

RELACIONES INSECTO-PATOGENO EN EL PROBLEMA DEL AMARILLAMIENTO DE LAS VENAS DE LA PAPA

Marta Cecilia Díaz¹
José M. Pulgarín¹
Alfredo Saldarriaga V.²

RESUMEN

La enfermedad "amarillamiento de las venas de la papa" es problema en las zonas paperas de Nariño y Antioquia en Colombia, y en Ecuador, donde las pérdidas por rendimiento pueden alcanzar hasta un 50%. Muy poco se conoce sobre las relaciones entre el patógeno causante de la enfermedad y su vector, la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum*, información que se considera importante para un adecuado manejo del problema, y cuyos aspectos fueron investigados en el Centro Regional de Investigaciones, CRI, "La Selva", del ICA, en el municipio de Rionegro, Antioquia. Los estudios permitieron establecer que: 1.- la transmisión de la enfermedad se logró con un solo espécimen del vector y el mayor porcentaje se obtuvo con un grupo de 20; 2.- El período de adquisición mínimo fue de 1 hora y el porcentaje de transmisión aumentó a medida que se incrementó el tiempo de adquisición, lográndose los más altos a partir de 6 horas; 3.- El período de inoculación mínimo, tomado desde el momento de infestación o exposición, no infectación propiamente, fue de 1 hora; 4.- No hubo período de inoculación; al menos con los tiempos óptimos, 24 horas, de adquisición e inoculación; y

5.- La máxima retención del patógeno por la mosca blanca fue de 6 días. Con los resultados obtenidos se pudo deducir que el tipo de transmisión de la enfermedad se acerca al de semipersistente. La aparición de los síntomas en las plantas probadas osciló en un rango de 13 a 25 días.

SUMMARY

"Potatoes yellow vein" is a troublesome disease in Colombia (Antioquia and Nariño) as well as in Ecuador where losses can reach up to 50% of the yield. The greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) is known to be the vector. However, since some information is lacking regarding the pathogen-vector relationships, this research was conducted at the Experiment Station "La Selva" (Rionegro, Antioquia), and the results were as follows; 1.- One single whitefly is able to transmit the disease. Maximum effectivity is achieved with twenty whiteflies. 2.- The acquisition period has a minimum of one hour, effectivity increases as time increases, up to a maximum of six hours. 3.- Minimum inoculation time: one hour. 4.- No incubation period in the vector was detected when both acquisition and inoculation were tested in 24 hours. 5.- Pathogen retention in the vector reached a maximum of six days. 6.- Disease incubation lasted between 13 and 25 days. 7.- This is an example of semi-persistent transmission.

INTRODUCCION

El amarillamiento de las venas de la papa es una enfermedad que desde

1983 se ha venido incrementando y extendiendo en los cultivos de algunos municipios de la zona papera del Oriente Antioqueño, debido, entre otras causas, a altas poblaciones de su vector, la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). El difícil control del insecto, la transmisibilidad del patógeno a través del tubérculo, las siembras asociadas de papa-fríjol, siendo este último cultivo un importante huésped del insecto, y la no utilización de semilla certificada libre del patógeno, han conducido a que en la actualidad se tengan porcentajes preocupantes de plantas enfermas, con incidencia en el rendimiento hasta de un 50%.

El conocimiento de las relaciones del patógeno con su insecto vector es importante para el establecimiento de programas adecuados de manejo del problema. Estas relaciones constituyeron los objetivos del presente trabajo y tiene que ver con: 1.- La relación entre el número de moscas y la transmisión del patógeno, 2.- El período de adquisición del patógeno por el insecto, 3.- El período de acceso de inoculación, 4.- El período de incubación o latencia del patógeno, 5.- la retención de la infectividad en el insecto.

REVISION DE LITERATURA

Los síntomas iniciales de la enfermedad (Figura 1) se observan sobre las nervaduras de primero, segundo y tercer orden de los folíolos apicales, laterales, secundarios e intersticiales, en forma de cloranemia (Díaz 1966). Aunque varios autores mencionan la enfermedad como de carácter viroso, hasta ahora se desconoce su etiología

1. Estudiantes Facultad de Ciencias Agropecuarias, A.A. 11981, Medellín.

2. Entomólogo, Profesor Asociado, Universidad Nacional, A.A. 568, Medellín.

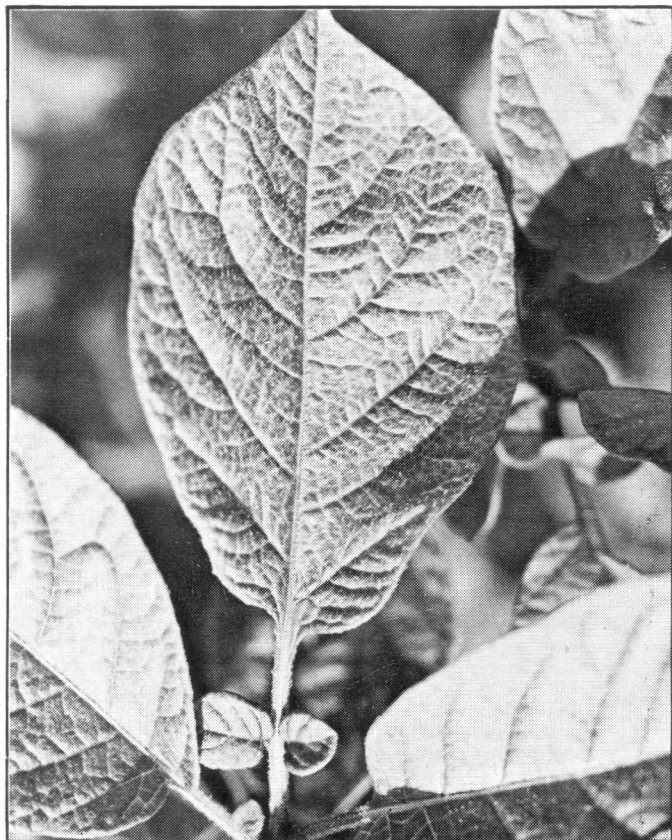


Figura 1. Hoja de papa con síntomas del "amarillamiento de las venas".

Vega (1970) llevó a cabo un trabajo de purificación del posible virus sin resultados positivos.

La enfermedad es posiblemente originaria de la parte septentrional del Ecuador y del sur de Colombia y su distribución sólo se limita a estos dos países (Alba 1952). En Colombia se ha observado en los Departamentos de Nariño, Antioquia y Cundinamarca. (Alba 1952; Bindra y Sylvester 1961; Navarro et al. 1989; Tamayo y Navarro 1984). En Ecuador en toda la zona productora de papa (Díaz 1966).

Coic, citado por Alba (1952) y Calvache y Checa (1969), consideran que la reducción de los rendimientos se debe más que todo a la disminución en el número de tubérculos. Vega (1970) y Saldarriaga (1987) observaron que la disminución de rendimientos se debió a un pobre desarrollo de los tubérculos. Varios autores, citados por Saldarriaga (1988), consideran que la disminución en los rendimientos puede ser mayor al 50% en variedades susceptibles.

