

COMPORTAMIENTO DE DOS VARIETADES DE PAPA A LA INOCULACION DE *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berth Y *Globodera pallida* (Stone) Beherens

JAIME ALBERTO BENAVIDES P.*

ROCIO PIEDAD RODRIGUEZ E.*

GERMAN ARTEAGA MENESES**

OMAR GUERRERO GUERRERO***

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro Regional de Investigación Obonuco, con el fin de evaluar bajo condiciones de invernadero y campo, el comportamiento de las variedades de papa ICA-Nariño y parda pastusa a los patógenos *Verticillium albo-atrum* y *Globodera pallida*, en dos etapas del cultivo.

A nivel de campo se presentó un efecto sinérgico de *Verticillium albo-atrum* y *Globodera pallida* en la variedad ICA-Nariño, causando un 88% de marchitez cuando actuaron conjuntamente, 80% con *V. albo-atrum* sólo y 4% con *G. pallida* sólo. En parda pastusa se observó un 4% de marchitez con *G. pallida*, 76% con *V. albo-atrum* y 80% en la asociación de los dos microorganismos.

Las pérdidas que ocasionaron los dos microorganismos juntos

* Ingenieros Agrónomos.

** Profesor Asociado. Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

*** Ing. Agr. M.Sc. Instituto Colombiano Agropecuario. Pasto, Colombia.

oscilan entre el 18,4 y 51,4%, *V. albo-atrum* entre 17 y 47% y *G. pallida* entre el 6 y el 17%, siendo más afectada la parda pastusa.

INTRODUCCION

La producción de papa *Solanum andigenum* L. decrece en áreas de intenso cultivo, especialmente en terrenos cultivados durante varios años. Las plantas que se desarrollan bajo estas condiciones, son afectadas por patógenos del suelo, que causan la marchitez temprana de la papa. Los organismos asociados a esta enfermedad, son *Verticillium dahliae* Kleb o *V. albo-atrum* Reinke & Berth.

Por otra parte, los nemátodos fitopatógenos también ocasionan pérdidas en las cosechas y frecuentemente se encuentran asociados con hongos. Se ha observado que en plantas inoculadas con *Globodera rostochiensis* y *Verticillium dahliae* en forma conjunta, la enfermedad se ha presentado mucho más severa que en forma individual.

De acuerdo a lo anterior, se realizó el presente estudio con los siguientes objetivos:

- Determinar el tipo de relación existente entre *G. pallida* y *V. Albo-atrum* con la enfermedad marchitez temprana de la papa.
- Evaluar la susceptibilidad de las variedades de papa ICA-Nariño y parda pastusa a *V. albo-atrum*; y determinar su transmisión por semilla.
- Evaluar la multiplicación de *G. pallida* en las dos variedades estudiadas.

REVISION DE LITERATURA

En papa el marchitamiento por *Verticillium sp.* causa senescencia prematura de la planta, las hojas se toman de color verde claro o amarillo y mueren jóvenes, dando lugar a lo que se conoce como "muerte prematura" o "madurez prematura", observándose estos síntomas en tallos aislados o en hojas de un solo lado del tallo. Los tubérculos de las plantas infectadas muestran decoloración castaño claro del anillo vascular que rodea los ojos también se decolora, adquiriendo un tinte rosado o canela que forma manchas en la superficie de los tubérculos afectados (Cabrera e Insuasty, 1981; Hooker, 1980).

El marchitamiento por *Verticillium* se atribuye a dos especies que son *V. albo-atrum* y *V. Dahliae* (Bauer, 1987).

Agrios (1985) anota que en muchos hospedantes, la infección por *Verticillium* da como resultado la defoliación, marchitez gradual y muerte de ramas sucesivas o un colapso repentino y muerte de toda la planta.

