

COMPORTAMIENTO DEL AFIDO Myzus persicae (Sulzer) SOBRE SIETE
VARIETADES COMERCIALES DE PAPA

T E S I S

Presentada al Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias
Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario

POR

LEONOR CLEMENCIA EUGENIA AVILA DE MORENO
J.

Como requisito parcial para optar al título de

MAGISTER SCIENTIAE

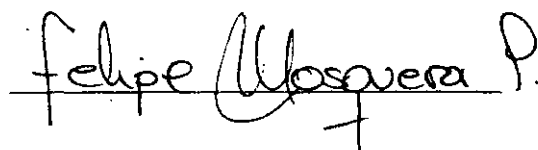
Bogotá, Colombia

1.983

TESIS APROBADA POR:

COMITE CONSEJERO:

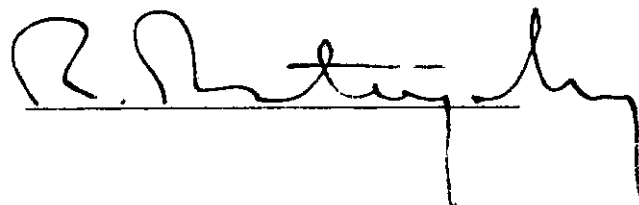
FELIPE MOSQUERA PARIS

Handwritten signature of Felipe Mosquera Paris in cursive script, written over a horizontal line.

CONCEPCION SANCHEZ DE LUQUE

Handwritten signature of Concepcion Sanchez de Luque in cursive script, written over a horizontal line.

RUBEN RESTREPO

Handwritten signature of Ruben Restrepo in cursive script, written over a horizontal line.

"El Presidente de Tesis, el Consejo de Tesis y el Consejo Examinador
no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato"

(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional)

DEDICO:

A Jairo

A Alejandra y Adriana

A mi Madre

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los Doctores, Felipe Mosquera P., y Concepción Sánchez de Luque por la acertada dirección y estímulo para la realización de este trabajo y sus valiosas sugerencias en la revisión del manuscrito.

A los Doctores Rubén Restrepo, Antonio Angarita, Lázaro Posada O., y al personal del Programa de Tuberosas por su valiosa cooperación.

A los señores Alvaro Acosta L., y Cecilia de Figueroa, Ayudante de Técnico y Secretaria del Programa de Fitopatología por su esmerada colaboración.

Al personal del Programa de Fitopatología que en una u otra forma contribuyeron con su estímulo y amistad.

A todas las personas que con espíritu de cooperación hicieron posible la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Aparato bucal de los áfidos	3
2.2 Ciclo de vida, descripción y hábitos de los áfidos adaptado a <u>M. persicae</u> .	4
2.3 Relación Virus-vector	8
2.4 Mecanismos de resistencia a insectos	10
2.5 Virus Y de la papa	14
2.5.1 Generalidades	14
2.5.2 Adquisición, transmisión y translocación de PVY	15
2.5.3 Plantas indicadoras	17
2.5.4 Sintomatología	18
2.6 Virus del enrollamiento de las hojas de la papa	19
2.6.1 Generalidades	19
2.6.2 Adquisición	20
2.6.3 Transmisión	21
2.6.4 Efecto del número de insectos sobre la transmisión de PLRV	23
2.6.5 Plantas indicadoras	23
2.6.6 Sintomatología de PLRV en papa	24

	página	
2.7	Métodos de detección de virus	25
2.7.1	ELISA	25
2.7.2	La callosa	26
3	MATERIALES Y METODOS	29
3.1	Determinación del grado de resistencia de siete variedades de papa al áfido <u>M. persicae</u>	29
3.2	Comportamiento de pruebas de áfidos colonizadores	32
3.3	Estructuras de las hojas en relación al comportamiento de los áfidos	34
3.4	Retención del virus Y de la papa por <u>M. persicae</u>	34
3.5	Determinación de la duración mínima de prueba de <u>M. persicae</u> para la transmisión de PLRV	36
3.6	Diseminación de los virus PVY y PLRV	38
3.6.1	Ensayo de diseminación de PVY	39
3.6.2	Ensayo de diseminación de PLRV	39
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	44
4.1	Determinación del grado de resistencia de las siete variedades de papa al áfido <u>M. persicae</u>	44
4.2	Comportamiento de prueba de áfidos colonizadores	58
4.3	Estructuras de las hojas en relación al comportamiento de los áfidos	60
4.4	Retención de Potato Virus Y (PVY) por <u>M. persicae</u>	62

	página	
4.5	Determinación de la duración mínima de prueba de <u>M. persicae</u> para la transmisión de PLRV	66
4.6	Diseminación de PVY y PLRV	68
4.6.1	Pruebas de sanidad para PVY y PLRV en el material de papa	68
4.6.2	Diseminación de PVY	68
4.6.3	Diseminación de PLRV	70
5	CONCLUSIONES	73
6	RESUMEN	75
7	SUMMARY	77
	BIBLIOGRAFIA	79
	APENDICES	83

LISTA DE TABLAS

TABLA		página
1	Promedio de ápteros, alados y total de áfidos producidos sobre las variedades de papa	45
2	Porcentaje de áfidos ápteros y alados sobre las variedades de papa	47
3	Producción de formas aladas y ápteras de <u>M. persicae</u> en siete variedades de papa	53
4	Movilidad de las colonias de <u>M. persicae</u> sobre las variedades de papa	55
5	Correlación múltiple entre diferentes variables	57
6	Tiempo de prueba del áfido <u>M. persicae</u>	59
7	Número de tricomas y glándulas en cada variedad	61
8	Retención de PVY por <u>M. persicae</u>	63
9	Resultados del estudio exploratorio de eficiencia para medir retención de virus por áfidos por el método indirecto de ELISA	65
10	Concentración de partículas de PVY en el estilete de <u>M. persicae</u> después de 6 pruebas a diferentes tiempos	67
11	Diseminación de PVY en siete variedades de papa por formas aladas de <u>M. persicae</u>	69
12	Diseminación de PLRV en siete variedades de papa por formas aladas de <u>M. persicae</u>	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Aparato bucal picador-chupador Homoptera-Homíptera	5
2	Aparato bucal picador-chupador, corte transversal	6
3	Cámaras aisladas	30
4	Cámara para el ensayo de comportamiento de prueba	33
5	Esquema del ensayo de retención de PVY por <u>M. persicae</u>	35
6	Esquema del ensayo de tiempo de prueba en la transmisión de PLRV	37
7.1	Concentración de callosa en tubérculos grado 1.	41
7.2	Concentración de callosa en tubérculos grado 2	42
7.3	Concentración de callosa en tubérculos grado 3	43
8	Comparación entre porcentaje de áfidos alados y ápteros producidos sobre siete variedades de papa	48
9	Velocidad de crecimiento de las colonias de <u>M. persicae</u> sobre las siete varia- des de papa	49

LISTA DE APENDICES

APENDICE		Página
1	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número de áfidos ápteros	85
2	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número de áfidos alados	86
3	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente total de áfidos	87
4	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre la población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis para la variedad Guantiva	88
5	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre la población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis para la variedad Capiro	89
6	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre la población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis para la variedad Pastusa	90
7	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis, para la variedad Picacho	91

APENDICE

Página

8	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimación y pruebas de hipótesis para la variedad Monserrate.	92
9	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimación y pruebas de hipótesis para la variedad San Jorge	93
10	Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis para la variedad Puracé	94
11	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente día de población máxima	95
12	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente total de alados en el día de población máxima	96
13	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente porcentaje de alados en el día de población máxima	97
14	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número total de alados	98
15	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número máximo de áfidos	99
16	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente día de población máxima	100
17	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente día de iniciación de alados	101

APENDICE

página

18	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente total en el día de población máxima	102
19	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente tricomas	103
20	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente Glándulas	104
21	Persistencia Virus Y en el áfido <u>M. persicae</u>	
21.1	Pruebas de 20 segundos	105
21.2	Pruebas de 40 segundos	106
21.3	Pruebas de 60 segundos	107
22	Datos de densidad óptica del estudio exploratorio de eficiencia para medir retención de virus por áfidos por el método indirecto de ELISA	108
23	Datos de densidad óptica de los ensayos para medir concentración de partículas de PVY en el estilete de <u>M. persicae</u> después de 6 pruebas a diferentes tiempos	109
24	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente testigos ELISA	110
25	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente lecturas ELISA	111
26	Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente síntomas PVY	112

1. INTRODUCCION

La papa es un producto básico en la alimentación del pueblo colombiano, por lo tanto cualquier variación en los volúmenes de producción afecta directamente la economía familiar. El cultivo de la papa ocupa el octavo lugar en la producción nacional con un área de 120.000 a 160.000 hectáreas y un rendimiento promedio de 12.5 toneladas por hectárea.

Este cultivo es uno de los más susceptibles a las enfermedades virales, las cuales en condiciones de campo, pueden presentarse en forma simultánea y manifestarse con diferentes grados de severidad. El efecto degenerativo de los virus en el cultivo de la papa, su constante diseminación por insectos y por el uso de materiales de propagación enfermos, pueden causar un rápido deterioro de las variedades mejoradas. Ya que el áfido Myzus persicae (Sulzer) es el principal vector de la mayoría de los virus que atacan la papa, como son: Virus Y de la papa, Virus A de la papa, el Virus M, el Virus F, el Virus S y el Virus del enrollamiento de las hojas de la papa, es necesario conocer como se comporta este áfido sobre las diferentes variedades colombianas y como este comportamiento puede influir en la velocidad de diseminación del virus.

En general los mejoradores estudian las variedades desde el punto

de vista de resistencia al virus y al vector pero olvidan estudiar el comportamiento de estos sobre las variedades.

El presente estudio tuvo como objetivo establecer el grado de tolerancia de siete variedades de papa al afido M. persicae y determinar el comportamiento de prueba de los áfidos colonizadores y el de las colonias sobre cada una de las variedades y cómo puede influir el comportamiento del vector en la diseminación de un determinado virus.

2. REVISION DE LITERATURA

Dentro de los insectos vectores de virus los áfidos ocupan el primer puesto en importancia por tener el mayor número de especies trans-mitiendo virus en cultivos de importancia económica. Los áfidos pertenecen a la clase homóptera, familia Aphididae. Consideraremos algunas características peculiares de estos.

2.1 APARATO BUCAL DE LOS AFIDOS

Este aparato es altamente especializado. Consiste en un pico delgado, dentro del cual hay 3 ó 4 segmentos los cuales forman unas especies de estiletes agudos y unidos de tal forma que a veces parece un simple pelo. Estos estiletes corresponden a las mandíbulas y a las maxilas. El pico no es un cilindro completo sino que tiene un surco en su parte media dentro del cual están los estiletes, estructura que corresponde al labio (9, 29, 33, 44, 45).

La penetración del estilete en la planta puede hacerse inter o intracelularmente. El proceso de succión empieza tan pronto como la penetración se ha efectuado. Esto involucra un flujo de saliva hacia afuera a través del canal salival y, un flujo de los jugos de la planta hacía adentro a través del canal alimenticio. Estos dos flujos se mantienen durante el proceso de alimentación. La saliva es impelida a través

del canal salival por la bomba salival que es una especie de saco muscular conectado con el ducto salival.

La fuerza requerida para que fluya el jugo de la planta es provista por capilaridad y por una fuerza de presión positiva de la savia de la planta y en parte por la succión producida por la dilatación de la faringe (33,44,45). (Fig. 1 y 2).

2.2 CICLO DE VIDA, DESCRIPCION Y HABITOS DE LOS AFIDOS ADAPTADA A M. persicae.

Existen diferencias entre el ciclo de vida de los áfidos en países con estaciones climáticas definidas y en los países tropicales. En estos últimos ocurren solamente generaciones asexuales, partenogenéticas en las que no hay machos. En las zonas templadas se presentan tanto la reproducción sexual como la parte no genética (8,23,51).

Los áfidos en las zonas tropicales pasan por 4 instares de formas inmaduras y por un estado adulto el cual puede ser áptero o alado (39).

Según Corzo (citado por Mosquera) la duración de los diferentes instares de M. persicae es la siguiente: Primer instar 2.9 (1-4) días; segundo instar 1.5 (1-3) días; tercer instar 2 (1.5-3.0) días y cuarto instar 2-3 (1.5-4.0) días. Adultos 12 a 15 días los cuales depositan durante su vida un promedio de 9 a 32 ninfas.

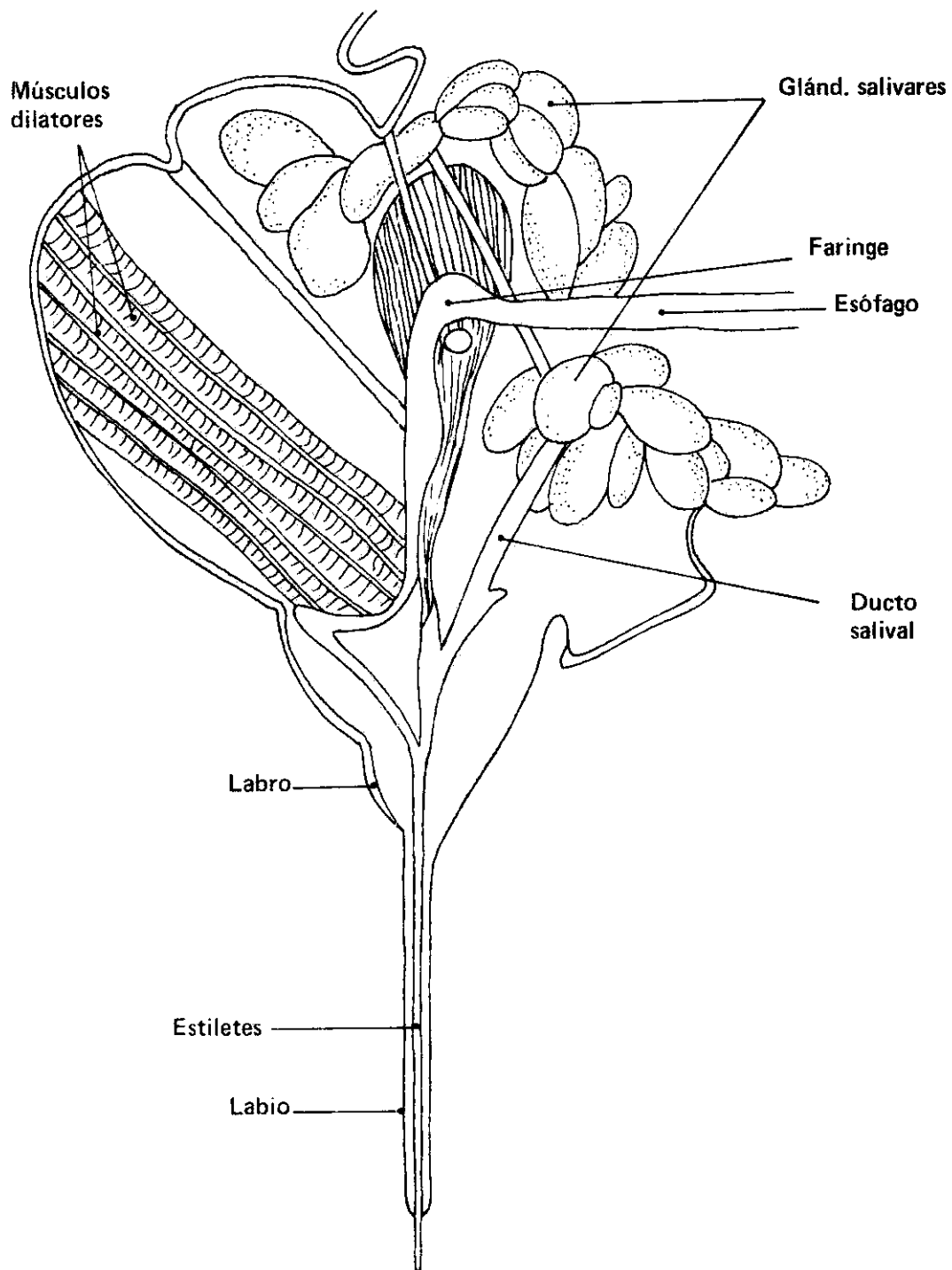


FIGURA 1. Aparato bucal picador-chupador (Homoptera-Hemiptera). Adaptado de LEACH, J. G. Insect transmission of plant diseases. New York. 1940. p. 445.