El agente causal es transmitido por insectos del tallo aéreo y del tallo subterráneo (Alba 1952), por semilla tubérculo (Díaz 1966; Vega 1970), y por el Aleyrodidae *T. vaporariorum* (Buriticá 1971; Navarro et al. 1984; Saldarriaga 1987, 1988; Vega 1970). No se ha logrado reproducir los síntomas de la enfermedad a partir de semilla sexual (Alba 1952; Navarro et al. 1984; Vega 1970), ni con el jugo de plantas enfermas (Alba 1952; Vega 1970), ni usando suelo (Buriticá 1971). Tampoco ha sido transmitido por medio de los insectos *Myzus persicae* (Sulzer), *Empoasca* sp., *Paratanus yusti* Young y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Díaz et al. 1989; Vega 1970; Alba 1952); ni por el ácaro *Eotetranychus telarius* (L.) (Alba 1952).

La incidencia de plantas enfermas varía de acuerdo con el origen de la semilla, las condiciones ambientales y las variedades empleadas, siendo el agente causal poco exigente en cuanto a condiciones críticas de luz y temperatura (Díaz 1966). Calvache y Checa (1969) no hallaron época definida en

el período vegetativo de la planta para la manifestación de los síntomas, pero Buriticá (1971) estableció 44 días y Saldarriaga (1988) un mínimo de 9 y un máximo de 59 días, con el mayor porcentaje (24%) un mínimo de 9 y un máximo de 59 días, con el mayor porcentaje (24%) entre los 30 y 40 días después de la infestación.

La mosca blanca de los invernaderos es una plaga polífaga, se ha registrado sobre 278 huéspedes, y tiene una distribución mundial (Mound y Halsey 1978; Mound 1983). En Colombia se le ha encontrado en los Departamentos de Antioquia, Valle, Tolima, Nariño y Cundinamarca (Saldarriaga 1988). Plaga de mayor severidad bajo condiciones de invernadero (Mound y Halsey 1978). Produce disminución en el rendimiento en forma directa al succionar savia de la planta y depreciación de la producción por la formación de melaza y el desarrollo de fumagina que asfixian el vegetal (Casadevall et al. 1979; Escobar y Peláez 1986). Es transmisor del virus del "Seudo amarillamiento de la remolacha" (BPYV) (Duffus 1965), del mismo virus en lechuga y pepino en Holanda y Francia (Dorst et al. 1983). En Japón de acuerdo con Yamshita et al., citado por Dorst et al. (1983) es transmisor del amarillamiento del pepino, y en Francia de un amarillamiento severo en melón cultivado en invernadero (Dorst et al. 1983).

Los mecanismos de transmisión del patógeno causante del amarillamiento de las venas de la papa por el *T. vaporariorum* no han sido bien estudiados; sin embargo, datos con este insecto y la transmisión de enfermedades permiten informaciones en cuanto a cada una de las siguientes relaciones:

En trabajos con *T. vaporariorum*, Duffus (1965, 1973) obtuvo un 10% de transmisión del BPYV con una sola mosca, el porcentaje aumentó marcadamente cuando usó un mayor número del insecto. Navarro et al. (1984) lograron un 50% de transmisión del "amarillamiento de las venas de la papa" con 20 adultos por planta. Saldarriaga (1988), trabajando con pobla-

ciones de 30 y 60 adultos del insecto, logró hasta un 50% de infección sin que se presentaran diferencias significativas entre una población y otra.

— **Período de adquisición.** Varma, citado por Costa (1969), y Harris (1983) señalan que, en general, las moscas blancas requieren de un menor período de alimentación para infectar la planta que para adquirir el patógeno. En trabajos con el *T. vaporariorum* y el amarillamiento de las venas de la papa, Buriticá (1971) logró un 30% de transmisión con un período de alimentación de 72 horas. Saldarriaga (1987) probó tiempos de alimentación de 7 horas y 5 días para la adquisición del patógeno, obteniendo en ambos casos transmisión de la enfermedad.

— **Período de inoculación.** En general, para las moscas blancas el umbral de inoculación de patógenos más común está entre 10 a 60 minutos, pero 6 horas son también reportados en la literatura (Harris 1983). Trabajos con el *T. vaporariorum* permitieron a Duffus (1965) determinar que el tiempo requerido por el insecto para transmitir el BPYV fue de una hora como mínimo y que un período de inoculación de 6 horas es altamente eficiente. Saldarriaga (1987) empleó períodos de alimentación para inocular el patógeno del “amarillamiento de las venas de la papa” de 5, 10, 15, 20, 30 minutos, 1 y 6 horas, y 1, 3 y 5 días, encontrando un período mínimo de 30 minutos.

— **Período de incubación.** Para las moscas blancas ocurre en muchos casos un período definido de latencia, que va de 4 a 24 horas (Capoor y Ahmad 1975, Harris 1983). Duffus (1965, 1973), trabajando con *T. vaporariorum* y el BPYV, encontró un período de incubación menor de 6 horas. Saldarriaga (1987), trabajando con el mismo insecto y el patógeno del “amarillamiento de las venas de la papa”, halló un período de incubación de media hora máximo, si es que lo tiene.

— **Retención de la infectividad.** Referente a la retención de patógenos, con el *T. vaporariorum* sólo se ha hecho un

trabajo con el BPYV, hallándose una retención por un máximo de 6 días o menos (Duffus 1965).

— **Transmisión con estados inmaduros del insecto vector.** En relación con el papel que juegan las formas inmaduras, ninfas, de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) se obtuvieron resultados positivos en la adquisición del virus en los siguientes casos: mungo bean yellow mosaic virus (MYMV) (Rathi y Nene 1974), con el tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) (Cohen y Nitzany 1966). No se logró transmisión con el leaf crumple virus (Laird y Dickson 1959).

— **Tipo de transmisión.** En la literatura se habla de cuatro tipos de transmisión: 1) No persistente o “portadas en es estilete” (Conti 1985; Volcy y Pardo 1984). 2) Semipersistente, con retención de la infectividad no por mucho tiempo (Conti 1985). 3) Persistente o circulativo, donde los períodos de adquisición e inoculación son prolongados (Volcy y Pardo 1984) y 4) Bimodal, en casos en los cuales se observan los tipos de transmisión no persistente y persistente en el mismo vector y grupo de virus (Morales 1986). La relación del *T. vaporariorum* con el BPYV es de tipo semipersistente (Duffus 1973), y con el “amarillamiento de las venas de la papa”, posiblemente es del no persistente (Saldarriaga 1987).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo durante el año 1988, bajo condiciones de invernadero rústico (Figura 2), en el Centro Regional de Investigaciones Agrícolas “La Selva”, del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; en el municipio de Rionegro (Ant.) a 2100 m.s.n.m., con temperatura promedio de 17°C, precipitación de 2100 mm anuales, humedad relativa del 78% y perteneciente a la zona de vida bosque húmedo Montano bajo (bh-Mb).

Las plantas de papa empleadas como indicadores de la enfermedad fueron obtenidas de semilla sexual de la variedad “Atzimba”, y en uno solo de los ensayos se usó la variedad “Picacho”. Las plantas usadas como fuente del “amarillamiento de las venas de la papa” se obtuvieron de tubérculos provenientes de plantas enfermas de las variedades “Picacho” y “Capiro”, y una vez que ellas mostraron los síntomas.

