

# Protección de semilla de papa infectada con *Nacobbus aberrans* mediante nematicidas blandos

Gladys Main<sup>1</sup>  
J.Franco<sup>1</sup>  
Noel Ortuño<sup>1</sup>

**RESUMEN.** *Nacobbus aberrans* es una plaga importante en el cultivo de papa en Bolivia porque reduce la producción, pero además, se está extendiendo a zonas libres del nematodo. Por tanto, la desinfección de los tubérculos para semilla es una práctica importante, la cual ha estado basada en el uso de productos como fenamiphos. Sin embargo, se requiere identificar otros productos que sean menos tóxicos. En el Centro Toralapa, en Cochabamba, bajo condiciones de invernadero y laboratorio se evaluó el efecto de tres productos sintéticos en tubérculos de papa var. Waycha, provenientes de parcelas infestadas con *N. aberrans* (10% y 80% de severidad en nodulación radical). Los tratamientos evaluados fueron: la inmersión durante 15 minutos en soluciones de fenamiphos, abamectin, furateocarb y testigos (inmersión en agua y sin inmersión o seco) a las dos semanas de la cosecha.

En las evaluaciones realizadas, en especial al momento de la cosecha, los productos abamectin y fenamiphos lograron mayor desinfección de los tubérculos provenientes de parcelas con 10 y 80% de infestación y las plantas cultivadas a partir de los tubérculos tratados mostraron, al momento de la cosecha, una frecuencia mínima de plantas con nodulación radical. Por tanto, abamectin podría ser una alternativa para la desinfección de semilla de papa.

**Palabras clave:** Papa, Semilla, *Nacobbus aberrans*, Nematodos

**ABSTRACT.** Protection of potato seed infected with *Nacobbus aberrans* using mild nematicides. *N. aberrans* is an important pest of the potato crop in Bolivia, since it reduces production, but also because it is extending to zones free of the nematode. Therefore the disinfection of seed tubers is an important practice, which has been based upon the use of products such as fenamiphos. However, other products, which are less toxic, need to be identified. In the Centre Toralapa, in Cochabamba, under greenhouse and laboratory conditions, the effect of three synthetic products on tubers of potato cv. Waycha, collected from *N. aberrans* infested plots (10 and 80% severity of root galling) was evaluated. The treatments evaluated were: immersion for 15 minutes in solutions of fenamiphos, abamectin and furateocarb and controls (immersion in water and without immersion or dry), two weeks after harvest. In the evaluations performed, especially those at the moment of harvest, the products abamectin and furateocarb achieved the greatest disinfection and the plants grown from the treated tubers showed, at the moment of harvest, a minimum frequency of plants with radical nodulation. Therefore abamectin could be an alternative for the disinfection of potato seed.

**Key words:** Potato, Seed, *Nacobbus aberrans*, Nematodes.

## Introducción

*Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. causan pérdidas de US\$ 50 millones al año en el valor bruto de la producción de papa en Bolivia, como consecuencia de la reducción en el rendimiento y la descalificación de campos semilleros (Ramos *et al.* 1998). Por otro lado,

de no evitarse la diseminación de *N. aberrans* a zonas aún libres del nematodo, la producción de papa continuará siendo afectada severamente. Por tanto, para evitar éste problema, el tratamiento de tubérculos provenientes de parcelas que presentan 10 % de inci-

Recibido:30/04/2000. Aprobado:23/02/2001.

<sup>1</sup> Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia. Correo electrónico: gmain@proinpa.org

dencia y 5% de severidad es una alternativa confirmada por la efectividad de fenamiphos (Franco *et al.* 1996). Sin embargo, en la actualidad es necesario identificar nuevos productos que ofrezcan la misma eficiencia pero que sean, menos tóxicos, para minimizar los daños a la salud humana y el ambiente.

*N. aberrans* se halla ampliamente distribuido en Bolivia y el encontrar tubérculos infectados es común. Estos nematodos penetran 1-2 mm por debajo de la piel del tubérculo y permanecen en un estado de latencia por un periodo de cinco a seis meses, lo cual le permite diseminarse efectivamente por el tubérculo (Costilla 1985).