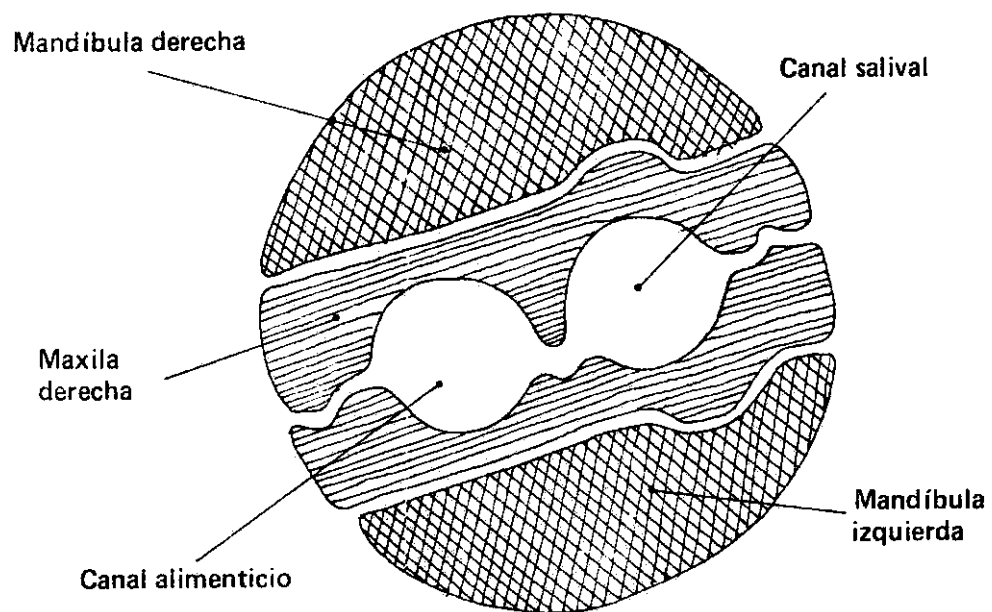


FIGURA 2. Aparato bucal picador-chupador. Corte transversal. Adaptado de LEACH, J.G. Insect transmission of plant diseases. New York, 1940. p. 445.

En las especies partenogénicas se presenta un tipo de polimorfismo, encontrándose formas aladas y ápteras. Por lo general en una colonia de áfidos las formas aladas comienzan a aparecer como consecuencia de la competencia intraespecífica por espacio y alimento, principalmente. Al aumentar la densidad de una colonia de áfidos, estos se muestran inquietos y comienzan a caminar constantemente. La alimentación deficiente y los estímulos táctiles son los principales factores que inducen la formación de alados (Dixon citado por Ramírez (46)). Lowe (35), encontró que la planta hospedera puede también afectar la conducta y fisiología de los áfidos de varias formas como puede ser por ejemplo la velocidad en el desarrollo de alados.

La formación de alados y ápteros está bajo el control de la glándula endocrina "corpus allatum" que está situada debajo del encéfalo y produce la hormona juvenil. La cantidad de esta hormona en el fluido del cuerpo de los áfidos padres determina la morfología de la descendencia. Altos niveles dan como resultados ápteros y bajos niveles, adultos alados (Dixon, citado por Ramírez (46)).

En cuanto a los alados se reconocen tres tipos según Show (citado por Mosquera) (39).

Migrantes: aquellos que inician su vuelo migratorio sin depositar ninguna ninfa sobre la planta.

Voladores: aquellos que inician su vuelo migratorio después de haber depositado algunas ninfas sobre la planta, y **no voladores:** aquellos que depositan toda su progenie sobre la planta y nunca vuelan.

La distribución tanto de ninfas como de adultos de M. persicae en plantas de nabo está relacionada con la edad de la hoja. Estos prefieren hojas jóvenes y se sitúan en la base de ellas. Las ninfas más jóvenes se encuentran predominantemente sobre la lámina foliar en tanto que ninfas de cuarto instar y adultos se sitúan sobre las nervaduras. Normalmente cambian el sitio de alimentación cada 24 a 48 horas (2,24).

2.3 RELACION VIRUS-VECTOR.

Los virus transmitidos por áfidos pueden ser clasificados de acuerdo a las relaciones de los mecanismos de transmisión en persistentes y no persistentes (22,23,38,42,58).

Los virus persistentes o virus internos pueden ser: virus circulatorios y virus propagativos.

Virus persistentes. Cuando un Homóptero muda, los estiletes, el estomodeo y proctodeo quedan en la exuvia. Así cualquier virus que permanezca después de la muda debió haber estado en el intestino medio dentro del cuerpo del insecto y será un virus circulatorio o propagativo (22,42).

Con la mayoría de los virus circulativos hay un periodo de latencia comprendido entre la adquisición del virus por el vector y la infección de las plantas sanas; este periodo puede ser de horas, días y aún semanas.

Como ejemplo de estos en papa están PLRV, PYDV. Cuando los virus se multiplican dentro del cuerpo del insecto se les llama virus propagativos, como PVDV (38).

Se denominan virus no persistentes aquellos virus que son retenidos por el vector por periodos cortos de tiempo (38).

Al grupo de virus no persistentes se les llama "llevados en el estilete" por ser transportados en la superficie externa del estilete de los áfidos (Kennedy, Day y Eastop, Van der Want, citados por Pirone) (43) como los virus PVY, PVA, PVS, PVM.

El proceso de inoculación del virus por los áfidos no es una simple transmisión pasiva. Existe especificidad entre el vector y el virus que este transmite. La especificidad en la transmisión está relacionada ampliamente con el rango de hospederos (22,32).

Dentro de los áfidos M. persicae es el vector más eficiente transmitiendo principalmente virus llevados en el estilete (32,38). A papa transmite diferentes virus en esta forma contándose entre ellos PVY, PVA, PVS entre otros (33).

Las diferentes condiciones que requieren los virus persistentes y los virus llevados en el estilete para su transmisión pueden deberse en parte a las diferencias en concentración del respectivo virus en la planta y a las diferentes ratas de inactivación de los virus en el vector (31).

Según Bawden (4), al alimentarse M. persicae (Sulz) por espacio de 1 hora sobre plantas de papa infectadas con Virus del Enrollamiento de las Hojas de la papa y con Virus Y de la Papa, recoge ambos virus y al ser transferido inmediatamente a una serie de plantas sanas, en las cuales permanecería no más de 12 horas, las primeras plantas se infectarían con virus Y solamente y, después de un día o más, los áfidos serían capaces de transmitir el Virus del enrollamiento de las hojas de la papa, pero habría cesado de transmitir el virus Y.

2.4 MECANISMOS DE RESISTENCIA A INSECTOS.

Painter (41) divide el mecanismo de resistencia de las plantas a los insectos en tres principales categorías: 1. Preferencia y no preferencia en el cual la planta muestra un grado de resistencia por ejercer un efecto adverso sobre el comportamiento del insecto. 2. Antibiosis, en el cual una planta es resistente por ejercer una influencia adversa en el crecimiento y supervivencia del insecto, y 3. Tolerancia, en la cual la planta es capaz de aportar una población de insectos sin pérdida de vigor y sin reducción de rendimiento.

Stanley (54) toma la resistencia de plantas desde el punto de vista de las relaciones biológicas planta-insecto y propone 4 categorías: 1. Resistencia de las plantas a la oviposición. 2. Resistencia de las plantas a la alimentación. 3. Resistencia biofísica a la supervivencia y 4, Resistencia bioquímica a la supervivencia. En la primera categoría están involucrados factores táctiles, quimotáctiles y visuales.

Dentro de la segunda categoría y especialmente para los áfidos, está establecido que estos no escogen su hospedero en base a atrayentes químicos. Los áfidos prueban el tejido de la planta y la selección de hospedero depende del tipo de estímulo recibido por el áfido en contacto con el follaje y como resultado de la prueba exploratoria con sus partes bucales. La resistencia de una planta puede ser manifestada como la reducción en la rata de ingestión y una consecuente reducción en la rata de crecimiento de la colonia.

Refiriéndose a la tercera categoría Stanley afirma que la forma física y la estructura del tejido de las plantas influye en la utilización de estas por los insectos. En cuanto a la cuarta categoría, los constituyentes bioquímicos de la planta pueden tener efectos adversos sobre la conducta alimenticia del insecto y reducir la capacidad de supervivencia. Por ejemplo Myzus persicae sobre Nicotiana tabacum Linnaeus se alimenta en el floema y no penetra el estilete hasta el xilema, en donde circula la nicotina y así evita consumir la toxina.

Nicotiana gossei Dominica, es resistente a M. persicae porque produce una toxina que es exudada por los pelos de las hojas y produce síntomas de intoxicación por nicotina en los áfidos.

Mucha de la literatura existente sobre resistencia a áfidos contiene interpretaciones sobre la base de resistencia por antibiosis, pero debe ser mirada como simples especulaciones en vista de la relativa importancia de las toxinas que pueden cambiar de una variedad a otra, de los factores nutricionales y de los cambios de conducta alimenticia que se presentan en los áfidos sobre las diferentes variedades (54).

Adams (1) dice que si una planta es resistente, por cualquier razón no será seleccionada por un áfido colonizador o se formará solo una pequeña colonia. Si el áfido se establece, la colonia crece menos rápidamente y puede producir poca progenie, resultando una reducción en el número de áfidos. Por otro lado si una variedad de papa es aceptable al áfido, puede resultar una enorme cantidad de áfidos.

El significado de la resistencia del cultivo de papa al áfido tiene dos aspectos: 1. Disminuye el alimento del áfido y su dispersión y 2. Reduce la inoculación de virus transmitidos por áfidos a plantas sanas (1).

Para predecir el efecto de la resistencia al vector sobre la diseminación de los virus es necesario entender el proceso de diseminación de

los virus y la biología de resistencia al vector (28).

El efecto de un cultivar resistente a un vector sobre la diseminación de un virus depende del tipo de resistencia (no preferencia, antibiosis o tolerancia).

Si la resistencia altera el modelo el patrón de producción de alados en una población de áfidos, el grado de diseminación del virus también puede ser alterado por la correlación entre la abundancia de áfidos alados y la diseminación de virus.

Tanto con insecticidas como con una resistencia tipo antibiosis se puede esperar una ligera reducción en la diseminación de virus no persistentes y una mayor reducción con virus persistentes (28).

Pollard (45) concluye que existen en las plantas factores físicos internos y externos que tienen influencia en la resistencia a insectos. Entre los primeros puede nombrarse tejidos relativamente impermeables como el esclerénquima, el peridermo y la endodermis. Sin embargo, hay que anotar que los tejidos que son impermeables para una especie de áfidos puede no serlo para otra.

Entre los factores físicos externos esta la presencia o ausencia de los pelos sobre la superficie de la hoja. Gibson (21) dice que los híbridos entre Solanum tuberosum L. y S. berthaultii (Hawkes) presentan un meca-

nismo de resistencia a áfidos el cual consiste en pelos glandulares que producen secreciones pegajosas capaces de atraparlos.

Ramírez (46) halló en algunas variedades de papa que a mayor número de vellosidades en el envés de la hoja, mayor era el número de áfidos.

Kennedy, McLean y Kinsey (28) encontraron que hojas pubescentes aparentemente causan pérdidas de tiempo de prueba a los áfidos. La pubescencia sin embargo no está involucrada en la resistencia.

2.5 VIRUS Y DE LA PAPA

2.5.1 Generalidades

El PVY o Potato Virus Y es uno de los principales virus de la papa por su fácil disseminación (12).

En combinaciones con otros virus de la papa causa severos daños, llegando algunas veces a destruir el cultivo (6). Cuando se presenta con PLRV y con PVA (Potato Virus A), puede causar pérdidas hasta del 99% (47).

Guerrero (20) afirma que en la variedad ICA Puracé los virus PVY y PVX inoculados independientemente no afectan el desarrollo y rendimiento de la papa; pero cuando actúan en forma asociada se produce un

sinejismo el cual causa clorosis de la planta, severa necrosis de nervaduras y marchitez temprana (24).

Watson (citado por Matthews) (38), afirma que mientras los áfidos se alimentan, producen una substancia que hace al virus no infectivo; cuando el áfido deja la planta, cesa la producción de esa substancia pero alcanza a llevar virus infectivo en el estilete; luego, cuando vuelve a otra planta, puede transmitir el virus por un corto tiempo antes de que se produzca de nuevo la substancia inactivante.

Cuando un áfido es transferido de una planta sobre la cual ha sido criado, a una planta enferma y subsecuentemente a una serie de plantas sanas, las condiciones bajo las cuales es forzado a alimentarse, cambian. El incentivo de alcanzar el floema y alimentarse en él no es tan grande como lo fué en los periodos iniciales. Al áfido puede que no le guste los nuevos sitios de alimentación y tenderá a buscar mejores lugares para alimentarse. El mero hecho de transferirlo puede disturbarlo y no se alimentará normalmente (31).

2.5.2 Adquisición, transmisión y translocación de PVY.

Para los virus llevados en el estilete no hay periodo de latencia en el áfido y pueden ser transmitidos inmediatamente después de la adquisición. Estos virus son retenidos solamente unas pocas horas por los áfidos que no están alimentándose. La transmisión del virus después

de 30 minutos de la adquisición es poco frecuente (42,43,57).

Bradley (10) comenta que el áfido M. persicae adquiere el PVY en pruebas que oscilan entre 11 y 60 segundos. Cuando la prueba excede de 5 minutos el virus no es adquirido en forma eficiente por el áfido. Esto puede ser debido a que durante el proceso de salivación-ingestión se liberan enzimas que pueden hacer no infectivo el virus.

Sometiendo a los áfidos a un periodo de ayuno de 2 a 7 horas antes de la adquisición, ayuda a la transmisión (22,40,44,50).

Lawden, et al (5) sugieren que la razón por la cual los virus llevados en el estilete son adquiridos más rápidamente después de pruebas cortas puede deberse a que tales virus ocurren en concentraciones altas en la epidermis, sin embargo, evidencias posteriores no demuestran claramente que la distribución del virus dentro del tejido sea en forma desigual (38).

La inoculación ocurre después de pruebas cortas de 30 a 60 segundos (49).

Bagnail y Bradley (3) comprobaron mediante ensayos de invernadero que áfidos virulíferos colocados en hojas jóvenes de la parte apical, transmiten el virus PVY a más plantas que cuando son colocados en las hojas medias o inferiores, y también que las hojas jóvenes de la zona

apical son la mejor fuente de virus para los áfidos. El virus PVY se transmite también mecánicamente (6).