Los adultos de la mosca blanca (MB) libres del patógeno, se criaron masivamente en el invernadero a partir de pupas recolectadas en campos de frijol y llevadas a plantas de frijol en jaulas de madera cubiertas con tela de tul a prueba de insectos o se obtuvieron directamente del campo y de cultivos de frijol. Los adultos infectados se

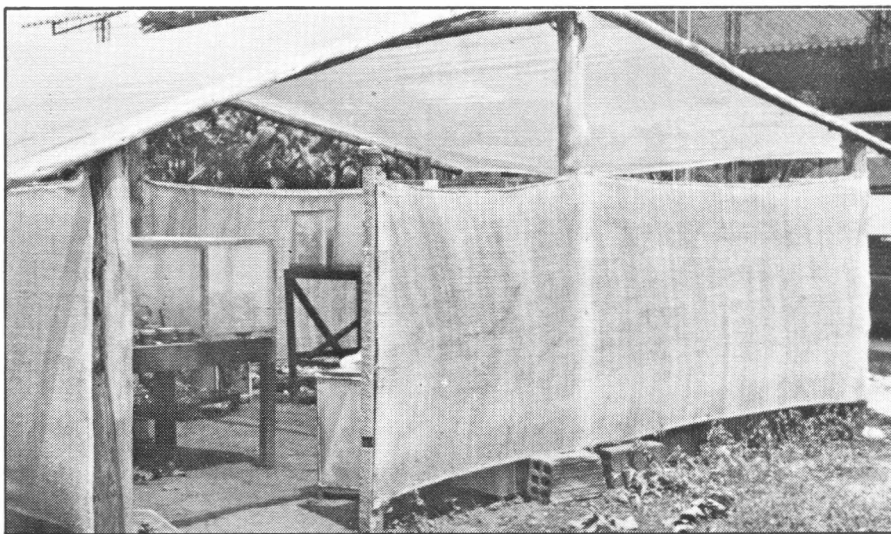


Figura 2. Invernadero utilizado para la cría masiva de la mosca blanca y vivero de plántulas.

obtuvieron una vez que ellos se alimentaron en plantas enfermas.

Para el montaje y manejo de las infestaciones de plántulas en los diferentes ensayos se diseñaron unas pequeñas jaulas, que se denominaron "vasos jaulas", utilizando vasos plásticos de 16 onzas de capacidad, recortados parcialmente en la base y en la parte lateral, y forrados con tela de tul, en forma tal que permitieran una buena circulación del aire y encajara exactamente en los materos de barro donde se tenían las plántulas (Figura 3).

Después de cumplido el período preestablecido de alimentación de los insectos en las plántulas infestadas, estos se eliminaron con insecticidas o mecánicamente; luego las plántulas se confinaron en jaulas grandes (Figura 3) para evitar la contaminación por insectos.

En todos los experimentos se hicieron lecturas de plantas con síntomas de la enfermedad, durante un mínimo de 50 días después de la infestación en plántulas sanas. Cumplido el período vegetativo de las plantas se cosecharon los tubérculos de aquellas que no mostraron síntomas, consideradas como plantas posiblemente asintomáticas, con el fin de sembrarlos y observar la

aparición de los síntomas y determinar si la planta madre había sido infectada.

La metodología para determinar la relación entre el número de adultos de MB y la transmisión del patógeno consistió en: Adultos de MB se alimentaron por varios días sobre plantas enfermas dentro de las jaulas a prueba de insectos. De estas jaulas se colectó, con la ayuda de un aspirador, grupos de moscas blancas, según el número preestablecido para cada tratamiento (Tabla 1), y se pasaron a un "vaso jaula", con él y los insectos se cubrió una plántula de papa sana. Después de terminado el tiempo de alimentación se retiraron los "vasos jaula", y las plántulas se confinaron en jaulas grandes.

Período de adquisición. Para esta prueba se utilizó el número de MB que transmitió el mayor porcentaje de la enfermedad en el estudio anterior, 20 especímenes. De las crías masivas del insecto libre del patógeno se transfirieron adultos a una planta enferma y se les permitió alimentarse por un período de 10 minutos, después se trasladaron a una jaula sin plántulas y se les dejó durante unos 15 minutos sin alimento, período de ayuno, enseguida se tomó y transfirió un grupo de 20 MB a cada una de las plántulas sanas, utili-

zando para ello el aspirador bucal y el "vaso jaula". Lo anterior se repitió para cada uno de los tratamientos: 10, 15 y 30 minutos, 1, 3, 6, 24 y 48 horas. Después de 6 días de alimentación se quitó el "vaso jaula", se mataron las moscas blancas y se colocaron las plántulas dentro de una jaula grande a prueba de insectos.

Período de inoculación. Para la realización de esta prueba se transfirieron moscas blancas sin patógeno a plantas enfermas. Después de un período de alimentación de 24 horas se tomó y transfirió un grupo de 20 adultos a cada una de las plántulas sanas por un período de alimentación, considerado como de inoculación, de 10, 15, 30 minutos, 1, 3, 6, 24 y 48 horas. Como testigo se utilizaron plántulas sin mosca blanca. Después de cumplido cada período de inoculación, se retiró el "vaso jaula", se eliminaron las moscas blancas en forma mecánica y las plántulas se colocaron en jaulas a prueba de insectos.

Período de incubación. Para determinar el período de incubación se empleó un grupo de 20 MB, un período de adquisición de 24 horas y se dejaron en ayuno de acuerdo a los siguientes períodos de incubación: 15 y 30 minutos, 1, 3, 5 y 24 horas; luego se colocaron estos adultos a alimentarse en plántulas sanas por espacio de 24 horas, después de lo cual se eliminaron y las plántulas pasaron a jaulas grandes a prueba de insectos.

Rentención de la infectividad por moscas blancas. Para determinar el período de retención del patógeno por las moscas blancas se transfirieron adultos de la MB libres de la enfermedad a plantas con "amarillamiento de las venas". Después de 24 horas de alimentación, período óptimo de adquisición, a cada una de 30 plántulas sanas se les colocó grupos de 30 MB. Después de 24 horas de alimentación se transfirieron los insectos de cada plántula a otra sana. Luego y también después de 24 horas, se pasaron estos mismos insectos o los sobrevivientes a otra plántula sana, y así se continuó diariamente durante 12 días. Se hizo el mismo seguimiento con plántulas en donde se colocaron