Slattery (1981), al estudiar cultivares de papa, encontró que la supervivencia de *V. albo-atrum* en tallos infectados fue evidente aún después de ser enterrados en el suelo por 17 meses. En general, la supervivencia de *V. albo-atrum* fue más alta (47 a 69%) que *V. dahliae* (23 a 61%), después de que los tallos infectados fueron enterrados por siete meses en el suelo.

Muchos campos han sido contaminados por primera vez con *Verticillium* al plantar tubérculos de papa infectados u otros

cultivos; sin embargo, es frecuente encontrarlo en áreas no cultivadas, lo cual indica que el hongo es un organismo natural del suelo y que ataca cultivos susceptibles tan pronto como sean sembrados (Agrios, 1985; Benavides y Bolaños, 1975).

De acuerdo con los resultados de patogenicidad de *Verticillium spp.*, es importante resaltar que este patógeno continúa siendo un grave problema para el cultivo de la papa y una limitante en la producción de tubérculo, como lo anotan Erikum y Orión (1979).

En el departamento de Nariño el marchitamiento y pudrición de la papa está ampliamente distribuida, presentándose con mayor frecuencia en cultivos de tres o cuatro meses de edad, en épocas secas y afectando principalmente a las variedades Parda pastusa e ICA-Nariño (Cabrera e Insuasty, 1981).

Por otro lado, existen nemátodos como *Globodera pallida* que invernán en forma de quistes de color café en el estrato superior del suelo. Los quistes son cubiertas quitinizadas de las hembras y se encuentran llenas de huevecillos. Cuando se siembra papa, su principal hospedante, las larvas emergen de los quistes e infestan a las raíces de las plantas (Agrios, 1985).

Los daños ocasionados por nemátodos, se deben sólo en parte a procesos mecánicos, ya que estos secretan saliva que contiene toxinas y enzimas que matan y degradan los tejidos de la planta, lo cual les permite obtener fácilmente los nutrientes. Los nemátodos parásitos de plantas, a menudo desempeñan un papel importante en interacciones con hongos y bacterias (Franco y Bendezu, 1985; Manners, 1986).

Se han encontrado algunas interacciones entre nemátodos y hongos en los siguientes casos: la marchitez del algodónero causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* y *Meloidogyne incognita*, la marchitez del tabaco por *F. oxysporum* f. sp. *nicotinae* y *Tylenchorhynchus claytoni*, la marchitez del tomate ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *M. incognita* (Bauer, 1987).

Se ha establecido que este tipo de interacción no es solamente física y que es posible que los nemátodos induzcan alteraciones bioquímicas en los tejidos afectados. Se supone que los nemátodos son atraídos por el CO₂ y otros gases emanados en mayor cantidad de las raíces de las plantas enfermas que de las raíces de las plantas sanas. Algunas veces el material que es seleccionado como resistente al organismo fungoso, es susceptible al ocurrir la combinación hongo-nemátodo (Bauer, 1987).

Evans (1987) afirma que en la interacción entre nemátodos y hongos el daño de raíces en plantas de papa, causado por el nemátodo proporciona una vía de invasión para los hongos mucho antes de lo normal, originándose severos síntomas después de las ocho semanas, en comparación con plantas infectadas con cualquiera de los dos organismos individualmente.

Corbett y Hide, citados por Evans (1987), sugieren que el nemátodo quiste de la papa proporciona un acceso fácil a *V. dahliae* al destruir la endodermis y el periciclo.

En áreas paperas de los Andes centrales del Perú, la presencia conjunta de *Globodera pallida* y *Verticillium dahliae* incrementó significativamente la aparición y la intensidad de los síntomas de

marchitez en todos los cultivares. Esta interacción observada entre estos dos organismos estaría por lo tanto, incrementando aún más las pérdidas en el cultivo de papa en aquellas áreas donde los dos comparten el mismo nicho ecológico (Franco y Bendezu, 1985).