Cuando una hoja de papa es inoculada con PVY, el virus no se mueve inmediatamente. Permanece por algún tiempo en las células de la hoja inoculada y al multiplicarse comienza a translocarse de una célula a otra; luego a través del sistema vascular pasa a otras partes de la planta como los tubérculos y los brotes de hojas jóvenes (7).

2.5.3 Plantas indicadoras.

Las plantas Capsicum frutescens, Datura stramonium, Nicotiana glutinosa, N. tabacum, Solanum tuberosum y Solanum demisum son usadas eficientemente como plantas indicadoras de PVY (16).

De Bokx (16) recomienda el uso de hojas del clon AG (Solanum demisum x Solanum tuberosum) como indicadora de lesiones locales de PVY. La susceptibilidad de esta indicadora depende del estado de la planta, siendo más susceptible cuando tiene 4 semanas de sembrada y después de la floración. Las hojas de la parte media de la planta presentan más lesiones que las hojas de los cogollos y de la base. Las hojas del clon "AG" producen más lesiones locales a una temperatura de 24 grados centígrados y bajo luz permanente (16).

2.5.4 Sintomatología

El PVY en papa causa necrosis a lo largo de las venas en el envés de las hojas jóvenes en el primer año de infección. En combinación con el virus X causa la enfermedad llamada mosaico rugoso, una de las más destructivas en los Estados Unidos (20,47).

Los síntomas de PVY en papa varían ampliamente con la raza del virus y la variedad de papa. Una misma variedad reacciona en distinta forma con diferentes razas. Las variedades susceptibles reaccionan con necrosis, la cual puede afectar solamente algunas venas de la superficie inferior de las hojas o puede formar necrosis severas en hojas y tallos; por último, las hojas mueren pudiendo caer o permanecen colgando unidas al tallo. La necrosis generalmente es más severa después de la primera infección que después de la segunda. En esta última las plantas infectadas son menos necróticas, pero desarrollan enanismo, se vuelven quebradizas y las hojas se presentan arracimadas y con surcos (6).

Según Guerrero (20), los primeros síntomas después de inocular PVY en la variedad de papa ICA Puracé se comienzan a observar 30 a 40 días después en forma de un mosaico rugoso leve en los folíolos jóvenes de la planta, en el que alterna el color verde normal con un verde amarillento. Las nervaduras en el envés de las hojas centrales de la planta presenta necrosis.

2.6 VIRUS DEL ENROLLAMIENTO DE LAS HOJAS DE LA PAPA (PLRV).

2.6.1 Generalidades

El PLRV se presenta en todas las zonas paperas del mundo ocasionando grandes reducciones en la producción (7). La magnitud de las pérdidas depende de factores como condiciones ambientales, susceptibilidad de la variedad, estado nutricional de las plantas y la raza del virus (6,38,47).

Guerrero (20) afirma que el PLRV actuando solo causa pérdidas de importancia económica, ya que puede reducir la producción hasta en un 46.8% con respecto al testigo.

Eskandari y Kirkpatrick (17,31), trabajando independientemente, no encontraron evidencia de la multiplicación del virus dentro del vector, por lo cual concluyeron que el PLRV es un virus circulativo.

Tomada (55) afirma que el virus PLRV no se multiplica dentro del vector M. persicae y que el contenido de virus en el áfido se incrementa con el aumento del periodo de adquisición y decrece después de que los áfidos han sido removidos de la fuente de virus. Las partículas de PLRV se pierden rápidamente cuando los áfidos son trasladados de plantas con PLRV a plantas libres de virus.

2.6.2 Adquisición

Según Kirkpatrick (30) algunos áfidos fueron capaces de transmitir PLRV con periodos de adquisición de 30 minutos. Al incrementarse el tiempo de adquisición aumenta el porcentaje de infección.

Leonard y Holbrook (34) usaron un sistema electrónico (EMS) para examinar el tiempo requerido para la adquisición y transmisión del PLRV; por medio de este sistema se pueden diferenciar en áfidos individuales las actividades de prueba, contacto inicial, penetración intercelular de los estiletes y salivación-ingestión.

Una vez iniciado el periodo de salivación-ingestión, 1.6 minutos son suficientes para que áfidos no virulíferos puedan adquirir el PLRV. Estos investigadores dicen que reportes previos no tenían en cuenta el periodo de salivación-ingestión, sino el tiempo total de la prueba, durante el cual el áfido puede caminar, probar o encontrar el floema, actividades que pueden ser separadas. En sus ensayos, la salivación-ingestión ocurre a los 5 minutos después de haber sido colocado el áfido sobre la planta.

Los resultados de los ensayos de Leonard y Holbrook (33) muestran una relación directa entre la duración del periodo de adquisición y la infectividad del áfido, lo cual fué confirmado por Tamada y Harrison (55). De otra parte McCarthy (37) menciona que PLRV puede ser adquirido en un periodo de 2 horas.

2.6.3 Transmisión

Según Loughnane citado por Kassanis (26), la transmisión de PLRV por áfidos puede ser exitosa después de solo 5 minutos si los áfidos han estado en ayuno previo por 4 horas. Kassanis no pudo confirmar esto.

Según Kassanis (26) los áfidos transmiten el PLRV más rápidamente si han estado alimentándose sobre plantas jóvenes infectadas.

Kirkpatrick (30) dice que las hojas más viejas de papa fueron mejores fuentes de virus que las más jóvenes y que un áfido virulífero alimentándose individualmente infecta más plantas que cuando está con otros áfidos no virulíferos. Esto se interpreta como un indicativo de que la alimentación de los áfidos puede causar cambios en las plantas que lo hacen resistentes a la infección sistémica.

Mac Carthy (37) uso áfidos adultos los cuales se alimentaron por 5 días sobre plantas de papa infectadas con PLRV, con un periodo de transmisión de 12 horas, estos áfidos infectaron un 70% de plantas de Physalis floridana. Smith (53) reporta que los áfidos que se han alimentado por 6 horas sobre plantas de papa infectadas, fueron capaces de infectar plantas de papa sanas en ensayos de transmisión de 48 horas, pero no infectaron ninguna con pruebas de 24 horas. Al aumentar el periodo de adquisición a 7 días, el tiempo de transmisión se redujo a 2 horas.

Holbrook (25) encontró que la transmisión de PLRV sobre la planta indicadora P. floridana es proporcional a la duración del periodo de salivación-ingestión.

Para Leonard y Holbrook (34) una transmisión eficiente de PLRV se efectúa en 2.5 minutos de salivación-ingestión sobre plantas sanas. Los datos encontrados por estos investigadores no indican un marcado incremento en el porcentaje de infección con el incremento en el tiempo de transmisión. Sugieren que la transmisión de las partículas de virus ocurre en la iniciación de la alimentación. Parece que el número de partículas de PLRV inyectadas no depende de la duración de la transmisión sino del tiempo que haya permanecido alimentándose sobre una planta enferma. El grado de infectividad de un áfido también está relacionado con el periodo de latencia o sea el tiempo que requiere el virus para circular o multiplicarse en el áfido.

El período de latencia es variable y depende de todos los factores que puedan influir en la transmisión, como son: duración del periodo de alimentación, cantidad de virus presente en la planta en donde el áfido adquiere el virus y susceptibilidad de las plantas inoculadas (26).

Según Leonard (34) el periodo de latencia es de 4 a 6 días. Kirkpatrick (31) encontró que este periodo era de 1.5 horas. Para MacCarthy (37) oscila entre 9.5 y 12 horas y, Smith (53) encontró que excede

46 horas, lo cual no da una aclaración sobre este aspecto.

2.6.4 Efecto del número de insectos sobre la transmisión de PLRV.

Kirkpatrick y Ross (31) afirman que la explicación para el hecho de que la transmisión se obtenga más rápidamente con un gran número de insectos es la de que los insectos pueden inyectar cantidades mínimas dentro de las plantas y que estas cantidades mínimas pueden combinarse dentro de ella y causar la infección.

Estos investigadores encontraron que el número óptimo para causar infección sobre plantas de P. floridana con 2 hojas cotiledonales es de 5 áfidos por planta. Esta cantidad de áfidos también fué usado por Chuquillanqui (11) y por MacCarthy (37).

2.6.5 Plantas indicadoras

Kirkpatrick encontró que P. floridana es la planta que mayor porcentaje de infección presenta al ser inoculada con PLRV (30).

Webb, Larson y Walker (56) recomiendan también el uso de P. floridana como planta indicadora de PLRV. Afirman que los síntomas se expresan 6 a 8 días después de la inoculación, cuando son mantenidas a 24 grados centígrados, alta intensidad lumínica y niveles altos de fertilización.

Cuando la intensidad de la luz se reduce, los síntomas de infección sobre las plantas indicadoras también lo hacen. Las plantas permanecen pequeñas, pero proveen una buena fuente de inóculo aunque en apariencia parecen plantas libres de virus; con el incremento de la intensidad lumínica los síntomas característicos de la enfermedad aparecen en 2 semanas (37).

2.6.6 Sintomatología del PLRV en papa

La sintomatología varía de acuerdo a la fase en el ciclo de vida de la planta en la cual ocurrió la infección. Se llama infección primaria cuando esta ocurre durante el periodo de crecimiento vegetativo y, se llama infección secundaria cuando se obtienen plantas enfermas como resultado de usar semillas contaminadas (18).

En el primer caso la planta presenta una coloración pálida, en ocasiones con bordes rojizos y, una posición erecta de las hojas jóvenes. En el segundo caso los síntomas muestran mayor severidad en las hojas bajas y se caracterizan por enrollamiento, falta de desarrollo, acompañada de necrosis de los vasos del floema y acumulación de carbohidratos, ocasionan pérdidas severas en el rendimiento (6).

En Solanum tuberosum spp. Andigena Haukes, se presentan síntomas diferentes para las infecciones secundarias de PLRV, como son clorosis general de las plantas, enanismo y disminución del tamaño de las hojas (18,38).

2.7 METODOS DE DETECCION DE VIRUS

2.7.1 ELISA

La técnica serológica por medio de conjugados enzimáticos "Enzyme Linked Immunosorbent Assay" (ELISA) ha demostrado ser más sensitiva que cualquiera otra técnica serológica para detectar virus en plantas. El principio de ELISA está basado en el uso de una enzima conjugada a moléculas de anticuerpo (Gammaglobulina) para detectar las partículas de virus "atrapadas" por anticuerpos adheridos a un medio sólido (48). La gammaglobulina se encuentra suspendida en una solución amortiguadora constituida por sales de fosfato + Cloruro de Sodio y Potasio (PBS).

Puesto que una pequeña cantidad de enzima puede hidrolizar una cantidad mayor de sustrato, la reacción se ve así amplificada y por ello aumenta la sensibilidad de la técnica. La hidrólisis del sustrato da lugar a cambio de color de la solución y esto permite determinar los resultados visualmente o cuantificarlos por medio de un colorímetro (36, 48).

Tamada y Harrison (55) usaron la prueba de ELISA para detectar PLRV en áfidos.

El mejor resultado fue obtenido cuando los áfidos virulíferos fueron extraídos y macerados en solución amortiguadora de fosfato 0.5M, pH 7.0 y, el extracto incubado a 37 grados centígrados por 1 hora antes

de iniciarse el ensayo. El contenido de PLRV en áfidos depende de la edad de la fuente de virus y de la posición de las hojas en las cuales se ha alimentado el áfido sobre la planta.

2.7.2 La callosa

La callosa es un constituyente normal de los tubos cribosos en muchas especies vegetales. Los tubos cribosos jóvenes y sanos solo con tienen pequeñas cantidades de callosa (15).

La callosa es una sustancia incolora, amorfa, insoluble en agua, etanol, soluciones de carbonato, alcalí y amoniocúpricas; solubles en hidroxido de potasio frío y diluido, ácido sulfúrico concentrado frío, en soluciones concentradas de cloruro de estaño y cloruro de calcio (13,19).

La formación de callosa anormal en los tubos cribosos es la base de una prueba práctica para determinar la infección de PLRV en tubércu los de papa. Sin embargo esta prueba parece no ser lo suficientemente consistente en sus resultados. La prueba de la callosa puede ayudar en el diagnóstico de un cultivo pero no hace precisión suficiente para otros propósitos críticos (14).

Según De Bokx (14) el mejor colorante para teñir la callosa es la resorsina azul, obteniéndose una coloración verde azulada. El trata-

miento de cortes de tubérculos con hidróxido de sodio 0.1N durante 3 minutos, seguido de un remojo en agua antes de adicionar el colorante, aumentó la penetración de este (18).

Al examinar los cortes de tubérculos teñidos debe examinarse de preferencia los tubos del floema jóvenes que se encuentran cerca al cambium, ya que los tubos viejos contienen por lo general grandes acumulaciones de callosa sin importar si están sanos o infectados (15).

La callosa además de poder detectarse en cortes de tubérculos pue de observarse también en cortes longitudinales de tallo (15).

De Bokx (14) afirma que es necesario examinar por lo menos 2 cortes por tubérculo para poder tener resultados confiables.

La temperatura y el período de almacenamiento a que se sometan los tubérculos después de cosechados tienen un papel muy importante en la acumulación de callosa en tubérculos infectados. El almacenamiento en sí no induce la formación de callosa en tubérculos libres de virus sino que el tubérculo debe estar infectado antes de iniciar su almacenamiento para que durante ese lapso se acelere la acumulación de callosa (14, 52).

De Bokx (14) observó que temperaturas de almacenamiento altas (28°C), tienden a reducir el grado de acumulación de callosa, mientras

que temperaturas de 10 a 15 C aceleran la acumulación de callosa. Periodos de almacenamiento de 2 semanas tienen poco efecto en la acumulación de callosa, mientras que periodos de almacenamiento de 5 a 6 semanas inducen las máximas acumulaciones de callosa.

3. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, situado a una altura de 2.640 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 13 grados centígrados y una precipitación promedio mensual de 54.2 m.m.

3.1 DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE SIETE VARIETADES DE PAPA AL AFIDO Myzus persicae.

Se probaron las siguientes variedades: San Jorge, Pastusa, Guantiva, Capiro, Monserrate, Puracé y Picacho. De cada una de las variedades se sembraron 2 tubérculos por materia de 2 kgr de capacidad. Estas materas se colocaron en una jaula de malla de 2 x 1 metros para evitar infestaciones de áfidos. Las jaulas se localizaron en condiciones de invernadero con temperatura promedio de $18^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Cuando las plantas tenían dos y medio meses, de cada una se tomaron 10 hojas terminales con 3 folíolos de aproximadamente igual tamaño. Las hojas se colocaron en cámaras aisladas (Fig.3) las cuales consistieron en una lámina de madeflex de 20 x 50 cm a la cual se le abrieron huecos de 0.4 cm de diámetro a una distancia de 10 cm uno de otro, en cuadro. Cada hueco correspondió al centro de una caja de petri. En la



FIGURA 3. Câmaras aisladas.

parte inferior de la lámina y debajo de cada hueco, se pegaron tapas de caucho previamente perforadas (huecos de 0.4 cm de diámetro). Estas tapas correspondían a frascos de vidrio de 3.5 ml. La parte superior de la lámina se cubrió con papel de filtro. Se colocó una hoja por hueco, pasando el peciolo por el orificio hasta el frasco, el cual fué llenado previamente con agua. Cada hoja se cubrió con tapas de cajas de petri. El nivel de agua se revisó cada 2 días y era completado por medio de una jeringa hipodérmica.