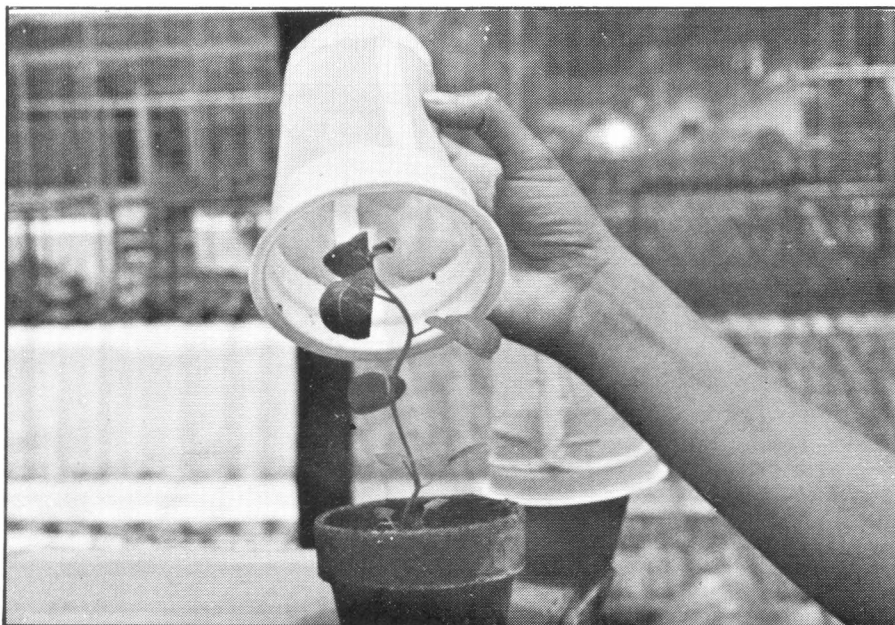


Figura 3. Detalles del "vaso jaula" y su manejo para infestación con mosca blanca.

MB libres del patógeno como control. Cada unidad experimental, repetida seis veces, tenía 5 plántulas. Para el análisis estadístico se empleó el diseño completamente randomizado en cada uno de los experimentos. Para el análisis de varianza los datos originales se transformaron por un valor correspondiente a $\sqrt{x + 0,5}$. Se realizaron las pruebas de Duncan al 5 % y 1% para los datos que resultaron con significancia estadística. Para todos los experimentos se realizaron las curvas de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Relación entre el número de adultos del insecto y la transmisión del patógeno.

Los resultados (Tabla 1) relacionados con los porcentajes de transmisión de la enfermedad en tres ensayos, uno con la variedad "Picacho" y dos con "Atzimba", indicaron una alta significancia ($p < 0,001$) entre los trami-

tos. Los controles no mostraron plántulas con la enfermedad. Según las pruebas de Duncan al 1%, estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con 1 y 5 MB, ni tampoco al emplear más de 10 MB. En los tres ensayos, la población que mostró el mayor porcentaje de transmisión fue el grupo de 20 HB.

Los tubérculos de algunas plantas que hasta el final de las lecturas se mostraron aparentemente sanas, direron origen a plantas con síntomas de la enfermedad, demostrando que estas plantas eran portadoras asintomáticas.

El efecto del número de MB en los porcentajes de transmisión, según las líneas de regresión (Figura 4), muestran una tendencia bien definida a aumentar el porcentaje de transmisión a medida que se incrementa el número de MB, tanto con las plántulas provenientes de semilla sexual como cuando se les sumaron las portadoras asintomáticas. Este incremento es debido a

que existe mayor probabilidad de transmisión a medida que aumenta el número de MB. También, y de acuerdo con Brinda y Sylvester (1961), a que el grupo debe considerarse como transmisor si por lo menos uno solo de los especímenes lo hace, y el grupo no será transmisor si ninguno lo logra. Tanto la variedad "Picacho" como "Atzimba" mostraron ser muy susceptibles y buenas plantas indicadoras del "amarillamiento de las venas de la papa".

Los porcentajes menores de transmisión en el segundo ensayo se debieron, posiblemente, al efecto de las amplias variaciones que se presentaron en los factores climáticos como luz, temperatura y humedad, que influyeron en la expresión de los síntomas y en la actividad de los insectos. Por el contrario, el 100% de transmisión que se alcanzó en el tratamiento con 20 MB del tercer ensayo de debió, entre otras razones, a que se logró tener las condiciones óptimas de medio ambien-

TABLA 1. Porcentaje de transmisión del "amarillamiento de las venas de la papa" por un grupo o número de adultos de MB. Para ensayos 1 y 2 los períodos de adquisición e inoculación: fueron de 11 días respectivamente.

Variedad Ensayo No.	Número de MB	Porcentaje de Plantas con síntomas provenientes de:							
		Semilla sexual		Tubérculos de plantas asintomáticas		T o t a l			
Picacho 1	1	20,00	c**	b***	6,66	26,66	b**	b***	
	5	26,66	bc	ab	13,33	40,00	b	ab	
	10	60,00	ab	ab	20,00	80,00	a	ab	
	20	80,00	a	a	13,33	93,33	a	a	
	Control*	0,00			0,00	0,00			
Atzimba 2	1	8,33	b	b	0,00	8,33	b	c	
	5	8,33	b	b	8,33	16,66	b	bc	
	10	50,00	a	ab	16,65	66,66	a	ab	
	20	83,33	a	a	0,00	83,33	a	a	
	Control*	0,00			0,00	0,00			
Atzimba 3	Control	0	0,00	d	c	0,00	0,00	d	c
	1	28,00	c	bc		28,00	c	bc	
	5	62,50	b	ab	No se determinó	62,50	b	ab	
	10	84,00	ab	a		84,00	ab	a	
	20	100,00	a	a		100,00	a	a	
	30	96,00	a	a		96,00	a	a	

* El control consistió en una repetición de los tratamientos con MB libre del patógeno.
 ** Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel 5% (Duncan).
 *** Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel 1% (Duncan).

