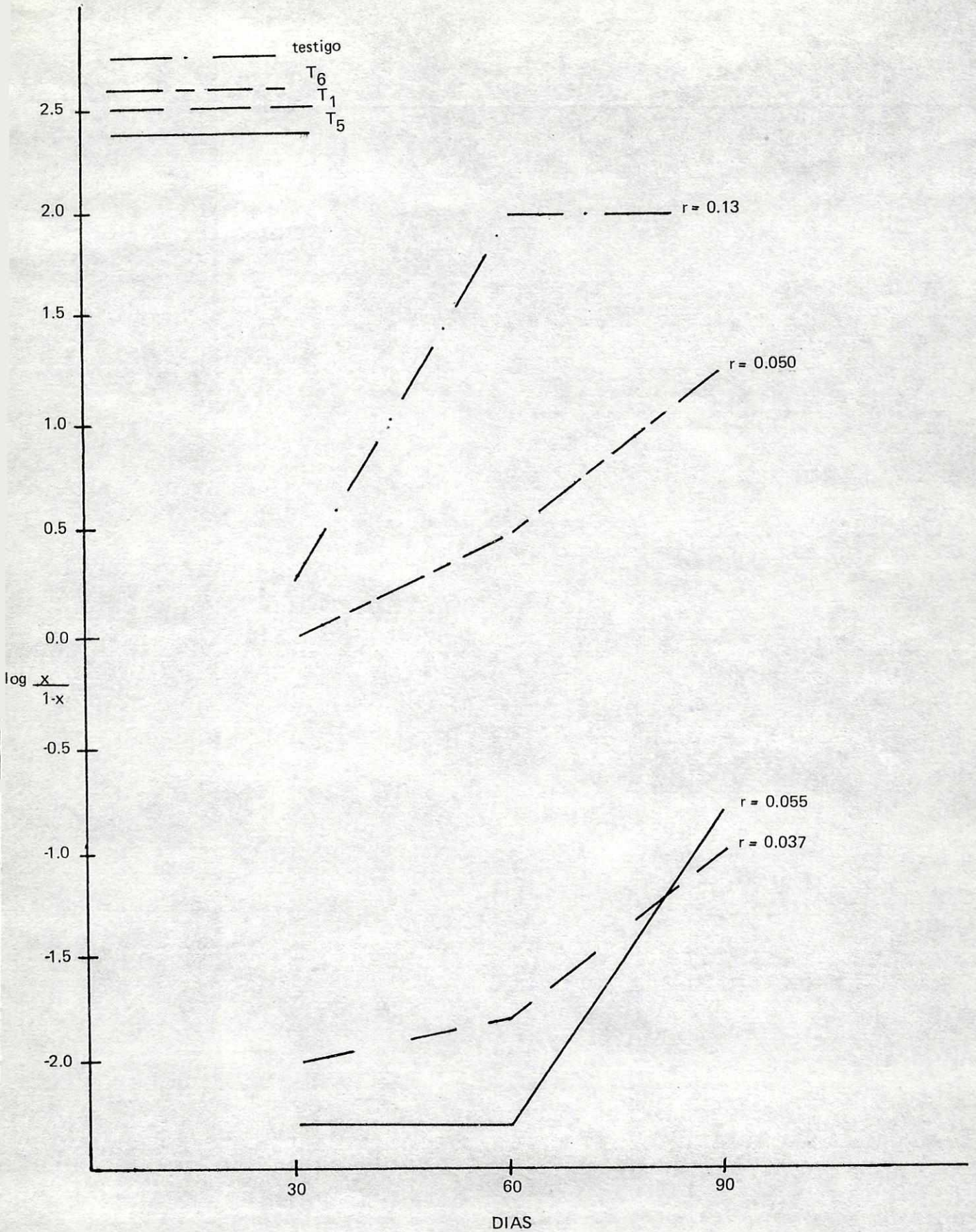


Fig. 7. Representación gráfica del incremento de la epidemia en Patzicía, Chimaltenango.