Las láminas se colocaron en un invernadero cuya temperatura osciló entre 15 y 20°C.

Todos los materiales y equipos usados fueron desinfectados previamente con hipoclorito de sodio al 10%.

Los áfidos fueron obtenidos de una colonia libre de virus mantenidas sobre repollo chino, (Brassica pekinensis (Lour) Rupy) de la sección de Virología.

En cada foliolo de las respectivas variedades se colocó un áfido áptero de cuarto instar.

En la medida en que las hojas se iban marchitando, se reemplazaban por honas nuevas de la misma variedad.

Los siguientes parámetros fueron considerados para evaluar la resistencia a M. persicae de las diferentes variedades:

1) Fecundidad de áfidos tomada como número de individuos ápteros, número de alados y total de áfidos (ápteros más alados). El conteo de áfidos se realizó hasta cuando la población presente en cada hoja alcanzó su máximo y comenzó a descender. 2) Días transcurridos entre la iniciación del experimento y el día de población máxima. 3) Rapidez de formación de alados y número de los mismos. 4) Grado de movilidad de los áfidos. Se evaluó con la siguiente escala: 1. muy quieta, 2 quieta, 3. Inquieta y 4. Muy inquieta.

3.2 COMPORTAMIENTO DE PRUEBA DE AFIDOS COLONIZADORES.

De cada variedad se tomaron 12 cogollos de aproximadamente 20 cm de altura y fueron introducidos en sendos erlemeyers de 125 ml conteniendo agua corriente. Estos a su vez fueron colocados en una cámara de 80 x 30 x 30 cm con paredes de vidrio a excepción de los laterales que eran de plástico (Fig.4).

La cámara se situo en tal forma que la luz incidiera uniformemente por todos los lados. Uno a uno, se introdujeron cinco áfidos verdaderos migrantes los cuales se habian obtenido en la siguiente forma: Se eliminaron todos los áfidos alados encontrados dentro de la jaula donde se mantenía la colonia. Al día siguiente se seleccionaron solamente los áfidos alados encontrados en las paredes de la jaula, estos



FIGURA 4. Cámara para el ensayo de comportamiento de prueba.

son los verdaderos migrantes. Se observó el comportamiento de prueba de cada uno de los áfidos sobre los 12 cogollos de cada variedad y se contabilizó el tiempo de cada prueba. A cada áfido se le permitieron 5 pruebas.

3.3 ESTRUCTURAS DE LAS HOJAS EN RELACION AL COMPORTAMIENTO DE LOS AFIDOS.

Con el fin de estudiar el posible efecto de tricomas y (ó) glándulas presentes en la superficie de las hojas de cada variedad sobre el comportamiento de prueba de M. persicae, se tomaron cinco hojas maduras y cinco hojas jóvenes de cada variedad. Por cada hoja se tomó una superficie de 0.5 cm de diámetro y en ella se contó el número de tricomas y glándulas. Esta característica morfológica se relacionó con el total de áfidos de cada variedad.

3.4 RETENCION DEL VIRUS Y DE LA PAPA POR M. persicae.

Esta prueba se efectuó sobre Nicotiana tabacum. Afidos libres de virus se sometieron a 2 horas de ayuno para luego darles un periodo de adquisición de 2 minutos sobre una planta de papa afectada por PVY. Con un pincel muy fino se removió el áfido y se pasó sobre la primera planta de tabaco en donde se dejó por 20 segundos; se removió de allí y se pasó a una segunda planta por otros 20 segundos y así sucesivamente hasta la sexta planta. Se hicieron 20 replicaciones (Fig. 5).

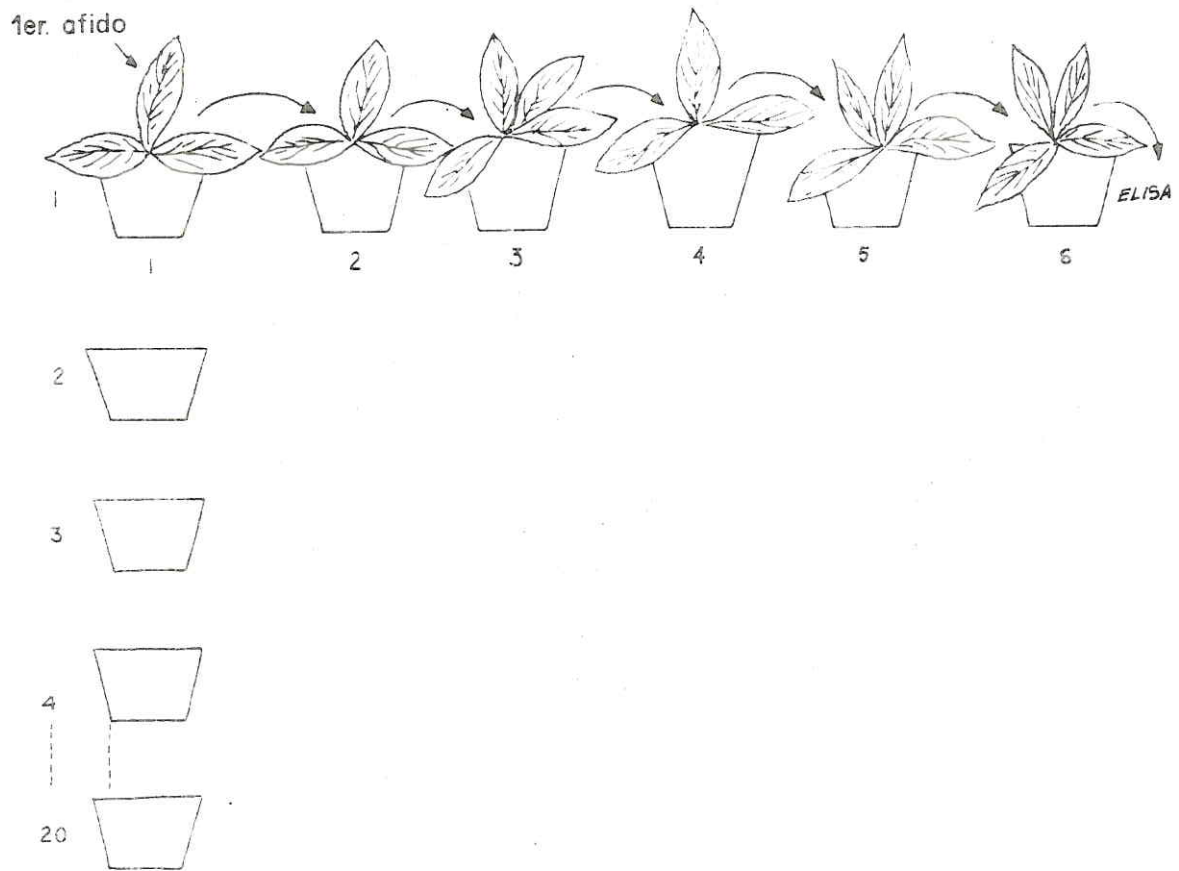


FIGURA 5. Esquema del ensayo de retención de PVY por *Myzus persicae*.

El mismo procedimiento se siguió para transmisión de 40 y 60 segundos. Cada tiempo de transmisión correspondió a un tratamiento.

Las 360 plantas de tabaco se colocaron en el invernadero, sobre ellas se hicieron lecturas de síntomas a los 30 y 48 días después de inoculadas. Para tratar de corroborar si había PVY en los áfidos utilizados en cada una de las 20 replicaciones, se sometieron a la prueba de "ELISA". Para ello se realizó la técnica en la forma descrita por Salazar (48). Como controles absolutos de la prueba se dejaron muestras conteniendo solo PBS (Solución amortiguadora utilizada como base de disolución del antisuero para el PVY).

3.5 DETERMINACION DE LA DURACION MINIMA DE PRUEBA DE M. persicae PARA LA TRANSMISION DE PLRV.

Áfidos libres de virus se colocaron por 48 horas sobre plantas de papa infectadas por PLRV. Con un pincen muy fino se removieron 5 áfidos de la planta de papa y se pasaron a plantas de Physalis floridana las cuales tenían solo 2 hojas cotiledonales, se dejaron allí por 20 segundos, al cabo de los cuales los áfidos se eliminaron. El mismo procedimiento se siguió para transmisión de un minuto, media hora, una, cuatro, ocho, doce, veinticuatro, treinta y seis y cuarenta y ocho horas; cada tratamiento contó con 5 replicaciones (Fig.6).

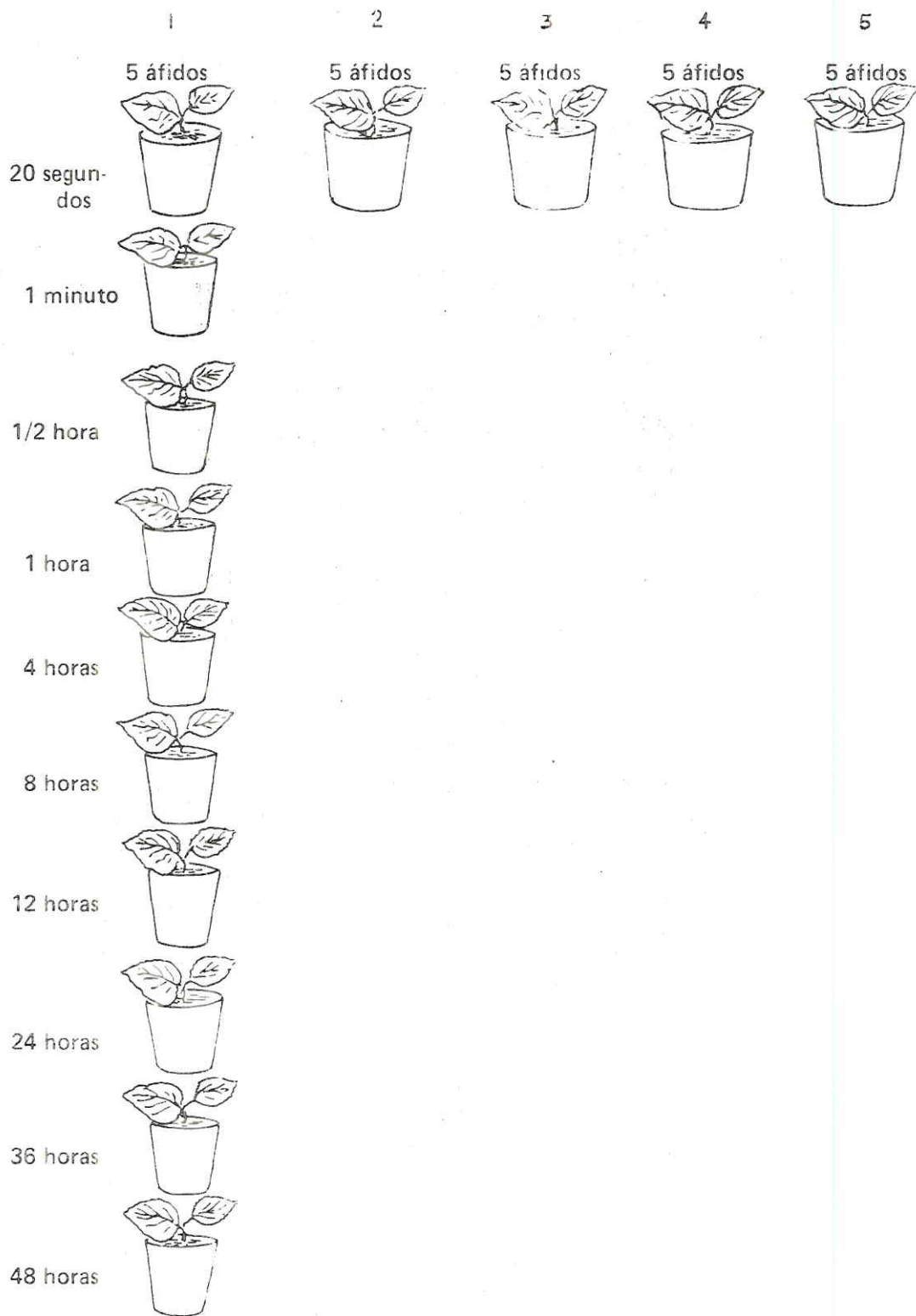


FIGURA 6. Esquema del ensayo del tiempo de prueba en la transmisión de PLRV.

Las plantas de P. floridana se cubrieron con tubos de acetato y se colocaron en una cámara de incubación a una temperatura de 24°C y 16 horas de fotoperiodo.

3.6 DISEMINACION DE LOS VIRUS PVY Y PLRV.

Esta prueba se realizó para tratar de determinar la velocidad de diseminación de los virus persistentes y los llevados en el estilete en las variedades de papa en estudio.

Veinte tubérculos de cada variedad se sembraron individualmente en materas de 2 kgr de capacidad y se colocaron en jaulas de malla de 2.40 x 1.40 x 1.10 m para evitar infestaciones de áfidos. Estas jaulas fueron localizados en una casa de malla.

Para determinar la sanidad de los materiales en cuanto a PVY, se realizaron las siguientes pruebas: Cuando las plantas de cada variedad alcanzaron una altura aproximada de 20 cms se tomaron 2 folíolos por variedad. Se maceraron individualmente y se hicieron inoculaciones de hojas sueltas por cada planta a probar y se colocaron en cámara húmeda con luz permanente a 24°C. Se efectuaron observaciones periódicas. Para determinar la sanidad del material de papa respecto a PLRV se empleó la indicadora P. floridana. Cinco áfidos libres de virus se colocaron por 48 horas sobre cada una de las plantas de papa a probar. Después de este tiempo se pasaron a plantas de P. floridana con solo dos hojas co

tiledonales y sobre estas se dejaron los áfidos virulíferos 48 horas. Luego de esto las plantas de P. floridana se llevaron a una cámara con temperatura de 24 C y 16 horas de fotoperiodo. Se realizaron observaciones periódicas. En estas pruebas de transmisión, tanto de PVY como de PLRV, se utilizaron áfidos provenientes de una colonia libre de estos patógenos.

3.6.1 Ensayo de diseminación de PVY.

Para el ensayo de diseminación de PVY se introdujeron en cada una de las jaulas que contenían las plantas de papa a tratar, 40 áfidos verdaderos migrantes a los cuales se les dió previo acceso al PVY para su libre dispersión dentro de las jaulas. Allí se dejaron por 1 día para luego fumigar con Dibrón 800. La diseminación de PVY se determinó por sintomatología sobre las plantas de papa. Para corroborar esta sintomatología se tomaron folíolos de cada una de las plantas y se inocularon hojas sueltas de la indicadora "AG" en la forma antes mencionada.

3.6.2 Ensayo de diseminación de PLRV

Para esta prueba se colocaron en cada jaula que contenían las plantas de papa a tratar 10 áfidos verdaderos migrantes que habían tenido acceso al PLRV y se dejaron por 48 horas para luego fumigar con Dibrón 800. La presencia de PLRV sobre los materiales de papa se determinó por sintomatología y pruebas de callosa en tallo y tubérculos. Para ello los tubérculos previamente identificados se colocaron en bolsas plás-

ticas para evitar su desecación. Se almacenaron en obscuridad durante 2 semanas a una temperatura de 10 °C. Al cabo de este tiempo se tomaron los tubérculos en los cuales se hicieron cortes longitudinales hacia la mitad de los mismos y luego se sacaron secciones de un grosor aproximado de 0.1 a 0.5 mm. Estas secciones se sumergieron durante 3 minutos en solución de hidróxido de sodio (0.1N), luego se lavaron con agua destilada y se tiñeron con resorcina azul preparada en la siguiente forma: A una solución de resorcina azul al 1% se le añadió 12 ml de amoníaco al 25%, esta mezcla se dejó en un beaker abierto hasta que el olor a amoníaco desapareció y la mezcla tomó una coloración verde azulada; a continuación se le añadió una solución al 1% de detergente SDS.