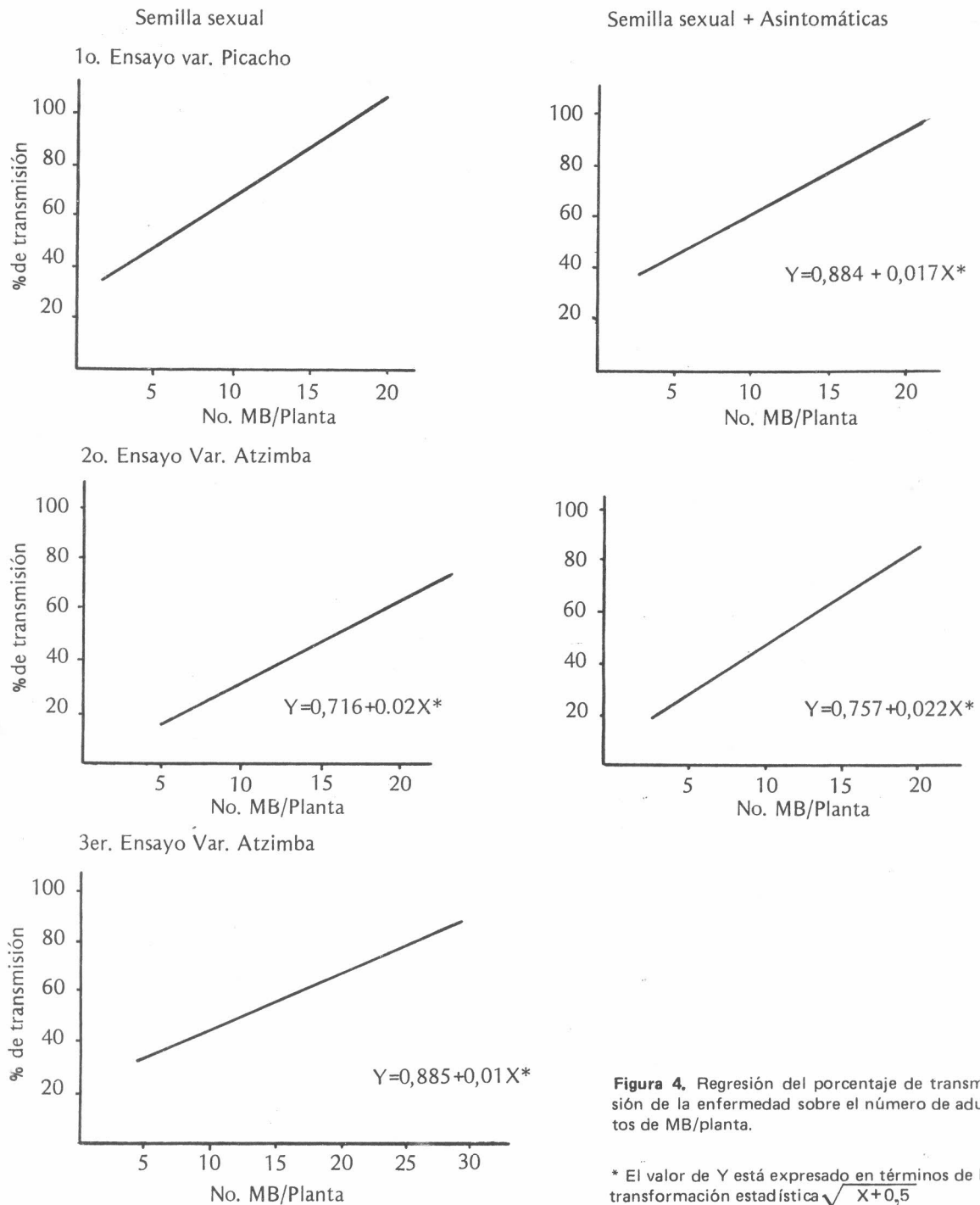


Figura 4. Regresión del porcentaje de transmisión de la enfermedad sobre el número de adultos de MB/planta.

* El valor de Y está expresado en términos de la transformación estadística $\sqrt{X+0,5}$

te, fisiología de las plantas y capacidad vectora de la MB. Además se demostró que la metodología empleada, uso del "vaso jaula", fue muy adecuada.

Los resultados, análisis estadísticos y pruebas de Duncan de dos ensayos

(Tabla 2), mostraron que el insecto transmitió el patógeno con un tiempo mínimo de alimentación de 1 hora. Los períodos más cortos de 10, 15 y 30 minutos y el control, 0 minutos, no mostraron plántulas con síntomas. Un incremento en la eficiencia de la trans-

misión se obtuvo a medida que se aumentó el período de alimentación sobre la fuente del patógeno.

En las líneas de regresión (Figura 5) se observa una tendencia de aumento en el porcentaje de transmisión a medida

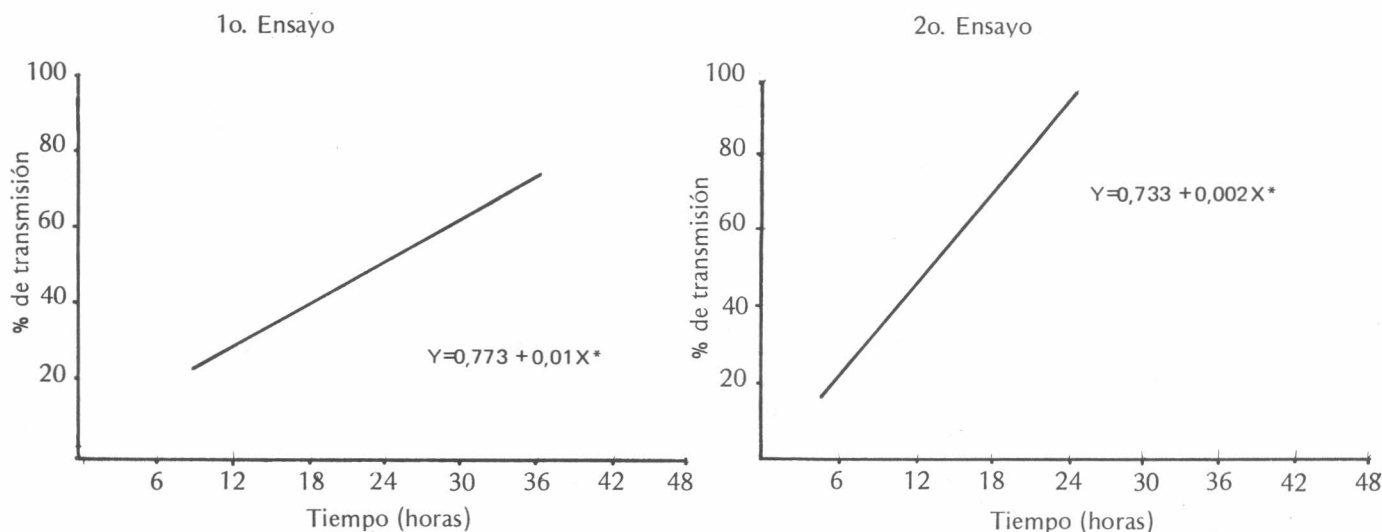


Figura 5. Regresión del porcentaje de transmisión de la enfermedad sobre el tiempo de adquisición.

* El valor de Y está expresado en términos de la transformación estadística $\sqrt{X \neq 0,5}$

TABLA 2. Período de adquisición del agente causal del “amarillamiento de las venas de la papa” por un grupo de 20 especímenes de *T. vaporariorum*. Período de incubación: 15 minutos. Período de inoculación: 6 días.

Período de adquisición	PORCENTAJE DE TRANSMISION					
	1 ensayo (6 repeticiones)			2 ensayo (5 repeticiones)		
Control (0 min.)	0,00	d**	d***	---	*	
10 min.	0,00	d	d	0,0	b**	b***
15 min.	0,00	d	d	0,0	b	b
30 min.	0,00	d	d	0,0	b	b
1 hora	6,66	d	d	0,0	b	b
3 horas	23,33	c	c	0,0	b	b
6 horas	63,33	b	b	64,0	a	a
24 horas	76,66	ab	ab	64,0	a	a
48 horas	90,00	a	a	---		

* En el segundo ensayo el control se hizo como una repetición de cada tratamiento pero con MB libre del patógeno.

** Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (Duncan).

*** Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 1% (Duncan).

que se incrementa el tiempo de adquisición. Las diferencias en la pendiente entre el primer y el segundo ensayo se debieron, muy posiblemente, a que en el segundo sólo se obtuvo transmisión con 5 y 24 horas, a que los ensayos se realizaron en dos épocas diferentes del año y bajo condiciones ambientales no semejantes, y también a que las plántulas empleadas en el segundo ensayo tenían una mayor edad cuando se efectuó la infestación, hechos éstos que pudieron influir en la expresión de los síntomas.