*N. aberrans* influye cualitativamente en la producción de semilla de papa, pues de acuerdo a las normas vigentes de certificación, la semilla con presencia de *N. aberrans* desciende a la última categoría, y cuantitativamente disminuye del 13% 58% en rendimiento y ocasiona gastos adicionales por el diagnóstico y el control (Franco 1994).

Estas normas de certificación de semillas evitan la diseminación del nematodo mediante semilla de calidad alta; pero obligan al productor a buscar nuevas áreas de producción, libres de ésta plaga, ampliando su frontera agrícola y en algunos casos dañando la ecología y el paisajismo de la zona, como es la eliminación de bosques nativos. Dentro de éste contexto, se están desarrollando nuevas tecnologías orientadas al control eficaz de éste parásito en la producción de semilla, con el propósito de flexibilizar las normas pero evitando la diseminación de la plaga.

En estudios de campo efectuados para el control de *N. aberrans* mediante productos sintéticos aplicados al momento de la siembra, estos fueron efectivos, reduciendo las pérdidas de rendimiento, pero no evitaron la presencia del nematodo en los tubérculos para semilla (Oros *et al.* 1996).

En relación con el control químico de semilla infectada se han efectuado diversos estudios. Costilla (1985) señaló que algunas formulaciones líquidas de nematicidas (fenamiphos 40% y ethoprop 70%), usadas para la inmersión de los tubérculos (2000 ppm por 10 minutos) pueden evitar la diseminación de *N. aberrans* a los campos no infestados.

En evaluaciones realizadas 80 días después de la siembra, en tubérculos tratados con varios nematicidas, la inmersión en carbofuran (Carbodan 48FW) en dosis de 12,5 y 25 ml/L y etoprofos (Mocap 91,5) en dosis de 0,75 ml/L durante 10 minutos, fueron los que

mejor controlaron la formación de nódulos radicales (Montalvo y Franco 1994).

En pruebas con azadirachtin (Azatin), cipermetrina (Cipersen), furateocarb (Promet) y abamectin (Vertimec) se determinó que éstos productos lograron un control similar al fenamiphos (Nemacur) para controlar *N. aberrans* en tubérculos y los rendimientos de papa con abamectin fueron muy similares a los obtenidos con carbofuran y fenamiphos (Main *et al.* 1998)

En trabajos realizados con termoterapia la nodulación de *N. aberrans* fue mayor a la presentada por los testigos, debido a que indujo en el nematodo una mayor capacidad de producir nódulos (Llano 1999).

A pesar de que se conoce el efecto de varios nematicidas, es importante identificar productos eficaces pero menos tóxicos, para ser utilizados en el tratamiento de tubérculos-semilla infectados por *N. aberrans*. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar abamectin (Vertimec) y furateocarb (Promet) para el tratamiento de tubérculos provenientes de campos, con dos densidades de *N. aberrans*, comparándolo con fenamiphos (Nemacur)

## Materiales y métodos

En el Centro Toralapa, Cochabamba, Bolivia, bajo condiciones de invernadero se evaluó el efecto de tres productos sintéticos en tubérculos de papa var. W'aycha. Los tubérculos provenían de parcelas con 10% y 80% de infección radical causada por *N. aberrans* (Siles 1999). Los tratamientos utilizados se presentan en el Cuadro 1. Dos semanas después de la cosecha, los tubérculos fueron tratados por inmersión durante 15 minutos en soluciones de los productos evaluados. Los tubérculos, una vez secos, se sembraron en macetas de 1 kg en suelo desinfectado, en octubre de 1998.

Se realizaron varias evaluaciones para determinar el efecto de los tratamientos, en cada una de ellas se utilizaron 25 tubérculos. La primera evaluación se efectuó antes de la aplicación de los tratamientos, para determinar la población inicial de *N. aberrans* en

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados en la desinfección de tubérculos semilla de papa.