El mismo proceso se siguió con los cortes de los tallos.

Para cada tubérculo y tallo se leyeron cinco cortes en una escala de intensidad de concentración de callosa de 1 a 3 (Fig. 7).

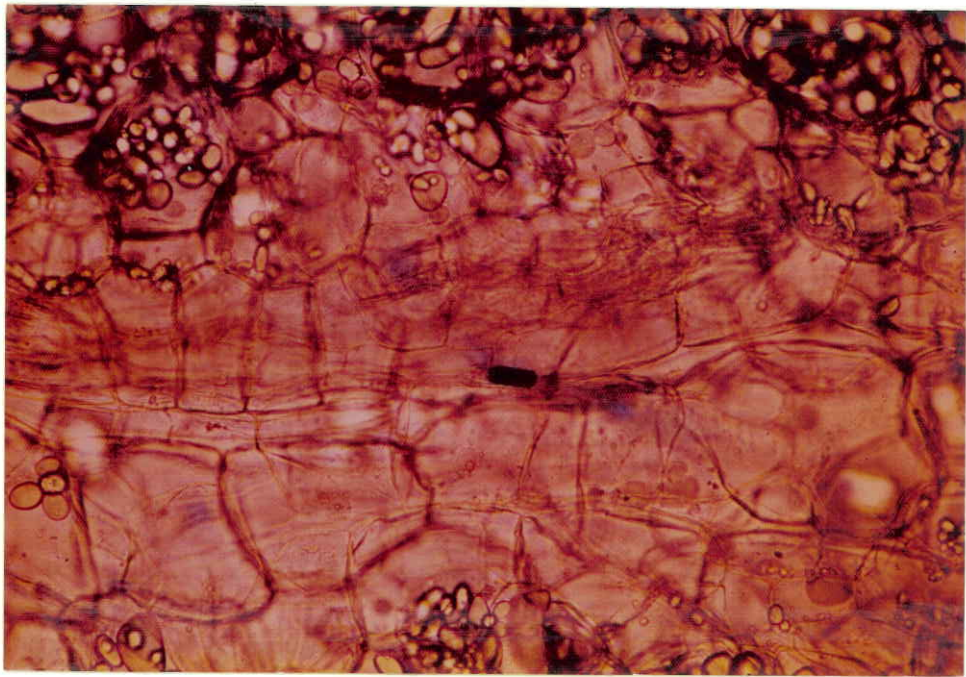


FIGURA 7.1 Concentración de callosa en tubérculos grado 1.

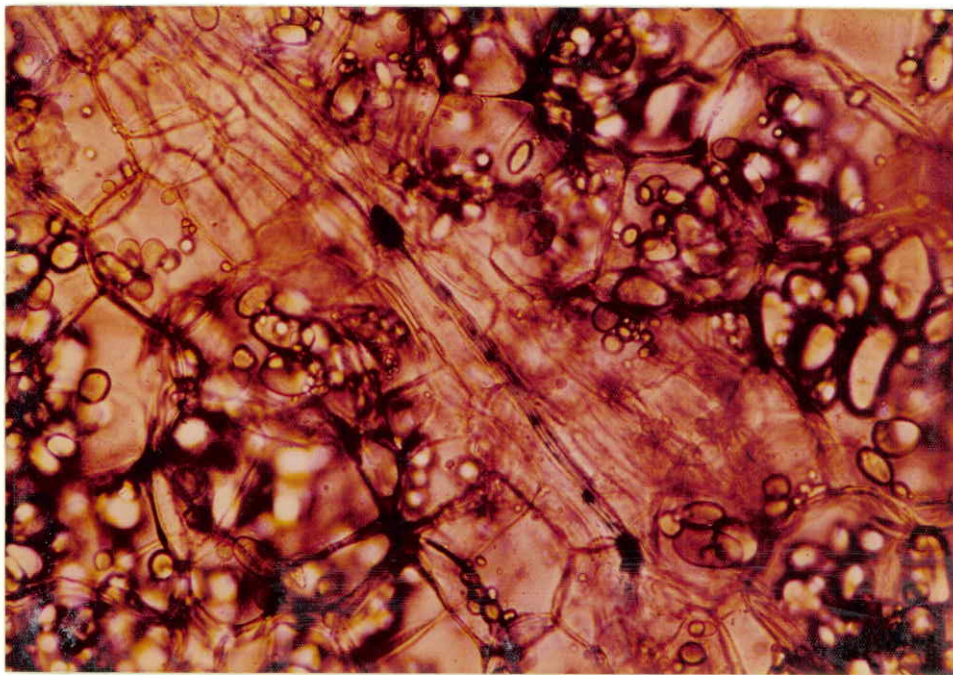


FIGURA 7.2 Concentración de callosa en tubérculos grado 2.



FIGURA 7.3 Concentración de callosa en tubérculos grado 3.

4. RESULTADOS y DISCUSION

4.1 DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LAS SIETE VARIEDADES DE PAPA AL AFIDO M. persicae.

El análisis de varianza de los resultados demostró que existen diferencias altamente significativas entre las variedades probadas sobre la fecundidad y producción de formas aladas y ápteras, como se deduce de los análisis de varianza (Apéndices 1, 2 y 3).

En cuanto a la producción de formas ápteras, la prueba de Duncan mostró altas diferencias entre la variedad Pastusa con un valor promedio de 119.50 y, la variedad Picacho con 43.34; las demás variedades tuvieron una producción de ápteros intermedia entre estas dos (Tabla 1).

Además se encontraron diferencias dignificativas en el número de áfidos alados producidos sobre cada variedad, la variedad Guantiva con un valor promedio de 2.32 se situó en un extremo y la variedad Pastusa con 0,54 se situó en el otro (Tabla 1).

Tomado el total de áfidos producidos sobre cada variedad se observa una gran diferencia entre las variedades evaluadas, mucho más acentuada con relación a la Picacho (Tabla 1).

TABLA 1. Promedio de ápteros, alados y total de áfidos producidos sobre las variedades de papa.

Variedades	Promedio áfidos ápteros	Promedio áfidos alados	Promedio total áfidos
Guantiva	58.67 b*	2.32 a*	61.00 b
Capiro	66.73 b	1.63 b	68.34 b
Pastusa	119.50 a	0.54 e	120.03 a
Picacho	43.34 c	1.56 cb	44.89 c
Monserrate	67.12 b	0.77 cd	67.89 b
San Jorge	67.34 b	1.16 cbd	68.50 b
Puracé	64.54 b	1.08 cd	65.62 b

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Duncan - Nivel de significancia 5%.

Este valor fué indudablemente afectado por la producción de formas ápteras.

Al comparar los porcentajes de áfidos alados y áfidos ápteros (Tabla 2, Fig.8), con relación al día de iniciación de alados (Tabla 3) se observa que generalmente en aquellas variedades en donde los alados están en una menor proporción, el día de iniciación de alados se presenta más tarde como es el caso de la variedad Pastusa y Monserrate y en las variedades en donde el porcentaje de alados es mayor el día de iniciación de alados es más temprano como es el caso de las variedades Picacho y Guantiva.

Para determinar la velocidad de crecimiento de las colonias, se efectuó una prueba de regresión entre día de lectura y total de áfidos (Apéndices 4 a 10).

En la Figura 9 se observa que la variedad Pastusa presentó una mayor velocidad de crecimiento de las colonias, en tanto que en la variedad Picacho, el crecimiento de la población de áfidos es bastante lento. La variedad Capiro tiene un crecimiento más o menos acelerado pero en menor proporción que la variedad Pastusa.

Ya que en la variedad Pastusa el número de áfidos alados formados es bajo, el número de áfidos ápteros es alto, esta variedad soporta el

TABLA 2. Porcentaje de áfidos ápteros y alados sobre las variedades de papa.

Variedades	No. total de Áfidos*	Afidos alados	% Afidos ápteros
Guantiva	1635.4	28.25	71.75
Capiro	1672.5	20.21	79.79
Pastusa	2501.9	4.28	95.72
Picacho	1172.7	26.09	73.91
Monserrate	1490.1	9.93	90.07
San Jorge	1588.7	15.23	84.77
Puracé	1497.8	13.96	86.04

* Promedio del total por variedades a los 32 días de iniciado el ensayo.

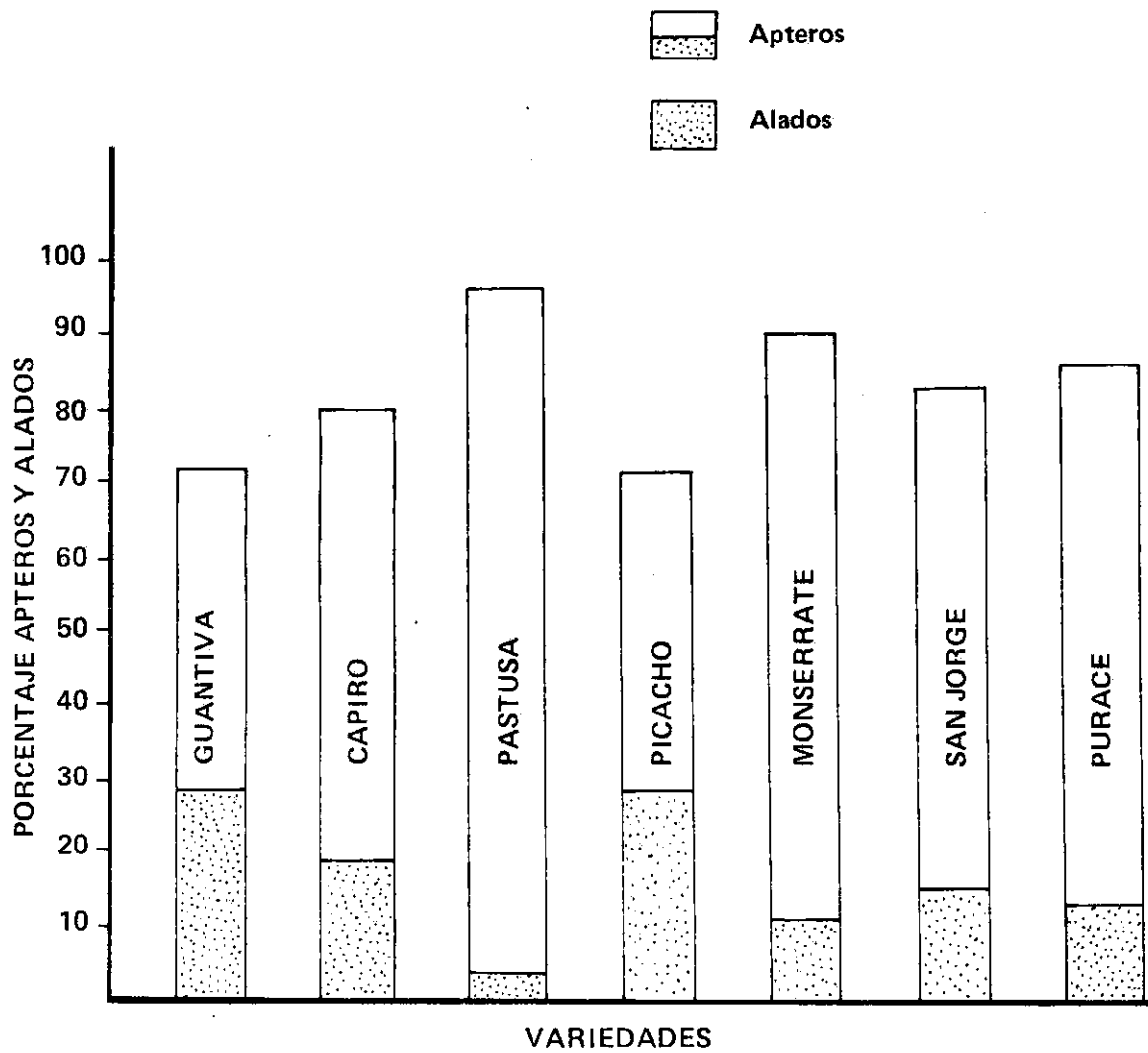


FIGURA 8. Comparación entre porcentaje de áfidos alados y ápteros producidos sobre variedades de papa.

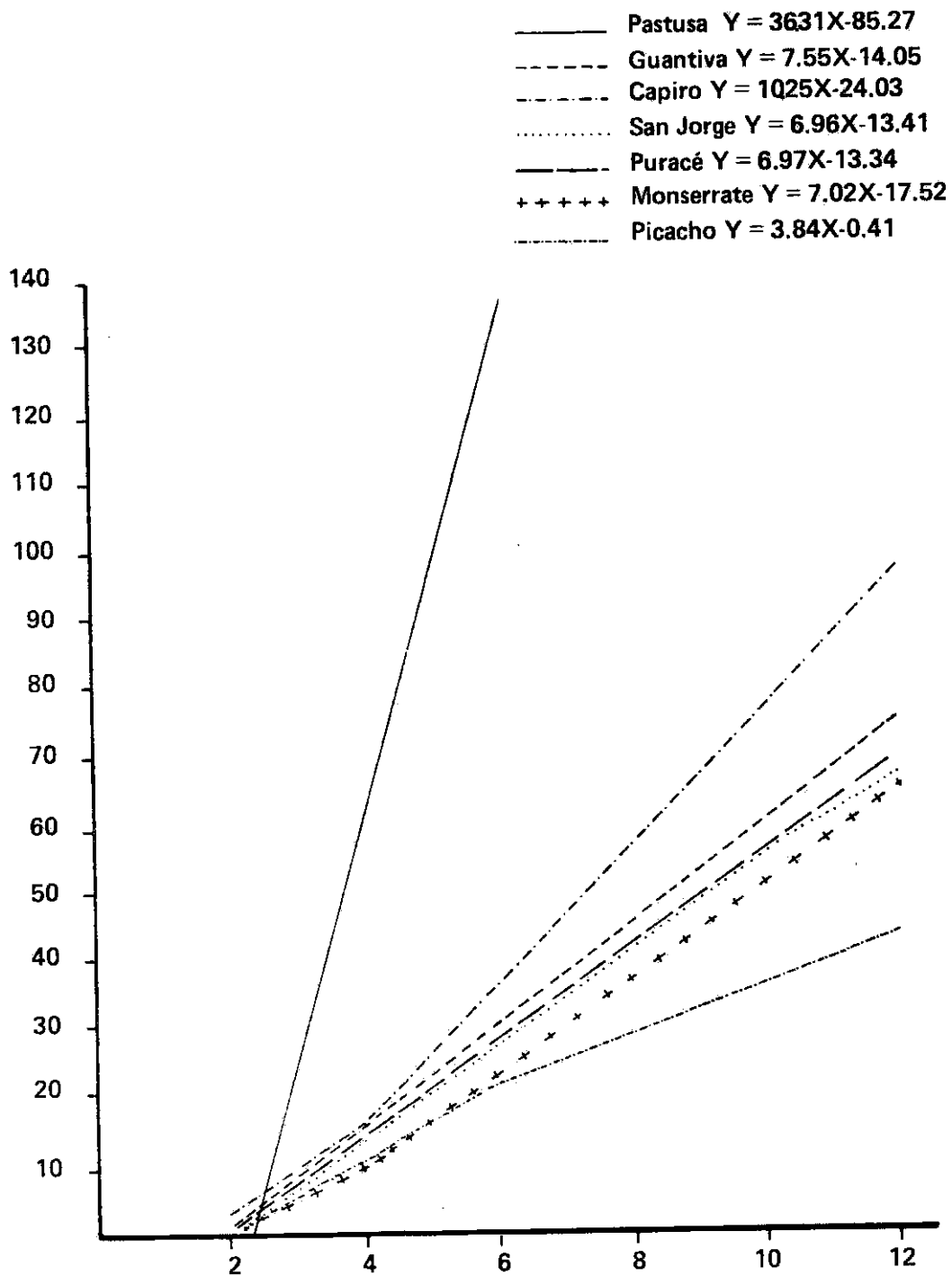


FIGURA 9. Velocidad de crecimiento de las colonias de *M. persicae* sobre siete variedades de papa.

mayor número de áfidos (ápteros más alados) esto indica que la variedad posee una característica de buena adaptabilidad de los áfidos sobre ésta. En la variedad Picacho por el contrario los áfidos se multiplican lentamente, el número de áfidos ápteros es muy bajo, el número de áfidos alados es intermedio y posee el menor número de áfidos (ápteros más alados), por lo que se puede decir que esta variedad no presenta condiciones óptimas para el desarrollo de los áfidos.