La importancia de un período de ayuno del *T. vaporariorum* previo a la adquisición del patógeno no fue estadísticamente determinada, pero si se observó que con un período de ayuno de 15 minutos, las moscas blancas se comportaron más pasivas, en el sentido de una disminución en la capacidad de búsqueda del alimento; además, su manejo fue más difícil.

Debido a que algunas plántulas a las cuales se hizo corte del follaje a los 39 días después de haber sido infestadas produjeron rebrotes con los síntomas, a que la aparición de los síntomas se presentó primero en las hojas nuevas y a que el patógeno va a los tubérculos de esas plántulas, es posible asegurar que la enfermedad es sistémica.

Período de inoculación. Los resultados y análisis obtenidos en dos ensayos sobre el porcentaje de transmisión (Tabla 3) mostraron inoculación con un período mínimo de 1 hora. El mayor porcentaje se logró con 24 y 48 horas de alimentación. Los tratamientos con 10, 15, 30 minutos y 3 horas no mostraron plantas con síntomas, al igual que el control.

Los resultados negativos en períodos de alimentación cortos pudieron deberse a que el comportamiento de los insectos se modifica por el manejo a que fueron sometidos y a que no todas las 20 MB colocadas se alimentaban durante el lapso de tiempo probado, siendo difícil referirse a un período determinado de inoculación, entonces se optó por denominarlo "Período de Exposición", que se inició desde el momento en que el insecto infectado fue puesto dentro del "vaso jaula" con la plántula y hasta que fueron retirados, resultando lógico que a medida que se redujo el tiempo de exposición (inoculación) existió menor probabilidad de que ocurriera una inoculación. La probabilidad de transmisión se disminuye también al tener una cantidad mínima de MB por planta. En relación con los resultados negativos con el tratamiento de 3 horas, ellos se debieron a una alta mortalidad de los adultos; se observó una cantidad mínima de moscas blancas posadas en las plántulas al momento de ser retiradas.

TABLA 3. Período de inoculación del agente causal del "amarillamiento de las venas de la papa" en la variedad "Atzimba" por un grupo de 20 especímenes de *T. vaporariorum*. Período de adquisición: 24 horas. Período de incubación de: 2 a 3 horas.

Período de adquisición	PORCENTAJE DE TRANSMISION					
	1 ensayo (6 repeticiones)			2 ensayo 5 repeticiones)		
Control*	0,0	b*	b***	0,0	c**	c***
10 min.	0,0	b	b	0,0	c	c
15 min.	0,0	b	b	0,0	c	c
30 min.	0,0	b	b	0,0	c	c
1 hora	3,33	b	b	4,16	c	c
3 horas	0,0	b	b	0,0	c	c
6 horas	0,0	b	b	4,0	c	c
24 horas	56,6	a	a	64,0	b	b
48 horas	50,0	a	a	88,0	a	a

- * El control consistió en plántulas de papa sin MB (0 minutos de inoculación).
- ** Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes an nivel 5% (Duncan).
- *** Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel 1% (Duncan).

En las líneas de regresión de los dos ensayos (Figura 6), se observa una tendencia a aumentar el porcentaje de transmisión a medida que se incrementa el tiempo de inoculación. Es

probable que el período mínimo de inoculación de 1 hora obtenido en los dos ensayos, sea mucho menor si se tiene en cuenta lo expuesto sobre el período de exposición.

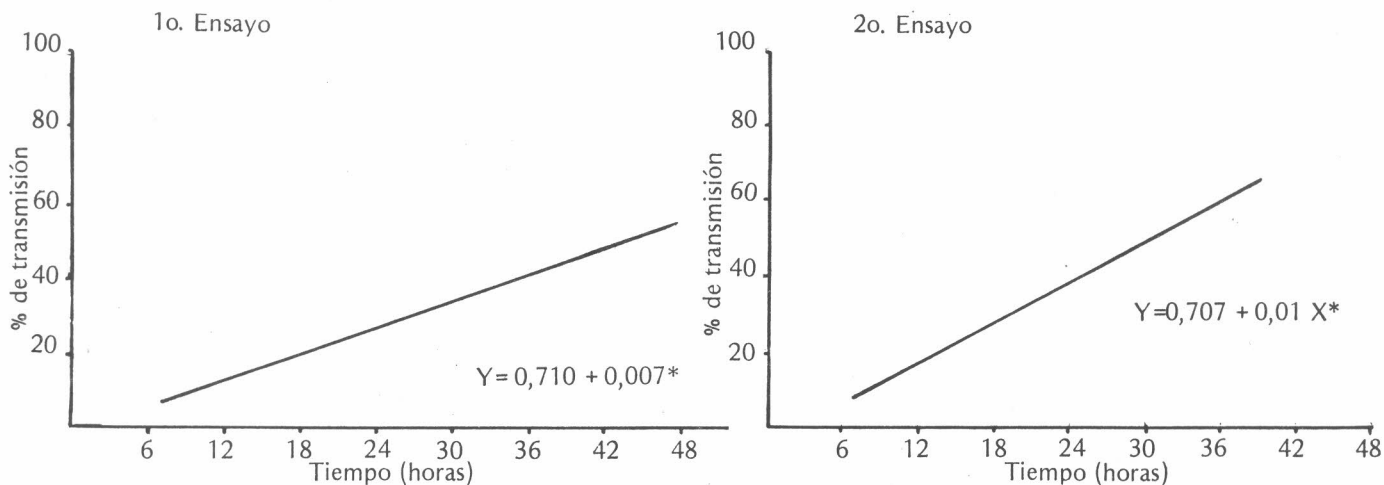


Figura 6. Regresión del porcentaje de transmisión de la enfermedad sobre el tiempo de inoculación.

* El valor de la Y está expresado en términos de la transformación estadística $\sqrt{x+0,5}$

Período de incubación. Los resultados y análisis (Tabla 4) indicaron transmisión de la enfermedad en todos los tiempos probados. El mayor porcentaje de transmisión se logró con 15 minutos y con 5 horas. El control no mostró plantas con síntomas.

La línea de regresión (Figura 7) muestra que no existe una tendencia marcada a aumentar o disminuir el porcentaje de transmisión cuando se incrementa el período de incubación.

Estos resultados indican que, posiblemente, no existe un período de incubación, al menos con el tiempo de adquisición e inoculación de 24 horas empleado en este estudio. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que en este tiempo se cumpla el período de incubación. Se seleccionó el tiempo anterior porque con él se logró el más alto porcentaje de transmisión.

Retención de la infectividad. Los resultados y análisis (Tabla 5) indicaron que existió retención del patógeno hasta por 6 días como máximo y cuando la adquisición fue de 24 horas. Ninguno de los adultos de *T. vaporariorum* retuvo la infectividad a través de toda la vida como adulto.

El manejo y la sobrevivencia de los insectos durante esta parte de las investigaciones pudo haber jugado un papel importante en el porcentaje de transmisión durante los 12 días probados. A partir del segundo día la sobrevivencia de las MB disminuyó en un 50% y a partir de esa fecha siguió disminuyendo progresivamente. En un ensayo donde los adultos no se manipularon después de haber sido colocados en las plantas, la sobrevivencia de la mosca blanca fue comparativamente un 72% mayor. Es muy probable que el porcentaje de retención fuera afectado por el manejo diario de los insectos.