Nombre genérico	Nombre comercial	Dosis (ml AC/L)
Abamectin 18 EC	Vertimec	12,5
Fenamiphos	Nemacur 40	12,5
Furateocarb	Promet	10
Testigo inmerso en agua	-	-
Testigo sin inmersión o seco	-	-

cada tubérculo. Ello se hizo mediante el método del macerado que consiste en tomar una sección de cáscara de cada tubérculo, previamente lavado, la cual es licuada durante 30 segundos con 400 ml de agua y unas gotas de detergente para romper la tensión superficial. La parte sólida de esta solución se pasó a través de una batería de tamices de 100 y 400 hilos por pulgada (mesh); el primero para recolectar los residuos vegetales el segundo para recolectar a los nematodos. Este material se colocó en tubos de centrifuga para la extracción de nematodos con solución azucarada (50%), se centrifugaron a 3000 rpm durante 1 minuto. La suspensión se pasó por un tamiz de 400 hilos por pulgada y los nematodos se recolectaron en frascos con la menor cantidad de agua (IBTA-PROINPA 1992). La solución fue teñida con gotas naranja de Acridine (5%) durante 12 horas, transcurrido este tiempo se realizó un enjuague para identificar los nematodos vivos (incolores) y muertos (coloreados) (Llano 1999).

La segunda evaluación fue similar a la anterior y se realizó previo a la siembra. Posteriormente, durante la cosecha de los nuevos tubérculos, provenientes de los tubérculos tratados, se evaluó el número de nódulos y el porcentaje de nodulación en las nuevas plantas para determinar la reproducción del nematodo. Asimismo, en ésta etapa se evaluó el rendimiento de la papa (g/planta) y la penetración de nematodos en los tubérculos cosechados, los cuales fueron seleccionados al azar.

Las variables cuantitativas fueron procesadas como experimento factorial en un diseño completamen-

te al azar con diferente número de repeticiones. Para las frecuencias de tubérculos infectados o plantas con nematodos y para los nódulos, se empleó la prueba de Chi-Cuadrado (Steel y Torrie 1992).

## Resultados y discusión

### Incidencia de *N. aberrans* en tubérculos y nódulos en raíces

Los tubérculos provenientes de plantas con 10 y 80% de infección radicular mostraron una población de nematodos inicial de 0-4 y 20-240 individuos por tubérculo, respectivamente con una frecuencia del 100% de tubérculos infectados para el segundo caso.

Las evaluaciones realizadas dos semanas después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 2) mostraron que en el testigo con inmersión de agua, los tubérculos infectados provenientes de suelos de 10% y 80% de infestación son similares. Por el contrario, para el tratamiento con fenamiphos, furateocarb, testigo sin inmersión en agua y abamectin la cantidad de tubérculos infectados fue mayor en tubérculos provenientes de suelos con 80% de infestación. En las evaluaciones realizadas durante la siembra se determinaron diferencias entre el nivel de infestación de 10% y 80% en fenamiphos, furateocarb, testigo con inmersión en agua y abamectin, con mayor frecuencia de tubérculos infectados en los procedentes de áreas con 80% de infestación. Por la presencia de nematodos en los tubérculos se deduce que no hubo ningún efecto de los nematicidas para el nivel de infestación, pero si entre diferentes niveles de infestación, tanto después de la aplicación, como al momento de la siembra.

**Cuadro 2.** Frecuencia y porcentaje de tubérculos infectados con *N. aberrans* como respuesta a cinco tratamientos, provenientes de terrenos con dos grados de infestación (10% y 80%).