En la variedad Capiro el número de áfidos ápteros no es muy grande, el número total de áfidos es alto, la velocidad de crecimiento de las colonias es más o menos rápido. Además el número alto de alados estaría indicando que las condiciones que presenta esta variedad como planta hospedera no son las mejores, situación acorde con los resultados obtenidos por Kennedy (27) quien afirma que la producción de alados está relacionado frecuentemente con factores de las plantas hospederas.

La variedad Guantiva presentó el mayor número de alados aunque las poblaciones no son bajas. posiblemente el nivel de resistencia no es tan alto en esta variedad y permite un buen desarrollo de la colonia y a su vez un buen desarrollo de alados.

En cada variedad se analizó la rapidez de la colonia en formar alados y se tomó este parámetro como un indicador de resistencia.

Según la prueba de Duncan y para el total de áfidos alados encontrados hasta el día de población máxima, las variedades en estudio se pueden dividir en cuatro grupos: La variedad Guantiva en el primer grupo con el mayor número de alados; las variedades Picacho, Capiro, y San Jorge quedaron ubicados en el segundo grupo; las variedades Puracé y Monserrate en el tercero y la variedad Pastusa sobre la cual no se presentaron alados en el cuarto grupo (Tabla 3).

Para el total de áfidos alados las variedades quedaron agrupadas así: las variedades Capiro y Picacho en segundo, las variedades San Jorge y Puracé el tercero y las variedades Monserrate y Pastusa en el cuarto, siendo esta última variedad la que presentó el menor número de alados (Tabla 3).

Las variedades mostraron diferencias significativas en cuanto al número total de áfidos producidos.

Pastusa fué la que mayor promedio presentó y alcanzó esa población más temprano que las demás; en contraste, la variedad Picacho presentó la menor población de todas las variedades y obtuvo esa población más tarde que las demás. El resto de variedades presentó valores intermedios (Tabla 3).

Las variedades Guantiva y Picacho iniciaron la formación de alados más pronto que las demás; las últimas en iniciar la formación de alados fueron las variedades Pastusa y Monserrate (Tabla 3).

Analizando las dos variedades Pastusa y Picacho las cuales presentan las mayores diferencias entre sí, se observa que en la variedad Pastusa no se encuentran alados en el día de población máxima, el total de alados es bajo, el número máximo de áfidos es el más alto, alcanza su población máxima más temprano que las demás e inicia la formación de alados tarde. Lo anterior está indicando que esta es una variedad que presenta buenas características para el desarrollo de la colonia de M. persicae.

Por el contrario la variedad Picacho presenta un número alto de alados en el día en el cual presenta la máxima población, el número total de alados es alto, el número máximo de áfidos es bajo, alcanza el máximo de su población tarde y la formación de alados la inicia temprano. Esta variedad presenta características de resistencia tipo antibiosis por cuanto reduce la población del áfido y acelera la formación de alados.

La variedad Guantiva presenta algunas características de resistencia como son un número alto de alados e iniciación de alados muy temprano aunque la población total de áfidos es intermedia.

TABLA 3. Producción de formas aladas y ápteras de M. persicae en siete variedades de papa.

Variedades	Total alados en día de población máxima	Porcentaje de alados en día de población máxima	Nº total de alados	Nº máximo de áfidos	Día de población máxima	Día de iniciación de alados
Guantiva	31.30 a*	68.46 ab*	46.10 a*	144.70 a*	21.40 b*	9.80 e*
Capiro	18.80 b	57.97 ab	32.60 b	178.80 b	20.40 c	11.60 d
Pastusa	0.00 d	0.00 c	10.50 d	336.30 a	10.60 d	17.20 ab
Picacho	21.10 b	65.60 ab	31.20 b	88.30 d	24.00 a	9.80 e
Monserate	8.60 c	54.45 b	15.30 d	154.50 c	23.20 a	18.00 a
San Jorge	18.10 b	75.43 a	24.20 c	151.40 c	23.20 a	14.00 c
Puracé	11.90 c	51.68 b	21.50 c	141.40 c	22.20 b	16.20 b

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Duncan. Nivel de significancia 5%.

La variedad Capiro también parece tener algún grado de resistencia a M. persicae por cuanto el número de alados es alto y su formación se inicia temprano, pero la población total es alta y alcanza el máximo de su población temprano.

Con relación al grado de movilidad de las colonias de M. persicae en las diferentes variedades, se observó que sobre la Pastusa y Monserate los áfidos permanecieron muy tranquilos; en las variedades San Jorge y Puracé los áfidos se movían muy poco; en las variedades Capiro y Picacho los áfidos se observaban intranquilos y se movían frecuentemente sobre la superficie de las hojas y sobre la variedad Guantiva se observó la mayor movilidad (Tabla 4).

Al realizar pruebas de correlación múltiple entre las diferentes variedades evaluadas se encontró una relación altamente significativa entre día de iniciación de alados y número total de alados; entre población en el día de iniciación de alados y número máximo de áfidos, entre movilidad de las colonias, número total de alados y día de iniciación de alados, y número total de alados; entre población en el día de iniciación de alados y número máximo de áfidos, entre movilidad de las colonias, número total de alados y día de iniciación de alados. Se encontró relación significativa entre el total de alados en el día de población máxima y número total de alados y día de iniciación de alados, entre porcentaje de alados en el día de iniciación de alados y número total de alados y día de iniciación de alados, entre tiempo de

TABLA 4. Movilidad de las colonias de M. persicae sobre las variedades de papa.

Variedades	Grados de movilidad			
	1	2	3	4
Guantiva				+
Capiro			+	
Pastusa	+			
Picacho			+	
Monserate	+			
San Jorge		+		
Puracé		+		
1 -Muy quieta		3 -Inquieta		
2 -Quieta		4 -Muy inquieta		

prueba y día de iniciación de alados y % de alados en el día de población máxima, entre movilidad de las colonias y total de alados en día de población máxima, entre movilidad de las colonias y total de alados en día de población máxima (Tabla 5).

La relación negativa entre día de iniciación de alados y número total de alados está indicando que entre más temprano se inicie la formación de alados en una variedad, el número total de alados será menor; así mismo entre menos movilidad tengan las colonias, más tarde será la iniciación de alados.

Se aprecia un alto grado de correlación entre movilidad de las colonias y el número total de alados. Es de esperar que en colonias con mucha movilidad se producirá un alto número de alados como es el caso de la variedad Guantiva la cual tiene un alto número de alados y las colonias presentan una gran movilidad. En las variedades Capiro y Pichacho las colonias se muestran inquietas y sobre ellas se produce un número alto de áfidos alados. En las variedades Pastusa y Monserrate las colonias permanecen muy quietas y el número de áfidos alados es muy bajo.

Así mismo, existe una correlación muy estrecha entre la movilidad de las colonias y el día de iniciación de alados. Si una colonia de áfidos sobre una variedad tiene mucha movilidad, producirá alados más temprano que otra más tranquila, como es el caso de las variedades

TABLA 5. Correlación múltiple entre diferentes variables.

	Número total de alados	Día de iniciación de alados	Total de alados en el día de población máxima	Porcentaje de alados en el día de población máxima	Tiempo de prueba	Movilidad de las colonias
N° máximo de áfidos	0.390	0.699	-0.448	-0.707	0.39	-0.419
N° total de alados		-0.876**	0.870*	0.807*	-0.69	0.984**
Día de iniciación de alados			-0.777*	0.861	0.76*	-0.916**
Total alados en el día de población máxima				0.653	0.54	0.823*
% alados en el día de población máxima					-0.82*	0.785*
Tiempo de prueba					—	

* Significativo

** Altamente significativo

Guantiva y Picacho. En la variedad Pastusa se desarrollan colonias muy tranquilas y la iniciación de alados se presenta más tarde.

4.2 COMPORTAMIENTO DE PRUEBA DE AFIDOS COLONIZADORES

En las variedades Pastusa, San Jorge y Puracé, los áfidos se establecieron con una sola prueba y durante más de 30 minutos no se movieron del sitio inicial de ubicación. En la variedad Monserrate la prueba duró en promedio 27.9 minutos. En las variedades Guantiva y Capiro duraron en promedio 7 y 4.93 minutos respectivamente. En la variedad Picacho el promedio de tiempo de prueba fué muy bajo, 0.06 minutos (Tabla 6).

Según los resultados anteriores M. persicae reconoce rápidamente las plantas apropiadas para su alimentación. La variedad Pastusa en las pruebas anteriores ha demostrado tener características de no resistencia al áfido M. persicae y sobre ella este insecto hace pruebas muy largas; prácticamente se establece con la primera prueba.

La variedad Picacho ha demostrado ser resistente al áfido y M. persicae hace pruebas muy cortas sobre ella; parece que fuera capaz de reconocer aún sin llegar a picar, que esta variedad no es un buen hospedero para su desarrollo.

TABLA 6. Tiempo de prueba del áfido M. persicae

Variedades	Tiempo de prueba ^{1/} (minutos)	
Guantiva	7.00	(2 - 15)
Capiro	4.93	(0 - 15)
Pastusa	60.00	(60)
Picacho	0.06	(0 - 1)
Monserate	27.93	(10- 60)
San Jorge	60.00	(60)
Puracé	60.00	(60)

^{1/} Promedio de cinco lecturas.

Sobre las variedades Guantiva y Capiro hace pruebas cortas, pica y al no encontrar un sustrato agradable procede a hacer nuevas pruebas tratando de encontrar un mejor hospedero.

4.3 ESTRUCTURAS DE LAS HOJAS EN RELACION AL COMPORTAMIENTO DE LOS AFIDOS.

Se presentaron diferencias altamente significativas entre número de tricomas y glándulas en las variedades de papa.

Las variedades Pastusa y Puracé presentaron un mayor número de tricomas; por el contrario la variedad Guantiva fué la que tuvo el menor número de tricomas (Tabla 7).

Correlacionando esto con los parámetros anteriores se podría decir que el número de tricomas y glándulas son inversamente proporcionales a la resistencia que pueda presentar una variedad, es decir a mayor número de tricomas y glándulas menor resistencia a M. persicae. La variedad Pastusa que ha demostrado poseer condiciones para un buen desarrollo de las colonias del áfido presenta el número más alto de tricomas y glándulas. La variedad Guantiva que presenta algunas características de resistencia, posee el menor número de tricomas y glándulas. Sobre la variedad Picacho no se realizó esta prueba debido a que es una variedad precoz, cuando se tomaron las muestras de las otras 6 variedades, esta estaba sobremadura.

TABLA 7. Número de tricomas y glándulas en cada variedad.

Variedades	Tricomas	Glándulas
Guantiva	28.4 d*	10.4 b*
Capiro	67.8 b	33.6 a
Pastusa	96.5 a	40.6 a
Monserrate	43.0 c	11.3 b
San Jorge	48.8 c	32.4 a
Puracé	86.5 a	12.5 b

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas, según la prueba de Duncan. Nivel de significancia 5%.

4.4 RETENCION DE POTATO VIRUS Y (PVY) POR M. persicae.

En la tabla 8 (Apéndice 21) se muestra la retención, en número de pasos, de PVY por el áfido M. persicae. Se observó claramente que cuando se dió un periodo de transmisión de 20 segundos el promedio de plantas que alcanza a infectar es de 5.5; en pruebas de 40 segundos infecta un promedio de 3 plantas y en las de 60 segundos infecta 1.63 plantas (Tabla 8). El promedio de plantas infectadas bajó con el aumento del tiempo de prueba.

M. persicae en plantas con características de resistencia (Picacho y Guantiva) hace pruebas muy cortas; relacionando esto con los resultados obtenidos en la prueba de retención de PVY en la cual más plantas son infectadas con pruebas cortas (20-40 segundos) que con pruebas largas (60 segundos), se espera que en estas variedades PVY se disemine más rápido que en variedades no resistentes, como la variedad Pastusa.

En el Apéndice 21.2 los pasos 3° y 4° de la primera repetición correspondientes a la prueba de 40 segundos, las plantas no presentaron síntomas, pero se tomaron como positivas puesto que las plantas siguientes sí lo manifestaron. Se presume que en el áfido existía aún el virus, pero que por cualquier motivo la planta no presentó síntomas. Pudo suceder que el sitio de prueba por el áfido en la planta no era el óptimo para el establecimiento del virus ó que el áfido no alcanzó a penetrar la epidermis o no picó o simplemente no realizó la prueba.

TABLA 8. Retención de PVY por Myzus persicae.

Tiempo de prueba en segundos	Retención de PVY	
	N ^o de pasos	\bar{x} de pasos
20	5	5.50
	6	
40	5	3.00
	1	
	2	
	1	
	3	
60	1	1.63
	1	
	1	
	2	
	2	
	2	

En las pruebas de 40 y 60 segundos (Apéndices 21.2 y 21.3) se observó que solo en las primeras plantas de cada replicación se presentaron síntomas. Se podría pensar que todo el virus tomado por el áfido fué dejado en estas plantas, en tanto que para pruebas de 20 segun dos el áfido alcanzó a infectar hasta la sexta planta. Posiblemente este hecho se debe al principio de ingestión-egestión en que a mayor tiempo de prueba pueden liberarse enzimas que inhiben el virus, situa ción muy similar encontrada por Bradley (10) trabajando con PVY.

Para constatar si la prueba de "ELISA" podría usarse para determi^u nar la presencia de partículas de PVY en el estilete de M. persicae después de pasar por 6 plantas de N. tabacum en pruebas de 20, 40 y 60 segundos, se realizó un ensayo previo utilizando 5 áfidos a los cua les se les había colocado por 24 horas sobre plantas de papa con PVY, un áfido con el tratamiento anterior, un áfido libre de virus, cinco áfidos libres de virus y testigos de PBS (buffer de fosfato).

Las lecturas resultantes de la prueba de "ELISA" de estos testigos se sometieron a un análisis de varianza y se encontró que no hubo di ferencia significativa entre 1 y 5 áfidos con PVY, pero si se presen taron diferencias significativas entre estos y los áfidos libres de virus. Estos últimos no presentaron diferencias entre sí como tampo co entre los áfidos libres de virus y el testigo PBS (Tabla 9).