La línea de regresión (Figura 8) muestra una tendencia a disminuir el porcentaje de transmisión a mayor número de días. De las moscas blancas que sobrevivieron se hizo una observación respecto al sexo y se encontró que

TABLA 4. Período de incubación del agente causal del "amarillamiento de las venas de la papa" en un grupo de 20 especímenes de *T. vaporariorum*. Período de adquisición e inoculación: 24 horas.

Período de incubación	Porcentaje de Amarillamiento
15 min.	71,79
30 min.	57,50
1 hora	65,00
3 horas	47,46
5 horas	75,00
24 horas	65,71
Control*	0,00

* El control consistió en una repetición de cada uno de los tratamientos con MB libre de patógeno.

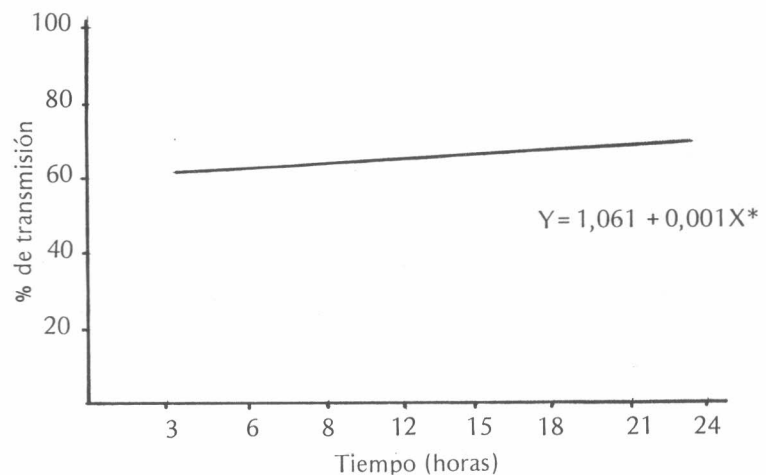


Figura 7. Regresión del porcentaje de transmisión de la enfermedad sobre el tiempo de incubación.

* El valor de Y está expresado en términos de la transformación estadística $\sqrt{X + 0,5}$

más de la mitad eran hembras. Esto tal vez lleve a sugerir que potencialmente la hembra es más importante en la transmisión que el macho. Además, varios autores dicen que por su tamaño y mayor actividad metabólica adquieren más cantidad de partículas virales, aumentando su capacidad vectora (Rathi y Nene 1974).

Ya que la inoculatividad del vector se pierde después de la ecdicis (Saldarriaga

1987), a que el agente no es transmitido transovariamente (Díaz et al. 1989), y a los tipos de relaciones hallados en este trabajo: período corto de adquisición e inoculación, ausencia de un período detectable de incubación y retención del patógeno por pocos días, son evidencias de que el agente propagado por este insecto no se multiplica en la mosca blanca. Por lo tanto, en principio, la transmisión se puede considerar del tipo semipersistente.

TABLA 5. Retención del agente causal del “amarillamiento de las venas de la papa” por su insecto vector *T. vaporariorum*. Período de adquisición: 24 horas. Período de inoculación: 24 horas.

Tiempo de retención (en días)	Porcentaje de Amarillamiento	
1	90,00	a** a***
2	93,33	a a
3	56,66	b b
4	43,33	c b
5	10,00	d c
6	3,44	d c
7	0,00	d c
8	0,00	d c
9	0,00	d c
10	0,00	d c
11	0,00	d c
12	0,00	d c
13 Control*		

* El control consistió en una repetición de cada tratamiento pero con MB libre del patógeno.

** Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel 5% (Duncan).

*** Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel 1% (Duncan).

Período de manifestación de síntomas de la enfermedad en las plantas.

En todos los ensayos se llevó un registro del número de días que tomó cada planta para manifestar los síntomas de la enfermedad después de haber sido infestada con MB. Los resultados sometidos a una comparación estadística por el método de la desviación estándar, indicaron que el rango de aparición de los síntomas fue de 10 a 60 días, la medida encontrada fue de 10 días y su desviación 6,47.

El hecho de que se presente un rango tan amplio de días para la aparición de los síntomas y de que en muchos casos ni siquiera se expresen o ellos sean muy tenues, puede indicar que existen factores tales como temperatura, luminosidad, humedad, fisiología y variedad genética de las plantas y las mismas relaciones de transmisión vector-patógeno, que influyen directamente en el tiempo y grado de manifestación de la enfermedad.

Los resultados del presente estudio puede resumirse así:

— La transmisión del patógeno del “amarillamiento de las venas de la papa”, demostrada por los síntomas de la enfermedad, se logró con una sola mosca blanca. Sin embargo, el

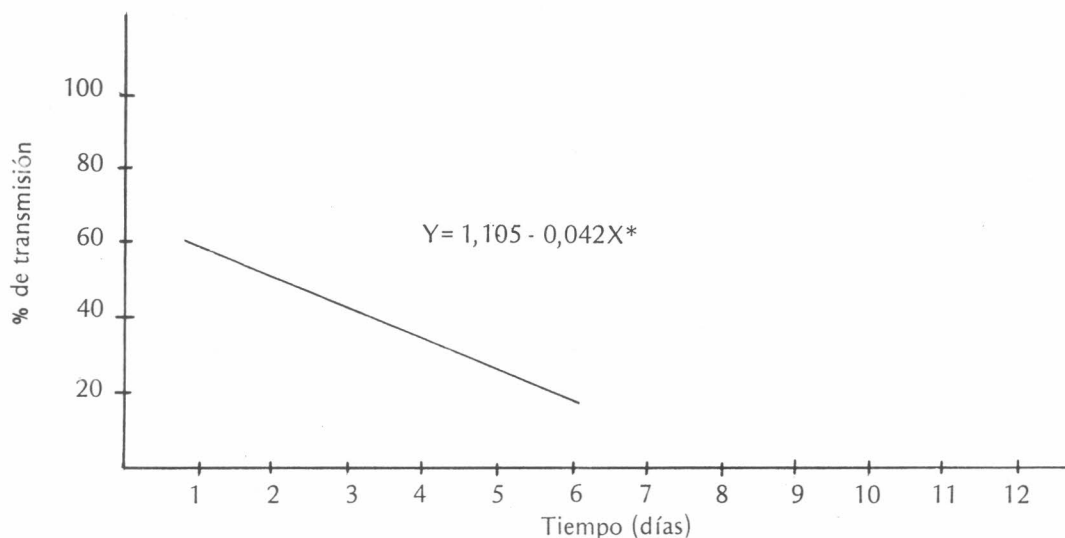


Figura 8. Regresión del porcentaje de transmisión de la enfermedad sobre el tiempo de retención.
* El valor de Y está expresado en términos de la transformación estadística $\sqrt{X + 0,5}$

mayor porcentaje se obtuvo a partir de un grupo de 20 MB.

— El período de adquisición mínimo requerido por el insecto fue de 1 hora. La transmisión aumentó cuando se incrementó este período.

— El período de inoculación mínimo fue de 1 hora; sin embargo, es posible que sea menor si se tiene en cuenta que este tiempo fue de "exposición" y no exactamente de inoculación.