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Centro Regional de Investigaciones Obonuco del ICA, ubicado a 2710 msnm, con una temperatura promedio anual de 12°C y una precipitación pluvial anual de 840 mm.

Producción del inóculo

En laboratorio y a partir de tubérculos colectados en el campo con necrosis en la unión con el estolón, se hicieron aislamientos de *V. albo-atrum* y se sembraron en medio de PDA para obtener el agente causal y su posterior purificación e identificación.

Diseño experimental

Para cada variedad se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro replicaciones. Las parcelas fueron de tres surcos de 3 m cada uno, con distancias de 0,30 m entre plantas y 1 m entre surcos.

Los tratamientos fueron : T1 = *Globodera pallida*, T2 = *V. albo-atrum*, T3 = *V. albo-atrum* y *G. pallida* y T4 = Testigo.

Semilla

Se utilizó semilla seleccionada sin tratamiento químico de las variedades ICA-Nariño y Parda pastusa.

Epoca de aplicación

G. pallida se encontró en forma natural en el lote en una población de 233 a 271 larvas/g de suelo. Las parcelas del testigo fueron tratadas con Di-Trapex.

V. albo-atrum se inoculó al momento de la siembra depositando alrededor de la semilla 5 g del hongo cultivado previamente en trigo esterilizado bajo condiciones de laboratorio.

Parámetros de evaluación

Los síntomas de marchitez se evaluaron mediante la siguiente escala:

- 0 = Sin síntomas
- 1 = 1 - 10% presencia de clorosis
- 2 = 11 - 25% presencia de amarillamiento y flacidez
- 3 = 26 - 50% presencia de flacidez y necrosis
- 4 = 51 - 75% presencia de marchitamiento
- 5 = 76 - 100% plantas muertas

Al final del ciclo de vida de la planta, se tomaron cinco plantas al azar y se determinó la biomasa final, pesando follaje y raíces después de secarlos a 60°C por 24 horas.

La multiplicación del nemátodo se estableció al final del cultivo por reaislamiento según el método de Fenwick (Guerrero *et al.*, 1986) y por cuantificación bajo el estereoscopio, estableciéndose la población final del nemátodo y el índice de multiplicación mediante la relación población final/población inicial.

El rendimiento en kg/ha del cultivo se determinó por el peso de tubérculos por parcela y por tratamiento.

Análisis estadístico

Para el análisis de varianza y las pruebas de comparación de Tukey, los porcentajes de necrosis vascular se transformaron con base en la fórmula $Y = \arccoseno \sqrt{\%}$.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el campo los síntomas hicieron su aparición en la época de floración, cuando el cultivo se vio sometido a cambios en las condiciones ambientales.

Las bajas precipitaciones en los primeros 80 días del cultivo y luego el incremento de 38 a 99 mm/día, permitió el desarrollo favorable de **V. albo-atrum**.

Entre los 70 y 100 días de edad del cultivo, la temperatura disminuyó de 12,81 a 10,85 °C, siendo favorable para el patógeno, tal como lo mencionan Riedel y Rowe (1985).

La humedad relativa aumentó de 78,49 a 88,09% entre los 70 y 80

días de desarrollo del cultivo, para descender nuevamente a 80,16% a los 100 días, favoreciendo así la patogenicidad del hongo.

En las variedades ICA-Nariño y Parda pastusa, los síntomas se caracterizaron por la presencia de flacidez, enrollamiento, clorosis, marchitamiento y muerte de las hojas inferiores; síntomas que se desarrollaron en forma ascendente en las plantas hasta afectar ramas y vástagos.

La manifestación de síntomas se hizo más evidente en la variedad ICA-Nariño, iniciándose a los 90 días de edad del cultivo. En las parcelas inoculadas con *V. albo-atrum* se observó un 80% de marchitez y un 4% en aquellas que tuvieron únicamente *G. pallida*, mientras que en la asociación *V. albo-atrum* y *G. pallida* el marchitamiento alcanzó un porcentaje de 88%, obteniéndose así un efecto sinérgico de los dos patógenos que favoreció la manifestación y severidad de los síntomas (Tabla 1).