TABLA 9. Resultados del estudio exploratorio de eficiencia para medir retención de virus por áfidos por el método indirecto de ELISA.

Testigos	Promedio de densidad óptica ($\times 10$) **
5 áfidos con PVY	0.74 a*
1 áfido con PVY	0.58 a
1 áfido libre de virus	0.17 b
5 áfidos libres de virus	0.15 b
Testigos con PBS	0.10 b

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas, según la prueba de Duncan. Nivel de significancia 5%.

** Ver apéndice 22

Estos resultados indican que se puede emplear la técnica de ELISA para confirmar si un áfido es o no portador de partículas de PVY.

Al someter a la prueba de ELISA los áfidos que se emplearon en el experimento de retención de PVY, se encontró que el contenido de partículas de PVY en los áfidos que se sometieron a pruebas de 20 segundos fué estadísticamente superior a la cantidad de partículas de PVY encontradas en los áfidos sometidos a pruebas de 40 y 60 segundos y las encontradas en estos dos últimos no difieren entre sí (Tabla 10).

Relacionando esta prueba con la de retención de PVY por áfidos, se observa que en pruebas cortas existen un mayor número de partículas en el estilete, el áfido retiene el virus por un mayor número de pasos que en las pruebas más largas (40 y 60 segundos) en donde la cantidad de partículas de virus en el estilete es menor.

4.5 DETERMINACION DE LA DURACION MINIMA DE PRUEBA DE M. persicae PARA LA TRANSMISION DE PLRV.

La lectura de síntomas sobre plantas de P. floridana efectuada a los 10, 15 y 30 días después de inoculadas, no dió resultados positivos. La prueba se repitió dos veces más y los resultados fueron igualmente negativos.

TABLA 10. Concentración de partículas de PVY en el estilete de M. persicae después de 6 pruebas a diferentes tiempos.

Tiempo de prueba en segundos	Densidad óptica (1) Ensayos		Retención N° de pasos
	I (χ_{10}) ⁺	II (χ_{10}) ^{**}	
20	0.60 a*	0.41 a*	5.50
40	0.34 b	0.20 b	3.00
60	0.33 b	0.25 b	1.63

1) Promedio de 20 lecturas

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas, según la prueba de Duncan. Nivel de significancia 5%.

** Ver apéndice 23

La obtención de resultados negativos en esta prueba, puede deberse entre otras causas, a la baja concentración de PLRV en las plantas de papa usadas como fuentes de virus o también a la poca habilidad para adquirir el virus de la colonia de M. persicae utilizada en esta prueba ó a las condiciones en que se desarrolló teniendo en cuenta que PLRV es exigente para su expresión (37).

4.6 DISEMINACION DE PVY y PLRV.

4.6.1 Pruebas de sanidad para PVY y PLRV en el material de papa.

La hojas sueltas del clon "A6" inoculadas para detectar PVY no presentaron síntomas al igual que las plantas de P. floridana para detectar PLRV dieron resultados negativos, por lo cual se asumió que las variedades en este estudio estaban libres de PVY y de PLRV.

4.6.2 Diseminación de PVY.

Para medir cuantitativamente la diseminación de PVY se tomaron los porcentajes aritméticos de las plantas de papa con síntomas de PVY y los porcentajes de las hojas del clon A6 que presentaron síntomas.

Los mayores promedios de infección los presenta la variedad Guantiva y Picacho y los menores Pastusa y Puracé (Tabla 11). Estos resultados confirman lo dicho en numerales anteriores respecto a que en variedades resistentes la diseminación de virus llevados en el estilete es

TABLA 11. Diseminación de PVY en 7 variedades de papa por formas
añadas de M. persicae.

Variedades	Proporción de plantas afectadas (%)	
	Síntomas visuales	Inoculación en A6
Guantiva	55.55	50.00
Capiro	33.33	33.33
Pastusa	27.77	16.66
Picacho	44.44	38.88
Monserrate	38.88	27.77
San Jorge	33.33	33.33
Puracé	16.66	16.66

Promedio sobre 18 plantas.

mayor que la presentada en variedades no resistentes. La variedad Pas
tusa no presenta resistencia al áfido y en ella la diseminación de PVY
fué mayor.

4.6.3 Diseminación de PLRV.

La prueba de callosa hecha en tallos y tubérculos para determinar la presencia de PLRV en las plantas, no dió resultados confiables. La ineficiencia de esta prueba se debe quizás a que las condiciones ambientales a las cuales se han desarrollado las plantas influyen sobre la acumulación natural de callosa, así como también las condiciones de almacenamiento de los tubérculos. Además cada variedad puede tener cierta cantidad de callosa acumulada naturalmente en los tubérculos y para determinar exáctamente la callosa formada por la presencia de PLRV se necesita conocer muy bien cada una de las variedades.

Teniendo por tanto como patrón de diseminación únicamente los síntomas visuales de PLRV presentados en las plantas de papa, se observa que en todas las variedades el porcentaje de infección fué muy bajo.

El menor porcentaje de infección lo obtuvo la variedad Picacho. Esta variedad es resistente al áfido y por tanto este realiza pruebas muy cortas, en las cuales el áfido no alcanza a transmitir eficientemente el PLRV.

Porcentajes de infección más altos se presentaron sobre Puracé y Pastusa la última de las cuales no presenta resistencia y en ella el áfido realiza pruebas muy largas, diseminando con mayor eficiencia los virus persistentes como es el caso de PLRV (Tabla 12).

TABLA 12. Diseminación de PLRV en siete variedades de papa por formas aladas de M. persicae.

Variedades	Proporción de plantas afectadas(%)		
	Síntomas visuales	en callosa Tallo	en callosa tubérculo
Guantiva	11.11	66.66	22.22
Capiro	11.11	38.88	22.22
Pastusa	16.66	61.11	33.33
Picacho	5.55	72.22	16.66
Monserate	11.11	83.33	16.66
San Jorge	11.11	88.88	27.77
Puracé	16.66	66.66	33.33

Promedios sobre 18 plantas.

CONCLUSIONES

1. La resistencia a áfidos en papa se puede medir por los siguientes parámetros: rapidez de formación de alados, número máximo de áfidos, día de iniciación de alados, día en el cual se alcanzó la población máxima sobre la variedad, grado de movilidad de las colonias y tiempo que demoran las formas aladas verdaderos migrantes en realizar la prueba sobre el sitio de alimentación.
2. De las 7 variedades estudiadas hay 2 que presentan características de resistencia: Picacho y Guantiva.
3. Las variedades resistentes modifican el comportamiento de prueba de áfidos colonizadores siendo el tiempo de prueba más corto en variedades resistentes. Este cambio en el comportamiento de prueba trajo como consecuencia que un virus llevado en el estilete como PVY se disemina más rápidamente en las variedades resistentes que en las susceptibles.
5. La proporción de plantas infectadas con PVY es menor con el aumento del tiempo de prueba del vector. En pruebas muy cortas (20 segundos el áfido es capaz de dejar el virus en cantidad suficiente como

para causar infección pero en pruebas más largas (40-60 segundos) todo el virus es dejado en la primera planta.

6. Los resultados indican que en plantas resistentes al vector los virus llevados en el estilete se diseminan mas rápidamente que en plantas no resistentes. Lo contrario sucedió con virus persistentes.
7. En estudios de resistencia a virus es necesario tener en cuenta el comportamiento del o los vectores sobre el material a probar ya que la conducta de prueba de los vectores influye notoriamente sobre el patrón de diseminación de los virus.

RESUMEN

En trabajos realizados en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias CNIA-Tibaitatá del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, se evaluó el grado de resistencia de siete variedades comerciales de papa al áfido Myzus persicae (Sulzer) y se determinó el comportamiento de prueba de los áfidos colonizadores y el de la progenie desarrollada sobre cada una de las variedades. Se estudió, además, cómo el comportamiento de prueba de los áfidos incide en el patrón de diseminación de los virus así: para PVY (virus no persistentes) se observó que en las variedades ICA Picacho e ICA Guantiva el áfido M. persicae efectuó pruebas muy cortas, el número de áfidos alados fué alto, la progenie desarrollada sobre estas fué inquieta y el promedio de infestación de PVY fué alto.

Por el contrario en las variedades Parda Pastusa e ICA Puracé el áfido efectuó pruebas largas, el número de áfidos alados fué bajo, la progenie desarrollada sobre estas presentó poca movilidad, el promedio de infección de PVY fué bajo.

Estos mismos datos para PLRV (virus persistente) presentan un promedio de infección bajo para las variedades ICA Picacho e ICA Guantiva y alto para Parda Pastusa e ICA Puracé.

En base a lo anterior se puede afirmar que en las variedades resistentes al vector, la diseminación de virus no persistentes es mayor que la presentada en variedades no resistentes al vector, situación inversa sucede para virus persistentes.

Las variedades de papa ICA Capiro, Diacol Monserrate e ICA San Jorge, presentan un grado intermedio de resistencia al vector.

Se encontraron diferencias entre las siete variedades de papa probadas en relación a la resistencia al vector. Esta resistencia parece ser de tipo "antibiosis".

SUMMARY

This study was carried out at CNIA-Tibaitata of ICA to evaluate the degree of resistance of seven commercial potato cultivars to the aphid Myzus persicae (Sulzer) and to determine the probing behaviour of colonizing aphids and that of the progenies grown on each of varieties tested. It was also studied how the probing behaviour of the aphids acts upon the dissemination pattern of viruses. For potato virus Y, PVY, a non persistent stylet-borne virus, it was observed that on vector-resistant varieties ICA Picacho and ICA Guantiva, the aphids made brief probes, the number of alate aphids was high, the progeny grown on these varieties was very mottled and the rate of infection was high. On the other hand, on ICA Purace and Pardo Pastusa, vector-susceptible varieties, the aphids made long probes, the number of alate aphids was low, whereas the progeny grown on these varieties was very quiet and the infection rate low. Referring to the persistent potato leaf-roll virus PLRV, the results showed a low rate of infection for ICA Picacho and ICA Guantiva and a higher one for Pardo Pastusa and ICA Purace. Based on the above mentioned results it may be concluded that the dissemination of non persistent stylet-borne viruses is higher on potato vector-resistant varieties than on susceptible ones. The opposite may occur if persistent viruses are dealt with.

The potato varieties ICA Capiro, Diacol Monserrate and ICA San Jorge

did not exhibit a very peculiar behaviour that could be graded as intermediate in general terms.

BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, J. B. Comments on aphid resistance in potatoes. News and Reviews. (Canada Research Station-Fredericton), 315 p. 1975. (Reprint).
2. _____; WADE, C. V. Aphid behaviour and host-plant preference demonstrated by electronic patterns of probing and feeding. American Potato Journal (Estados Unidos) v. 53 p. 261-267. 1967.
3. BAGNAIL, R. H.; BRADLEY, R. H. E. Resistance to virus Y in the potato. Phytopathology (Estados Unidos) v. 48, p. 121-125. 1958.
4. BAWDEN, F. C. Plant viruses and virus diseases. 3 ed. Whatham, Chronica Botanica. 1950. 335 p.
5. _____; HAMLYN, B. M. G.; WATSON, M. A. The distribution of viruses in the different leaf tissues and its influence on virus transmission by aphids. Annals of Applied Biology (Inglaterra). v. 41 no. 2, p. 229-239. 1954.
6. BEEMSTER, A. B. R.; ROZENDAL, A. Potato viruses; properties and symptoms. En: DeBokx, J. A. Viruses of potatoes and seed potato production.. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 1972. p. 124-127.
7. _____. Virus translocation in potato plants and mature-plants resistance. En: DeBokx, J. A. Viruses of potatoes and seed potato production. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 1972. p. 144-151.
8. BLACKMAN, R. L. Life cycle variation of Myzus persicae (Sulz) (Homoptera: Aphididae) in different part of the world, in relation to genotype and environment. Bulletin Entomological Research (Inglaterra) v. 63 no. 4, p. 595-607. 1974.
9. BORROR, D. I.; DELONG, D. M. An introduction to the study of insects. New York, Holt Rinehart and Wiston. 1966. 819 p.

10. BRADLEY, R. H. E. Studies of the mechanism of transmission of potato virus Y by the green peach aphid Myzus persicae (Sulz) (Homoptera: Aphididae). Canadian Journal Zoology v.32 no. 1, p. 64-67. 1954.
11. CHUQUILLANQUI, C.; JONES, A. C. A rapid technique for assessing the resistance of families of potato seedling to potato leaf-roll virus. Potato Research (Holanda) v. 23 no. 1, p. 121-128. 1980.
12. CORBETT, M. K. Introduction. En: _____ . Plant virology. Lacksonville, Paramount, 1967. p. 13-14.
13. CURRIER, H. B. Callose substance in plant cells. American Journal of Botany (Estados Unidos) v. 44 no. 6, p. 478-488. 1957.
14. DEBOKX, J. A. The callose test for detection of leafroll virus in potato tubers. European Potato Journal (Holanda) v. 10 no. 3, p. 221-234. 1967.
15. _____. Histological cytological and biochemical methods. En: _____. Viruses of potato and seed potato production. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1972. p. 111-114.
16. _____. Test plants. En: _____. Viruses of potato and seed potato production. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1972. p. 103-109.
17. ESKANDARI, F.; SILVESTER, E. S.; RICHARSON, J. Evidence for lack of propagation of potato leaf roll virus in its aphid vector Myzus persicae. The American Phytopathological Society (Estados Unidos) v. 69 no. 1, p. 45-47. 1979.
18. ESPINOSA, E. A. M. Utilización de métodos histológicos y de infectividad en el diagnóstico del virus del enrollamiento de las hojas de la papa. San José, Costa Rica, Escuela de Fito-tecnia, Facultad de Agronomía, 1975. 63 p. (Tesis Ing. Agr.).
19. EVERT, R.; DERR, W. F. Callose substance in sieve elements. American Journal Botany (Estados Unidos). v. 51 no. 5, p. 552-559. 1964.
20. GUERRERO, O. Evaluación de pérdidas ocasionadas en la variedad de papa ICA Puracé por los virus Potato virus X, Potato virus Y y Potato leafroll virus. Bogotá, UNC-ICA, 1978. 82 p. (Tesis Mag. Sci.).