— El empleo de 20 MB con un período de adquisición como de inoculación de 24 horas, sería suficiente para garantizar excelentes porcentajes de transmisión de la enfermedad por su vector.

— La relación vector-patógeno se caracterizó por la ausencia de un período de latencia o incubación demostrable, al menos con un tiempo de adquisición e inoculación de 24 horas.

— El insecto y con la metodología empleada retuvo la enfermedad por 6 días como mínimo.

— La aparición de los síntomas de la enfermedad en las plantas de las variedades "Pichacho y "Atzimba" ocurrió en un rango de 13 a 25 días para las condiciones ecológicas de la zona de Rionegro.

CONCLUSIONES

— Por los datos obtenidos se puede deducir que el tipo de transmisión de la enfermedad se acerca al de semipersistente.

— Las relaciones de transmisión econtraídas, unidas a la gran capacidad reproductiva del insecto, al hecho de que durante todo el año se superponen sus generaciones en la región del Oriente Antioqueño, y a la amplia variedad de sus huéspedes, permiten afirmar que el *T. vaporariorum* es un agente vector muy eficiente del "amarillamiento de las venas de la papa".

— Debido a que la enfermedad es de tipo sistémico y por lo tanto muchas de las partes de la planta infectada puede servir como fuente para la adquisición y subsecuente transmisión por el insecto vector, y a que la enfermedad no se manifiesta, es decir se presentan plantas asintomáticas, se aumentan los riesgos de distribución de la enfermedad.

BIBLIOGRAFIA

- ALBA, V. 1952. El "amarillamiento de las venas de la papa" una enfermedad causada por virus. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 41 p. (Tesis Ing. Agrónomo).
- BINDRA, O.; SYLVESTER, E.S. 1961. Effect of insect numbers in aphid transmission of potato leafroll virus. *Hilgardia* (Estados Unidos) v. 31 no. 8, p.279-325.
- BURITICA, P. 1971. Estudios de transmisión del amarillamiento de las venas de la papa. *En: Informe anual. Programa de Fitopatología.* Bogotá, ICA, p. 111-113.
- CALVACHE, J.; CHECA, J.F. 1969. Evaluación de pérdidas en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) debidas al amarillamiento de venas y al enanismo amarillo en el Departamento de Nariño. Pasto Universidad de Nariño, Instituto de Tecnología Agrícola. 50p. (Tesis Ing. Agrónomo).
- CAPPOR, S.P.; AHMAD, R.V. 1975. Yellow vein mosaic disease of field pumpkin and its relationship with the vector, *Bemisia tabaci*. *Indian Phytopathology* v.28, p. 241-246.
- CASADEVALL, H.E.; BORDAS y ALBAJES, R. 1979. La mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* en el Mereme. *An. INIA. Servicio Protección Vegetal.* no. 11 p. 45-46.
- COHEN, S.; NITZANY, F.E. 1966. Transmission and host range of the tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology* (Estados Unidos) v.56, p. 1127-1131.
- CONTI, M. 1985. Afidi vettori di virus delle piante. *Estratto de L'Italia Agricola* v. 122 no. 3, p. 50-56
- COSTA, A.S. 1969. Whitefly-transmitted plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* (Estados Unidos) v.14, p. 429-449.
- DIAZ, J. 1966. Incidencia del virus del amarillamiento de venas en papa en el Ecuador y su transmisión a través de los tubérculos. *Revista Turrialba* (Costa Rica) v.16 no. 1, p.15-24.
- DIAZ, M.; PULGARIN, J.M.; SALDARRIAGA, A. 1989. Método para probar transmisión transovárica de patógenos por *Trialeurodes vaporariorum* y resultados con el causante del "amarillamiento de venas de la papa". *En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 16o., Medellín, Julio 25-28, 1989. Resúmenes, Medellín, SOCOLEN, p. 50.*
- DORST, H.J. van; HUIJBERTS, N.; BOS, L. 1983. Yellow of glasshouse vegetable, transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. *Netherlands Journal of Pathology* (Holanda) v.89, p. 171-184.
- DUFFUS, J.E. 1965. Beet pseudo-yellow virus, transmitted by the green-house whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *Phytopathology* (Estados Unidos) v. 55 p. 451-453.
- ; 1973. The yellowing virus diseases of beet. *Advances in Virus Research* (Estados Unidos) v.18, p. 347-386.
- ESCOBAR, U.; PELAEZ, L. 1986. Resistencia de las especies silvestres de tomate *Lycopersicon hirsutum* y *L. pennellii* a la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum*. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. 56 p. (Tesis Ing. Agrónomo).
- HARRIS, K.F. 1983. Sternorrhynchous vectors of plant viruses, virus-vector interactions and transmission mechanisms. *Advances in Virus Research* (Estados Unidos) v.28, p.
- LAIRD, E. F.; DICKSON, R.C. 1969. Insect transmission of leaf-crumple virus of cotton. *Phytopathology* (Estados Unidos) v. 49, p. 324 - 329.
- MORALES, F. 1986. Transmisión de virus de plantas por insectos. *MISCELANEA Sociedad Colombiana de Entomología.* no. 2. Bogotá, SOCOLEN. p. 3-22.
- MOUND, L.A.; HALSEY 1978. Whitefly of the world. New York, British Museum and John Wiley and sons. p. 340.
- MOUND, L.A. 1983. Biology and identity of whitefly vectors of plant pathogens. *In: PLUMB, R.T.; THRESH, J.M.* (Editores). *Plant virus epidemiology. The spread and control of insect bane viruses.* Oxford, United Kingdom; Blackwell Scientific Publication. p. 305-313.

- NAVARRO, R.; ZAPATA, J.L.; TAMAYO, P.J. 1984. Observaciones sobre la transmisión del virus del amarillamiento de venas en papa (VAVP). *Ascolfi Informa (Colombia)* v. 10 no. 4, p. 34.
- RATHI, Y.P.S.; NENE, Y.L. 1974. Some aspects of the relationship between mung bean yellow mosaic virus and its vector (*Bemisia tabaci*). *Indian Phytopathology*, v. 27, p. 459-462.
- SALDARRIAGA, A. 1987. Estudio integral del amarillamiento de venas en la región papera del Oriente Antioqueño. Informe Anual. Proyecto Cooperativo ICA-CIP. Medellín. 33p.
- SALDARRIAGA, A. 1988. La mosca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum*, un transmisor del amarillamiento de venas en papa. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 30 p.
- RUSSEL, L.M. Whiteflies on bean in the Western hemisphere, Workshop on bean production. Cali CIAT. 22 p.
- TAMAYO, P.J.; NAVARRO, R. 1984. Aumenta la incidencia del virus del amarillamiento de venas de la papa el Antioquia. *Ascolfi Informa (Colombia)* v. 10 No. 5, p. 40-42.
- VEGA, J.G. 1970. Transmisión, purificación y caracterización del agente causal del "amarillamiento de venas" en papa. Bogotá, Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Estudios para Graduados. 47p. (Tesis M. Sc).
- VOLCY, C.; PARDO, V.M. 1984. Fundamentos de Microbiología Agrícola. Medellín Centro de Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia. 303 p.
-