En la variedad Parda pastusa, los primeros síntomas de marchitez se manifestaron a los 100 días de edad de las plantas, presentándose en el tratamiento con *V. albo-atrum* un 76% de marchitamiento, 4% en el tratamiento con *G. pallida* y 80% en la asociación *V. albo-atrum* y *G. pallida* (Tabla 1).

Se observó una relación de tipo aditivo entre los dos microorganismos, similar a la reportada por Jotcon y colaboradores (1985), entre *V. dahliae* y *P. penetrans* en el estudio del síndrome de la muerte temprana de la papa.

Los resultados anteriores indican que la marchitez temprana del follaje mostró aparición de síntomas más rápido en la variedad

precoz ICA-Nariño que en la tardía Parda pastusa, así mismo las plantas infectadas por ambos organismos presentaron síntomas mucho más severos que cuando se infectaron por uno solo, sintomatología que concuerda con lo descrito por Evasn (1987), para este tipo de estudio.

Debido a que en las variedades estudiadas se ha determinado tolerancia al nemátodo quiste, la sintomatología observada en ella es inducida por el ataque del hongo. Los síntomas de marchitez presentados por algunas plantas inculadas solo con *G. pallida* se debieron probablemente a que los tubérculos sembrados no estuvieron totalmente libres de cualquier patógeno que pudo incidir en la leve presencia de estos síntomas.

Respecto al peso seco de follaje, el testigo en ICA-Nariño, presentó el mayor peso con 51,05 g de follaje seco/planta, en comparación con los tratamientos correspondientes a *G. pallida* y *V. albo-atrum* solos, quienes presentaron 42,79 y 46,02 g/planta de follaje seco respectivamente. El menor peso se obtuvo en la asociación *V. albo-atrum* y *G. pallida* con 37,53 g/planta de biomasa foliar seca (Tabla 1).

En la variedad Parda pastusa, el testigo presentó un peso seco de follaje de 129,83 g/planta, mientras que el tratamiento con nemátodo quiste obtuvo 128,39 g por planta seguido del peso foliar obtenido en las parcelas inoculadas con *V. albo-atrum* con 107,56 g/planta. El tratamiento *V. albo-atrum* y *G. pallida* alcanzó 100,39 g/planta (Tabla 1).

Es de anotar que a pesar de la falta de significancia entre los tratamientos de la dos variedades estudiadas, siempre se obtuvo un

menor peso foliar en el tratamiento en el cual estuvieron asociados **G. pallida** y **V. albo-atrum** en comparación con los testigos, quienes alcanzaron el mayor peso de follaje seco.

En cuanto al peso de raíces, la variedad ICA- Nariño presentó un mayor peso en testigo, con 1,60 g de peso seco de raíces por planta. El tratamiento con **G. pallida** alcanzó un peso radical de 1,40 g/planta, mientras que los tratamientos en los cuales **V. albo-atrum** estuvo solo y asociado con **G. pallida**, presentaron 1,42 y 1,33 g de raíces/planta, respectivamente (Tabla 1).

La variedad Parda pastusa desarrolló en el testigo su mayor peso radical, con 4,19 g/planta, seguido de los tratamientos **G. pallida** y **albo-atrum** solos, quienes presentaron 4,16 y 40,02 g de raíces/planta, respectivamente. La asociación **V. albo-atrum** y **G. pallida** mostró el menor peso de raíces con 3,78 g/planta (Tabla 1).

Al igual que en la biomasa aérea y a pesar de no existir diferencias estadísticas significativas en ninguna de las dos variedades, se determinó la tendencia de la asociación **G. pallida** y **V. albo-atrum** a presentar el menor peso seco de raíces al compararla con los demás tratamientos.