Fase	Nivel de infestación inicial (%)		Fenamiphos	Furateocarb	Testigo con inmersión de agua	Testigo seco o sin inmersión	Abamectin
Después de la inmersión	10	Frec. (a)	2/25	11/25	12/25	5/25	11/23
		%	8,00 b	44,00 b	48,00 a	20,00 b	47,83 b
	80	Frec.	9/9	17/17	11/25	24/24	15/15
		%	100,00 a	100,00 a	44,00 a	100,00 a	100,00 a
		Signif.(b)	**	**	ns	**	**
Al momento de la siembra	10	Frec.	4/24	1/22	1/25	-	2/25
		%	16,67 b	4,55 b	4,17 b	-	8,00 b
	80	Frec.	24/24	24/24	14/25	-	23/24
		%	100,00 a	100,00 a	56,00 a	-	95,83 a
		Signif.	**	**	**	**	**

ns: No significativo a  $P > 0,05$  según Prueba Chi Cuadrado

\*\* : Significativo a la  $P < 0,01$  según Prueba Chi Cuadrado.

(a) Frecuencia

(b) Significancia

En la generación de nuevos tubérculos, o sea los evaluados durante la cosecha solo se observaron estadios juveniles del nematodo en el testigo con inmersión en agua provenientes de áreas con 80% de infestación, demostrando los restantes tratamientos un control efectivo del nematodo (Cuadro 3). En la evaluación de la población de nematodos en las raíces se registró menor cantidad de plantas con nódulos en los tratamientos con fenamiphos y abamectin; registrándose mayor frecuencia en furateocarb y en ambos testigos, siendo mayor en tubérculos procedentes de áreas con 80% de infestación.

Los resultados presentados en los cuadros 2 y 3 muestran que los tratamientos sintéticos disminuyeron la frecuencia de tubérculos infectados, no obstante, en la evaluación de las raíces al momento de la co-

secha solo los tratamientos fenamiphos y abamectin disminuyeron la frecuencia de plantas con nódulos, probablemente porque estos productos influyeron en la capacidad infectiva de los nematodos.

#### Severidad de *N. aberrans* y algunos caracteres agronómicos de la papa

El número y porcentaje de *N. aberrans* vivos después de la aplicación y al momento de la siembra fue mayor ( $P < 0,01$ ) en tubérculos provenientes de áreas con 80% de infección con respecto a aquellas con 10% (Cuadro 4).

En los tubérculos provenientes de suelos con 80% de infestación se observó menor número (1,4%, 25% y 52%) de *N. aberrans* en el testigo con inmersión en agua; observándose un comportamiento similar al momento de la siembra.

**Cuadro 3.** Frecuencia y porcentaje de tubérculos con *N. aberrans* como respuesta a cinco tratamientos, y provenientes de terrenos con dos grados de infestación (10% y 80%).

Fase	Nivel de infestación inicial (%)		Fenamiphos	Furateocarb	Testigo con inmersión de agua	Testigo seco o sin inmersión	Abamectin
A la cosecha proc.de cáscara)	10	Frec (a)	0	0	0	-	0
		%	0,00 a	0,00 a	0,00 b	-	0,00 a
	80	Frec.	0	0	3	-	0
		%	0,00 a	0,00 a	60,00 a	-	0,00 a
		Signif.(b)	ns	ns	ns		ns
	10	Frec.	1	0	1	2	0
		%	4,35 a	0,00 b	4,00 b	9,09 b	0,00 a
A la cosecha. (Eval.de nódulos en raíces)	80	Frec.	0	23	24	24	2
		%	0,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	9,09 a
		Signif.	ns	**	**	**	ns

ns: No significativo a  $P < 0,05$  según Prueba Chi Cuadrado

\*\* : Significativo a la  $P < 0,01$  según Prueba Chi Cuadrado.

(a) Frecuencia

(b) Significancia

**Cuadro 4.** Número y porcentaje de *N.aberrans* vivos, después de la aplicación y al momento de la siembra del cultivo de papa, provenientes en suelos con dos niveles de infestación (10% y 80%).