21. GIBSON, R. W. Glandular hair providing resistance to aphids in certain wild potato species. *Annals of Applied Biology (Inglaterra)*. v. 68 no. 1, p. 113-119. 1971.
22. HARRIS, R. F. An ingestion-egestion hypothesis of noncirculative virus transmission. New York, Academic Press, 1977. p. 165-219.
23. HILLE, R. L. Aphids: Their life cycles and their role as virus vector. En: Debokx, J. A. Viruses of potatoes and seed potato production. Wageningen, Board, 1972. p. 36-56.
24. HODGSON, C. J. The distribution and movement apterous Myzus persicae on rapidly growing turnip plants. *Ecological Entomology (Estados Unidos)* v. 3, p. 289-298. 1978.
25. HOLBROOK, F. R. Transmission of potato leafroll virus by the green peach aphid. *Annals of the Entomological Society of America (Estados Unidos)* v. 71 no. 6, p. 830-831. 1978.
26. KASSANIS, B. Some factors effecting the transmission of leafroll virus by aphids. *Annals of Applied Biology (Inglaterra)* v. 39 no. 2, p. 157-165. 1952.
27. KENNEDY, G. G. Host plant resistance and the spread of plant viruses. *Environmental Entomology (Estados Unidos)* v. 5 no. 5, p. 827-831. 1976.
28. _____; McLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing behavior of aphids gossypii on resistant and susceptible muskmelon. *Journal of Economic Entomology (Estados Unidos)* v. 71 no. 1, p. 13-16. 1978.
29. _____; STRIYAN, H. L. G. Biology of aphids. *Annual Review of Entomology (Estados Unidos)* v. 4, p. 139-160. 1953.
30. KIRPATRICK, H. C. Indicator plants for studies with the leafroll virus in potatoes. *American Potato Journal (Estados Unidos)* v. 25 no. 8, p. 283-290. 1948.
31. _____; ROSS, A. F. Aphid transmission of potato leafroll virus to solanaceous species. *Phytopathology (Estados Unidos)* v. 42 no. 10, p. 540-546. 1950.
32. LAMBERS, D. H. R. Aphids: their life cycles and their role as virus vectors. En: Debokx, J. A. Viruses of potatoes and seed potato production. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. p. 36-55. 1972.

33. LEACH, J. G. Insect transmission of plants diseases. New York, McGraw Hill, 1940. p. 54-458.
34. LEONARD, S. H.; HOLBROOK, F. R. Minimum acquisition and transmission times for potato leafroll virus by the green peach aphid. *Annals of the Entomological Society of America (Estados Unidos)* v. 71 no. 4, p. 493-495. 1978.
35. LOWE, H. I. B. Variation in Myzus persicae (Sulz) (Homoptera: Aphididae) reared on different host plants. *Bulletin of Entomological Research (Inglaterra)* v. 62 no. 4, p. 549-556. 1973.
36. MAAT, D. Z.; DeBOKX, J. A. Potato leaves and sprouts with the enzyme-linked, immunosorbent assay (ELISA). *Netherland Journal of Pathology (Holanda)* v. 84 no. 1, p. 149-156. 1978.
37. MACCARTHY, H. R. Aphid transmission of potato leafroll virus. *Phytopathology (Estados Unidos)* v. 44 no. 4, p. 167-174. 1954.
38. MATTEWS, R. E. F. Plant virology. New York, Academic Press, 1970. 778 p.
39. MOSQUERA, F. Notas sobre dinámica de la transmisión de virus de la papa por áfidos. En: *Curso sobre producción de semilla de papa*. Bogotá, ICA, 1979. p. 180-204. (Compendio no. 33).
40. NAGAIGH, B. B. Hereditary variation of Myzus persicae to transmit potato leafroll virus. Simla, *Central Potato Research Institute*, 1970. 20 p.
41. PAINTER, R. H. Insect resistance in crop plants. New York, McMillan, 1951. 520 p.
42. PIRONE, T. P. Mechanism of transmission of Style-borne viruses. En: *Maramorosh, K. Viruses, vector and vegetation*. New York, Interscience, 1969. p. 119-210.
43. _____. Nonpersistent transmission for plant viruses by aphids. *Annual Review of Phytopathology (Estados Unidos)* v. 15 p.55-73. 1971.
44. POLLARD, D. G. Some aspects of plant penetration by Myzus persicae (Sulz) Nymphs (Homoptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research (Inglaterra)* v. 61 no. 2, p. 315-324. 1971.
45. _____. Plant penetration by feeding aphids (Homoptera:Aphididae) a review. *Bulletin of Entomological Research (Inglaterra)* v. 62 no. 4, p. 631-714. 1973.

46. RAMIREZ DE S., G. L. Evaluación de variedades de papa de Solanum phureja Juz et Buk, por su resistencia al Myzus persicae (Sulz). Bogotá, UNC-ICA, 1977. 94 p. (Tesis Mg. Sci.)
47. REESTMAN, A. J. Incidence of infection in comercial crops and consequent losses. En: DeBokx, J. A. Virus of potatoes a and seed potato production. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1972. p. 152-157.
48. SALAZAR, L. F. Enfermedades virosas de la papa. Lima, Centro Internacional de la Papa, 1982. 111 p.
49. SANCHEZ DE L., C. Determinación del virus Y de la papa llevado en el estilete por Myzus persicae (Sulz). Bogotá, ICA, 1974. 12 p. (Mecanografiado).
50. _____. Virus llevados en el estilete por áfidos. Bogotá, ICA, 1975. 21 p. (Mecanografiado).
51. SANCHEZ G., G. Contribución al estudio de los áfidos en Colombia. Bogotá, UNC-ICA, 1976. 119 p. (Tesis Mg. Sci.)
52. SHEFFIELD, F. M. L. Value of floem necrosis in the diagnosis of Potato leafroll. Annals of Applied Biology (Inglaterra) v. 30 no. 1, p. 131-136. 1943.
53. SMITH, K. M. Studies on Potato virus diseases, some further experiments on the insect transmission of potato leafroll. Annals of Applied Biology (Inglaterra) v. 8 no. 2, p. 141-157. 1965.
54. STANLEY, D. B. Resistance of plant to insects. Annual Review of Entomology (Estados Unidos) v. 10, p. 207-232. 1965.
55. TAMADA, T.; HARRISON, B. D. Quantitative studies on the uptake and retention of potato leafroll virus by aphids in laboratory and field conditions. Annals of Applied Biology (Inglaterra) v. 98 no. 2, p. 261-276. 1981.
56. WEBB, R. G.; LARSON, R. M.; WALKER, J. C. Relationships of potato leafroll virus strains. Madison, University of Wisconsin. Research Bulletin no. 198, 197?. 40 p.
57. _____; WILSON, D. R. Solanum demissum P. C. 230579. A true diagnostic host for potato virus Y. American Potato Journal (Estados Unidos) v. 55 no. 1, p. 15-24. 1978.
58. ZITTER, T. A. Epidemiology of aphid-borne viruses. En: Harris, K. F.; Maramorosch, K. Aphid as virus vector. New York, Academic Press, 1977. p. 385-411.

A P E N D I C E

APENDICE 1. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número de áfidos ápteros.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Tratamientos	6	668800.15	45137.6	15.30	0.0001
Error	1384	4066272.30	2938.0		
Total	1399	4743337.39			

Altamente significativo.

APENDICE 2. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número de áfidos alados.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Tratamientos	6	427.99	29.97	13.12	0.0001
Error	13.84	7525.48	5.43		
Total	13.99	7975.09			

Altamente significativo.

APENDICE 3. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente total de áfidos.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F.
Tratamientos	6	647573.28	43710.81	35.61	0.0001
Error	13.84	4194558.97	3030.75		
Total	13.99	4850221.14			

Altamente significativo.

APENDICE 4. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre la población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis para la variedad Guantiva.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Regresión	1	343972.38	343972.38	2172.06	0.0001*
Error	145	22962.51	158.36		
Total	146	366934.89			

Altamente significativo.

Parámetro	Estimación	Prueba de t para Ho=Parámetro= 0	Pr	T
Intercepto	-14.05	- 7.50	0.0001	*
Días de lectura	7.55	46.61	0.0001	*

Altamente significativo.

APENDICE 5. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre la población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis para la variedad Capiro.

Fuentes de variación.	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Regresión	1	549893.73	549893.73	1653.29	0.0001 *
Error	140	46564.88	332.60		
Total	141	596458.61			

Altamente significativo.

Parámetro	Estimación	Prueba de t para $H_0 = \text{parámetro} = 0$	Pr T
Intercepto	-24.03	- 8.66	0.0001 *
Días de lectura	10.25	40.66	0.0001 *

Altamente significativo.

APENDICE 6. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre la población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis, para la variedad Pastusa.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Regresión	1	1089895.48	1089895.48	721.10	0.0001 *
Error	91	137540.34	1511.43		
Total	92	1227435.82			

Altamente significativo.

Parámetro	Estimación	Prueba de t para $H_0 = \text{Parámetro} = 0$	Pr T
Intercepto	-85.27	-10.32	0.0001 *
Días de lectura	36.31	26.85	0.0001 *

Altamente significativo

APENDICE 7. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis, para la variedad Picacho.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Regresión	1	125153.42	125153.42	1316.74	0.0001*
Error	158	15017.52	95.04		
Total	159	140170.94			

* Altamente significativo.

Parámetro	Estimación	Prueba de t para Ho=Parámetro= 0	Pr	T
Intercepto	- 0.41	- 0.30	0.7637	
Días de lectura	3.84	36.29	0.0001*	

* Altamente significativo.

APENDICE 8. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimación y pruebas de hipótesis, para la variedad Monserrate.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F.
Regresión	1	409089.94	409089.94	2008.83	0.0001*
Error	157	31972.47	203.64		
Total	158	441062.42			

* Altamente significativo

Parámetro	Estimación	Prueba de t para $H_0 = \text{Parámetro} = 0$	Pr T
Intercepto	-17.52	- 8.67	0.0001*
Días de lectura	7.02	44.82	0.0001*

* Altamente significativo

APENDICE 9. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimación y pruebas de hipótesis para la variedad San Jorge.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Regresión	1	381755.22	381755.22	3860.40	0.0001*
Error	155	15327.97	98.89		
Total	156	397083.19			

* Altamente significativo.

Parámetro	Estimación	Prueba de t para $H_0 = \text{Parámetro} = 0$	Pr T
Intercepto	-13.41	- 9.44	0.0001*
Días de lectura	6.96	62.13	0.0001*

* Altamente significativo

APENDICE 10. Resumen del análisis de varianza de la regresión entre población total y días de lectura. Estimaciones y pruebas de hipótesis, para la variedad Puracé.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr	F
Regresión	1	324657.76	324657.76	1814.39	0.0001*	
Error	149	26661.32	178.93			
Total	150	351319.08				

* Altamente significativo.

Parámetro	Estimación	Prueba de t para Ho=Parámetro= 0	Pr	T
Intercepto	-13.34	- 6.81	0.0001*	
Días de lectura	6.97	42.60	0.0001*	

* Altamente significativo.

APENDICE 11. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente día de población máxima.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr \bar{F}
Tratamientos	6	1325.14	89.13	178.38	0.0001
Error	54	66.85	1.23		
Total	69	1403.94			

* Altamente significativo

APENDICE 12. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente total de alados en el día de población máxima.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F
Tratamientos	6	5992.28	425.55	26.18	0.0001
Error	54	2060.28	38.15		
Total	69	8445.08			

Altamente significativo.

APENDICE 13. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente porcentaje de alados en el día de población máxima.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	6	37379.50	2800.87	18.54	0.0001
Error	54	18145.65	336.03		
Total	69	60158.80			

Altamente significativo.

APENDICE 14. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número total de alados.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F
Tratamientos	6	8527.88	595.53	31.89	0.0001
Error	54	2406.40	44.56		
Total	69	11339.48			

Altamente significativo.

APENDICE 15. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente número máximo de áfidos.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr F
Tratamientos	6	364481.14	24520.93	160.47	0.0001
Error	54	20442.28	378.56		
Total	69	388256.34			

Altamente significativo.

24

APENDICE 16. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente día de población máxima.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	6	1292.57	86.87	231.34	0.0001
Error	54	50.28	0.93		
Total	69	1353.37			

Altamente significativo.

APENDICE 17. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente día de iniciación de alados.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F.	Pr	F
Tratamientos	6	718.40	53.32	33.80	0.0001	
Error	54	191.31	3.54			
Total	69	991.20				

Altamente significativo.

APENDICE 18. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente total áfidos en el día de población máxima.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	6	353446.48	23792.47	151.84	0.0001
Error	54	20949.22	387.94		
Total	69	377836.28			

Altamente significativo.

APENDICE 19. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente tricomas.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	5	43987.33	2671.90	21.48	0.0001
Error	45	14660.00	325.77		
Total	59	52066.73			

Altamente significativo.

APENDICE 20. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente Clándulas.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	5	9150.73	786.73	14.91	0.0001
Error	45	5524.60	122.76		
Total	59	1638.93			

Altamente significativo.

APENDICE 21. Persistencia Virus Y en el áfido M. persicae.

21.1 Pruebas de 20 segundos.

Número de orden	N ú m e r o d e p a s o s						Total
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7	+	+	+	+	+		5
8	+	+	+	+	+	+	6
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

21.2 Pruebas de 40 segundos

Número de orden		Número de pasos						total
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
R e p e t i c i o n e s	1	+	+			+		
	2	+						1
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							

21.3 Pruebas de 60 segundos.

Número de orden		N ú m e r o d e p a s o s						total
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
R e p l i c a c i o n e s	1							
	2							
	3	+	+					2
	4							
	5	+						1
	6							
	7							
	8							
	9							
	10	+	+	+				3
	11							
	12							
	13	+						1
	14							
	15							
	16	+						1
	17	+						1
	18	+	+					2
	19	+	+					2
	20							

APENDICE 22. Datos de densidad optica del estudio exploratorio de eficiencia para medir retención de virus por áfidos por el método indirecto de ELISA.

LECTURAS DE DENSIDAD OPTICA				
5 áfidos con PVY	1 áfido con PVY	5 áfidos libres de virus	1 áfido libre de virus	Testigo con PBS
0.060	0.050	0.020	0.008	0.00
0.070	0.060	0.020	0.010	0.02
0.100	0.070	0.005	0.020	0.02
0.090	0.070	0.020	0.020	0.03
0.050	0.050	0.010	0.020	0.00
	0.070		0.010	0.00
	0.040		0.020	0.00
	0.060		0.030	0.01
	0.070		0.020	0.01
	0.041		0.020	0.01

APENDICE 23. Datos de densidad optica de los ensayos para medir concentración de partículas de PVY en el estilete de M. persicae después de 6 pruebas a diferentes tiempos.

Datos de densidad optica.			Tratamientos		
ENSAYO I			ENSAYO II		
20"	40"	60"	20"	40"	60"
0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.00
0.06	0.04	0.01	0.03	0.02	0.06
0.18	0.02	0.03	0.06	0.01	0.04
0.06	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03
0.05	0.05	0.06	0.02	0.01	0.03
0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03
0.07	0.04	0.00	0.08	0.03	0.03
0.05	0.02	0.02	0.09	0.03	0.03
0.08	0.08	0.02	0.02	0.01	0.02
0.08	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02
0.11	0.01	0.08	0.07	0.02	0.02
0.05	0.10	0.02	0.05	0.01	0.02
0.10	0.05	0.18	0.04	0.01	0.02
0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02
0.05	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02
0.03	0.07	0.02	0.03	0.03	0.04
0.06	0.02	0.07	0.02	0.03	0.02
0.02	0.02	0.03	0.07	0.02	0.04
0.03	0.03	0.00	0.06	0.03	0.03
0.03	0.02	0.00	0.02	0.04	0.02

APENDICE 24. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente testigos "ELISA"

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	5	0.2940	0.0327	198.98	0.0001
Error	20	0.0059	0.0002		
Total	29	0.3008			

Altamente significativo.

APENDICE 25. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente lecturas "ELISA"

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	2	0.0095	0.0047	4.31	0.0183
Error	55	0.0610	0.0011		
Total	59	0.0801			

APENDICE 26. Resumen del análisis de varianza para la variable dependiente síntomas PVY.

Fuentes de variación	G.L.	S. de C.	C.M.	Valor F	Pr F
Tratamientos	2	2.100	1.050	0.87	0.42
Error	55	66.650	1.211		
Total	59	70.85			

No es significativo.