De acuerdo a los resultados de multiplicación de **G. pallida**, se encontró en la variedad ICA-Nariño un índice de multiplicación de 2 larvas/g de suelo cuando se encontraba solo y 1 larva/g de suelo en la asociación **G. pallida V. albo-atrum**.

En la variedad Parda pastusa el índice de multiplicación fue de 1 larva/g de suelo en los tratamientos **G. pallida** solo y asociado con **V. albo-atrum**.

Estos resultados indican la no existencia de un efecto **V. albo-atrum** sobre la tasa de multiplicación de **G. pallida**, similares a los reportados por Hide y Corbett, mencionados por Harrison (1971).

El análisis de varianza para el rendimiento, en la variedad ICA-Nariño, encontró de que existieron diferencias estadísticas entre tratamientos.

El testigo tuvo un rendimiento de 33,25 kg/parcela (36,94 t/ha), con diferencias estadísticas significativas respecto al tratamiento tres (**G. pallida** asociado a **V. albo-atrum**), quien manifestó un rendimiento de 19,75 kg/parcela (21,94 t/ha). No se encontraron diferencias estadísticas entre el testigo y los demás tratamientos (Tabla 2).

El tratamiento tres presentó diferencias estadísticas significativas respecto al tratamiento con el nemátodo solo, con 31 kg/parcela, correspondiente a 34,44 t/ha (Tabla 2), indicando la posible interacción que ejerce el hongo cuando está asociado con **G. pallida**.

Las pérdidas en esta variedad alcanzaron el 6,77% para **G. pallida** solo, el 21,05% para **V. albo-atrum** solo y en la interacción hongo más nematodo éstas llegaron al 40,60% (Tabla 3).

En la variedad Parda pastusa se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

El testigo con un rendimiento de 30,6 kg/parcela (34,0 t/ha) presentó diferencias altamente significativas (Tabla 4), con respecto al tratamiento tres (**G. pallida** y **V. albo-atrum** asociados) con un rendimiento de 14,88 kg/parcela (16,53 t/ha).

El testigo presentó diferencias significativas respecto a los tratamientos **G. pallida** y **V. albo-atrum** solos, quienes alcanzaron rendimientos de 28,20 y 28,75 t/ha, respectivamente (Tabla 4).

Se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas entre el tratamiento en que estuvieron asociados **V. albo-atrum** y **G. pallida** con 14,88 Kg/parcela (16,53 t/ha) y los tratamientos hongo y nemátodo solos, indicando la existencia de un efecto sinérgico entre los dos patógenos estudiados que influyó significativamente sobre los rendimientos.

Las pérdidas en rendimiento en la variedad Parda pastusa llegaron al 17,05% en el tratamiento con nemátodo solo, 15,42% en el tratamiento **V. albo-atrum** solo y en la asociación de los dos el 51,37%.

CONCLUSIONES

En la variedad ICA-Nariño y bajo condiciones de campo se determinó un efecto sinérgico en la manifestación de síntomas de marchitamiento cuando **G. pallida** y **V. albo-atrum** estuvieron juntos; mientras que en la variedad Parda pastusa se obtuvo un efecto aditivo entre los mismos organismos.

A nivel de campo no se encontró evidencia de que **V. albo-atrum** influya en la multiplicación de **G. pallida**.

En la variedad ICA-Nariño el mayor porcentaje de pérdidas en rendimiento se obtuvo en el tratamiento **V. albo-atrum** más **G. pallida**, con 40,60% en la primera cosecha del cultivo, cuando el hongo crecido en trigo se inoculó al suelo.

La variedad Parda pastusa presentó las mayores pérdidas en rendimiento en el tratamiento en que estuvieron asociados los dos organismos, con 51,37%, al ser inoculado con **V. albo-atrum** crecido en trigo.

BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G. Fitopatología. México, Limusa, 1985. 756p.
- BAUER, M. Fitopatología. México, Limusa, 1987. 384 p.
- BENAVIDES, S. y BOLAÑOS, A. Relación parasítica del "pulgón verde de las raíces" **Rhopalosiphonum latysiphon** Davidson, interacción con **Rosellinia sp.** y **Heterodera sp.** en cultivos de papa del Depto. de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1975. 82 p.
- CARRERA, A. e INSUASTY, O. Identificación de los organismos fungosos causantes del marchitamiento y pudrición radicular de la papa **S. tuberosum L.** variedad Parda pastusa en el Depto. de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1981. 60 p.
- EVANS, K. The interactions of potato cyt nematodes and **Verticillium dahliae** on early and maincrop potato cultivars. Ann. appl. Biol. (Great Britain) 110: 329-339. 1987.

TABLA 1.

Síntomas de marchitez, peso seco de follaje y de raíces en las variedades ICA-Nariño y Parda pastusa inoculadas con *V. albo-atrum* y *G. pallida*, bajo condiciones de campo.

Tratamiento	Síntomas (%)		Peso follaje (g/planta)		Peso raíces (g/planta)	
	ICA-Nar.	Parda	ICA-Nar.	Parda	ICA-Nar.	Parda
Testigo	0	0	51,05	129,83	1,60	4,19
<i>G. pallida</i>	4	4	42,79	128,39	1,40	4,16
<i>V. albo-atrum</i>	80	76	46,02	107,56	1,42	4,02
<i>V. albo-atrum</i> y <i>G. pallida</i>	88	80	37,53	100,39	1,33	3,78

119

TABLA 2. Rendimiento promedio (kg/parcela) de la variedad ICA-Nariño inoculada con *V. albo-atrum* y *G. pallida* (Prueba de Tukey).

	Testigo	<i>G. pallida</i>	<i>V. albo-atrum</i>	<i>V. albo-atrum</i> + <i>G. pallida</i>
<i>V. albo-atrum</i> + <i>G. pallida</i> 19,75	33,25	31,00	26,25	19,75
<i>V. albo-atrum</i> 26,25	13,50*	11,25*	6,50NS	-
<i>G. pallida</i> 31,00	7,00NS	4,75NS	0	0
Testigo 33,25	2,25NS	-	-	-

* Diferencias significativas

NS Diferencias no significativas

Comparador Tukey 5% = 14,55

1% = 10,79

120

TABLA 3. Rendimiento y pérdidas de las variedades ICA-Nariño y Parda pastusa inoculada con V. albo-atrum y G. pallida.

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)		Pérdidas (%)	
	ICA-Nariño	Parda Pastusa	ICA-Nariño	Parda Pastusa
Testigo	36,94a	34,00a	0	0
G. pallida	34,44 a	28,20b	6,77	17,05
V. albo-atrum	29,16ab	28,75b	21,05	15,42
V. albo atrum + G. pallida	21,94b	16,53c	40,60	51,37

Comparador Tukey (t/ha) 5% = 11,99 Comparador Tukey (t/ha) 5% = 4,86

Variedad ICA-Nariño 1% = 16,16 Variedad Parda pastusa 1% = 6,55

TABLA 4. Rendimiento promedio (kg/parcela) de la variedad Parda pastusa inoculada con V. albo-atrum y G. pallida (Prueba de Tukey).

	Testigo	V. albo-atrum	G. pallida	V. albo-atrum + G. pallida
V. albo-atrum + G. pallida	30,60	25,88	25,38	14,88
14,88	15,72**	11,00**	10,50**	-
G. pallida	5,22*	0,50NS	-	-
25,38	4,72*	-	-	-
V. albo-atrum	-	-	-	-
25,88	-	-	-	-
Testigo	-	-	-	-
30,60	-	-	-	-

** Diferencias altamente significativas *Diferencias significativas

NS Diferencias no significativas

Comparador Tukey 5% = 4,38

1% = 5,90