Tratamiento	Infección radicular inicial (%)	<i>N. aberrans</i> a la aplicación		<i>N. aberrans</i> a la siembra	
		Número	%	Número	%
Fenamiphos	10	0,04 a *	4,00 c	0,17 a	11,81 a
Furateocarb	10	0,32 a	28,00 ab	0,05 a	4,55 a
Testigo con inmersión agua	10	0,48 a	35,14 a	0,04 a	4,17 a
Testigo seco o sin inmersión	10	0,28 a	15,20 bc	-	-
Abamectin	10	0,43 a	41,30 a	0,24 a	7,33 a
Fenamiphos	80	37,22 b	67,37 a	32,50 a	82,59 a
Furateocarb	80	48,59 b	55,65 a	26,58 a	86,71 a
Testigo con inmersión agua	80	1,40 c	25,52 b	3,68 b	51,96 b
Testigo seco o sin inmersión	80	36,25 b	66,63 a	-	-
Abamectin	80	100,7 a	74,31 a	29,04 a	83,61 a

\*: Medias con la misma letra en la misma columna y para el mismo nivel de infestación no son significativamente diferentes según  $P < 0,05$ , según prueba LSMEANS.

No se observaron estadíos juveniles en los nuevos tubérculos en todos los tratamientos, excepto en el testigo con inmersión en agua provenientes de áreas con 80% de infestación (Cuadro 5) aunque hubo formación de nódulos en los tratamientos con furateocarb y abamectin, pero en éste último en cantidades mínimas para el nivel de infestación de 80%, mostrando diferencias estadísticas para este nivel.

**Cuadro 5.** Número y porcentaje de *N. aberrans* al momento de la cosecha del cultivo de papa, en suelos con dos niveles de infestación (10% y 80%)

Tratamiento	Nivel de infestación inicial (%)	No. juveniles a la cosecha	Nódulos a cosecha	
			Número	%
Fenamiphos	10	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Furateocarb	10	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Testigo con inmersión en agua	10	0,00 a	0,04 a	0,04 a
Testigo seco o sin inmersión	10	-	0,09 a	0,09 a
Abamectin	10	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Fenamiphos	80	0,00 b	0,00 c	0,00 c
Furateocarb	80	0,00 b	23,61 b	23,35 b
Testigo con inmersión con agua	80	1,40 a	26,63 b	32,50 a
Testigo seco o sin inmersión	80	-	52,25 a	38,96 a
Abamectin	80	0,00 b	0,14 c	0,27 c

\*: Medias con la misma letra en la misma columna y para el mismo nivel de infestación no son significativamente diferentes según  $P < 0,05$ , según prueba LSMEANS.

**Cuadro 6.** Respuesta de caracteres agronómicos de la papa al tratamiento de semilla con diferentes productos para el control de *N. aberrans*.

Tratamiento	Infeción radicular inicial (%)	Peso cáscara a aplicación (g/planta)	Peso de raíz a la cosecha (g/planta)	Número de tubérculos a la cosecha	Peso de tubérculos a la cosecha (g/planta)
Fenamiphos	10	11,13 b*	5,51 b	3,00 a	17,60 b
Furateocarb	10	11,18 b	5,15 bc	3,30 a	18,98 b
Testigo con inmersión de agua	10	12,12 b	3,61 c	2,28 a	32,97 a
Testigo seco o sin inmersión	10	14,55 a	6,99 a	3,38 a	33,77 a
Abamectin	10	9,94 b	4,21 bc	1,65 a	16,45 b
Feramiphos	80	11,26 a	6,63 b	3,09 b	28,03 c
Furateocarb	80	9,31 ab	8,63 a	4,09 a	40,13 b
Testigo con inmersión de agua	80	8,26 b	3,21 c	2,83 b	28,41 c
Testigo seco o sin inmersión	80	9,98 ab	8,46 a	4,04 a	39,24 b
Abamectin	80	10,82 a	4,62 c	4,45 a	47,96 a

\*: Medias con la misma letra en la misma columna y para el mismo nivel de infestación no son significativamente diferentes según  $P < 0,05$ , según prueba LSMEANS.

Estos resultados demuestran que el método de tinción con naranja Acridine (5%) para identificar los nematodos vivos no constituyen una prueba contundente sobre el efecto de los tratamientos, debido a que los nematodos identificados como vivos habrían sido afectados y no presentan suficiente energía para multiplicarse después de los tratamientos, como se determinó para fenamiphos y abamectin.