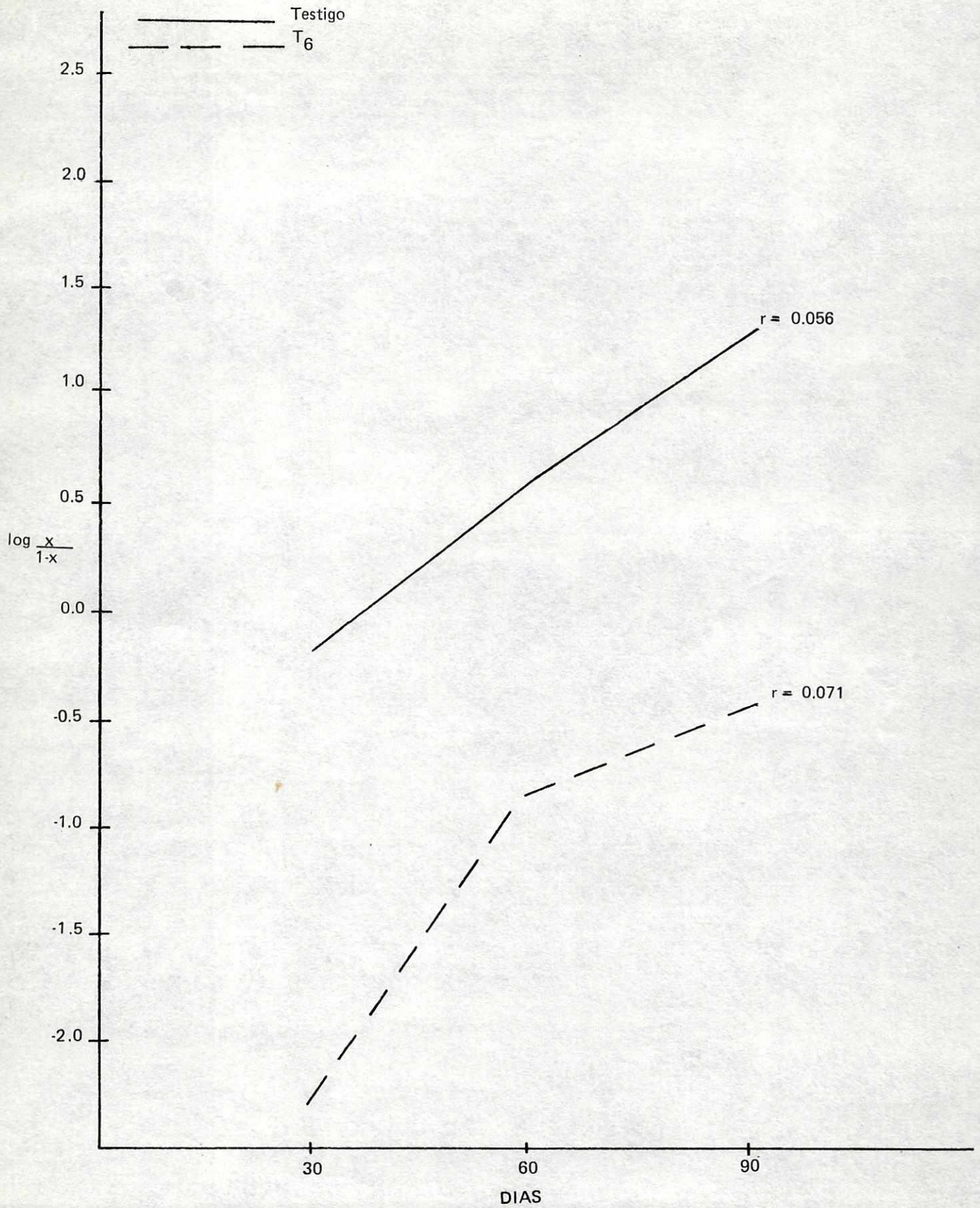


Fig. 8. Representación gráfica del incremento de la epidemia en Sta. Lucía Uatlán, Sololá.

V. CONCLUSIONES

1. Ninguno de los materiales evaluados en el análisis de estabilidad resultó ser estable debido a los altos coeficientes de regresión y desviaciones de regresión.
2. El clon 78- 7- 105 resultó ser el material mas susceptible, despues del testigo, al ataque de Phytophthora infestans con rendimientos muy por debajo de la media general.
3. Los tratamientos que mostraron mayor similitud con las características físicas de la variedad LOMAN (ojos superficiales, piel blanca y forma alargada) fueron el 77- 1A- 26, 575048- A77 y 77- 18- 205.
4. Las tres hipótesis planteadas en este estudio fueron rechazadas al demostrar que los materiales evaluados no presentan la misma estabilidad, no tienen el mismo rendimiento y que el porcentaje de infección esta directamente vinculado con el rendimiento.
5. El material que mejor respondió a los objetivos planteados fue el clon 77- 18- 205 al presentar una buena adaptabilidad a los distintos ambientes de prueba, resistencia al ataque de la epidemia y un indicio de altos rendimientos por unidad de área.

BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G. Plant pathology. U. S. A. , Academic press, 2 ed. , 1978. 703 p.
2. BARBERA, C. Pesticidas agrícolas, España, Omega, 3 ed. 1976. 569 p.
3. BASH, E. BEN—JOSEPH, Y. y ROTEN, J. Inoculum potential of Phytophthora infestans and the development of potato late blight epidemics. Phytopathology (U. S. A.), vol. 72 (8) : 1043- 1057 pp.
4. BLACK, W. A proposal for an international nomenclature of Phytophthora infestans and genes controlling immunity in Solanum demissum derivatives. Euphytica, 2: 173- 178 pp. , 1953
5. DE BARY, A. Researches into the nature of potato fungus Phytophthora infestans. Royal agric. society. (England)., 2(12):239-269 pp.
6. EASTON, G. D. Late blight and prediction of epidemics in arid Central Washington State. Plant disease (U. S. A.). vol 66 (6): 452- 455 PP.
7. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TEGNOLOGIA AGRICOLA. Proyecto de papa, informe técnico 1982 — 1983. Guatemala, s.n.t. , 1983. 65 p.
8. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. Guía técnica para investigación agrícola. Guatemala, s.n.t. 1981. 202p.
9. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. Programa producción de maíz, informe anual 1977. Guatemala, s. n. t., 1977. 213 p.
10. GUATEMALA. INSTITUTO DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEREOLOGIA E HIDROLOGIA. Datos metereológicos para los departamentos de Chimaltenango, Quetzaltenango, Sololá, Huehuetenango y San Marcos. Guatemala, s.n.t. , 1985.
11. HEALD, F. D. Manual of plant diseases. U. S. A. , McGraw Hill, 2 ed. , 1933. 422 p.
12. JARAMILLO, A. La papa, control de sus plagas y enfermedades Rohm and Haas, AG—79—6, U. S. A. , Rohm and Haas Company, s.f. 40 p.
13. KABLE, P. F. Survival or Phytophthora infestans in potato stem lesions, at high temperatures and implications for disease forecasting. Plant disease (U.S.A.). Vol. 64 (2): 165-167
14. KIRALY, Z. et.al. Methods in plant pathology. Hungary, Elsevier Scientific Publishing Company, 1974. 487 p.
15. LEON SEE, J.M. Segunda fase en la evaluación de variedades e híbridos blancos de maíz (*Zea mays* L.) en la costa del Pacífico de Guatemala. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 1980. 35 p.

16. MARROQUIN, J. A. La polilla de la papa en el antiplano de Guatemala. ICTA, Boletín técnico 14. Guatemala, 1983. 10 p.
17. MIRANDA, E. Aparición cronológica de razas fisiológicas de *Phytophthora*
16. MARROQUIN, J.A. La polilla de la papa en el altiplano de Guatemala. ICTA, Boletín Técnico 14. Guatemala, 1983. 10 p.
17. MIRANDA, O. y DEL VALLE, R. Recomendaciones agronómicas para el cultivo de la papa en Chimaltenango. ICTA, Boletín Técnico 24. Guatemala, 1983. 52 p.
18. MIRANDA, E. Aparición cronológica de razas fisiológicas de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary causante del TIZON TARDIO de la papa. Tesis de Lic. en Biología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 1977. 65 p.
19. MONTALDO, A. Cultivo y Mejoramiento de la papa. San José IICACIDIA, 1984. 676 p.
20. MONTERROSO, D. Informe general de los viajes de estudio, otoño 1976. Colegio Postgraduados, Chapingo, México. 1976. 176 p.
21. NUTTER, F. W. y MACHARDY, W. E. Selection of components for a potato late blight forecasting and fungicidal control program. Plant disease (Mn, U. S. A.), vol. 64 (12): 1103-1105 pp.
22. RUANO, S. Proyecto de estudio sobre limitantes de semilla mejorada de papa en Guatemala y alternativas de solución. Guatemala, ICTA-PRECODEPA. 1985.
23. THURSTON, H. B. y SCHULTZ, O. Late blight. In Compendium of potato diseases. U.S.A. American phytopathological society. 2 ed. 1983. 125 p.
24. URRUTIA, C. Series de mapas de Guatemala. Ed. 1-D. G. C. AMS. Guatemala, s.n.t., sf.
25. U. S. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Desarrollo y control de las enfermedades de las plantas. México, Limusa, 1981. vol. 1, 223 p.
26. VELASQUEZ, M. Almacenamiento de papa para consumo. Folleto técnico 28. ICTA, Guatemala. 1984. 28 p.
27. VELASQUEZ, M. y OROZCO, O. Recomendaciones generales sobre almacenamiento de papa destinada para semilla. Folleto técnico 26. ICTA, Guatemala, 1983. 51 p.