Se registró menor número de tubérculos (1,65-3,38) y peso de tubérculos (16,45-33,77 g/planta) en los tratamientos aplicados a tubérculos provenientes de áreas con 10% de infestación, siendo relativamente mayor el número de tubérculos (2,83-4,45) y peso de tubérculo (28,03-47,96 g/planta) en los de áreas con 80% de infestación (Cuadro 6). En general, no se observó un efecto de toxicidad que llegara a afectar el rendimiento.

El abamectin y fenamiphos presentaron efectos similares en cuanto a la presencia de *N. aberrans* en tubérculos y raíces; por lo tanto, abamectin constituye una alternativa para la desinfección de semilla porque es un producto menos tóxico y no requiere de un proceso prolongado como la termoterapia.

Con base en estos resultados, se propone que a través del sistema formal de producción de semilla de papa se realicen tratamientos a tubérculos provenientes de parcelas con 10% de incidencia y 5% de severidad para evitar pérdidas económicas por rechazo de las parcelas con nematodos, al mismo tiempo que se garantiza la calidad de la semilla (Ortuño *et al.* 1998).

## Literatura citada

- Brodie, BB; Evans, K; Franco, J. 1993. Nematode parasites of potatoes. *In* Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. Evans, K; Trudguill, D; Webster, J. United Kingdom, CABI. p. 87-117.
- Costilla, M. 1985. Progresos en investigación sobre el falso nematodo del nódulo (*Nacobbus aberrans*) y el nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne*) en la Argentina. *In* Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de Papa. Franco, J; Rincón, H. VI:41-46. Lima, Perú, CIP, p. 5-14
- Franco, J; Oros, R; Ortuño, N. 1996. Consideraciones para el tratamiento químico de tubérculo semilla procedentes de campos infestados con *Nacobbus aberrans*. *In* Reunión Nacional de la Papa (6, 1996). Compendio.
- Franco, J. 1994. Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados en la región andina. *Nematropica* 24:179-195.
- IBTA-PROINPA. 1992. Diagnóstico de los principales nematodos del cultivo de la papa. Manual Técnico 1/922. Cochabamba, Bolivia. 26 p.
- Llano, M. 1999. Métodos para evaluar la eficiencia del tratamiento químico y físico de tubérculos semilla de papa (*Solanum tuberosum* ssp. andigena) infectado con *Nacobbus aberrans*. Tesis Ing. Agr. Oruro, Bolivia, Universidad Técnica de Oruro. 79 p.
- Main, G; Ortuño, N; Franco, J. 1998. Tratamiento de tubérculos con productos químicos. *In* Informe Anual IBTA-PROINPA 1997-1998.
- Montalvo, R; Franco, J. 1994. Tratamiento de tubérculos-semilla (con nematicidas). *In* Informe anual IBTA-PROINPA 1993-1994. p. 60.
- Oros, R; Main, G; Diaz, O; Franco, J; Ortuño, N. 1996. Efecto de la aplicación de nematicidas en diferentes dosis en el cultivar W'aycha. *In* Informe Anual IBTA-PROINPA 1995-1996.
- Ortuño, N; Franco, J; Oros, R; Main, G. 1998. La problemática de *Nacobbus aberrans* en la producción de semilla y una alternativa para su control en el tubérculo-semilla. *In* Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa (18, 1998, Bolivia). Compendio de Resúmenes. 135 p.
- Ramos, J; Franco, J; Ortuño, N; Oros, R; Main, G. 1998. Incidencia y severidad de *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en el cultivo de la papa en Bolivia. *In* Pérdidas en el valor bruto de su producción. Cochabamba, Bolivia, IBTA-PROINPA. 201 p.
- Siles, E. 1999. Distribución horizontal de *Nacobbus aberrans* en parcelas de agricultores. Tesis Tec. Agr. Cochabamba, Bolivia. Universidad de San Simón. 62 p.
- Steel, R; Torrie, J. 1992. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ed. México, McGraw-Hill. 620 p.